

TechnoGrowth TG 2.0 -hanke

Painelaitteiden suunnittelu ja valmistus

Koulutus 16.4.2019 Varkaus

Jukka Martikainen

professori

jukka.martikainen@lut.fi

jukka.k.martikainen@gmail.com

040 5457367

HITSAUKSEN LAATU,
LAADUNTUOTTOTEKIJÄT JA
LAATUJOHTAMINEN

Mitä laatu oikeastaan on?

- Laatua on se, että
 - tehdään hyviä asioita hyvin
 - on yhdessä mietitty ja sovittu järkevä tapa toimia
 - sovitut asiat kirjataan ja kirjaukset ovat kaikkien tiedossa ja saatavilla
 - virheistä opitaan
- Laatua ei ole, että
 - kukaan ei tiedä miten asia pitäisi tehdä
 - tavarat ja asiat ovat sikin sokin
 - asioista joudutaan riitelemään
 - samat virheet toistuvat

MÄÄRITELMIÄ

- **LAATU**
 - Ne tuotteen tai palvelun piirteet ja ominaisuudet, joilla tuote tai palvelu täyttää asetetut tai oletetut tarpeet.
 - Hitsattuihin tuotteisiin usein liitetyt ilmaisut ”tarkoitukseensopivuus” ja ”vaatimusten mukaisuus” edustavat tiettyä laadun aluetta.
- **LAATUTEKNIikka**
 - Tieteellisten ja teknologisten keinojen käyttäminen ja erikoisten johtamismenetelmien soveltaminen tarpeellisen laadun saavuttamiseksi hyväksyttävillä kustannuksilla.
- **LAADUNVARMISTUS**
 - Suunnitellut ja järjestelmälliset toimenpiteet, jotka ovat tarpeen riittävän varmuuden saamiseksi siitä, että tuote tai palvelu täyttää asetetut laatuvaatimukset.
 - Laadunohjaus (laadunvalvonta) sisältyy laadunvarmistukseen.
- **LAATUJÄRJESTELMÄ**
 - Organisaation rakenne, vastuu, menettelyohjeet, prosessit ja resurssit laatujohtamisen tuottamiseksi.

- **AKKREDITOINTI**
 - Testauslaboratorion pätevyyden toteaminen.
 - Akkreditointimenettely koostuu kolmesta vaiheesta: akkreditoinnin hakeminen, edellytysten selvittäminen (assessointi) sekä akkreditointipäätös.
- **AUDITOINTI**
 - Laatujärjestelmän tutkimus, joka suoritetaan dokumentoitujen menetelmien mukaan.
 - Auditointijärjestelmän tarkoituksena on selvittää, ovatko laatutoiminnot suunniteltujen järjestelyjen mukaisia ja riittävän tehokkaita.
- **SERTIFIOINTI**
 - Varmentaminen, vaatimustenmukaisuuden osoittaminen todistuksella (sertifikaatilla) tai merkillä.
 - Laatujärjestelmäsertifiointi koostuu yrityksen laatujärjestelmän arvioinnista, auditoinnista, sertifikaatin myöntämisestä ja jälkiseurannasta.
- **EU-DIREKTIIVI**
 - EU-komission päätös.
 - Sen mukaisesti jäsenmaiden tulee muuttaa lainsäädäntönsä määrätyn ajan kuluessa.
- **CE-merkintä (Conformite Europeene)**
 - CE-merkintä tuotteessa osoittaa, että valmistaja vakuuttaa tuotteen täyttävän sitä koskevien EU:n direktiivien vaatimukset
 - Tuote on läpikäynyt vaaditut tarkastukset.

- **TESTAUS**

- Rakenneaineeseen, osavalmistukseen, tuotteeseen tms. kohdistuva kriittinen tutkimus, testi tai koe.
- Testaus tehdään yleensä normitetun ohjeen mukaisesti valvotuissa olosuhteissa ja se on toistettavissa samoin tuloksin virhemarginaalin puitteissa.

- **TARKASTUS**

- Tuotteeseen, palveluun tai järjestelmään kohdistuva valvonta, tutkimus tai testaus.
- Tarkastuksessa kohdetta verrataan normioituun tai valittuun tasoon ja arvioidaan kohteen hyväksyttävyyys.
- Tarkastaja käyttää päätösvaltaa.

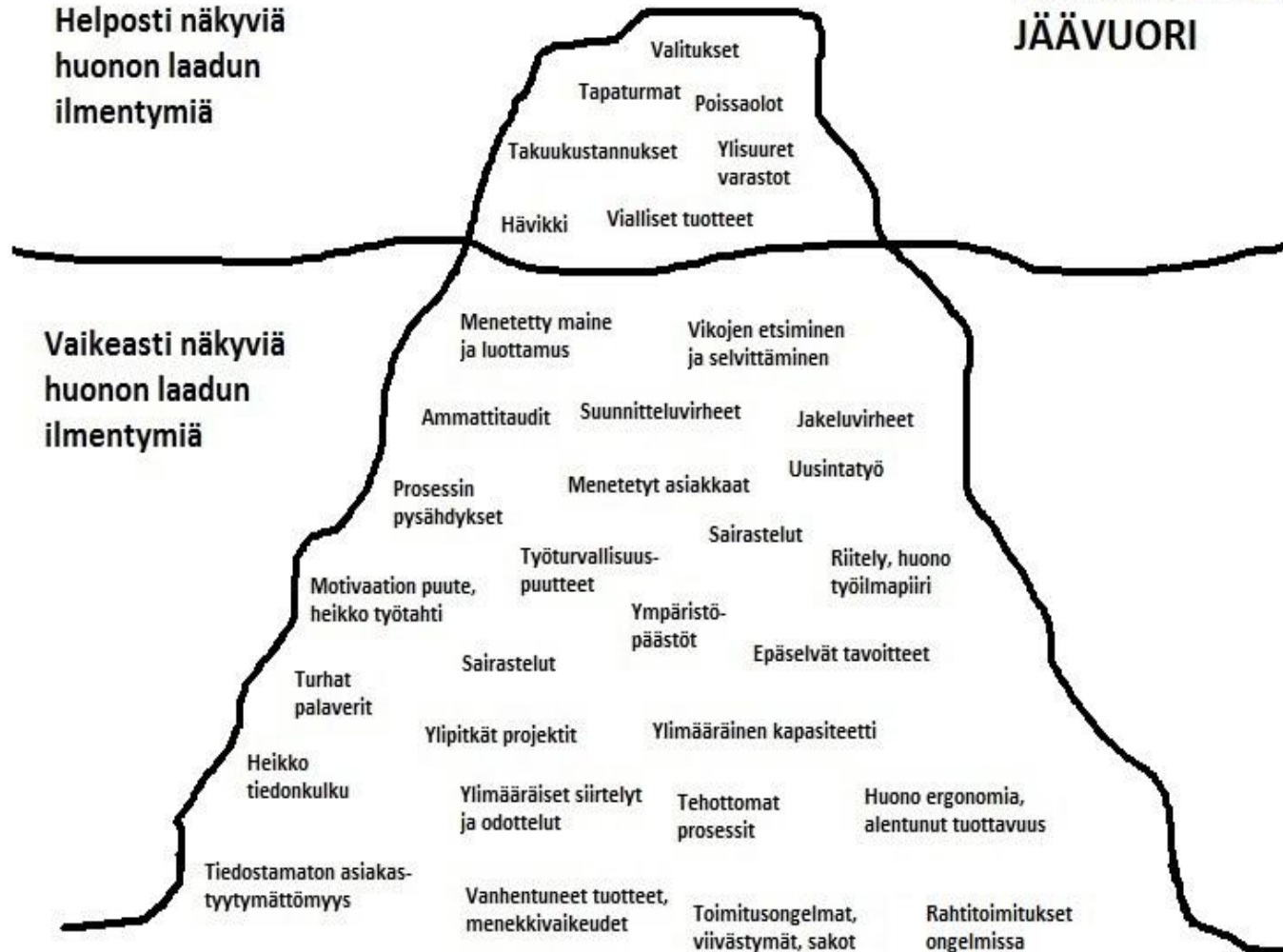
Laatuajattelun vaiheet Suomessa

- 1950-luku
 - Sotakorvaukset ja ”hyvä” konepajakäytäntö
 - LAATU=TUOTTEEN LAATU
- 1960-luku
 - Sotateollisuus (NATO) ja alan standardit toivat mukanaan laajemman laadunvarmistusajattelun
 - Ei vaikuttanut paljon Suomessa
- 1970-luku
 - Ydinvoimalaitokset ja QA-ajattelu (laadunvarmistus, quality assurance)
 - ”Pakotettua” laatutoimintaa viranomaisten vaatimuksesta
 - Huonosti toimivat laatujärjestelmät
 - Dokumentaatio kehittyi
- 1980-luku
 - Japanin opit: TQC (laadunohjaus, total quality control), TQM (laatujohtaminen, total quality management), Lean production (Toyota II ms. seutuvilla)
 - Omaehtoiset laatujärjestelmät
 - Asiakkaan vaatimukset
 - Laatupiirit
 - ISO 9000
- 1990-luku
 - Laatujärjestelmien sertifiointi. Laaturalkintokriteerit ja itsearviointi.
 - Johtamisjärjestelmät: tulosjohtaminen, tilannejohtaminen, jne.
 - Benchmarking oman toimialan ulkopuolelta
 - Laatupiirit → tiimityöskentely
 - LAATU=KOKO YRITYKSEN TAI YHTEISÖN TOIMINNAN LAATU. TUOTE, TOIMINTA, PALVELU
- 2000- ja 2010-luvut
 - Toiminnanhallinta: ISO 9001 + ympäristöasiat ISO 14001 + turvallisuusasiat OHSAS 18001/ISO 27001 + täydentävät alakohtaiset elementit : mm. ISO 3834 ja EN 1090.

HUONON LAADUN JÄÄVUORI

Helposti näkyviä
huonon laadun
ilmentymiä

Vaikeasti näkyviä
huonon laadun
ilmentymiä



Keinoja vaikuttaa laatuksustannuksiin

1. **Jos todelliset laatuksustannukset ovat 5-10 % luokkaa (helposti tunnistettavat 2-5 %)**, tarkasteluksi riittää katselmustyyppinen paneutuminen tunnistettuihin tuotteen tai tuotannon pullonkauloihin. Tuote ja toiminta ovat perusrakenteeltaan kunnossa. Tarkastelukohteet ovat yleensä melko pieniä seikkoja. Käytetään fokuksoituja laatuksutyökaluja.
2. Erilaiset järjestelmätasoiset käsittelyt "purevat" parhaiten silloin, kun todelliset laatuksustannukset ovat **10-25 % luokkaa (helposti tunnistettavat 5-10 %)**. Tällöin on analysoitava kokonaisuus tarkasti, jotta osataan paneutua oleellisiin asioihin ja korjaamaan toimintatapoja.
 - ISO 9001, QS 9000
 - ISO 14001, EMAS
 - OHSAS 18001
 - ISO 27001
 - ISO 3834, TWM, Lean
3. Jos todelliset kustannukset **ylittävät 25 % (helposti tunnistettavat 10-15 %)**, toimenpiteinä on käytettävä suurempia operaatioita. Tuote ja toiminta eivät ole "terveellä pohjalla". Tuotantorakennetta on uudistettava, "rönsyjä" leikattava, keskityttävä omimmille osaamisalueille jne.

Laatukustannukset ja keinoja vaikuttaa niihin

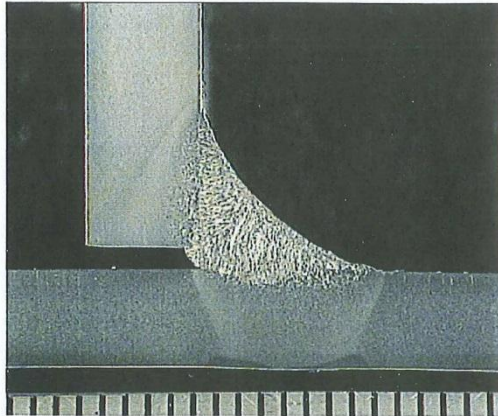
- LAATUKUSTANNUKSET
 - Hyvät kustannukset: ennakointitoimenpiteet, laatujärjestelmät
 - Pahat kustannukset: virhe tai poikkeama, joka saadaan itse kiinni
 - Rumat kustannukset: reklamaatio, mennyt asiakkaalle

Suhdeluku noin 1 : 10 : 100

Hitsauksessa laatua on esimerkiksi

- suunnittelu, valmistus ja hankinta puhuvat samaa kieltä
- valmistettavuus, erityisesti hitsattavuus on otettu huomioon suunnittelussa; DFM
- kokoonpanossa osat sopivat heti yhteen ilman "moukarointia" ja railot ovat heti kohdallaan hitsausta varten (DFA)
- ilmaraot ja mittatarkkuudet ovat kelpaavia
- hitsattavat osat ja osakokoonpanot ovat oikeaan aikaan oikeassa paikassa saatavilla
- materiaalit ovat tunnistettavissa
- tarvittavia työkaluja ja apuvälineitä ei tarvitse etsiskellä
- ohjeet (esim. WPS ja työohjeet) ovat selkeitä ja tarkoituksenmukaisia
- hitsausaineet ovat oikeita ja niitä käsitellään oikein
- koneet ja laitteet toimivat
- hallinosturin kapasiteetti ei ole pullonkaula
- työt tehdään ergonomisesti
- layout ja virtaus ovat kunnossa
- kappaleet ja tuotteet eivät pitkään pyöriskele käsissä
- hitsaustyö on kerralla valmista, se on juhlahetki
- lopputulos täyttää vaatimukset kaikin puolin
- tuote käy kaupaksi ja yrityksellekin jää jotain "viivan" alle





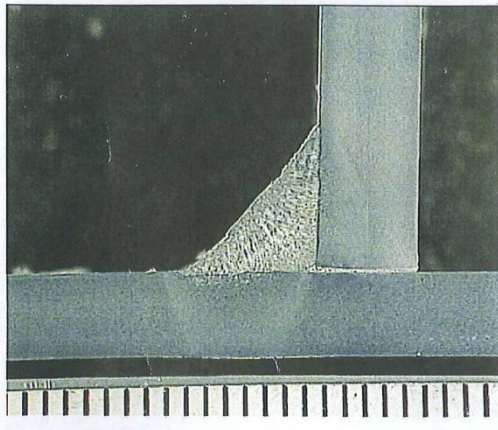
Kuva 531 / 1

Näytteen 1 makrorakenne.

Vajaa tunkeuma.

Mittajana kuvassa, jakoväli
1 mm.

Syövyte: Nital 3 %



Kuva 531 / 2

Näytteen 2 makrorakenne.

Vajaa tunkeuma ja
liitosvikaa hitsin juuressa.

Mittajana kuvassa, jakoväli
1 mm.

Syövyte: Nital 3 %





LAATUTYÖKALUJA (1/3)

- ISO 9000-standardisarja, Laatu järjestelmä, ISO 9001:2015 on uusin versio, uuden mukaiseksi 14.9.2018 mennessä
- ISO 3834-standardisarja, Hitsauksen laatuvaatimukset v. 2006
- TWM (Total Welding Management) –matriisin ”kuumien” pisteiden hakeminen, 4 x 5 x 5 peruspistettä, v. 2005
- Lean - kaiken turhan ja hukkan sekä arvoa tuottamattoman toiminnan poistaminen, 7 turhan muistisääntö TIMWOOD
- SixSigma (tai 6 Sigma) – hajonnan ja vaihtelun pienentäminen
- TBM (Time Based Management), läpimenoaikojen lyhentäminen
- Benchmarking - ”laillistettua” vakoilua, sisäinen, ulkoinen ja toiminnallinen benchmarking, benchmarkataan tunnuslukuja ja prosesseja
- Laatukustannukset - hyvät, pahat ja rumat kustannukset, todelliset kustannukset, jäävuorikuva
- Laatukilpailut ja -palkinnot - MB (Malcolm Baldrige National Quality Award, USA), EFQM –malli (European Foundation for Quality Management, Euroopan laatupalkinto), Suomen laatupalkinto

LAATUTYÖKALUJA (2/3)

- Taguchi – menetelmä ominaisuuksien vaihtelun hallintaan
- Tilastolliset menetelmät - SPC (Statistical Process Control), tilastollinen prosessin ohjaus, perustuu näytteisiin, mittaamiseen ja tilastotieteeseen
- Poka yoke – nolavirhekontrolli ja –taso, virheitä osoittava järjestelmä
- Demingin PDCA –ympyrä, PlanDoCheckAct
- BSC (Balanced Scorecard) – tavoitejohtamisen periaatteelle kehitetty toiminnanohjauksen suorituskykymittaristo, muutetaan visio ja strategia teoiksi ja toiminnaksi
- JIT (Just In Time), JOT (Juuri Oikeaan Tarpeeseen) ja TBM (Time Based Management)
- QFD (Quality Function Deployment) – Laatutalo, muutetaan asiakkaiden tarpeet ominaisuuksiksi
- TOC (Theory Of Constraint) – pullonkaulojen ja heikkojen lenkkien tunnistaminen ja poistaminen

LAATUTYÖKALUJA (3/3)

- 5S – Japanissa kehitetty työpaikkojen organisointiin ja työmenetelmien standardointiin keskittyvä työkalu. Sort-Seiri-Sorteeraus: tarpeettomat tavarat pois; Set In Order-Seiton-Systematisointi: hyvät varastointimenetelmät; Shine-Seiso-Siivous: päivittäinen siivous; Standardize-Seiketsu-Standardisointi: parhaiten käytäntöjen standardointi; Sustain-Shitsuke-Seuranta: sovittujen menetelmien noudattaminen
- ainakin Kiinassa 6S, + Safety
- TUTTAVA – Turvallisesti Tuottavat Työtavat; järjestykseen ja siisteyteen perustuva kehittämisohjelma
- Kaizen – jatkuvaa kehittämistä pienin parannuksin
- Kanban – kontrollikortti
- RFID (Radio Frequency Identification) – radiotaajuinen etätunnistus, laite tai tarra
- Syy- ja seurausanalyysi
- Vika- ja vaikutusanalyysi
- OTD – Order to Delivery, tilaus-toimitusketjun optimointi
- FPY – First Pass Yield, testaussaanto %, kerralla hyväksytysti läpäisseitten osien, tuotteiden tai palvelujen osuus
- Asiakastyytyväisyys
- Ydinosaaminen – tunnistetaan ydinosaamisalueet ja keskitytään niihin, strategiset ydinosaamisalueet, vahvuuksien vahvistaminen
- Aivoriihi ja tuplatiimi
- jne...

Operating system in welding



HSEQ

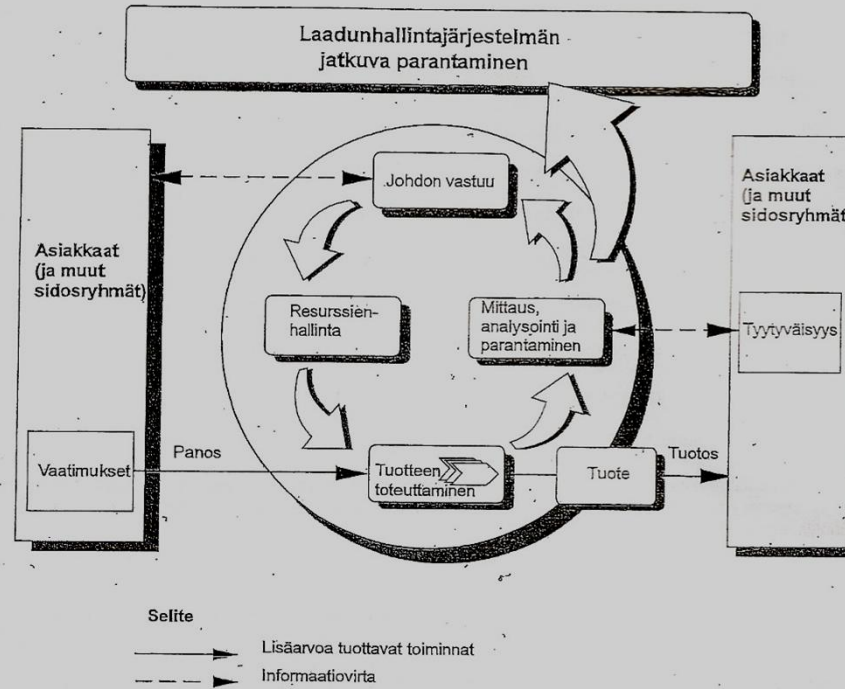
- Health
- Safety: OHSAS 18001, ISO 27001
- Environment: ISO 14001
- Quality: ISO 9001, ISO 3834
 - Execution of steel structures and aluminium structures (1.7.2014)

ISO 9000 LAATUJÄRJESTELMÄ

- ISO 9000 on kansainvälinen standardisarja **organisaatioiden toiminnan johtamista** laadunhallinnan ja laadunvarmistuksen näkökulmasta
- Viimeisin versio on vuodelta 2015, edelliset versiot ovat vuosilta 2000 ja 2008, ensimmäinen versio on vuodelta 1987.
 - ISO 9000: Sanasto ja perusteet
 - ISO 9001: Laadunhallintajärjestelmien vaatimukset
 - ISO 9004: Laadunhallinnan kokonaishallinta
 - ISO 19011 Ohjeita auditoinneille

Perussisältö ja -vaatimukset

- Asiakaskeskeisyys korostuu
- Kaikilla organisaatiotasolla on oltava kirjalliset laatutavoitteet
- Organisaation rakenne on esitettävä laatukäsikirjassa
- Koulutuksen tehokkuutta arvioitava
- Jatkuva parantamisen periaate
- Johdon katselmuksissa vähintään käsiteltävät asiakaskokonaisuudet on oltava tarkemmin määritetty
- Viestinnällä on luotava toimiva suhde asiakkaisiin
- Asiakastyytyväisyyden, tuotteiden ja prosessien mittaus
- Tietojen hallinta ja analysointi korostuvat
- Prosessiperiaatteen korostaminen



HUOM. Suluissa olevat ilmaisut eivät koske standardia ISO 9001.

Kuva 1 Prosesseihin perustuvan laadunhallintajärjestelmän malli

2.6 Johdon tehtävät laadunhallintajärjestelmässä

Johto voi johtamistavallaan ja toimenpiteillään luoda ilmapiirin, jossa henkilöstön osallistuminen on täysipainoista ja jossa laadunhallintajärjestelmä voi toimia vaikuttavasti. Johto voi soveltaa laadunhallinnan periaatteita (ks. 0.2) perustana tehtävilleen, jotka ovat:

- organisaation laatu politiikan määrittely ja laatu tavoitteiden asettaminen sekä näiden ylläpito
- laatu politiikan ja laatu tavoitteiden korostaminen organisaation eri tasoilla tietoisuuden, motivaation ja osallistumisen lisäämiseksi
- sen varmistaminen, että keskitytään asiakkaan vaatimuksiin organisaation eri tasoilla
- sen varmistaminen, että käytössä ovat tarkoituksenmukaiset prosessit asiakkaiden ja muiden sidosryhmien vaatimusten täyttämiseksi ja laatu tavoitteiden saavuttamiseksi
- sen varmistaminen, että luodaan ja toteutetaan vaikuttava ja tehokas laadunhallintajärjestelmä ja että sitä ylläpidetään laatu tavoitteiden saavuttamiseksi
- sen varmistaminen, että tarvittavat resurssit ovat saatavilla
- laadunhallintajärjestelmän katselmointi määräajoin

YMPÄRISTÖASIAT TEOLLISUUDESSA

- Millainen on ympäristöpolitiikka? Miten se hoidetaan?

Esim. ISO 9001 + ISO 14001 + ISO 3834

Työkaluja

1. ISO 14001: 2015 (aik. v. 2004)
Ympäristöjärjestelmä. Vaatimukset ja ohjeita standardin käyttämiseksi.
 - Muistilista ja apuväline
 - Johtamisjärjestelmä
 - Uusittu versio
 - mitkä asiat ovat ympäristöasioita?
 - menettelytavat ympäristöasioiden tunnistamiseen
 - yhteensopivuus laadunhallintastandardin ISO 9001 kanssa, mm. koulutus, pätevyudet, dokumentointi, tiedostojen hallinta
 - tekstin selventäminen
 - ISO 14004 Ohjeita ympäristöjärjestelmän rakentamiselle

2. EMAS-asetus (European Eco-Management and Audit Scheme), 1993 / 2001 / 2016

- EU:n komission julkaisema
- Suomessa rekisteröinneistä vastaa Suomen ympäristökeskus
- vapaaehtoinen ympäristöasioiden hallintajärjestelmä, jolla helpotetaan ympäristöasioiden järjestelmällistä hoitoa ja jonka avulla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä esim. energian, veden ja raaka-aineiden kulutuksessa tai jätehuoltokustannuksissa
- mukanaolon ehtona on ympäristölainsäädännön noudattaminen ja sitoutuminen ympäristösuojelun jatkuvaan parantamiseen
- julkaistava vuosittain YMPÄRISTÖSELONTEKO (ei ISO 14001:ssä)

Ympäristöasiat ja -vaikutukset

- TUOTE ja TUOTANTO
- MATERIAALIT, ENERGIA, VESI ja JÄTTEET → KULUTUS JA KÄSITTELY
 - konttoritoiminnot
 - osavalmistus: metallijäte, polttoleikkausjäte,...
 - hitsaus: kaasut, melu, pöly,...
 - koneistus: leikkausnesteet, öljyt,...
 - kokoonpano: kemikaalit,...
 - maalaus: maalit, liuottimet,...
 - peittäus: hapot, pesuvedet, ilmastopäästöt,...
 - varastointi: pahvi, paperi, muovi,...
 - ALIHANKINTA
 - RISKIEN HALLINTA
 - ONGELMAJÄTTEET vs KAATOPAIKKAJÄTE
 - öljyiset rätit, paristot, värikasetit, spray-pullot, öljyt, leikkausnesteet,...

Päätavoitteet

1. Päästöjen vähentäminen
2. Jätehuollon kehittäminen
3. Henkilöstön ympäristötietouden lisääminen

→ KILPAILUKYKYINEN TUOTANTO

Lait, asetukset, luvat ja sopimukset

- Laki ympäristövahinkojen korvaamisesta
 - Ilmansuojelulaki
 - Meluntorjuntalaki
 - Terveysturvallisuuslaki
 - Kemikaalilaki
 - Jätelaki
 - Jätevesi- ja kaatopaikkasopimus
 - Luonnonsuojelulaki
 - Vesilaki
 - Energiajätteen keräily- ja vastaanottosopimus
 - Palo- ja pelastuslaki
 - Naapuruuslaki
 - Kestävän kehityksen periaatteet
- jne, jne

Työterveys- ja turvallisuusasiat teollisuudessa

- Miten työterveys- ja turvallisuusasiat hoidetaan?
- Työturvallisuuslaki 23.8.2002/738.

Hyvä TT-toiminta ei synny sattumalta!

- Työkaluina
 - BS 8800:fi (1998)
 - OHSAS 18001:fi (2007), SFS-EN OHSAS 18001:2007, ISO 45001:2018

- BS 8800:fi (1998)
 - Kuvattu JOHTAMISJÄRJESTELMÄ
 - BS 8800:ssa kuvattu 3 ratkaisumallia
 - HS(G)65, brittiläinen tapa
 - ISO 14001-pohjainen
 - ISO 9001-pohjainen
- OHSAS 18001:fi (2007), SFS-EN OHSAS 18001:2007
 - Occupational Health & Safety Management System Certification (<http://www.dnv.com/certification/>)
 - OHSAS 18001 on standardisoimislaitosten yhteistyössä laatima turvallisuusjohtamisjärjestelmä ja se on tehty yhteensopivaksi ISO 9001 ja 14001 kanssa
 - Lähtökohtina ovat olleet BS 8800 ja NVOHSMS:1997
- ISO OHSAS 18001:2007 -> ISO 45001:2008 Työterveys ja turvallisuus. Korvannut OHSAS –standardin.

- Tavoitteet
 - Työntekijöiden ja muihin henkilöihin kohdistuvat riskit minimoidaan
 - Liiketoimintaa parannetaan
 - Organisaatiota autetaan luomaan vastuullista julkisuuskuvaa markkinoilla

- Mm. riskien hallinta
 - Luokittele työ
 - Tunnista vaarat
 - Määrittele riski
 - Onko riski siedettävä?
 - Riskien hallinnan toimintasuunnitelma
 - Arvioi toimintasuunnitelman riittävyys
 - Toteuta suunnitelma
 - Seuraa ja suorita uudelleenarviointi

- TOIMINNANHALLINTA TARKOITTA
LAATU-, YMPÄRISTÖ- JA
TURVALLISUUSASIOIDEN
KOKONAISVALTAISTA HALLINTAA, niiden
yksityiskohtia ja niiden vuorovaikutusta
- HSEQ –toiminta; ”HSEQ & ICT Manager”
- Järjestelmät ovat käyttökelpoisia apuvälineitä

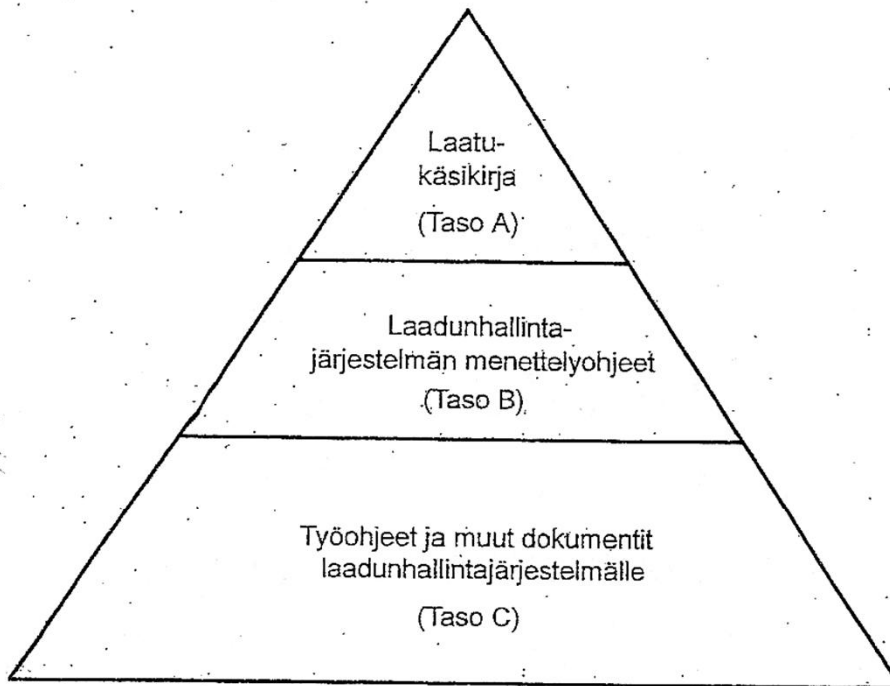
LAATUKÄSIKIRJA

- Laaja, kokonaisvaltainen dokumentoitu kuvaus tavasta, jolla yritys tai organisaatio aikaansaa tuotteidensa, palveluidensa ja toimintansa laadun
- Laatukäsikirjaa käytetään mm.:
 - Koko toiminnan elävänä perustana
 - Mainoksena ja esittelymateriaalina ulkopuolisille, esim. asiakkaat, viranomaiset, rahoittajat jne.
 - Erityisesti uusia asiakkaita varten
 - Sisäisesti toimintatapojen perehdyttämismateriaalina
 - Keinona ylläpitää toiminnan jatkuva kehittäminen ja kehittyminen
 - Johtamisen välineenä

- **Laatukäsikirjassa** on kuvattava järkeväksi koettu toimintatapa
- Ei niin, että toiminta kahlitaan jäykkään **Laatukäsikirjaan**
- Laatu, ympäristö ja turvallisuus muodostavat toiminnan kokonaisuuden → toimintatapa, joka kuvataan **Toimintakäsikirjassa**

Liite A

Tyypillinen laadunhallintajärjestelmän dokumentoinnin hierarkia



Asiakirjojen sisällöt

A: Kuvaa laatupolitiikan ja tavoitteiden mukaisen laadunhallintajärjestelmän

B: Kuvaa toisiinsa liittyvät prosessit ja toimenpiteet, joita tarvitaan laadunhallintajärjestelmän toteuttamiseksi.

C: Sisältää yksityiskohtaiset työasiakirjat.

HUOM. 1 Eri fasojen määrä voidaan sopeuttaa organisaation tarpeisiin.

HUOM. 2 Lomakkeita saatetaan tarvita hierarkian kaikilla tasoilla.

Hitsin tekninen laatu ja hitsauksen (hitsaustoiminnan) laatu

A. Hitsin tekninen laatu

- ❖ Milloin hitsi on hyvä?
 - » Kun se täyttää sille asetetut vaatimukset?
- ❖ Millaiset ja kenen asettamat?
 - » Yhteisesti sovitut?
- ❖ Vaatimukset asettaa asiakas, viranomainen tai yhä useammin yritys itse.
- ❖ Myös tuote ja käyttökohde sellaisenaan: esim. silta, masto, elintarviketuote, PED-painelaite, CE-merkintä, off-shore-rakenne, kuljetusväline, säiliö, putkisto, teräs- tai alumiinirakenne, jne.

1. Visuaalinen laatu

- pinta on sileä, ei reunahaavaa, ei pintahuokosia, se on yksinkertaisesti hyvännäköinen

2. Hyvä konepajalaatu

- normaalilla huolellisuudella ja vastuuntuntoisella työllä saavutettava laatutaso
- yleisesti hitsiluokka C tai IIW 3 ilman vajaata hitsautumissyvyyttä

3. Hitsiluokkalaatu

- hitsi täyttää hitsiluokkavaatimuksen tai muun vaatimuksen hitsausvirheiden suhteen
 - SFS-EN ISO 5817 / SFS-EN 10042: (B+), B, C, D
 - B+ tarkoittaa lisävaatimusta esim. rajaviivan juohevuutta, pinnan sileyttä pintakäsittelyjen suhteen ja ”elintarvikelaatua”
 - IIW-röntgenluokka 5-1
 - hitsausvirheet SFS-EN ISO 6520-1:1999

”...eivät ota kantaa metallurgisiin tekijöihin...”

4. Metallurginen laatu

- liitos on myös metallurgisesti hyväksyttävissä
 - **mikrorakenne on riittävän sitkeä**
 - **raekoon kasvu sularajan vieressä** → sitkeyden aleneminen
 - **suotautuminen** eli seosaineiden epätasainen jakautuminen: erityisesti pistekorroosionkestävyyden aleneminen, Mo-pitoisuus
 - esiintyy **kovia tai pehmeitä vyöhykkeitä**
 - **liitoksen lujuus, sitkeys, iskusitkeys,...**

Tarve menetelmä- tai hitsattavuuskokeisiin →
esim. lämmöntuontirajoitukset, hitsausohje WPS

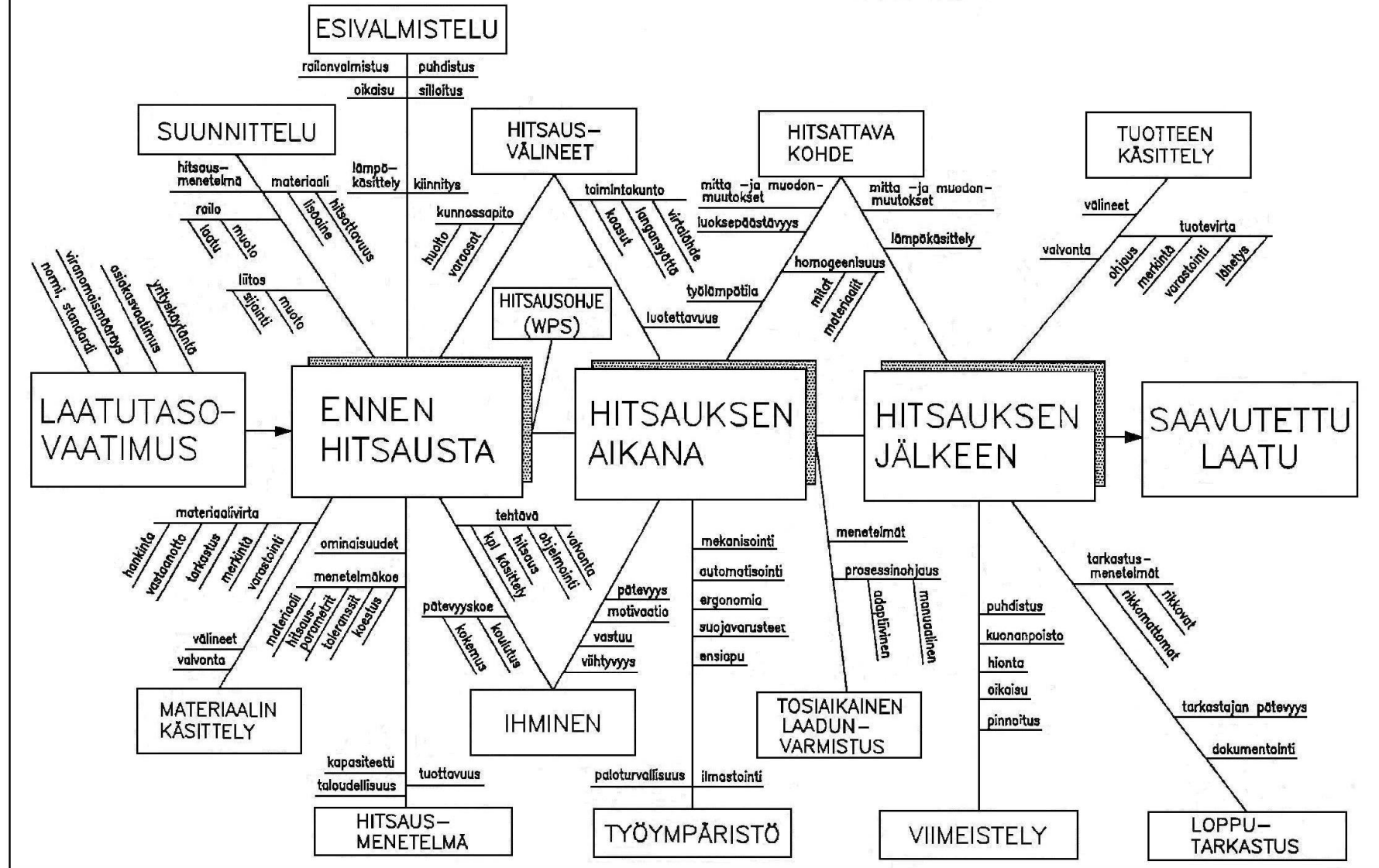
Esimerkki:

- Konepaja on valmistanut vuosia hitsattuja rakenteita laatuvaatimuksen ollessa ”hyvä konepajakäytäntö” eli EN ISO 5817 mukaisesti hitsiluokka C. Nyt kuitenkin samojen tuotteiden valmistuspiirustuksiin on tullut merkintä **HITSILUOKKAVAATIMUS KAIKILLE HITSEILLE HITSILUOKKA B**. Mitä toimenpiteitä tämä aiheuttaa tai saattaa aiheuttaa konepajalla hitsaukseen ja tarkastukseen? Mikä on taloudellinen vaikutus?

B. Hitsauksen (hitsaustoiminnan) laatu

- ❖ Kokonaisvaltainen laadunhallinta
 - ❖ Lopputulos eli hitsin tekninen laatu on erittäin oleellinen osa hitsauksen laatua, mutta nyt pureudutaan laaja-alaisesti laatuun vaikuttaviin tekijöihin (laaduntuottotekijät) ja parannustekijöihin
 - ❖ mm. johtaminen, koordinointi, työsuunnittelu ja tuotannonohjaus, pätevyinti, hitsausaineet, hitsausohjeet ja niiden hyväksyntä, hitsauslaitteet, NDT-tarkastus, yhteydet, toimitukset, pakkaukset, merkinnät, tiedonsiirto, dokumentointi, jne.
 - ❖ tuottavuus- ja taloudellisuuskysymykset on helpompi ottaa huomioon
- ❖ Laaduntuottotekijät hallintaan: ”kalanruotokuvio”
 - ❖ Laatusoiva vaatimus vs saavutettu laatu
 - ❖ Toimenpiteet
 - » ennen hitsausta
 - » hitsauksen aikana
 - » hitsauksen jälkeen

HITSUKSEN LAADUNTUOTTOTEKIJÄT



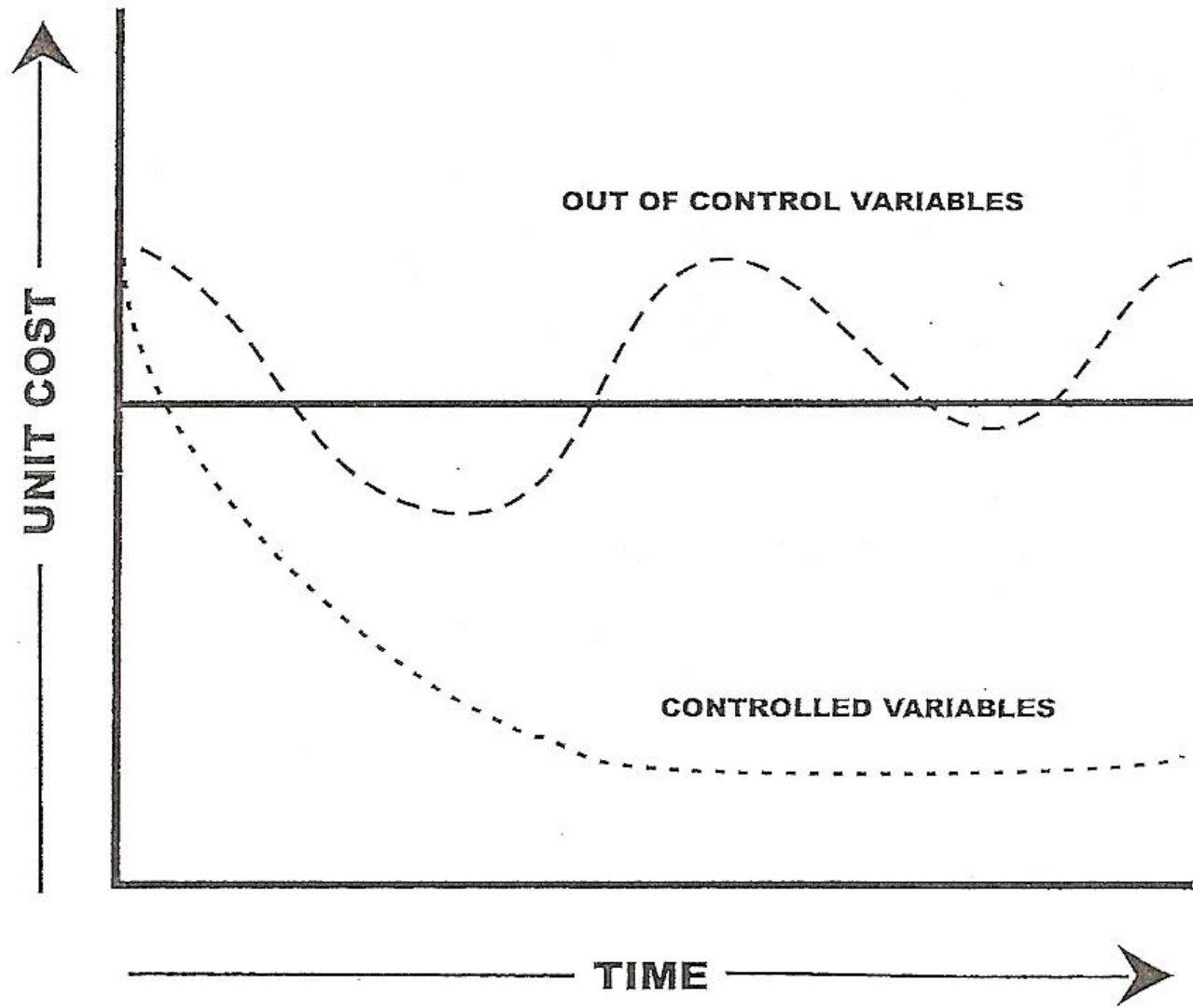


Figure 1. Reducing Unit Costs through Control of the Welding Variables

Hitsauksen kokonaisvaltainen laadunhallinta - Laatujohtaminen

- TQM – Total Quality Management
 - QA – Quality Assurance, laadunvarmistus
 - QC – Quality Control, laadunohjaus
 - QI – Quality Inspection
-
- TQM on johtamistapa, jossa yritystä johdetaan suunnitelmallisesti käyttäen apuna soveltuvia laatutyökaluja.

Miten asiat voidaan ottaa hallintaan?

- Toimitaan sattumanvaraisesti ja hyvään ”tuuriin” luottaen
- Toimitaan varman päälle kuten ennenkin.
TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUS?
- Hitsaavan konepajan laatu järjestelmä ISO 9001 ja hitsauksen laatuvaatimukset SFS-EN ISO 3834
- Toimintajärjestelmä
 - laatu ISO 9001
 - ympäristö ISO 14001
 - turvallisuus OHSAS 18001 ja ISO 27001
 - HSEQ
- Muodostavat kansainvälisesti yhteisen kielen

HITSAUKSEN LAATUVAATIMUKSET SFS-EN ISO 3834:2006

- Keino muistaa asiat
- Ei ole varsinainen laatujärjestelmästandardi, kuten esim. ISO 9001, eikä siten ole sitä korvaava.
 - voi olla täydentävä tai itsenäinen
- Ei sano miten asioita on hoidettava, ainoastaan mitä asioita tulee ottaa huomioon.
 - hyvä muistilista
 - poimittava itselle tärkeät asiat
 - oiva työkalu sekä isolle että pk-yritykselle

- Esitetty menettelytavat tarjouspyynnöstä valmiin tuotteen toimittamiseen
- Käytetään hitsauksen ohjeistuksen perustana ja toiminnan työkaluna. → TOIMINTAOHJE!
- Yritys painottaa asioita omien tarpeidensa mukaisesti

Kaikkia asioita ei tarvitse tehdä kerralla. Aloitetaan niistä asioista, jotka yritys on tiedostanut ensi vaiheessa pullonkauloiksi omassa toiminnassaan!

Esimerkiksi seuraavia asioita:

- vastuut ja valtuudet
- vaatimusten katselmus ja tekninen katselmus
- suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö
- hitsaajien koulutus ja pätevänti
- railonvalmistustekniikat
- hitsiluokat
- lisäaineiden säilytys ja käsittely
- a-mitan hallitseminen
- työlämpötilan mittaaminen
- lämmöntuonnin hallitseminen
- NDT-tarkastus
- dokumentointi

Standardisarjan

SFS-EN ISO 3834:2006 rakenne:

- Kuusi osaa:
 - SFS-EN ISO 3834-1 Tarkoituksenmukaisen laatuvaatimustason valintaperusteet
 - SFS-EN ISO 3834-2 Kattavat laatuvaatimukset
 - SFS-EN ISO 3834-3 Vakiolaatuvaatimukset
 - SFS-EN ISO 3834-4 Peruslaatuvaatimukset
 - SFS-EN ISO 3834-5 Laatuvaatimusten osoittamiseen tarvittavat asiakirjat
 - ISO/TR 3834-6. Osa 6: Soveltamisohjeet

Liite A

(opastava)

**Asiat, jotka helpottavat tarkoituksenmukaisen standardin
ISO 3834-2, ISO 3834-3 tai ISO 3834-4 valintaa**

Nro.	Kohde	ISO 3834-2	ISO 3834-3	ISO 3834-4
1	Vaatimusten katselmus	katselmus vaaditaan		
		pöytäkirja vaaditaan	pöytäkirja saatetaan vaatia	pöytäkirjaa ei vaadita
2	Tekninen katselmus	katselmus vaaditaan		
		pöytäkirja vaaditaan	pöytäkirja saatetaan vaatia	pöytäkirjaa ei vaadita
3	Alihankinta	käsitellään kuten valmistaja tietylle alihankitulle tuotteelle, palvelulle ja/tai toiminnalle. Lopullinen vastuu jää kuitenkin valmistajalle		
4	Hiitsaajat ja hitsausoperaattorit	pätevöintiä vaaditaan		
	Hiitsauskoordinoija	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
6	Tarkastushenkilöstö	pätevöintiä vaaditaan		
7	Tuotanto- ja testauskalusto	sopivaa ja käytettävissä vaatimusten mukaisesti esivalmistukselle, prosessin toteuttamiselle, testaukselle, kuljetukselle ja nostotehtäville yhdessä turvalaitteiden ja suojavaatetusten kanssa		
8	Laitteiden huolto	vaaditaan tuotteen vaatimustenmukaisuuden saavuttamiseksi ja ylläpitoon		ei erityisiä vaatimuksia
		dokumentoidut suunnitelmat ja raporteja vaaditaan	raporteja suositellaan	
9	Laitteiden kuvaus	luettelo vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
10	Tuotantosuunnitelma	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
		dokumentoidut suunnitelmat ja raporteja vaaditaan	dokumentoidut suunnitelmat ja raporteja suositellaan	
11	Hiitsausohjeet	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
12	Hiitsausohjeiden hyväksyntä	vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
13	Hiitsausaineiden eräkohtainen testaus	jos vaaditaan	ei erityisiä vaatimuksia	
14	Hiitsausaineiden varastointi ja käsittely	vaaditaan lisäainetoimittajien suositusten mukaiset menettelyt		lisäainetoimittajan suositusten mukaisesti
15	Perusaineiden varastointi	vaaditaan suojausta ympäristön vaikutukselta; tunnistettavuuden tulee säilyä varastoinnin aikana		ei erityisiä vaatimuksia

Nro.	Kohde	ISO 3834-2	ISO 3834-3	ISO 3834-4
16	Hitsauksen jälkilämpökäsittely	varmistetaan, että tuotestandardin tai spesifikaation vaatimukset on täytetty	vaaditaan ohje ja pöytäkirja	ei erityisiä vaatimuksia
		vaaditaan ohje ja pöytäkirja sekä pöytäkirjan jäljitettävyys tuotteeseen	vaaditaan ohje ja pöytäkirja	
17	Tarkastus ja testaus ennen hitsausta, hitsauksen aikana ja hitsauksen jälkeen	vaaditaan		jos vaaditaan
18	Poikkeamat ja korjaavat toimenpiteet	ohjaustoimenpiteitä sovelletaan		ohjaustoimenpiteitä sovelletaan
		vaaditaan menettelyohjeita korjaukseen ja/tai oikaisemiseen		
19	Mittaus- ja testauslaitteiden kalibrointi tai kelpuus	vaaditaan	jos vaaditaan	ei erityisiä vaatimuksia
20	Tuotannonaikainen tunnistus	jos vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
21	Jäljitettävyys	jos vaaditaan		ei erityisiä vaatimuksia
22	Laatuasiakirjat	jos vaaditaan		

Kirjallisuus

- [1] ISO 9001:2000, *Quality management systems – Requirements*
- [2] ISO 9004:2000, *Quality management systems – Guidelines for performance improvements*
- [3] ISO 3834-2, *Quality requirements for fusion welding of metallic materials – Part 2: Comprehensive quality requirements*
- [4] ISO 3438-3, *Quality requirements for fusion welding of metallic materials – Part 3: Standard quality requirements*
- [5] ISO 3834-4, *Quality requirements for fusion welding of metallic materials – Part 4: Elementary quality requirements.*

SFS-EN ISO 3834-2/3/4

yhteiset vaatimukset (1/2):

(tasolla 3834-4 on joitakin ”helpotuksia”)

1. Vaatimusten katselmus ja tekninen katselmus
2. Pätevä hitsauskoordinoija
(hitsauskoordinointihenkilöstö)
 - SFS-EN ISO 14731:2006
 - IWE, IWT, IWS, IWI
3. Pätevöitetyt hitsaajat ja/tai hitsausoperaattorit
 - SFS-EN 287:2011 / SFS-EN ISO 9606:2013
 - SFS-EN ISO 14732:2013 (aik. SFS-EN 1418)
4. Pätevöitetyt NDT-tarkastajat
 - SFS-EN ISO 9712:2012 (aik. SFS-EN 473:2008)

5. Tuotantosuunnitelma (2/2)
6. Tuotanto- ja testauskalusto sekä laitteet
7. Hyväksytyjen hitsausohjeiden käyttö
 - SFS-EN ISO 15607:2004: Yleisohjeet
 - SFS-EN ISO 15609-1...5: Hitsausohjeet
 - SFS-EN ISO 15610-15614 Hyväksyminen
8. Ohjeet hitsausaineiden (perus- ja lisäaineet, kaasut, jauheet, jne.) varastoinnista, käsittelystä ja käytöstä
9. Ohjeet poikkeamien käsittelystä ja korjaavat toimenpiteet
10. Tunnistus ja jäljitettävyys
11. Laatuasiakirjojen dokumentointi

- Keskeistä ei ole dokumentoida kaikkea mahdollista
- Dokumentointia silloin, kun ohjeiden puuttuminen voi johtaa virheelliseen toimintaan ja sitä kautta turhiin kustannuksiin, erityisesti toistuviin turhiin kustannuksiin.
- Vauriot ja onnettomuudet
- Hitsausohje WPS ‹—› Laatukäsikirja

Dokumentointivaatimus: WPS

- Syitä:
 - Vaativammat käyttöolosuhteet ”vanhoille materiaaleille
 - Metallurgisesti vaativammat materiaalit
 - Tehokkaampi hitsaus → suurempi sulatusteho → raekoon kasvu
 - Mekanisoitu/automatisoitu hitsaus
 - Hitsaajien vaihtuvuus ja ”luonnollinen” ammattitaito

- Metallurginen laatu: Metallurgiset asiat tulleet entistä tärkeämmiksi: sulan jäähmettyminen, hitsausenergian ja lämmöntonnin hallinta (kJ/mm), hitsausjärjestys, mikro-rakenne, rakeenkasvu, suotautuminen, vetyhalkeamat, jne.
- ”Tupakkiaskitiedot” ja NDT eivät enää aina riitä!!!
- Materiaaleina eivät ole enää vain ”mustat” Fe37/S235 tai Fe52/S355 tai ”kirkkaat” AISI 304 tai AISI 316, vaan laatuja on kymmeniä eri tarkoituksiin:
 - lujat ja ultralujat teräkset, Hardox, booriteräs, TMCP-teräs, DQ-teräs, SMO, SLX, duplex, lean-duplex, ferriittinen ruostumaton, Hastelloy, sekaliitokset, jne.
 - alumiinit, titaanit, kuparit, nikkelit, ...
- Ei ammattimies ”wepsiä” tarvitse 37:n tai 304:n hitsauksessa, paitsi ... nykyään jopa niissäkin???

SFS 3052 Hitsaussanasto määrittelee:

- Hitsausohje (WPS)

- » ru Svetsdatablad
- » eng Welding Procedure Specification
- » sa Schweissanweisung

Asiakirja, jossa yksityiskohtaisesti esitetään tiettyyn hitsaussovellukseen vaadittavat muuttujat toistettavuuden varmistamiseksi.

Hitsausmuuttuja = tekijä, jolla on vaikutusta hitsausliitoksen mekaanisiin ja/tai metallurgisiin ominaisuuksiin.

Hitsausohje (WPS)

- Vaativat hitsit
 - riskit olemassa (vaurioituminen, turvallisuusriski, henkilövahingot)
 - hitsiltä ja koko liitokselta vaaditaan erityistä lujuutta, sitkeyttä, tms. tai yleisesti ehdotonta kestävyyttä
 - vaihteleva kuormitus
- Hitsit, joissa esiintyy toistuvasti korjattavaa tai muita puutteita
 - hankala hitsausasento
 - kaasusuojaus on vaikea järjestää
 - metallurgiset erityispiirteet, esim. toistuvasti kuumahalkeamia
- Syntyy turhia laatukustannuksia

SFS-EN ISO 3834 käyttöönottoa puoltavat

- Asiakkaiden vaatimukset
 - Asiakkaat vaativat, erityisesti Saksan ja Ruotsin suunnan vaatimukset, mutta myös kotimaassa
 - Tietämys lisääntynyt myös ”vastapuolella” – joko teillä on se 3834 tai IWE tai IWT?
- Direktiivit ja tuotestandardit
 - EU-direktiivit asettavat tuoteturvallisuusvaatimuksia
 - Samoin tuotevastuulaki
 - Hitsaus suoritettava asianmukaisesti
 - Ensimmäisenä paineastioissa ja vaativissa teräsrakenteissa, B7 teräsrakenteiden rakennusmääräyskokoelma, EN 1090-2 (EXC-luokat 1-4) teräsrakenteille, EN 1090-3 alumiinirakenteille
 - Painelaitedirektiivi PED ja CE-merkintä
- ”Kolmas osapuoli”
 - Viranomainen
 - Joku muu

- Päähankkijan vaatimukset
 - EN ISO 3834 tuo ehdottoman etulyöntiaseman
 - Case: on täytettävä 3834-2 mukaiset soveltuvat vaatimukset, koordinoija tai ostaja varmistaa asiat
 - Vaatimukset, koordinoija tai ostaja varmistaa asiat
 - Vaatimuksia jopa ISO 9001 sertifiointista
 - pk-yrityskin voi osallistua alihankkijana kansainvälisiin projekteihin
- Hankintaketju
 - Asiakas-luokituslaitos-viranomainen-projektinhoitoyritys-päähankkija (järjestelmätoimittaja) -pääyhteistyökumppani-alihankkija-alihankkijan alihankkija-...
 - Puhutaan samaa kieltä
 - Verkkoon voi tulla "umpisolmuja"
 - Laatusähläyksistä ja yleensä laatukustannuksista noin 70 % johtuu joko kokonaan tai ainakin osittain kommunikaatio-ongelmista:
"...luulin, että näin se piti hitsata tai, että luulin, että sinä hoidat tämän asian..."

- Yrityksessä on ISO 9001, ISO 14001 tai OHSAS 18001
 - Hitsaus on yrityksessä erikoisprosessi
 - Halu ja tarve ottaa hitsaus mukaan kokonaisuuteen
- Yrityksen tulevaisuus ja oma halu
 - Halu osoittaa olevansa varteenotettava tekijä ja toimittaja nyt ja tulevaisuudessa

SERTIFIOINTI?

- Sertifiointi ja sen ylläpitäminen on edelleenkin markkinointipanostus, mutta ennen kaikkea kokonaisvaltaisen tuottavuuden, taloudellisuuden ja laadun panostus. Takaa ryhdin tekemisessä! Aikatauluttaa ja pakottaa tekemään asioita. Sertifikaatin ”antaja” kannattaa miettiä tarkkaan. Esim. kansainvälinen tunnustus.

MILLOIN PAKOLLINEN?

- Eräillä alueilla jo nyt! Jatkossa aina enemmän!

Suomalaisia kokemuksia

- Työn voi tehdä joko
 1. Täyttämällä ainoastaan ”velvoite” eli hankkimalla sertifikaatti seinälle tai
 2. Liittämällä se osaksi yrityksen tuotannon kehittämistyötä ja hakemalla sitä kautta lisää kilpailukykyä

Yksittäisiä kommentteja ja havaintoja:

- 3834- ja 1090 -standardit ovat ”helppo” ja konkreettinen tapa aloittaa laatutoiminta: ne ovat selvä projekti
- Johtaminen ja vastuut ovat selkeytyneet
- Hitsauksen kokonaisuus on saatu hallintaan: koordinoinnilla osaoptimoinnista kokonaisoptimointiin
- Sopimuskäytäntö on kehittynyt: puhutaan samaa kieltä; tiedetään kaikin puolin, mitä vaaditaan, halutaan, luvataan ja pystytään tekemään
- Suunnittelun ja valmistuksen yhteistyö on parantunut: eriytymisestä yhteistyöhön
- Reagointi muutoksiin nopeutunut
- Osaaminen on lisääntynyt
- Materiaalinkäyttö (perusaineet ja lisäaineet) on tehostunut
- Ylisuuri a-mitta ja kupu on saatu hallintaan
- Vaatimustaso selkeytynyt: hitsiluokat ymmärretty ja otettu käyttöön, EI ENÄÄ: no, kyllä siitä sitten sovitaan!
- Siisteys ja työturvallisuus ovat parantuneet: lay-out ja sisäinen logistiikka
- Työmotivaatio on kasvanut
- Kilpailukyky on parantunut merkittävästi

SFS-EN ISO 14731 HITSUKSEN KOORDINOINTI JA HITSUKSHENKILÖSTÖ (IWE, IWT, IWS, IWI ja IW)

- SFS-EN ISO 3834 periaate: Hitsukseen nimetään vastuhenkilö eli hitsauskoordinoija. Yrityksessä heitä voi olla yksi tai useampi. Yksi toimii pääkoordinoijana. Voi olla myös ulkopuolinen.
- Valmistaja nimeää valtuutetun hitsauskoordinoijan. Asema valmistusorganisaatiossa. Selkeät valtuudet.
- SFS-EN ISO 14731:2006 Hitsauksen koordinointi. Tehtävät ja vastuut.
- Hitsauskoordinoijan perustehtävänä on hitsauksen laadunhallinnan organisointi SFS-EN ISO 3834 mukaisesti:
 - Toimiminen valtuutettuna hitsauskoordinoijana: osallistuminen vaatimusten katselmukseen ja tekniseen katselmukseen
 - Asiantuntijatehtävät yrityksen eri osastoille ja yksiköille (esim. suunnitteluosasto)
 - Hitsausohjeiden laatiminen, hyväksyminen (pWPS → WPS), tallentaminen ja päivittäminen
 - Hitsaajien/hitsausoperaattoreiden koulutus ja opastus
 - Hitsaajien/hitsausoperaattoreiden pätevyyskokeet
 - Menetelmäkokeiden tekeminen ja valvominen
 - Toimiminen yhteyshenkilönä alihankkijoiden suuntaan
 - Omien ja ulkopuolisten tarkastusten valvonta
 - Ympäristö- ja työturvallisuusasiat

Osaaminen ja kokemus

- Hitsauskoordinoijalla on oltava riittävä tekninen osaaminen ja kokemus ja ne on kyettävä tarvittaessa esittämään.
- Kokemus: käytännön valmistuskokemukseksi riittää yleensä 3 vuotta.
- Tekninen osaaminen: Yleinen ja sen lisäksi erityinen tekninen osaaminen. Koulutus, teoreettinen tietous ja käytännön kokemus.

- Hitsauskoordinoija nimetään osaamistasoittain. Osaamistasovaatimukset riippuvat tuotannon luonteesta ja vaativuudesta.
- Osaamistasot:
 - Laaja tekninen osaaminen (IWE)
 - Kohdistunut tekninen osaaminen (IWT)
 - Tekninen perusosaaminen (IWS)
- Eurooppalaisen hitsausjärjestön EWF (European Welding Federation) ja kansainvälisen hitsausjärjestön IIW (International Institute of Welding) mukaiseen koulutuksen ja sertifiointin läpikäyneet hitsausinsinöörit (IWE), hitsausteknikot (IWT), hitsausneuvojat (IWS) ja hitsaustarkastajat (IWI, IWIE, IWIT, IWIS) täyttävät suoraan hitsauskoordinoijalle asetettavat vaatimukset.
- Periaatteessa IWE, IWT ja IWS täyttävät kaikki kolme esitettyä osaamistasovaatimusta. Käytännössä laaja osaaminen → IWE, kohdistunut osaaminen → IWT ja perusosaaminen → IWS.

- Kaikki EWF/IIW:n hitsaushenkilöstön koulutus- ja sertifiointiohjelmat niveltävät omalta osaltaan SFS-EN ISO 3834 kokonaisuuteen
- Tällä hetkellä Suomessa toteutettavia koulutusohjelmia ovat:
 - Kansainvälinen hitsausinsinööri IWE
 - Kansainvälinen hitsausteknikko IWT
 - Kansainvälinen hitsausneuvoja IWS
 - Kansainvälinen hitsaustarkastaja IWI
 - Kansainvälinen hitsaaja IW
 - » Puikko-, MIG/MAG-, TIG- ja kaasuhitsaus
 - Kansainvälinen mekanisoidun hitsauksen, orbitaalihitsauksen ja robottihitsauksen asiantuntijakoulutus IMORWP (International Mechanized, Orbital and Robot Welding Personnel)
 - Kansainvälinen hitsatun rakenteen suunnittelijan koulutus IWSD
 - RWC-S –koulutus (Responsibility for Welding Coordination, level S)
- Uusimpia ovat IMORWP- ja RWC-S -koulutukset

NDT-tarkastajien koulutus ja pätevänti

NDT -tarkastajien tulee olla päteväitettyjä EN ISO 9712:2012 mukaan.

Pohjoismainen NORDTEST (Nordtest gen 010-järjestelmä) -> eurooppalainen EN 473 -> kansallinen SFS-EN 473:1993/2008 -> SFS-EN ISO 9712:2012

- soveltuu monelle alalle
- keskitetty koulutus ja pätevänti
- painottunut hitsaukseen

ASNT SNT-TC-1A:2006 (American Society for Nondestructive Testing)

- yritysکوhtainen: koulutus ja pätevänti yrityksissä omien tarpeiden mukaisesti
- koulutuksen sisältö, päteväystasot, kokeet, sertifioinnit jne. lähellä toisiaan, painotuksissa eroja

- Muita järjestelmiä: ISO 9712, ANSI/ASNT-CP-189:2011 (American National Standards Institute)
- **HUOM! IWI-PÄTEVYYS EI TARKOITA EN 9712 MUKAISTA NDT-TARKASTUSPÄTEVYYTTÄ!**

Yhteenveto

- Laatupuutteisiin on suhtauduttava vakavasti ja järjestelmällisesti
 - Tiedostamalla ja edes osittaisella poistamisella on mahdollisuus parantaa kannattavuutta ja kilpailukykyä merkittävästi
- Laatuajattelu tuotava täydellä teholla ”kentälle”, ei pelkkiin puheisiin. Kehittäminen tulee olla yrityksen omissa käsissä!
- Hitsin tekninen laatu ja hitsauksen (hitsaustoiminnan) laatu ja niihin liittyvät LAADUNTUOTTOTEKIJÄT on ymmärrettävä osaksi TUOTANTOKOKONAISUUTTA ja siten KANNATTAVUUTTA parantaviksi tekijöiksi. Eivät ole irrallisia käsitteitä!
- Järjestelmällisellä laatutyöllä on saavutettavissa paljon asioita, jotka muuten olisivat hallitsemattomia.
- EN 3834 ja sitä tukevat laatutyökalut käyttöön! Tukevia laatutyökaluja ovat mm. TWM, Lean ja SixSigma.

- **Hitsauksen laatuvaatimuksia koskeva standardisarja EN ISO 3834 julkaistiin Suomessa 2006**
 - Edeltäjä vuonna 1995 julkaistu EN 729-sarja
 - Tällä hetkellä reilusti yli 100 yritystä toimii 3834 mukaisesti, n. 80 yritystä vienyt työn sertifiointiin saakka.
 - Kymmenissä yrityksissä asia on työn alla ja sadoissa asiaa mietitään ja valmistellaan
- **Vaatimuksia asettavat mm. verkostoituminen, toimintaketjut, tuotteet ja rakenteet, direktiivit ja tuotevastuulaki**
- **Standardin käyttöönottoon ja soveltamiseen kannattaa valmistautua hyvissä ajoin**
 - Näin tapahtuu kilpailijamaissamme
 - Se on käytännössä pakko olla!
- **Laadukkaaseen toimintaan liittyy oleellisena osana hitsaushenkilöstön osaamisen lisääminen kaikilla tekijätasoilla, lähtien hitsaajasta aina hitsausinsinööriin saakka**
 - EWF/IIW on rakentanut tätä ajatellen koulutus- ja pätevöintiohjelmiä
- **Toinen kantava laatuajatus on ”vaikeitten” asioiden dokumentointivaatimus**
 - Hitsausohjeitten käyttö tuotteen tai rakenteen kriittisissä kohdissa tai kun hitsaukselle muuten asetetaan erityisiä vaatimuksia
 - Laajimmillaan dokumentointi tulee esittää laatukäsikirjassa → koko toiminnan kuvaus

- EN 3834 ei ole itseisarvo, vaan kaikella tekemisellä on oltava organisaation asiakkaan ja organisaation omien etujen kannalta LISÄARVOA TUOTTAVA vaikutus, muutoin koko tekeminen on vain rasitetta ja kustannuksia kaikille osapuolille.
- EN 3834 Laatu järjestelmä (sertifikaatti)
 - Ei takaa, että yritys tuottaa laatua
 - Takaa, että yrityksellä on perusvalmiudet tuottaa laatua

Henkilöstö

- hitsauksen koordinointi SFS-EN ISO 14731:2006, esim. IWE ja IWT
- kiinnitin- ja tuotesuunnittelija
- hitsaaja, hitsausoperaattori, ohjelmoija
- osaaminen ja pätevyudet
 - SFS-EN 287-1:2011 / SFS-EN ISO 9606-1:2013 / SFS-EN ISO 9606-2:2005 tai IW (International Welder)
 - SFS-EN ISO 14732:2013 operaattorit
 - visuaalinen valvonta heti hitsauksen jälkeen
 - NDT-tarkastukset SFS-EN ISO 9712:2012
- hitsaustoiminta on SFS-EN ISO 3834:2006 ”Hitsauksen laatuvaatimukset” mukaista

Hitsaajan pätevänti

- Tällä hetkellä on käytössä ISO 9606-1:2017 (EN 287-1:2011 on kumottu v. 2015)
- Periaate on, että hyväksytysti suoritettu pätevyyskoe päteväntää hitsaamaan pätevyyskokeen mukaisten hitsausten lisäksi myös pätevyyskoetta helpompia hitsauksia.
- Pätevyyskoetta voidaan käyttää hitsaajan päteväntämisen lisäksi myös hitsausmenetelmän hyväksymiseen, mikäli kaikki asianmukaiset vaatimukset esim. koekappaleen mitat ja koevaatimukset täyttyvät.
- Standardi koskee käsin tapahtuvaa sulahitsausta.
- Oleelliset muuttujat ovat: hitsausprosessi, tuotemuoto (levy tai putki), hitsilaji (päittäis- tai pienahitsi), käytetty perusaine merkitään, lisäaineryhmä, lisäainetyyppi, mitat (aineenpaksuus ja putken ulkohalkaisija), hitsausasento, hitsauksen yksityiskohdat (kiinteä, kaasuu-, jauhe- tai sulava juurituki), yhdeltä puolelta tai molemmilta puolilta hitsaus, yksi- tai monipalkohitsaus, myötä- tai vastahitsaus.
- Pätevyys on yleensä vain yhteen hitsausprosessiin muutamaa poikkeusta lukuunottamatta. Yhdistelmähitsauksessa on omat käytäntönsä.
- Hitsausasennot: PA, PB, PC, PD, PE, PF, PG, PH, PK, PJ

Hitsaajan päteväinti, jatkuu

- Eri muuttujien pätevyysalueet on katsottava standardista huolellisesti.
- Oikeilla pätevyyskoevalinnoilla voi säästää merkittävästi työtä ja rahaa.
- Muutamia kommentteja:
 - päittäishitsaus pätevöittää päittäishitsaukseen paitsi putkikokeessa alle 60 asteen haaraliitoksiin.
 - päittäishitsaus ei pätevöitä pienahitsaukseen eikä päinvastoin
 - hitsaus lisäaineella pätevöittää hitsaamaan ilman lisäainetta, muttei päinvastoin
 - materiaaliryhmittely ISO/TR 20172 mukaisesti
- Prosessi: hitsaajan tunnistaminen, hitsausohjeen tarkistus ja luovutus hitsaajalle, koekappaleen silloitus, koekappaleen tarkastus: oikea perusaine, leimaus, ainestodistus, mitat, hitsaajan ja valvojan leimat), hitsausaineiden tunnistaminen)
- Valvojana toi toimia tarkastuslaitoksen tarkastaja (PED, SPVD Simple Pressure Vessels Directive 2014/29/EU ja vientitoimitukset) tai asiantunteva henkilö (esim. IWE, IWT tai päteväksi osoitettu sopimusosapuolten hyväksymä henkilö)
- Testaukset: silmämääräinen tarkastus, radiografinen kuvaus, taivutuskoee ja murtokoe

Hitsaajan pätevänti, jatkuu

Hitsiluokkavaatimus on hitsiluokka B lukuunottamatta korkea kupua, ylisuurta a-mittaa, korkea juuren kupua, jyrkkää liittymää, ja reunahaavaa, joille hitsiluokkavaatimus on C.

Muut vaatimukset: kuona ja roiskeet on poistettu, hitsin juurta ja pintaa ei ole hiottu, pinta- ja pohjapalon aloitus- ja lopetuskohdat ovat tunnistettavissa, muoto ja mitat ovat vaatimusten mukaiset, taivutuskokeessa ei saa olla yli 3 mm yksittäisiä repeämiä.

Pätevyksien jatkaminen tehdään kokeen valvojan/tarkastusorganisaation toimesta seuraavasti:

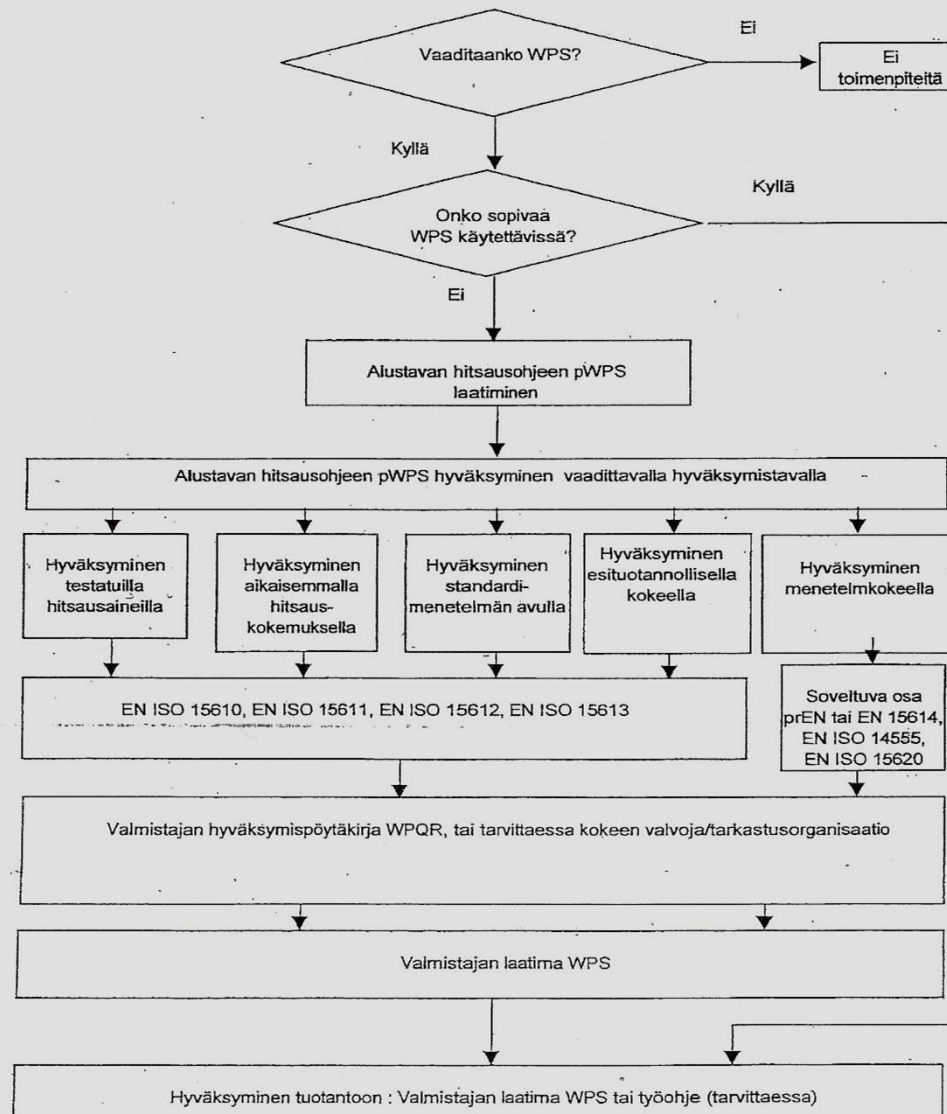
- hitsaaja uusii pätevyyskokeen joka kolmas vuosi
- jatketaan kahdeksi vuodeksi joka toinen vuosi tehtävillä kokeilla
- pätevyystodistus on voimassa niin kauan kun se on vahvistettu ja että seuraavat ehdot täyttyvät: hitsaaja tekee työtä samalle työnantajalle, jolle koe on tehty, valmistajalla on olemassa todennettu laatuohjelma, esim. EN 3834 ja valmistaja on kirjannut hitsejä.

PED: pätevyyskoestandardi ISO 9606-1 tarjoaa yhden valinnaisen tavan täyttää PED:n olennaiset vaatimukset; taulukossa ZA.1 on esitetty velvoittavat kohdat

Hitsausoperaattori

- Hitsausoperaattori pätevoidetään jollakin seuraavista tavoista:
 - menetelmäkokeeseen perustuva pätevoidinti
 - esituotannolliseen kokeeseen perustuva pätevoidinti
 - standardin ISO 9606 soveltuvan osan koekappaleeseen perustuva pätevoidinti
 - työkokeeseen ta näytteenottokokeeseen perustuva pätevoidinti
- Pätevoidyskoetta voidaan täydentää tietopuolisella kokeella
- Oleelliset muuttujat: automatisoitu hitsaus/mekanisoitu hitsaus, hitsausprosessi, hitsaus railonseurantalaitteella tai ilman, yksipalkko-/monipalkkohitsaus, hitsausasematyyppin vaihtaminen
- Pätevoidystodistus annetaan kokeen valvojan yksinomaisella vastuulla.
- Todistus ja pätevoidys vahvistetaan 6 kk välein. Sen tekee hitsaustoiminnasta vastaava henkilö
- Joka kolmas ja joka kuudes vuosi on laajemmat pätevoidyden jatkamiset.

Liite C
(opastava)
Kulkukaavio hitsausohjeen laatimiselle ja hyväksymiselle



Taulukko 1 Koekappaleiden testaus

Koekappale	Testaus	Testauksen laajuus	Ala huomautus
Läpihitsattu päittäisliitos – Kuva 1 ja Kuva 2	Silmämääräinen tarkastus	100 %	–
	Radiografia tai ultraäänitarkastus	100 %	a
	Pintahalkeamien tarkastus	100 %	b
	Poikittainen vetokoe	2 koesauvaa	–
	Poikittainen taivutuskoe	4 koesauvaa	c
	Iskukoe	2 sarjaa	d
	Kovuuskoe	vaadittu	e
	Makrohietutkimus	1 hie	–
Läpihitsattu T-liitos – Kuva 3	Silmämääräinen tarkastus	100 %	f
	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b ja f
Läpihitsattu putken haaraliitos – Kuva 4	Ultraäänitarkastus tai radiografia	100 %	a, f ja g
	Kovuuskoe	vaadittu	e ja f
	Makrohietutkimus	2 hiettä	f
Pienahitsit – Kuva 3 ja Kuva 4	Silmämääräinen tarkastus	100 %	f
	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b ja f
	Kovuuskoe	vaadittu	e ja f
	Makrohietutkimus	2 hiettä	f


^a Ultraäänitarkastusta ei suoriteta, kun $t < 8$ mm eikä perusaineryhmille 8, 10, 41...48.
^b Tunkeumanestetarkastus tai magneettijauhutarkastus. Epämagneettisille materiaaleille, tunkeumanestetarkastus.
^c Taivutuskokeet, ks. 7.4.3.
^d 1 sarja hitsiaineesta ja 1 sarja muutosvyöhykkeeltä, kun aineenpaksuus ≥ 12 mm ja iskusihtävyysvaatimukset määritetty. Tuotestandardissa saatetaan vaatia iskukokeita myös, kun aineenpaksuus on alle 12 mm. Testauslämpötilan valitsee valmistaja, ottaen huomioon sovellutuksen tai tuotestandardin, mutta sen ei tarvitse olla alempi kuin materiaalispesifikaatiossa. Lisätetit ks. 7.4.5.
^e Ei vaadita perusaineille: -alaryhmä 1.1, ja ryhmät 8, 41...48.
^f Määritetyt testit eivät anna tietoa hitsausliitoksen mekaanisista ominaisuuksista. Kun tällaiset ominaisuudet ovat oleellisia sovellutuksen kannalta, tehdään lisäkokeita, esim. päittäishitseille.
^g Ultraäänitarkastusta ei vaadita, kun putken ulkohalkaisija ≤ 50 mm.
 Jos ulkohalkaisija on yli 50 mm eikä ultraäänitarkastusta ole mahdollista toteuttaa teknisesti, suoritetaan radiografinen kuvaus edellyttäen, että liitosmuoto antaa järkevän tuloksen.

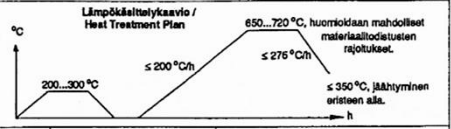
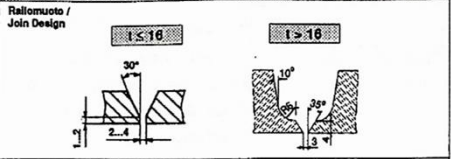
Koesauvojen sijainti ja irrotus

Koesauvat irrotetaan kuvien 5, 6, 7 ja 8 mukaisesti.

Koesauvat irrotetaan, kun kaikki rikkomaton aineenkoetus (NDT) on suoritettu ja kyseisten NDT-menetelmien tarkoituksenmukaiset hyväksymiskriteerit on täytetty.

Koesauvat saadaan irrottaa alueelta, jossa ei ole NDT-menetelmien hyväksymisrajojen sisällä olevia virheitä.

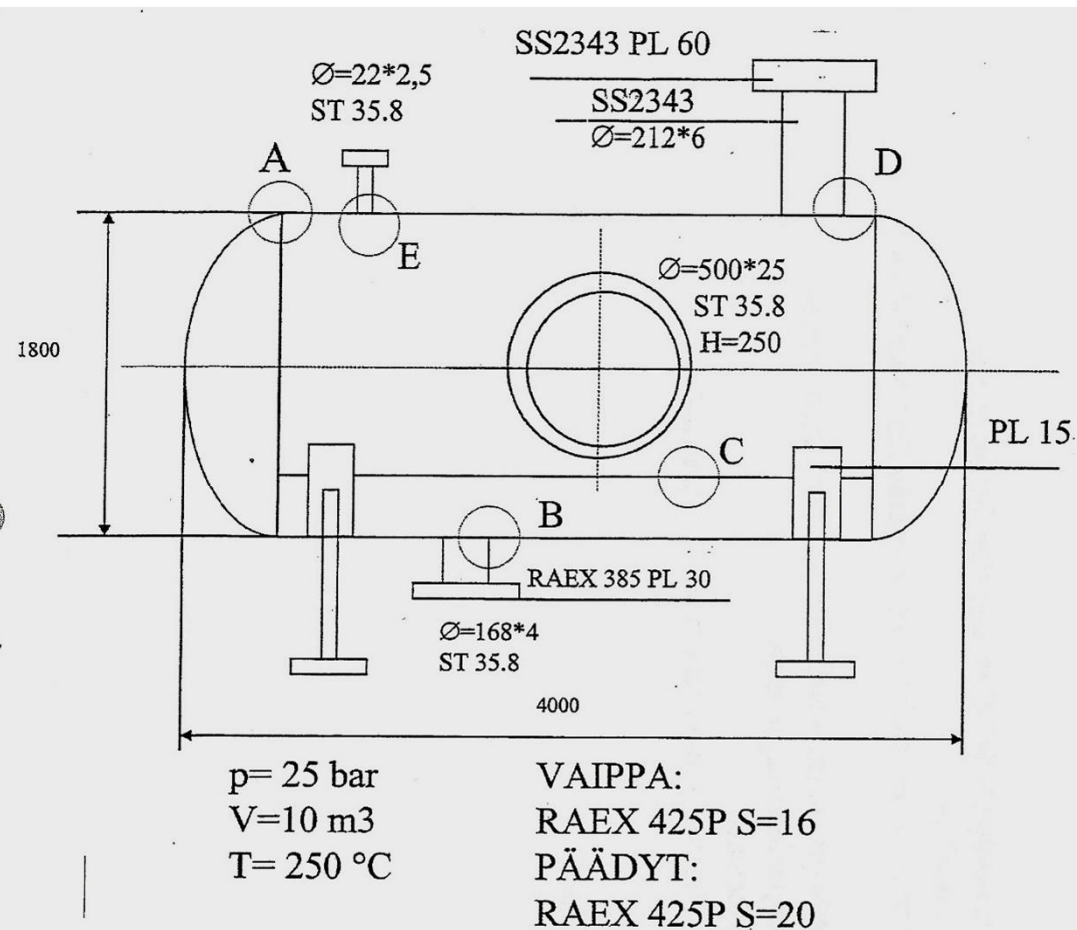
 HUBER Teollisuusryhmä Industrial Division		HITSASOHJE WPS SFS-EN 288-2 mukaan / According SFS-EN 288-2		Hitsausohjeen nro / WPS no HO324 Rev. 1 Menetelmäkoepöytäkirjan nro / WPAP no 30308 P, 30308 V Hitsausohjeen asema / Status of WPS Hyväksytty SFS-EN 288-3									
Paraset / Parent Materials		10 CrMo 9 10 Ryhmä 5 (SFS-EN 288-3)											
Erityisolosuhteet / Special Conditions		Konepaja ja asennus											
Aineenpaksuus / Material Thickness		3...24											
Putken ulkohalkaisija / Outside Diameter of Pipe		≥ 109.6											
Hitsausprosessi / Welding Process		141/111, Tig / puikko											
Hitsausasento / Welding Position		Kaikki, paitsi ylhäältä alas											
Rillon valmistus / Groove Preparation		Koneistus ja / tai hionta											
Rillon puhdistus / Groove Cleaning		Hiomalla											
Kappaleen kiinnitys / Jigging of work Piece		Asennuspuristimella											
Sillitus / Tack Welding		Apupaloja käyttäen											
Suoritustekniikka / Welding Technique		Sivuttaisliikkeellä, 16 mm											
Välipalkojen puhdistus / Cleaning of passes		Välipalkojen puhd. hiomalla											
Juuren avaus / Gouging		ng, ei juuren avasta											
Juurtuki / Backing		nb, ei juurtukea											
Liskäimet ja kaasut / Filler Metal and Gases	Luokittelumerkintä / Classification		DIN 8575: SG CrMo 2 E CrMo 2										
	Kauppanimi / Trade Name		OK Tigrod 13.22 CM 2-IG OK 76.28										
	Käsitely / Handling		Valmistajan ohjeet										
	Suojakaasu / Shielding Gas		Argon, Ar										
	Virtausnopeusalue / Range of Flow Rate		8...12 l/min										
	Juurikaasu / Backing Gas		-										
	Virtausnopeusalue / Range of Flow Rate		-										
	Tig-elektrodi / Tig-electrode		Ø 2.4, WT 20, 20°										
	Pöytäkulma / Torch Angle		-										
	Hitsausprosessi / Welding Process		Lisäaine / Filler Material		Sähköiset ominaisuudet / Electrical Characteristics		Sykehitäisy / Pulse Welding		Kuljetusnopeusalue / Travel Speed		Lämmön suoritustalue / Heat Input Range		Vapaan pituus / Stick out Length
1	141	Ø 2.4	DC	-	80...115	9...12							
2...3	111	Ø 2.5	DC	+	65...90	20...24							
4...	111	Ø 3.25	DC	+	90...140	21...28							
	111	Ø 4	DC	+	130...180	22...29							
Hyväksyntä / Approvals		Valmistaja / Contractor Oy Huber Ab, Teollisuusryhmä Päiväys / Date <i>V. Weide</i> V. Weide Quality Manager		Asiakas / Client Päiväys / Date		Valvontaviranomainen / Certifying authority Päiväys / Date							



Korotettu työlämpötila / Preheat Temperature	200...300 °C
Palkojenväläinen lämpötila / Interpass Temperature	≤ 350 °C
Ealkuumennusmenetelmä / Preheat Method	Kaasulla, vastuksin tai ind.
Työlämpötilan mittaus / Method of measurement	Lämpöliitu, -mittari tai piirturi
Menetelmäohje / Method/ Instruction	Vastuksin, ind. tai uunissa
Kuumennusnopeus / Heating Rate	≤ 200 °C/h
Pitkälämpötila / Soaking Temperature	650...720 °C, kts. kaavio
Pitkälämpötilan pituus / Soaking Time	2 min/mm, vähintään 0.5 h
Jäähdytysnopeus / Heating Cooling rate	≤ 275 °C/h
Poistolämpötila / Withdrawal Temperature	≤ 350 °C, loppuj. eristeen alla
Puhdistus / Cleaning	-
Peltaus / Pickling	-
Hionta / Grinding	Hitsin viimeistely hiomalla

Huomautuksia / Remarks:
 Pintapaloista viimeistä ei laitimmaiseksi.

Kirjainpäävähimmäis- /
 Certified Date: _____
 Luoja /
 Author:
Jouko I. Kokki
 Jouko I. Kokki
 European Welding Engineer, ECCWI/FIN/0006



YHTIÖNNE ON SAANUT TARJOUSPYYNNÖN OHEISEN KUVAN MUKAISEN SÄILIÖN VALMISTAMISESTA.

1. MINKÄLAISIA HITSAUSOHJEITA TARVITAAN SÄILIÖN VALMISTAMISEEN
2. MINKÄLAISIA PÄTEVYYKSIÄ HITSAAJA TARVITSEE
3. TEE HITSAUSOHJE HITSILLE A, B, C, D, E.

Robotisoidun hitsauksen laadunvarmistus

- Laatu on tasaista, ja yleensä myös korkeatasoista.
 - Hitsauksen toistettavuus on hyvä
 - Laadun vaihteluväli on pientä, inhimilliset virheet saadaan pois
 - Laatu on helpompi hallita
 - Tarkoituksenmukainen laatu on mahdollista
 - Tuottavuus ja taloudellisuus ovat hallittavissa
- Laadunvarmistustoimenpiteet robotisoidussa hitsauksessa noudattavat muussa hitsauksessa suoritettavia toimenpiteitä, mutta painotukset ovat erilaisia.
 - Painopiste on ennen hitsausta suoritettavissa toimenpiteissä
- Laaduntuoton kulmakiviä ovat:
 1. Hitsattava tuote, sen piirteet ja yksityiskohdat
 2. Osat, railot ja liitokset
 3. Kiinnittimet ja silloitushitsaus
 4. Hitsausparametrit
 5. Laitteet, varustelu ja työskentelytila
 6. Hitsauksen suoritus
 7. Henkilöstö

1. Hitsattava tuote

- valmistusystävällinen tuote ja tuoteystävällinen valmistus → joka tapauksessa on oltava hyvin robottihitsattava tuote
- robotilla hitsataan tuote eli mahdollisimman suuri osa hitseistä, vähintään 80 – 90 % (vrt. mekanisoidusti hitsataan hitsi)
- selkeät piirteet, hitsit ulkopinnoilla
- ”kuution - kahden murikka” on aika optimi, on hitsimetrejä/hitsejä ja on kaariaikaa eri puolilla tuotetta
- kappaleen mitat ja paino / robotin ulottuvuus ja kappaleenkäsittelijän mahdollisuudet
- robotin ulottuvuus ja luoksepäästävyys / hitsausasento
- materiaalien standardointi → hitsausparametrien hallinta
- modulointi → tuottavuus ja kannattavuus
- tarkastettavuus ja hitsiluokat
- pitemmät sarjat ovat aina parempia kuin yksittäistuotanto, mutta ei ehdoton edellytys; toistuvuus ja etäohjelmointi parantavat merkittävästi tilannetta

2. Osat, railot ja liitokset

- tarkat ja laadukkaat osat ja osakokoonpanot, mittatoleranssit
 - ”särmäysvirheiden poistaminen vasaralla tai lekalla”
 - ”ylisuuren ilmaraon peittäminen lattaraudalla”
- railonvalmistusmenetelmät
 - polttoleikkaus, plasmaleikkaus (hienosädeplasmaleikkaus), laserleikkaus, vesisuihkuleikkaus, mekaaninen leikkaus
 - tarkkuusstandardeihin viittaaminen ei aina riitä, ne mahdollistavat liian suuria vaihteluita
- särmätyt osat
 - takaisinjoustopot vaikeita hallita
- huonolaatuinen railo (epätarkka, likainen pinta, erityisesti railokulma- ja juuripintavirheet) hankaloittaa hitsausta
- alttius hitsausvirheille kasvaa (ylisuuri tai liian pieni hitsi, jyrkkä liittymä, reunahaava, hitsi on reunassa)
- pienaliitos on ehdoton ykkönen, myös päällekkäisliitos on hyvä, seuraavina ovat T-liitos ja nurkkaliitos, päittäisliitos on vaikea
 - esim. 6 mm levynpaksuudella voidaan pienahitsauksessa sallia 0 -1 mm (jopa 1,5 mm) ilmaraon vaihtelu ilman, että laatu juurikaan heikkenee
- lähtökohtana on ilmarakojen ja sovitusrakojen välttäminen
- tasainen ilmarako / railonseuranta

3. Kiinnittimet ja silloitushitsaus

- **kiinnitinsuunnittelu** tuotesuunnittelun yhteydessä
- muuten voi olla vaikeuksia luoksepäästävydessä
- modulaariset ja monikäyttöiset kiinnittimet
- robotti kiinnittimenä, monirobottihitsaus
- **silloitushitsit** ovat potentiaalisia virhekohtia
- WPS myös silloitushitsaajalla, esim. kylmähalkeama
- silloittajan on tunnettava robotin mahdollisuudet ja rajoitukset → silloitushitsien paikat ja koot
 - ”mielummin useita pieniä hitsejä kuin muutama iso”
- ei silloitushitsejä alkuun tai loppuun eikä nurkkiin tai muihin vaikeasti hitsattaviin paikkoihin
- apuna itsepaikottuvat liitokset, urat, kielekkeet, nastat yms.
- robotille vaikeat hitsit: esim. pienisäteisten ulkonurkkien hitsaamista käsin silloitusvaiheessa ennen robottihitsausta kannattaa harkita
- railon ”pohjaaminen” käsinhitsauksella on myös vaihtoehto → päällehitsaamiseen ja railon täyttämiseen on mahdollista käyttää esim. suurtehomenetelmiä (tandem tms.)
- paluuvirran reitti mietittävä
- erillinen silloitushitsaaja vai samalla hitsausoperaattori?

4. Hitsausparametrit

- alustava hitsausohje pWPS → hitsausohje WPS
- toimivat parametrit → optimiparametrit
 - mahdollisuus käyttää suurempia tehoja
 - muistettava lämmöntuonti ja virheriski
- yleisimmät hitsausvirheet robottihitsauksessa ovat hitsin muotovirheet, reunahaava ja hitsin läpipalaminen
- a-mitan hallinta → tunkeuman hyödyntäminen mitoituksessa
- polttimen suuntaus ja kuljetustapa ovat hyvin tärkeitä esim. sulan hallinnan, tunkeuman ja virheiden suhteen
- virran pulssittaminen parantaa sulan hallittavuutta, samoin ns. kylmäkaaritekniikat
- ohjelmointi ja ohjelmointitapa
 - opettamalla ohjelmointi on edelleen yleisin tapa, etäohjelmointi on yleistymässä hyvää vauhtia
 - pääohjelmat: lyhyitä sis. mm. väliliikkeitä ja aliohjelmakutsuja
 - apu- ja aliohjelmat
 - parametritaulukot esim. a-mitoille ja hitsausnopeuksille
 - kirjastot ja tietopankit
 - graafinen etäohjelmointi mahdollistaa ohjelmarakenteiden vakioimisen; piirteet ja makro-ohjelmat sisältävät railoille ennalta valittuja piirteitä, esim. poltinkulma, vapaalanka, vaaputus ja hitsausarvot
 - konenäön käyttö ohjelmoinnissa

5. Laitteet, varustelu ja työskentelytila

- robotti ja kappaleenkäsittelylaitteet
- robottiasema, robottiportaali
- railonhaku ja -seuranta
 - yleisin railonhakutapa on sähköiseen kontaktiin perustuva menetelmä, joko lisäainelangan pää tai kaasuholkki
 - railonhaku on perusvaatimus toimivalle railonseurannalle
 - yleisin railonseurantatapa on valokaaren läpi tapahtuva railonseuranta, joka perustuu hitsauspolttimen poikkeutukseen ja näin syntyvään hitsausvirran muutokseen
 - vaihtoehtoinen tapa on optinen railonseuranta, laseranturi
 - anturin suuri koko
- viisteetön I-railo on hyvin vaikea railomuoto
- ohjelmistot, ohjelmointilaitteet ja -laitteistot
- adaptiivinen hitsaus, esim. sulan seuranta
- layout, logistiikka ja virtautus
- työturvallisuusnäkökohdat

6. Hitsauksen suoritus

- tärkein yksittäinen tekijä MIG/MAG-hitsauksen onnistumiselle on langansyöttö ja sen toimivuus
- yleisin hitsauksen keskeytymisen ja/tai poikkeaman syy on lika tai hilse langansyöttöjärjestelmässä (langansyöttölaite → langanjohdin → hitsauspoltin → kosketussuutin)
- lankalinjan varmatoimisuus ja nopea huollettavuus/korjattavuus ovat avainasioita
 - langan ja langan pään puhtaus
 - oikeat syöttö-/vetorullat ja niiden puhtaus
 - langan kohdistus oikeaan kohtaan
- polttimen säännöllinen puhdistus

6.1 Hitsausohjelman suoritus keskeytyy

- kaari ei syty
 - langan päässä on kuonapallo
 - railossa on kuonaa tai likaa
 - lanka palaa kiinni työkappaleeseen → automaattinen toipuminen
- kaari sammuu
 - lanka palaa kiinni kosketus- eli virtasuuttimeen
 - lanka on loppunut
 - poltin ylikuumenee
 - railonetsintä ei löydä hitsattavaa kohtaa
 - poltin törmää
 - kappaleeseen on tullut ylisuuria muodonmuutoksia
 - kiinnitin laukeaa tai silloitushitsi pettää
 - valittu väärä ohjelma

6.2 Hitsausohjelma ei keskeydy, mutta laatu on huonoa tai muuttuu vähitellen huonoksi

- langansyöttö on epätasaista
 - väärät syöttö-/vetorullat
 - syöttö-/vetorullien puristus on väärä
 - lankakelan kelajarrun jarrutusvoima on väärä
 - pikkuhiljaa likaa langansyöttöön
 - langanpinnoitteet, kupari
- kulunut kosketussuutin
- roiskeita kosketussuuttimessa
- langan pää on taipunut
- kaasusuoja on puutteellinen
 - roiskeita kaasuholkissa
 - alhainen tai ylisuuri asetusarvo kaasunvirtauksessa
 - kaasu on loppunut
- väärät hitsausparametrit
 - ovat ”lähellä”, mutta eivät oikeita rajatapauksissa
- maadoituksen epäonnistuminen
 - paluuvirran reitti
 - magneettinen puhallus

7. Henkilöstö robottihitsauksessa

- hitsauksen koordinointi SFS-EN ISO 14731:2006, esim. IWE ja IWT
- kiinnitin- ja tuotesuunnittelija
- hitsaaja, **hitsausoperaattori**, ohjelmoija
- osaaminen ja pätevyudet
 - esim. SFS-EN 287-1:2011 / SFS-EN ISO 9606-1:2013 tai IW (International Welder)
 - **SFS-EN ISO 14732:2013 (aik. SFS-EN 1418:1998)**
 - visuaalinen valvonta heti hitsauksen jälkeen
 - NDT-tarkastukset SFS-EN ISO 9712:2012
- hitsaustoiminta on SFS-EN ISO 3834:2006 ”Hitsauksen laatuvaatimukset” mukaista

HITSAUSVIRHEET,
HITSILUOKAT,
METALLURGINEN LAATU JA
HYVÄKSYMISRAJAT

Hitsiluokka

- Hitsin laadun kuvaus perustuen valittuihin tuotannossa esiintyvien hitsausvirheiden tyyppeihin, kokoihin ja määriin.

Hitsausvirhe

- "Poikkeama ihanteellisesta hitsistä"
- SFS-EN ISO 6520-1:2008 Geometristen hitsausvirheiden luokittelu metallisissa materiaaleissa: Osa 1: Sulahitsaus
 - halkeamat
 - ontelot
 - sulkeumat
 - liittymävirheet
 - muoto- ja mittavirheet
 - muut virheet
- Hitsausvika on "ei-sallittu hitsausvirhe"



Ristiriitatapauksissa pätee englanninkielinen teksti

In case of interpretation disputes the English text applies

HITSAUS JA LÄHIPROSESSIT. GEOMETRISTEN HITSAUSVIRHEIDEN LUOKITTELU METALLISISSA MATERIAALEISSA. OSA 1: SULAHITSAUS

*Welding and allied processes. Classification of geometrical
imperfections in metallic materials. Part 1: Fusion welding*

Tämä standardi sisältää eurooppalaisen standardin EN ISO 6520-1:1998 "Welding and allied processes – Classification of geometrical imperfections in metallic materials – Part 1: Fusion welding" englannin- ja saksankielisen tekstin.

Standardi sisältää myös englanninkielisen tekstin suomenkielisen käännöksen.

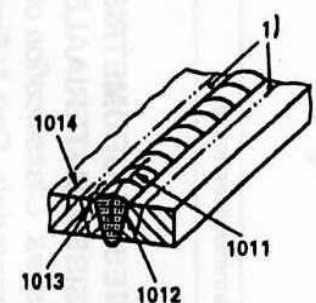
Eurooppalainen standardi EN ISO 6520-1:1998 on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi.

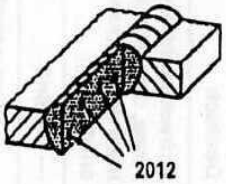
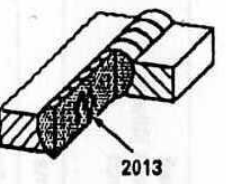
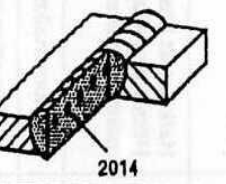
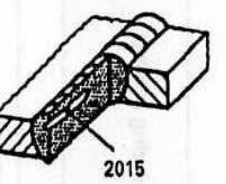
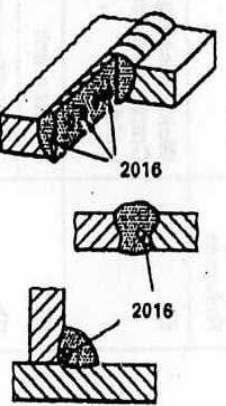
This standard consists of the English and German text of the European Standard EN ISO 6520-1:1998 "Welding and allied processes – Classification of geometrical imperfections in metallic materials – Part 1: Fusion welding".

The standard also contains a Finnish translation of the English text.

The European Standard EN ISO 6520-1:1998 has the status of a Finnish national standard.

Table 1 Classification of imperfections
Taulukko 1 Virheiden luokittelu
Tabelle 1 Einteilung von Unregelmäßigkeiten

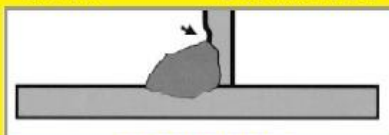
Reference No. Nro Referenz-Nr.	Designation and Explanations English	Määritelmä ja selitykset Suomi	Benennung und Erklärungen Deutsch	Illustrations Piirroskuvat Abbildungen
1	3	2	4	5
Group No. 1 Cracks Ryhmä 1: Halkeamat Gruppe Nr. 1 Risse				
100	Crack An imperfection produced by a local rupture in the solid state which may arise from the effect of cooling or stresses.	Halkeama Kiinteässä aineessa tapahtunut paikallinen murtuma, jonka voi aiheuttaa jäähtyminen tai jännitykset.	Riß Unregelmäßigkeit, die örtlich durch Trennungen im festen Zustand erzeugt wird, und bei der Abkühlung oder infolge von Spannungen auftreten kann.	
1001	Microcrack A crack only visible under the microscope.	Mikrohalkeama Halkeama, joka voidaan havaita ainoastaan mikroskoopilla.	Mikroriß Riß, der nur unter dem Mikroskop sichtbar ist.	
101	Longitudinal crack A crack essentially parallel to the axis of the weld. It may be situated:	Pitkittäishalkeama Halkeama, joka on oleellisesti hitsin pituussuuntainen. Halkeama voi sijaita:	Längsriß Riß, der im wesentlichen parallel zur Schweißnahtachse verläuft. Er kann liegen:	 <p>1) heat affected zone muutosvyöhyke Wärmeinfluzzone</p>
1011	— in the weld metal	— hitsiaineessa	— im Schweißgut	
1012	— at the weld junction	— sularajalla	— in der Schmelzlinie	
1013	— in the heat affected zone	— muutosvyöhykkeellä	— in der Wärmeinfluzzone	
1014	— in the parent metal	— perusaineessa	— im Grundwerkstoff	

<p>2012</p>	<p>Uniformly distributed porosity</p> <p>A number of gas pores distributed in a substantially uniform manner throughout the weld metal; not to be confused with linear porosity (2014) and clustered porosity (2013).</p>	<p>Tasainen huokoisuus</p> <p>Lukuisia huokosia, jotka ovat jakautuneet oleellisesti tasaisesti hitsiaineessa. Tätä ei saa sekoittaa huokosjonoon (2014) ja huokosryhmään (2013).</p>	<p>Porosität (gleichmäßig verteilt)</p> <p>Anzahl von Poren, die im wesentlichen gleichmäßig im Schweißgut verteilt sind; nicht zu verwechseln mit der Porenzeile (2014) und mit dem Porennest (2013).</p>	
<p>2013</p>	<p>Clustered (localized) porosity</p> <p>A group of gas pores having a random geometric distribution.</p>	<p>Huokosryhmä</p> <p>Useiden huokosten muodostama paikallinen ryhmä.</p>	<p>Porennest</p> <p>Unregelmäßige örtliche Anhäufung von Poren.</p>	
<p>2014</p>	<p>Linear porosity</p> <p>A row of gas pores situated parallel to the axis of the weld.</p>	<p>Huokosjono</p> <p>Hitsin suuntaisesti sijaitsevien huokosten muodostama jono.</p>	<p>Porenzelle</p> <p>Reihe von Poren, parallel zur Achse der Schweißnaht angeordnet.</p>	
<p>2015</p>	<p>Elongated cavity</p> <p>A large non-spherical cavity with its major dimension approximately parallel to the axis of the weld.</p>	<p>Pitkänomainen huokonen</p> <p>Hitsin pituussuuntaan oleva pitkänomainen, suuri huokonen.</p>	<p>Gaskanal</p> <p>Langgestreckter Hohlraum mit seiner größten Abmessung etwa parallel zur Achse der Schweißnaht.</p>	
<p>2016</p>	<p>Worm-hole</p> <p>A tubular cavity in weld metal caused by release of gas. The shape and position of worm-holes are determined by the mode of solidification and the sources of the gas. Generally they are grouped in clusters and distributed in a herringbone formation. Some worm-holes may break the surface of the weld.</p>	<p>Madonreikähuokonen</p> <p>Vapautuvan kaasun aiheuttama putkimainen huokonen hitsiaineessa. Madonreikähuokosten muotoon ja sijaintiin vaikuttavat jäähdytystapa ja kaasujen alkuperä. Yleensä ne ovat ryhminä ja jakautuneet kalanruotomaisesti. Jotkut madonreikähuokokset voivat avautua hitsin pintaan.</p>	<p>Schlauchpore</p> <p>Röhrenförmiger Hohlraum im Schweißgut, hervorgerufen durch ausgeschiedenes Gas. Die Form und Lage von Schlauchporen werden bestimmt durch den Ablauf der Erstarrung und durch die Herkunft des Gases. Im allgemeinen sind sie zu Nestern gruppiert und fischgrätenartig verteilt. Einige können zur Oberfläche der Schweißnaht offen sein.</p>	



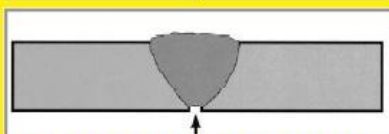
HITSAUSVIRHEET - SYYT JA ESTÄMINEN

SYITÄ ESTÄMINEN



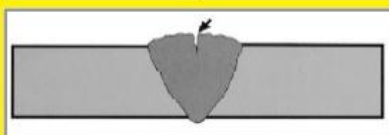
REUNAHAAVA

- ♦ liian suuri hitsausvirta
- ♦ väärä lisäaineen suuntaus, erityisesti alapienahitsissä
- ♦ liian pitkä valokaari/suuri jännite
- ♦ liian paksu lisäaine suhteessa levyyn
- ✓ pienennä virtaa
- ✓ suuntaa lisäaine oikein
- ✓ lyhennä valokaarta/piennä jännitettä
- ✓ valitse ohuempia lisäaine



VAJAA HITSAUTUMISSYVYYS

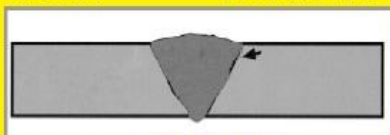
- ♦ liian korkea juuripinta, pieni ilmarako tai railokulma
- ♦ liian pieni hitsausvirta
- ♦ liian suuri hitsausnopeus
- ♦ liian paksu lisäaine
- ♦ riittämätön juurenavaus
- ✓ korjaa railomuotoa
- ✓ käytä riittävän suurta virtaa
- ✓ pienennä hitsausnopeutta
- ✓ käytä ohuempaa lisäainetta
- ✓ tee riittävä juurenavaus



KUUMAHALKEAMA

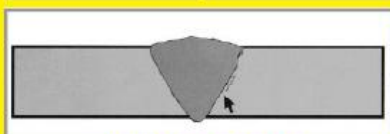
- ♦ hitsi liian kapea verrattuna syvyyteen
- ♦ teräksen korkea hiili- ja rikkipitoisuus
- ♦ liian ohut hitsi, esim. pohjapalossa ja siltahitsissä
- ✓ valitse hitsausarvot niin, että hitsin muoto on sopiva (leveys suurempi kuin syvyys)
- ✓ käytä parempaa perusainetta
- ✓ hitsaa paksumpia hitsejä

SYITÄ ESTÄMINEN



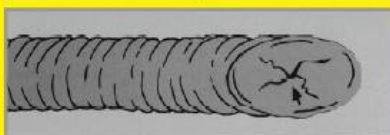
LIITOSVIRHE

- ♦ liian pieni hitsausvirta
- ♦ väärä lisäaineen suuntaus
- ♦ väärä kuljetustapa
- ♦ liian suuri tai pieni hitsausnopeus
- ✓ lisää virtaa
- ✓ suuntaa valokaari myös railokylkiin
- ✓ kuljeta lisäainetta oikein
- ✓ soviata nopeus lisäaineen ja sulamisen mukaan



VETYHALKEAMA

- ♦ karkeneva perusaine
- ♦ liian nopea jäähtyminen
- ♦ kostea lisäaine
- ✓ valitse vähemmän karkeneva teräs jos mahdollista, tai esikuumenna esikuumenna
- ✓ kuivaa lisäaine



KRAATERIHALKEAMA

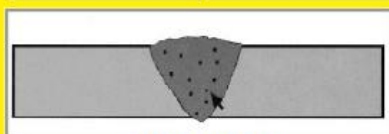
- ♦ väärä hitsin lopetustapa
- ✓ lopeta hitsaus kuljettamalla valokaarta hiukan taakse-päin

SYITÄ ESTÄMINEN



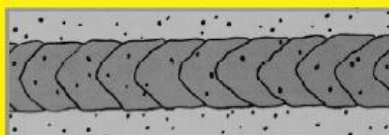
KUONASULKEUMA

- ♦ kuona vyörynyt sulan eteen
- ♦ puutteellinen kuonaus
- ♦ liian pieni hitsausvirta
- ♦ ahdas railo
- ✓ lisää nopeutta tai kallista lisäainetta enemmän hitsaussuuntaan
- ✓ poista kuona huolellisesti
- ✓ käytä riittävää virtaa suurena railoa



HUOKOSET

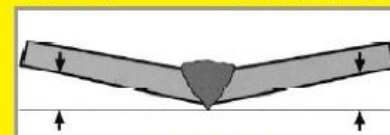
- ♦ kostea lisäaine
- ♦ epäpuhtaat railot
- ♦ huono kaasusuojaus
- ♦ liian suuri hitsausnopeus
- ♦ liian pitkä valokaari
- ✓ kuivaa lisäainetta valmistajan ohjeiden mukaan puhdista railot
- ✓ paranna kaasusuojaaja
- ✓ pienennä hitsausnopeutta
- ✓ lyhennä valokaarta



ROISKEET

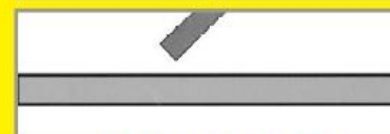
- ♦ virheelliset hitsausarvot (virta ja jännite)
- ♦ liian suuri hitsausvirta
- ♦ liian pitkä valokaari
- ♦ virheellinen napaisuus
- ♦ kostea lisäaine
- ♦ magneettinen puhallus
- ✓ korjaa hitsausarvot (virta ja jännite)
- ✓ vähennä virtaa
- ✓ lyhennä valokaarta
- ✓ käytä oikeaa napaisuutta
- ✓ kuivaa lisäaine
- ✓ sijoita maadoitin toiseen paikkaan

SYITÄ ESTÄMINEN



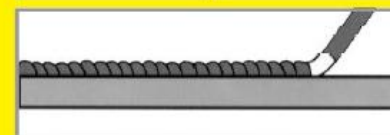
VETELYT

- ♦ väärä hitsausjärjestys
- ♦ liian paljon ohuita palkoja
- ♦ heikko silloitus
- ✓ käytä oikeaa järjestystä
- ✓ hitsaa paksumpia palkoja silloita levyt tukevasti ja käytä kiinnittämiä



SYTYTYTSVAIKEUDET

- ♦ liian pieni hitsausvirta
- ♦ liian pieni jännite
- ♦ maadoitin kiinnitetty huonosti
- ♦ kuonaa puikon päässä
- ✓ lisää virtaa
- ✓ käytä virtalähdettä, jossa riittävä tyhjäkäyntijännite
- ✓ puhdista maadoituskohta ja paranna kiinnitystä
- ✓ puhdista puikon pää



MAGNEETTINEN PUHALLUS

- ♦ maadoitin väärässä paikassa
- ♦ esiintyy tasavirralla
- ♦ esiintyy tasavirralla
- ♦ esiintyy tasavirralla
- ✓ kiinnitä maadoitin aloituskohtaan eli hitsaa maadoitimesta pois-päin
- ✓ käytä vaihtovirtaa jos mahdollista
- ✓ kallista puikkoa puhalluksen suuntaan

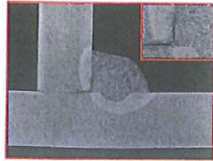


OY ESAB

Ruusilantie 18, 00390 HELSINKI
puh. (09) 547 761, faksi (09) 547 7771

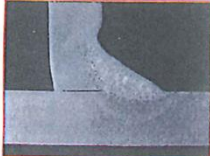
YLEISIMMÄT HITSAUSVIRHEET

LIITOSVIRHE



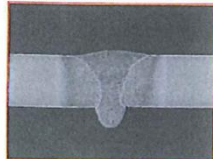
- | | |
|---|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • valokaaren epäyhtymäinen kehitys • liian pieni hitsausenergia • liian pitkä valokaari / suuri jännite • väärä epäyhymän valokausen etäisyys • yhäkinä aiheuttava hitaus- tai lämpötilan epäpuhtaudet esim. ruoste | <ul style="list-style-type: none"> • huolehtia, että valokaari sulattaa molemmat valokälyt • suurenna hitsausenergiaa / hitaata lyhyemmällä valokaarella / pienennä jännitettä • suuntaa valokaari hitaustan päin • hitaata ahaalla ylöspäin • puhdista rallopinat |

REUNAHÄLY



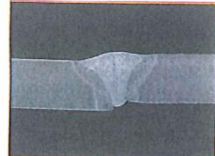
- | | |
|--|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • liian pitkä valokaari / suuri jännite • liian kova levytyksike ja liian lyhyt pitkä • epäyhtymäinen rallokylvyt • liian suuri hitsausvirta • liian suuri hitausnopeus • liian suuri väntö | <ul style="list-style-type: none"> • hitaata lyhyemmällä valokaarella / pienennä jännitettä • tee levytyksike ohuiksi • pienennä hitsausvirtaa • käytä monipolkuhitusta |

KORKEA JUURIKUPU



- | | |
|--|--|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • liian suuri hitsausenergia • liian suuri linnaus • liian matala juuripinta | <ul style="list-style-type: none"> • pienennä hitsausenergiaa • pienennä linnausta • suurenna juuripintaa |

SOVITUSVIRHEET



- | | |
|--|--|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • oikein epäliikaa sovitus • hitsin aiheuttamat muodonmuutokset • epäpuhtaudet (ruoste, öljyt, rasvat) • epäpuhtaudet liian vähän • kroyin ja oikein ruostepeittämät | <ul style="list-style-type: none"> • paremman sovituskaulutta • ennakoimalla muodonmuutoksia / muuta hitaajaperästä • puhdista alusta-ohjeita, hitausta koulukitsoja tiheämpään • tarkista kroyin tasomuus |

HUOKOSET



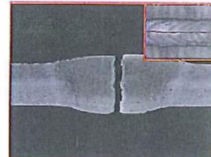
- | | |
|--|--|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • kosteat pulkot / tai rallopinat • puutteellinen kaasuoja • rallokylvyt ja läiskien epäpuhtaudet, esim. ruoste • liian pitkä valokaari / suuri jännite • liian pieni hitsausvirta • väärä nopeus | <ul style="list-style-type: none"> • kuivaa pulkot / tai rallopinat • huolehdi kaasusuojusta • poista pohjamaali ennen hitsausta • puhdista rallopinat ja käytä puhdasta lisäainetta • hitaata lyhyemmällä valokaarella / pienennä jännitettä • suurenna hitsausvirtaa • vähdä nopeutta |

KATEETTIPOIKKEAMA



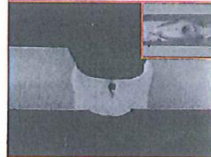
- | | |
|--|--|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • epäyhtymäinen lisäaineen suuntaus • liian suuri ja vahva hitaus- ja magneettinen puhallus | <ul style="list-style-type: none"> • suuntaa lisäaine symmetrisesti valikon sille • pienennä hitaajaperästä • vähdä magneettisen puhalluksen hitaajaperästä • hitaata maadoittamisen päin / kallista puhallusta suuntaan |

HALKEAMAT, esim. kaamahälkeä



- | | |
|--|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • liian levyisyys / vahda liian pieni • epäpuhtaudet suoraan rullon hitauspaikasta (mm. rikki ja fosfori) • hitsausjärjestykset • liian suuri linnaus • kova läiskä / ruoste / ruoste tällä (muusta tällä) | <ul style="list-style-type: none"> • hitaata hitausta hitaajaperästä / vähdä nopeutta • käytä 1,5 (suositusten tällä) vähdä vähemmän epäpuhtauksia sisältävää perusainetta • määrittele hitauspaikkaa aiheuttavat jännitykset • pienennä linnausta • vähdä vähemmän perusainetta |

KRAATERHALKEAMA JA IMUONTELO



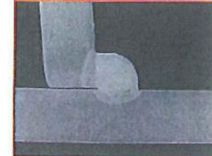
- | | |
|--|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • väheellinen lopetusliiketo | <ul style="list-style-type: none"> • hitaata hitausta lopettaessasi valokaarta hiukan taaksepäin |

SULKEUMAT, esim. kuonaliikema



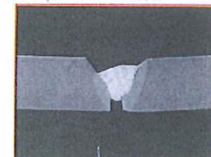
- | | |
|---|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • liian pieni hitsausvirta • liian pitkä valokaari • rittimätön kuonapinta • kuonan väkellinen valokausen eteen • riittämätön juurivaavus monipolkuhitusta • liian kapea ja syvä rallo | <ul style="list-style-type: none"> • suurenna hitsausvirtaa • hitaata lyhyemmällä valokaarella • poista kuona kuolehtivä • suuntaa valokaari hitaustan päin • ävää juuri puhasteen hitaamiseen asti • suurenna ralloa |

KORKEA KUPU



- | | |
|--|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • liian matala tai västämön rallo • hitaajaperästä liian suuri veturuuna / vetäjä / nopeuden • liian pitkä linnaus | <ul style="list-style-type: none"> • paranna ralloa • suurenna vetäjänopeutta tai pienennä virtaa • käytä ohuempaa lisäainetta |

VAJAA HITSAUTUMISSYVYYS



- | | |
|--|--|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • liian pieni hitsausvirta / tai hitsausenergia • epäpuhtaudet suoraan rullon hitauspaikasta (mm. rikki ja fosfori) • liian suuri linnaus • kova läiskä / ruoste • vähdä vähemmän perusainetta • riittämätön juurivaavus monipolkuhitusta | <ul style="list-style-type: none"> • suurenna hitsausvirtaa / tai hitsausenergiaa • suuntaa linnausta / tai ralloa, matala juuripinta • hitaata lyhyemmällä valokaarella / pienennä jännitettä • käytä ohuempaa lisäainetta • suuntaa valokaari hitaustan päin • ävää juuri puhasteen hitaamiseen asti |

ROISKEET



- | | |
|--|---|
| Syyt | Estäminen |
| <ul style="list-style-type: none"> • väheellinen hitausvirta • liian pitkä valokaari / suuri jännite • kuonan pulkot • rallokylvyt ja läiskien epäpuhtaudet, esim. ruoste • magneettinen puhallus • väärä nopeus | <ul style="list-style-type: none"> • lisää hitsausvirtaa • hitaata lyhyemmällä valokaarella / pienennä jännitettä • kuivaa pulkot • puhdista rallopinat ja käytä puhdasta lisäainetta • vähdä maadoittamisen päin / kallista puhallusta suuntaan • vähdä nopeutta |

Hitsiluokat

- SFS 2373 HLF, HLO, HL1, HL2. Teräs
- SFS 2379 WA, WB, WC, WD. Teräsrakenteiden hitsausliitokset. Hitsiluokat. 1983.
- SFS-EN 25817 B, C, D. Terästen kaarihitsaus. Hitsiluokat. 1993.
- SFS-EN ISO 5817 B, C, D. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat. 31.3.2014.
- SFS-EN ISO 10042 B, C, D. Alumiinin ja alumiiniseosten kaarihitsaus. Hitsiluokat. 4.9.2018.
- SFS-EN ISO 13919-1 B, C, D. Elektronisuihku- ja laserhitsatut liitokset. Hitsiluokat. Osa 1: Teräs. 1996
- SFS-EN 13919-2 B, C, D. Alumiinin elektronisuihku- ja laserhitsaus. Hitsiluokat. Osa 2: Alumiini ja alumiiniseokset. 2001.
- IIW luokitus 1...5. Teräs ja alumiini.
 - v. 1952/1978 Teräs
 - v. 1962 Alumiini
- DVS:n vertailukortit: röntgen- ja makrokuvat (korvaa IIW-kortistoa)
- Muita kuvastoja: esim. ASTM E 390, TUV



SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS

STANDARDI

SFS-EN ISO 5817

Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys ry
Mechanical Engineering and Metals Industry Standardization in Finland

Vahvistettu
2014-03-31

3. painos 1 (1 + 60)

COPYRIGHT © SFS. OSITTAINENKIN JULKAISEMINEN TAI KOPIOINTI SALLITTU VAIN SFS:N LUVALLA. TÄTÄ JULKAISUA MYÖ SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS © ISO [2014] - All rights reserved

SFS/ICS 25.160.40

Korvaa standardin SFS-EN ISO 5817:2006

Replaces the standard SFS-EN ISO 5817:2006

*Ristiriitatapauksissa pätee englanninkielinen teksti.
Suomenkielisen käännöksen päivämäärä 2014-06-16*

*In case of interpretation disputes the English text applies.
Date of translation into Finnish 2014-06-16*

**HITSAUS. TERÄKSEN, NIKKELIN, TITAAININ JA NIIDEN SEOSTEN
SULAHITSAUS (PAITSI SÄDEHITSAUS). HITSILUOKAT**
*Welding. Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys
(beam welding excluded). Quality levels for imperfections*

Tämä standardi sisältää eurooppalaisen standardin EN ISO 5817:2014 "Welding. Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded). Quality levels for imperfections (ISO 5817:2014)" englanninkielisen tekstin.

This standard consists of the English text of the European Standard EN ISO 5817:2014 "Welding. Fusion-welded joints in steel, nickel, titanium and their alloys (beam welding excluded). Quality levels for imperfections (ISO 5817:2014)".

Standardi sisältää myös englanninkielisen tekstin suomenkielisen käännöksen.

The standard also contains a Finnish translation of the English text.

Eurooppalainen standardi EN ISO 5817:2014 on vahvistettu suomalaisiksi kansalliseksi standardiksi.

The European Standard EN ISO 5817:2014 has the status a Finnish national standard.

1 Soveltamisala

Tässä kansainvälisessä standardissa esitetään sulahitsausliitoksissa (paitsi sädehitsausliitoksissa) esiintyvien hitsausvirheiden hitsiluokat teräkselle, nikkelille, titaanille ja niiden seoksille. Standardi soveltuu aineenpak-suuksille, jotka ovat $\geq 0,5$ mm. Standardi kattaa läpihitsatut päittäishitsit sekä kaikki pienahitsit. Tämän standardin periaatteita voidaan soveltaa myös läpihitsaamattomille päittäishitseille.

(Sädehitsausliitosten hitsiluokat teräksille esitetään standardissa ISO 13919-1.)

Standardissa annetaan kolme hitsiluokkaa, jolloin suuri osa hitsaussovellutuksista tulee katetuksi. Ne merkitään tunnuksilla B, C ja D. Hitsiluokka B on vaativin luokka, jota valmiille hitsille annetaan.

Erlaisia kuormituksia otetaan huomioon, esim. staattinen kuormitus, terminen kuormitus, korroosiokuormitus, painekuormitus. Lisäopastusta väsytytkuormille annetaan liitteessä C.

Hitsiluokat liittyvät tuotantoon ja hyvään konepajakäytäntöön.

Tämä kansainvälinen standardi soveltuu

- a) seostamattomille teräksille ja seosteräksille
- b) nikkelille ja nikkeliseoksille
- c) titaanille ja titaaniseoksille
- d) käsinhitsaukselle, mekanisoidulle ja automatisoidulle hitsaukselle
- e) kaikille hitsausasenoille
- f) kaikille hitsilajeille, esim. päittäishitseille, pienahitseille ja putken haaraliitoksille
- g) seuraaville hitsausprosesseille ja niiden alaprosesseille standardin ISO 4063 mukaisesti:
 - 11 metallikaarihitsaus ilman suojakaasua
 - 12 jauhekaarihitsaus
 - 13 metallikaasukaarihitsaus
 - 14 kaasukaarihitsaus sulamattomalla volframidelektrodilla
 - 15 plasmahitsaukselle
 - 31 happi-kaasuhitsaukselle (vain teräkselle).

Tämä standardi ei ota kantaa metallurgisiin näkökohtiin, kuten raekokoon ja kovuuteen.



2 Velvoittavat viittaukset

Tässä asiakirjassa viitataan seuraaviin asiakirjoihin tai niiden osiin, jotka ovat välttämättömiä, jotta tätä asiakirjaa voidaan käyttää. Jos viittaus on päivätty, tätä asiakirjaa koskee vain siinä mainittu painos. Jos viittaus on päiväämätön, sovelletaan sen viimeisintä painosta sekä muutoksia.

ISO 6520-1:2007¹⁾, *Welding and allied processes – Classification of geometric imperfections in metallic materials – Part 1: Fusion welding.*

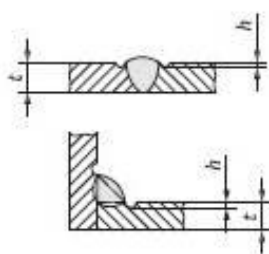

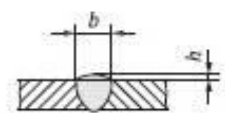
¹⁾ Vastaava suomenkielisenä julkaistu SFS-standardi: SFS-EN ISO 6520-1 Hitsaus ja lähiprosessit. Geometristen hitsausvirheiden luokittelu metallisissa materiaaleissa. Osa 1: Sulahitsaus, 2008.

Taulukko 1 Hitsausvirheiden raja-arvot

Nro	Viite-numero ISO 6520-1	Virhetyyppi	Huomautukset	t mm	Hitsiluokkien hitsausvirheille asetettamat raja-arvot		
					D	C	B
1 Pintavirheet							
1.1	100	Halkeama		≥0,5	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
1.2	104	Kraatterihalkeama		≥0,5	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
1.3	2017	Pintahuokonen	Yksittäisen huokosen enimmäiskoko	0,5-3	$d \leq 0,3 s$ $d \leq 0,3 a$	Ei sallita	Ei sallita
			— päittäishitsi — pienahitsi				
			Yksittäisen huokosen enimmäiskoko	> 3	$d \leq 0,3 s$, enintään 3 mm $d \leq 0,3 a$, enintään 3 mm	$d \leq 0,2 s$, enintään 2 mm $d \leq 0,2 a$, enintään 2 mm	Ei sallita
1.4	2025	Avoin imuontelo		0,5-3	$h \leq 0,2 t$	Ei sallita	Ei sallita
				> 3	$h \leq 0,2 t$, enintään 2 mm	$h \leq 0,1 t$, enintään 1 mm	Ei sallita
1.5	401	Litosvirhe	-	≥0,5	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
		Mikrolitosvirhe	Voidaan havaita vain mikrohietutkimuksella	≥0,5	Sallitaan	Sallitaan	Ei sallita
1.6	4021	Vajaa hitsautumissyvyys juuressa	Vain yhdeltä puolelta hitsatut päittäishitsit	≥0,5	Lyhyt: $h \leq 0,2 t$ enintään 2 mm	Ei sallita	Ei sallita
							

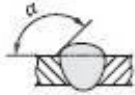
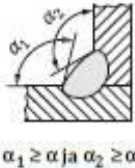
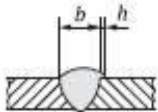
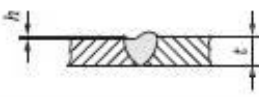
(jatkuu)

Taulukko1 (jatkuu)

Nro	Viite-numero ISO 6520-1	Virhetyyppi	Huomautukset	t mm	Hitsiluokkien hitsausvirheille asetettavat raja-arvot		
					D	C	B
1.7	5011 5012	Jatkuva reunahaava Katkonainen reunahaava	Juohuva liittyminen vaaditaan Tätä ei katsota systemaattiseksi virheeksi 	0,5-3 > 3	Lyhyt: $h \leq 0,2 t$ enintään 1 mm	Lyhyt: $h \leq 0,1 t$ $h \leq 0,1 t$, enintään 0,5 mm	Ei sallita $h \leq 0,05 t$, enintään 0,5 mm
1.8	5013	Juurenpuoleinen reunahaava	Juohuva liittyminen vaaditaan 	0,5-3 > 3	Lyhyt: $h \leq 0,2 \text{ mm} + 0,1 t$ Lyhyt: $h \leq 0,2 t$, enintään 2 mm	Lyhyt: $h \leq 0,1 t$ Lyhyt: $h \leq 0,1 t$, enintään 1 mm	Ei sallita Lyhyt: $h \leq 0,05 t$, enintään 0,5 mm
1.9	502	Korkea kupu (päittäishitsi)	Juohuva liittyminen vaaditaan 	$\geq 0,5$	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,25 b$, enintään 10 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 b$, enintään 7 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,1 b$, enintään 5 mm

(jatkuu)

Taulukko1 (jatkuu)

Nro	Viite-numero ISO 6520-1	Virhetyyppi	Huomautukset	t mm	Hitsiluokkien hitsausvirheille asetamat raja-arvot		
					D	C	B
1.12	505	Iyrkkä liittyminen	— Päittäishitsi	≥ 0,5	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 110^\circ$	$\alpha \geq 150^\circ$
				— Pienahitsi	≥ 0,5	$\alpha \geq 90^\circ$	$\alpha \geq 100^\circ$
							
1.13	506	Valuma		≥ 0,5	$h \leq 0,2 b$	Ei sallita	Ei sallita
1.14	509	Vajonnut hitsi	Juoveva liittyminen vaaditaan	0,5-3	Lyhyt: $h \leq 0,25 t$	Lyhyt: $h \leq 0,1 t$	Ei sallita
	511	Vajaa kupu		> 3	Lyhyt: $h \leq 0,25 t$, enintään 2 mm	Lyhyt: $h \leq 0,1 t$, enintään 1 mm	Lyhyt: $h \leq 0,05 t$, enintään 0,5 mm
1.15	510	Läpivalunut hitsi	—	≥ 0,5	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita

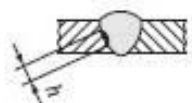
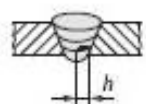
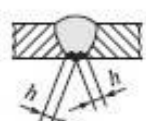
(jatkuu)

Taulukko1 (jatkuu)

Nro	Viite-numero ISO 6520-1	Virhetyyppi	Huomautukset	r mm	Hitsiluokkien hitsausvirheille asettamat raja-arvot		
					D	C	B
1.24	610	Päästöväri	-	≥0,5	Hyväksyminen riippuu sovellutuksesta, esim. materiaalista, korroosio suojusta	Hyväksyminen riippuu sovellutuksesta, esim. materiaalista, korroosio suojusta	Hyväksyminen riippuu sovellutuksesta, esim. materiaalista, korroosio suojusta
2 Sisäiset hitsausvirheet							
2.1	100	Halkeama	Kaikki halkeamatyypit, paitsi mikro- ja kraatterihalkeamat	≥0,5	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
2.2	1001	Mikrohalkeama	Voidaan havaita vain mikrohietutkimuksella (50 x)	≥0,5	Sallitaan	Hyväksyminen riippuu perusaineesta, erityisesti sen halkeamis-herkkyydestä	Hyväksyminen riippuu perusaineesta, erityisesti sen halkeamis-herkkyydestä
2.3	2011 2012	Huokonen Tasainen huokoisuus	Seuraavia huokoisuudelle asetettuja ehtoja ja rajoja noudatetaan: ks. ohjeena myös liite A a1) Yhteenlaskettujen huokosten (myös systemaattiset virheet) enimmäispinta-ala projisoidulla alueella HUOM. Projisoidulla alueella näkyvän huokoisuuden määrä riippuu palkkerosten lukumäärästä (hitsin tilavuudesta). a2) Yhteenlaskettujen huokosten (myös systemaattiset virheet) enimmäispinta-ala poikkipinta-alueella (käytetään vain koekappaleissa: työkokeissa, pätevyyskokeissa ja menetelmäkokeissa) b) Yksittäisen huokosen enimmäiskoko — päittäishitsit — pienahitsit	≥0,5 ≥0,5 ≥0,5	Yksipalkkerros: ≤ 2,5 % Monipalkkerros: ≤ 5 % ≤ 2,5 % $d \leq 0,4 s$, enintään 5 mm $d \leq 0,4 a$, enintään 5 mm	Yksipalkkerros: ≤ 1,5 % Monipalkkerros: ≤ 3 % ≤ 1,5 % $d \leq 0,3 s$, enintään 4 mm $d \leq 0,3 a$, enintään 4 mm	Yksipalkkerros: ≤ 1 % Monipalkkerros: ≤ 2 % ≤ 1 % $d \leq 0,2 s$, enintään 3 mm $d \leq 0,2 a$, enintään 3 mm

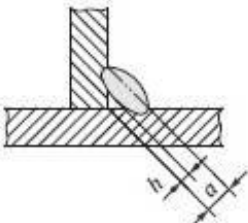
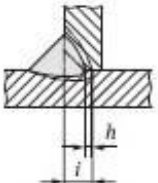
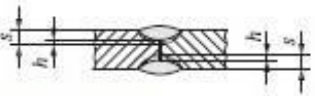
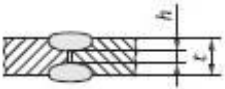
(jatkuu)

Taulukko1 (jatkuu)

Nro	Viite-numero ISO 6520-1	Virhetyyppi	Huomautukset	r mm	Hitsiluokkien hitsausvirheille asetettavat raja-arvot		
					D	C	B
2.9	300	Sulkeuma	— Päittäishitsit	≥0,5	$h \leq 0,4 s$ enintään 4 mm	$h \leq 0,3 s$ enintään 3 mm	$h \leq 0,2 s$ enintään 2 mm
	301	Kuonasulkeuma			$l \leq s$ enintään 75 mm	$l \leq s$ enintään 50 mm	$l \leq s$ enintään 25 mm
	302	Juoksu sulkeuma					
	303	Olehdin sulkeuma	— Pienahitsit	≥0,5	$h \leq 0,4 a$ enintään 4 mm	$h \leq 0,3 a$ enintään 3 mm	$h \leq 0,2 a$ enintään 2 mm
					$l \leq a$ enintään 75 mm	$l \leq a$ enintään 50 mm	$l \leq a$ enintään 25 mm
2.10	304	Metallisulkeuma (muu kuin kupari)	— Päittäishitsit	≥0,5	$h \leq 0,4 s$ enintään 4 mm	$h \leq 0,3 s$ enintään 3 mm	$h \leq 0,2 s$ enintään 2 mm
			— Pienahitsit	≥0,5	$h \leq 0,4 a$ enintään 4 mm	$h \leq 0,3 a$ enintään 3 mm	$h \leq 0,2 a$ enintään 2 mm
2.11	3042	Kuparisulkeuma	-	≥0,5	Ei sallita	Ei sallita	Ei sallita
2.12	401	Liitosvirhe		≥0,5	Lyhyt: päittäishitsit: $h \leq 0,4 s$ enintään 4 mm pienahitsit: $h \leq 0,4 a$ enintään 4 mm	Ei sallita	Ei sallita
	4011	Liitosvirhe railon tyljässä					
	4012	Liitosvirhe palkojen välissä					
	4013	Liitosvirhe hitsin juuressa					

(jatkuu)

Taulukko 1 (jatkuu)

Nro	Viite-numero ISO 6520-1	Virhetyyppi	Huomautukset	t mm	Hitsiluokkien hitsausvirheille asettamat raja-arvot		
					D	C	B
2.13	402	Vajaa hitsautumissyvyys	 <p>T-liitos (pienahitsi)</p>	> 0,5	Lyhyt: $h \leq 0,2 a$, enintään 2 mm	Ei sallita	Ei sallita
			 <p>T-liitos (ei läpihitsattu)</p>  <p>Päittäisliitos (ei läpihitsattu)</p>	≥ 0,5	Lyhyt: päittäisliitos: $h \leq 0,2 s$ tai l , enintään 2 mm T-liitos: $h \leq 0,2 a$, enintään 2 mm	Lyhyt: päittäisliitos: $h \leq 0,1 s$ tai l , enintään 1,5 mm T-liitos: $h \leq 0,1 a$, enintään 1,5 mm	Ei sallita
			 <p>Päittäisliitos (läpihitsattu)</p>	≥ 0,5	Lyhyt: $h \leq 0,2 t$, enintään 2 mm	Ei sallita	Ei sallita

(jatkuu)

Esimerkki**Millainen on hitsiluokan C pienaliitos 5817 mukaisesti?**

Siinä ei saa olla:

- liitosvirhettä
- vajaata hitsautumissyvyyttä (nurkka oltava sulanut)
- halkeamia
- valumaa
- sytytysjälkiä ja uudelleenaloitusvirheitä
- pintahuokosia, jos aineenpaksuus on < 3 mm

Siinä saa olla tiettyyn rajaan saakka:

- maksimissaan 2 mm yksittäinen pintahuukonen, kun aineenpaksuus > 3 mm
- pientä reunahaavaa
- korkeaa kupua
- kateetipoikkeamaa
- vajaata ja liian suurta a-mittaa
- huokoisuutta
- kuonasulkeumaa
- sovitusvirhettä

Muuta:

- hitsin ja perusaineen liittymiskulmat oltava $> 100^\circ$
- kaikin puolin oltava juoheva liittyminen
- roiskeiden hyväksyminen riippuu sovelluksesta (ulkonäkö, korrosio)

Hitsiluokan B erot hitsiluokkaan C verrattuna

- ei sallita vajaata a-mittaa
- ei sallita pintahuokosia
- virheille asetetut raja-arvot ovat tiukemmat

MILLOIN HITSILUOKKA B?

- Liitos on voimaliitos
- Liitokseen kohdistuu väsyttävä kuormitus
- Liitoksen pettäminen aiheuttaa turvallisuusriskin. Henkilö- tai ympäristöriski.
- Liitos on rakenteessa, jota käytetään (ainakin hetkellisesti) hyvin kylmissä olosuhteissa, jolloin haurasmurtuma on todennäköinen

Jos mainitut neljä asiaa esiintyvät yhtä aikaa, on varsin hyvin perusteltava alemman hitsiluokan oikeutus!

MILLOIN HITSILUOKKA C?

- Jos edellä mainituista tekijöistä vain yksi toteutuu, voidaan lähteä hitsiluokasta C.

KORJAUSHITSAUS

- Korjaushitsaus on yleensä vaativa hitsaus
- Lähtökohtana hitsiluokka B

HITSILUOKKA B+

- Mikä se on?
- Ei ole "virallinen" hitsiluokka eikä sisälly EN 5817-standardiin.
- Käytetään kuitenkin jonkin verran. On esitetty "vanhassa" EN 1090 –standardissa.
- Tarkoittaa hitsiluokkaa B, jolle on asetettu jonkin yksityiskohdan suhteen lisävaatimuksia:
 - rajaviivan juohevuus: mm. hionta, TIG-käsittely, ultraäänivasarointi → väsymiskestävyys
 - ns. elintarvikelaatu: huokoset ja "bakteerikolot"
 - pinnan laatu maalauksen tai muun pintakäsittelyn onnistumiseksi

4.

Mitä tarkoittaa käytännön hitsaustyössä, kun hitsiluokkavaatimus muuttuu C:stä B:hen?

Case: Erään hitsaavan konepajan näkemykset asiaan:

- toiminta ohjataan ns. B-laatuputkeen
- kaikki asiat tehdään huolellisemmin ja tarkemmin verrattuna siihen, että normaalisti toimitaan ”hyvän konepajakäytännön” ja yleisvaatimuksen C mukaisesti
- hitsausohjeet ovat käytössä ja ne kaivetaan esille, ne luetaan huolellisesti, asiat palautetaan mieleen ja niiden mukaisesti toimitaan
- hitsaajat valitaan huolellisemmin
- kaikki päittäisliitokset ultraäänitarkastetaan 100 %:sti (voimaliitoksia)
- arvion mukaan läpimenoaikaan vaikutus on 10-20 % lisää aikaa: esivalmistelut ja tarkastus, ei juurikaan itse hitsaukseen

Pitää muistaa, että hitsiluokan valinnalla on useimmiten vaikutuksia myös itse hitsaukseen, mutta että vaikutukset ovat usein suurempia esivalmistelu- ja erityisesti tarkastuspuolella. Hitsin laatutaso on tavalla tai toisella varmistettava. Muutenhan on aivan turha asettaa mitään hitsiluokkavaatimusta.

Jos neuvotteluissa sovitaan yleiseksi hitsiluokkavaatimukseksi ilman mitään rajoituksia tai täsmennyksiä esim. B- tai C-laatuluokka, se tarkoittaa tällöin sekä pinta- että sisävirheitä ja kaikissa hitseissä. Tällöin voi olla yllättäen edessä varsin massiiviset tarkastukset.

Hitsiluokan valinnan ohella pitää aina sopia myös laadunvarmistusmenettelyistä esim. tarkastuslaajuudesta (esim. 2 %, 5 % tai 20 %) ja menetelmistä, joilla tarkastus tehdään. Lisäksi tilanteen mukaisesti voidaan ja pitääkin hitsiluokkavaatimus rajata tietyille alueille tuotteessa tai tiettytyyppisille virheille (esim. pintavirheet).

Suunnittelijan tai kenen tahansa on helppo muuttaa hitsiluokkavaatimus C:stä B:ksi, usein ”varmuuden vuoksi”, mutta tällöin on tiedostettava myös muutoksen kokonaisvaikutukset. Ne voivat olla nykyisessä tiukassa kilpailutilanteessa varsin kohtalokkait!

Taulukko 4. Viisiasteinen luokitteluasteikko IIW:n mukaan

Röntgenluokka	Radiografiafilmi osoittaa
IIW 5 - musta	Hitsissä ei havaittavia virheitä tai vähäinen määrä yksittäisiä huokosia
IIW 4 - sininen	Mitätöntä poikkeavuutta hitsin tasalaatuisuudessa johtuen joko yksin tai yhdessä seuraavista virheistä: a) huokonen b) kuonasulkeuma c) reunahaava
IIW 3 - vihreä	Pienehköä poikkeavuutta hitsin tasalaatuisuudessa johtuen joko yksin tai yhdessä seuraavista virheistä: a) huokonen b) kuonasulkeuma c) reunahaava d) vajaa hitsautumissyvyys (juurivirhe)
IIW 2 - ruskea	Huomattavaa poikkeavuutta hitsin tasalaatuisuudessa johtuen joko yksin tai yhdessä seuraavista virheistä: a) huokonen b) kuonasulkeuma c) reunahaava d) vajaa hitsautumissyvyys e) liitosvirhe
IIW 1 - punainen	Suurehkoa poikkeavuutta hitsin tasalaatuisuudesta johtuen joko yksin tai yhdessä seuraavista virheistä: a) huokonen b) kuonasulkeuma c) reunahaava d) vajaa hitsautumissyvyys e) liitosvirhe f) halkeama

Hitsiluokat, hyväksymisrajat ja ainetta rikkomaton aineenkoetus

Yleisstandardit: sanastot, termit, pätevyudet, hitsiluokat jne.

Menetelmästandardit: yleinen ja/tai hitsausliitoksen tarkastus eri menetelmillä

Hyväksymisrajastandardit: menetelmäkohtaiset hyväksymisrajat / hitsiluokat

YLEISSTANDARDEJA

- SFS-EN ISO 17635 (2010) Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Yleisohjeet metallisille materiaaleille.
- SFS-EN 1330-1:en (2015) Rikkomaton aineenkoetus. Sanasto. Osa 1: Yleistermit.
- SFS-EN 1330-2 (1999) Rikkomaton aineenkoetus. Sanasto. Osa 2: NDT-menetelmien yhteiset termit.
- SFS-EN ISO 9712 (2012) NDT-henkilöiden pätevänti ja sertifiointi. Yleisperiaatteet.
- SFS-EN 45001 (1990) Testauslaboratorioiden toiminta. Yleiset vaatimukset.
- SFS-EN ISO 5817 (2014) Terästen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (ei sädehitsaus). Hitsiluokat.
- SFS-EN ISO 10042 (2018) Alumiinin ja alumiiniseosten kaarihitsaus. Hitsiluokat.
- SFS-EN ISO 13919-1:en (1996) Elektronisuihku- ja laserhitsatut liitokset. Hitsiluokat. Osa 1: Teräs.
- SFS-EN ISO 13919-2/A1:en (2004) Alumiinin sädehitsaus. Hitsiluokat.
- SFS-EN ISO 6520-1 (2008) Hitsaus ja lähiprosessit. Geometrinen hitsausvirheiden luokittelu metallisissa materiaaleissa. Osa 1: Sulahitsaus.
- SFS-EN ISO 4063 (2011) Hitsaus ja niiden lähiprosessit. Prosessien nimikkeet ja numerotunnukset.

Hyväksymisrajastandardit

SFS-EN ISO 17635 (2010) Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Yleisohjeet metallisille materiaaleille.

- yhteys hitsiluokkien ja hyväksymisrajojen välillä
- näyttämien koot eroavat virheiden todellisesta koosta

- Silmämääräinen tarkastus
 - hyväksymisrajat suoraan hitsiluokkastandardeissa
- Tunkeumanestetarkastus
 - SFS-EN ISO 23277 (2010) Hitsien tunkeumanestetarkastus. Hyväksymisrajat.
 - 1, 2 ja 3, lisämerkki X
- Magneettijauhetarkastus
 - SFS-EN ISO 23278 (2010) Hitsien magneettijauhetarkastus. Hyväksymisrajat.
 - 1, 2 ja 3, lisämerkki X
- Radiografia
 - SFS-EN 12517-1 (2006) -> SFS-EN ISO 10675-1:en (2013) Osa 1 Teräkset
 - SFS-EN ISO 10675-2 (2013) osa 2 Alumiinit. Hyväksymisrajat.
 - 1,2 ja 3
- Ultraäänitarkastus
 - SFS-EN 1712 (1998) -> SFS-EN ISO 11666 (2011) Hyväksymisrajat
 - 2 ja 3

Liite B
(opastava)
Näyttämien luokittelu

Ks. kuva B.1.

Näyttämän koko	TARKASTUSTASO	TOIMENPIDE
		Hylkäys tai korjaus
	Hyväksymisraja (tarkoitukseensopivuus)	_____
		Hylkäys tai korjaus Lisäarviointi (tarkoitukseensopivuuden perusteella)
	Hyväksymisraja (laadunvarmistus)	_____
		Näyttämien kirjaaminen
	Raportointiraja	_____
		Näyttämien arviointi (koon, muodon tai muun tekijän mukaan)
	Arviointiraja	_____
		Ei toimenpiteitä

Kuva B.1 Näyttämien luokittelu

Hitsiluokat ja ainetta rikkova aineenkoetus

Hitsiluokkastandardeissa SFS-EN ISO 5817 ja SFS-EN ISO 13919-1/2 sekä SFS-EN ISO 10042

- Luokitellaan hitsit hitsausvirheiden suhteen
- Todetaan: "...standardi ei ota kantaa metallurgisiin näkökohtiin kuten raekokoon ja kovuuteen".
- Lisäksi ei oteta kantaa mm. seuraaviin asioihin:
 - Mikrorakenteet ja niiden jakautuminen liitoksessa
 - Makro- ja mikrovyöhykkeet
 - Makro- ja mikrosuotautuminen
 - Liitoksen lujuus ja sitkeys
 - Liitoksen iskusitkeys

Hitsiluokka (B, C, D) on osa liitoksen ”hyvyyttä”, mutta osa (usein suurikin osa?) mahdollisten vaurioiden syistä jää paljastumatta ainetta rikkomattomassa tarkastuksessa

Usein ”tuomio” liitoksen käyttökelpoisuudesta annetaan liian helposti pelkästään hitsiluokan perusteella

Ainetta rikkomattoman ja ainetta rikkovan tarkastuksen on oikein ja sopivassa laajuudessa täydennettävä toisiaan.

Milloin rikkovaa aineenkoetusta käytetään ja milloin se on tarpeen?

- Menetelmäkoe: teräs ja muut metalliset materiaalit, hitsausprosessit: SFS-EN ISO 15614-1/13
 - Ainetta rikkova aineenkoetus kattavasti mukana:
 - » Poikittainen vetokoe
 - » Taivutuskoee
 - » Makro- ja mikrohietutkimus
 - » Iskukoe
 - » Kovuuskoee
 - » Murtokoe
 - » vuotokoestus

- **Pätevyyskoe: teräs ja muut metalliset materiaalit, mm. SFS-EN 287-1:2011, SFS-EN ISO 9606-2 ja SFS-EN ISO 14732:2013:**
 - Ainetta rikkovia kokeita:
 - » Taivutuskoee
 - » Murtokoe
 - » Makrohie
- **Hitsattavuuskokeet**
 - Kuumahalkeilukokeet
 - Kylmähalkeilukokeet
 - Myöstöhalkeilukokeet
 - Lamellirepeilykokeet
 - Haurasmurtumakokeet

- Väsyty.luokka
 - Kahden miljoonan jännitysjakson kestoikää vastaava väsymisluku. Väsyty.luokka kuvaa lovitapauksen vaikeusastetta.
 - Erimuotoisia liitoksia jäljittelevät koesauvat.

- Muulloin?
 - Milloin tarpeen ja missä laajuudessa?
 - vetokoe
 - taivutuskoee
 - iskukoe
 - Charpyn-V tai -U
 - CTOD
 - Pellini
 - kovuuskoe
 - HBS, HBW, HV, HRC, HRB
 - murtokoe
 - rakennetutkimus
 - muu koe

Mietittävä ja ratkaistava tapauskohtaisesti!

Taulukko 1 Koekappaleiden testaus

Koekappale	Testaus	Testauksen laajuus	Alahuomautus	
Läpihitsattu päittäisliitos – Kuva 1 ja Kuva 2	Silmämääräinen tarkastus	100 %	–	
	Radiografia tai ultraäänitarkastus	100 %	a	
	Pintahalkeamien tarkastus	100 %	b	
	Poikittainen vetokoe	2 koesauvaa	–	
	Poikittainen taivutuskoe	4 koesauvaa	c	
	Iskukoe	2 sarjaa	d	
	Kovuuskoe	vaadittu	e	
	Makrohietutkimus	1 hie	–	
Läpihitsattu T- liitos – Kuva 3	Silmämääräinen tarkastus	100 %	f	
	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b ja f	
	Läpihitsattu putken haaraliitos – Kuva 4	Ultraäänitarkastus tai radiografia	100 %	a, f ja g
		Kovuuskoe	vaadittu	e ja f
Pienahitsit – Kuva 3 ja Kuva 4	Makrohietutkimus	2 hiettä	f	
	Silmämääräinen tarkastus	100 %	f	
	Pintahalkeamatarkastus	100 %	b ja f	
	Kovuuskoe	vaadittu	e ja f	
	Makrohietutkimus	2 hiettä	f	

^a Ultraäänitarkastusta ei suoriteta, kun $t < 8$ mm eikä perusaineryhmille 8, 10, 41...48.
^b Tunkeumanestetarkastus tai magneettijauhetaikastus. Epämagneettisille materiaaleille, tunkeumanestetarkastus.
^c Taivutuskokeet, ks. 7.4.3.
^d 1 sarja hitsiaineesta ja 1 sarja muutosvyöhykkeeltä, kun aineenpaksuus ≥ 12 mm ja iskusiivkeysvaatimukset määritetty. Tuotestandardissa saatetaan vaatia iskukokeita myös, kun aineenpaksuus on alle 12 mm. Testauslämpötilan valitsee valmistaja, ottaen huomioon sovellutuksen tai tuotestandardin, mutta sen ei tarvitse olla alempi kuin materiaalispesifikaatiossa. Lisätetit ks. 7.4.5.
^e Ei vaadita perusaineille: -alaryhmä 1.1, ja ryhmät 8, 41...48.
^f Määritetyt testit eivät anna tietoa hitsausliitoksen mekaanisista ominaisuuksista. Kun tällaiset ominaisuudet ovat oleellisia sovellutuksen kannalta, tehdään lisäkokeita, esim. päittäishitsille.
^g Ultraäänitarkastusta ei vaadita, kun putken ulkohalkaisija ≤ 50 mm.
 Jos ulkohalkaisija on yli 50 mm eikä ultraäänitarkastusta ole mahdollista toteuttaa teknisesti, suoritetaan radiografinen kuvaus edellyttäen, että liitosmuoto antaa järkevän tuloksen.

7.2 Koesauvojen sijainti ja irrotus

Koesauvat irrotetaan kuvien 5, 6, 7 ja 8 mukaisesti.

Koesauvat irrotetaan, kun kaikki rikkomaton aineenkoetus (NDT) on suoritettu ja kyseisten NDT-menetelmien tarkoituksenmukaiset hyväksymiskriteerit on täytetty.

Koesauvat saadaan irrottaa alueelta, jossa ei ole NDT-menetelmien hyväksymisrajojen sisällä olevia virheitä.

**AINETTA RIKKOMATON
AINEENKOETUS
Non Destructive Testing (NDT)**

Aineenkoetus

- RIKKOMATON (NDT)
- RIKKOVA

AINEENKOETUS on mm.

- Raaka-aineiden ominaisuuksien ja mittojen määrittämistä
- Puolivalmisteiden ominaisuuksien ja mittojen määrittämistä
- Valmiiden tuotteiden ominaisuuksien ja mittojen määrittämistä

AINEENKOETUSTA tarvitaan mm.

- Suunnittelussa
- Valmistuksessa
- Korjauksessa
- Huollossa
- Määräaikaisvalvonnassa
- Tutkimuksessa

AINEENKOETUSTA tarvitsee mm.

- Suunnittelu
- Valmistus
- Osto
- Myynti
- Seuranta
- Tutkimus

Aineenkoetus

Ainetta rikkova aineenkoetus/ rikkomaton aineenkoetus

RIKKOVA

- ETUJA
- 1. Luotettavuutta pyritään mittaamaan suoraan. Tulos saadaan välittömästi
- 2. Mittaus tavallisesti kvantitatiivinen (esim. murtuman aiheuttama kuorma tai tietyllä kuormituksella saavutettava elinikä). Saadaan numeroarvoja rakenteiden mitoitukseen tai standardien ja spesifikaatioiden laatimiseen.
- 3. Korrelaatio useimpien menetelmien ja aineominaisuuksien välillä on tavallisesti selvä. Tästä johtuen useimmat koetuloksia tarkastelevat henkilöt pystyvät sanomaan täyttääkö joku materiaali tai osa sille asetetut vaatimukset

RIKKOMATON

- HAITTOJA
- 1. Luotettavuutta ei yleensä pystytä arvioimaan suoraan. Korrelaatio mittaustulosten ja luotettavuuden välillä saatava muilla keinoin.
- 2. Mittaus tavallisesti kvalitatiivinen. Ei useinkaan mitata murtumaan johtavaa voimaa tai aikaa muuten kuin epäsuorasti. Tavallisesti voidaan kuitenkin ennakoida vaurioituminen tai tulkita murtumisen mekaniikkaa.
- 3. Koetulosten tulkinta vaatii arvostelukykyä ja käytännön kokemusta. Jos olennaista korrelaatiota ei voida esittää tai jos kokemus on vähäinen, voi tavaraerä tulla hylätyksi koetulosten virheellisen tulkinnan takia.

RIKKOVA

- HAITTOJA
- 1. Kokeita ei voi suorittaa käytössä oleville kappaleille.
- 2. Kokeita voidaan tehdä vain murto-osalla määrätyn erän kappaleista. Kokeilla saattaa olla pieni merkitys, jos koetulosten hajonta on suuri.
- 3. Kokeita ei tavallisesti voi tehdä koko kappaleelle, vaan kappaleesta on irrotettava pieni osa, esim. vetokoesauva, iskusauva.
- 4. Yksinkertaisilla kokeilla saadaan selville vain muutama aineominaisuus.
- 5. Kokeet eivät tavallisesti sovellu esim. koneessa paikoillaan olevan osan tutkimiseen.
- 6. Kumulatiivista muutosta ei voi luotettavasti mitata.
- 7. Kustannukset tulevat suuriksi, jos tarkastettavat kappaleet ovat kalliita joko materiaaliltaan tai valmistuskustannuksiltaan.
- 8. Useimmat kokeet vaativat työstetyn koekappaleen.
- 9. Kokeet vaativat paljon aikaa ja työtunteja.

RIKKOMATON

- ETUJA
- 1. Kokeet tehdään yleensä käytössä oleville kappaleille. Ei siis ole epäilystäkään, etteikö kokeita tehdä ”edustaville” koekappaleille.
- 2. Kokeet voidaan tehdä kaikille kappaleille, jos se on taloudellisesti kannattavaa. Kokeita voidaan siis tehdä myös silloin, kun hajonta on suuri.
- 3. Kokeet voidaan tehdä koko koekappaleelle tai esim. kriittisille kohdille.
- 4. Monia NDT- kokeita, kukin tietyn ominaisuuden tutkimiseksi, voidaan käyttää samanaikaisesti tai peräkkäin. Näin saadaan määritetyksi haluttu määrä aineominaisuuksia.
- 5. Kokeita tehdään myös paikoillaan oleville osille.
- 6. Kokeet voidaan toistaa tiettyinä aikaväleinä (määräaikaistarkastukset).
- 7. Vastaavat kustannukset ovat pieniä, koska ao. osaa ei rikota, vaan sitä voidaan käyttää tarkastuksen jälkeenkin.
- 8. Koekappaleita ei tarvitse työstää, tai erittäin vähän.
- 9. Kokeet ovat yleensä nopeita ja vaativat vähemmän työtunteja.

Liite A
 (opastava)
Yhteenveto aineistodistuksista

Yhteenveto aineistodistuksista esitetään taulukossa A.1.

Taulukko A.1 Yhteenveto aineistodistuksista

EN 10204	Aineistodistusten nimet eri kielillä				Aineistodistuksen sisältö	Aineistodistuksen vahvistaja
	Suomi	Englanti	Saksa	Ranska		
Tyyppi 2.1	Laatuvakuutus	Declaration of compliance with the order	Werksbescheinigung	Attestation de conformité à la commande	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta	Valmistaja
Tyyppi 2.2	Koetustodistus	Test report	Werkszeugnis	Relevé de contrôle	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta sekä valmistusmenetelmäkohtaisen tarkastuksen tulokset	Valmistaja
Tyyppi 3.1	Vastaanottodistus 3.1	Inspection certificate 3.1	Abnahmeprüfzeugnis 3.1	Certificat de réception 3.1	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta sekä toimituseräkohtaisen tarkastuksen tulokset	Valmistajan valtuuttama tuotanto-osastosta riippumaton edustaja
Tyyppi 3.2	Vastaanottodistus 3.2	Inspection certificate 3.2	Abnahmeprüfzeugnis 3.2	Certificat de réception 3.2	Lausuma tilauksen vaatimuksenmukaisuudesta sekä toimituseräkohtaisen tarkastuksen tulokset	Sekä valmistajan valtuuttama tuotanto-osastosta riippumaton edustaja että ostajan valtuuttama edustaja tai viranomais määräyksissä määrätty tarkastaja

RUUKKI

**AINESTODISTUS TEST REPORT
WERKSZEUGNIS RELEVÉ DE CONTRÔLE
EN 10 204-3.1 (2004)/PED 97/23/EC/LRQA.**

A 2/2
38677 -02

Tilaus Purchaser/Besteller/Adressat: RADTARUUKKI OYJ RUUKKI PRODUCTION	Vastaanottaja Consigeee/Employee/Destination: LAL, merkki Shipping mark, Verarbeitenden Marktes d'exportation 12.04.2005/JV	Päivämäärä Date/Date: 12.04.2005 B
Tilaus nro Order No./Bestellung Nr./Commande No. 12.04-2005/JV	Lähtömerkki Shipping mark, Verarbeitenden Marktes d'exportation 12.04.2005/JV	Valmistajan merkki Mark of the Manufacturer Zurück zur Hersteller/Hersteller Signe de producteur
Laatu Quality/Verkauf Nuance EN10028-3 P355N11	Lausvaat. Add. requirements/Waitere Anfordere/autres prescriptions: EN 10029/1991 CLASS C	Jäiketoimialue Incorporated Oxygen steel containing niobium Copper/Niobium, Strontium Acer à l'oxygène, contient niobium

WELDABLE FINE-GRAIN PRESSURE VESSEL STEEL

Postin Item Poste	Paksuus Thickness Düicke Epaisseur	Sulatus nro Cast No. Schmelz-Nr. No soude	Cek Ceq Ceq	Sytösanalyysi % Chemical composition of cast % Chem. Zusammensetzung auf schmelzen % Composition Chimique de soude %													
				C	SI	MN	P	S	AL	NB	V	TI	CU	CR	NI	MO	N
002	12.00	44499	.40	.15	.38	1.42	.008	.006	.035	.044	.005	.004	.029	0.04	0.04	.002	.004

$CEKV=C+MN/6+(CR+MO+V)/5-(NI+CU)/15$

Posti Item Poste	Sulatus, kera nro Cast, test No. Schmelz Prof. Nr. Coulée, Essai No	Tilau Cond. Zust. Etat	Vetokoe, Tensile test Zugversuch, Etat de traction				Täpösuu Ibend test Fallvers. Einklagen D = Xt	Istukoe, Impact test Kerroskärkyversuch, Etat de resistance					Erikoiskokeet Special tests Sonderversuche Essais Speciaux	
			Re	N/mm2	A %	KJ		°C	1	2	3	Keskiv. Average Moyenne		
002	44499 012 N	11	417	539	28	5	112	-50	071	091	075	079	012	RP0.2+300 271

K2: 11=TOP, TRANSV.
K2: 112=CH-V/ISO-V (J) 10X10, TOP, TRANSV, KV600

RUUKKI PRODUCTION
Ruukki Steel Works
Tilau ja tuotanto
Präging und Kontrolle

Tässä selvitetään, että materiaali täyttää edellytykset
We hereby certify that the material described above has been
tested and complies with the terms of the contract specified
En voici certifier, que les conditions spécifiées dans le contrat
des Verordnungen bei der Beschaffenheit des Materials
Nous certifions que le matériau est conforme aux
spécifications de l'acceptation de la commande.

M. Valkama
MINNA VALKAMA
Valmistuspaikan johtaja / Approved Inspector / Ing. 020 5911
Werkstoffverantwortiger / Inspektor/Inchen. / Tel. +358 20 5911

12.04.2005 MSH

AR kuumavalmi as rolled warmgewalzt état de laminage	N normaali normalized normalisiert état normalisé	NR normaali normalized normalisiert état normalisé	CR kuumavalmi controlled rolled temperiert laminage contrôlé	TM termomek. thermo-mech. thermo-mech. traitement thermomécanique	NT normaali normalized normalisiert normalisation à froid	Q kuumavalmi quenching quenching état trempé
---	--	---	---	--	--	---

Kuva 4. Painelaidedirektiivin mukainen Vastaanottotodistus 3.1 - EN 10204:2004 (sivu 2/2).

Delivery address, Empfänger, Lieu de livraison RAUTARUUKKI OYJ, RUUKKI METALS VARASTO 13 ASPONKATU 2 04400 JÄRVENPÄÄ SUOMI-FINLAND		RAUTARUUKKI OYJ LASKUNTARKASTUS / 134 C PL 93 92101 RAAHE SUOMI-FINLAND	
Requirements, Anforderungen, Exigences EN 10088-2 ASTM A240/A240M -05 ASME 2004 SEC. II PART A SA-240 A05		Our Order No. User: Auftrag Nr. Notre commande n° 5124	Your order, Ihre Bestellung, Votre commande 4500003659
Product, Erzeugnisform, Produkt SHEET, STAINLESS STEEL		Mark of Manufacturer Zachten des Lieferwerkes Signe de producteur OUTO KUMPU	Process Erschmelzungsart Mode de fusion AOD
Grade, Werkstoff, Nuance 1.4301 TYPE 304		Inspector's stamp Zeichen d. Sachverständigen Poinçon de l'expert	
Marking, Kennzeichnung, Marquage 1.4301 2G		Tolerances Toleranzen, Tolérances	
Line Reihe Ligne		Item Position Postis	Charge-test No. Schmelz-Prübe Nr. Coulée n°
Size, Abmessungen, Dimensions		Quantity Stückzahl Nombre	Weight, Gewicht, Poids Finish Ausführung Fini
1	1	63859 4	1,5 X 1500 X 3000 MM
2	3	55732 4	1,25 X 1500 X 3000 MM
Charge no. Schmelz Nr. Coulée n°		Chemical composition, Chemische Zusammensetzung, Composition chimiques	
	C %	Si %	Mn %
	P %	S %	Cr %
	Ni %	N %	
63859	0,05	0,42	1,58
55732	0,021	0,44	1,60
	0,031	0,003	18,2
	0,033	0,001	18,1
	8,2	0,059	
	8,2	0,045	
Line Reihe Ligne	Mechanical properties, Mechanische Eigenschaften, Caractéristiques mécaniques		TENSILE TEST IN ACC TO EN 10002-1 AT ROOM TEMP. IN DELIVERY CONDITION PERPEND. TO ROLLING DIR. RPL0 PROOF STRENGTH A50 ELONGATION GL 50 MM A5 ELONGATION PROPORTION HB30 BRINELL HARDNESS
	Location Ort Lieu	Rp0.2 N/mm ²	
	Rp1.0 N/mm ²	Rm N/mm ²	
1	E	304	341
		627	67
		61	173
2	E	349	386
		648	61
		56	185
Identity test, Verwechslungsprüfung, Contrôle d'identification Size, Abmessungen, Dimensions Surface, Oberfläche, Surface Test of intergran. corros. Prüfung auf Interkrist. Korros. Test de corros. interkrist. EN ISO 3651-2 A: OK		A = Beginning / Anfang / Début E = End / Ende / Fin	
180 GRIT A005.A02989 A005.A02990		We certify that the above mentioned products comply with the terms of the order contract. Wir bestätigen, dass die Lieferung den Vereinbarungen der Bestellannahme entspricht. Nous certifions que les produits énumérés ci-dessus sont conformes aux prescriptions de la commande.	
		This test certificate is made by controlled ADP-system and is valid without signature. Dieses Zeugnis wurde von einem überprüften Datenverarbeitungssystem erstellt und ist ohne Unterschrift gültig. Ce certificat a été établi par un système informatique contrôlé et est valide sans signature.	
		Outokumpu Stainless Oy <i>Antti Niemelä</i> Authorized Inspector Werkstoffverständlicher Inspecteur autorisé ANTTI NIEMELÄ	
		FIN-55400 Tornio, Finland Tel. +358 16 4521, Fax +358 16 452 350, www.outokumpu.com Domicile: Tornio, Finland, Business Identity Code 0623315-9	



Ainetta rikkomaton aineenkoetus - NDT (Non Destructive Testing)

- MENETELMÄT
 - Silmämääräinen tarkastus (visual testing, VT)
 - Tunkeumanestetarkastus (penetrant testing, PT)
 - Magneettijauhetarkastus (magnetic particle testing, MT)
 - Radiografia (radiography) – röntgen ja isotooppi
 - Ultraäänitarkastus (ultrasonic testing, UT)
 - Pyörrevirtatarkastus (eddy current testing, ET)
 - Vuototestaus (leak testing, LT)
 - Akustinen emissio (acoustic emission, AE)
 - Barkhausen- menetelmä (Barkhausen noise, BNA)
 - Jännite-eromittaus (potential drop)
 - Jäljennemenetelmä (replica)
 - Lämpökuvaus (thermography)
 - Holografia (holography)
 - Tomografia (tomography)

NDT- TARKASTUSTOIMINTA

Tarkastuksen tavoitteet

- Ei takaa vaatimusten täyttymistä, mutta omalta osaltaan lisää tuotteen turvallisuutta ja luotettavuutta.
- Varmistaa, että haluttu laatutaso saavutetaan ja sitä pidetään yllä.
- Laajinta NDT- toiminta on metallirakenteiden ja –tuotteiden tarkastuksissa.
- Liittyy kiinteästi mm. off-shore- ja laivanrakentamiseen, painelaitteiden tarkastuksiin, voimalaitosten kunnonvalvontaan ja vaativien teräsrakenteiden valvontaan
- Tarkastus voi olla vapaaehtoista, sopimus pohjaista tai viranomaisten määräämää.
- NDT- tarkastusta käytetään edelleenkin eniten jälkitarkastuksissa
 - reaaliaikaisten on-line-tarkastusten ja prosessinvalvontasovellusten merkitys ja määrä on kasvussa.

Määritelmiä

- **Tarkastus**
 - Toiminta, joka määrittää yksittäisten tutkimus- ja mittausmenetelmien avulla tuotteen tai materiaalin ominaisuudet ja yhdenmukaisuudet asetettujen vaatimusten kanssa.
- **Testaus**
 - Toiminta, jolla määritetään materiaalin tai tuotteen ominaisuus tai ominaisuuksia. Yleensä standardoitu menetelmä, millä varmistetaan toistettavuus.
- **Tarkastustaso**
 - Tarkastusmenetelmän soveltamisen kattavuuden ja säätöarvojen valinnan taso. Erilaiset tasot vastaavat eri herkkyyksiä ja/tai havaitsemistodennäköisyyksiä. Tarkastustason valinta liittyy yleensä laatuvaatimuksiin. Tarkastuslaajuus. Tarkastusorganisaatio. Asiakirjat. Dokumentointi.
- **Arviointiraja**
 - Tarkastustaso, josta alkaen näyttämät arvioidaan.
- **Raportointiraja**
 - Tarkastustaso, josta alkaen näyttämät raportoidaan.
- **Hyväksymisraja**
 - Tarkastustaso, jonka alapuolella kohde hyväksytään.
- **Näyttämä**
 - Käytetyn aineenkoetusmenetelmän (rikkomaton) mukainen hitsausvirheen aiheuttama poikkeama tai signaali.
- **Hitsiluokka**
 - Hitsin laadun kuvaaminen perustuen valittuihin tuotannossa esiintyvien virheiden tyypeihin, kokoihin ja määriin.

Lyhyt NDT:n historia

- Sai alkunsa nykyisessä muodossa 1900-luvun alkuvuosikymmeninä
- Tunkeumanestetarkastus keksittiin sattumalta USA:n rautateillä 1900-luvun vaihteessa
- Varsinainen tarkastustoiminta alkoi vuonna 1928
- Röntgentarkastus perustuu Wilhelm Conrad Röntgenin v. 1895 ”keksimisiin” röntgensäteisiin
 - Lopullinen radiografisten menetelmien läpimurto tapahtui 2. maailmansodan aikana
- NDT: historiassa on kolme voimakasta kehitysvaihetta
 - 2. maailmansodan aika 1940-luvulla
 - Ydinvoimalaitosten ja off-shore-rakentamisen aika 1960-luvulla
 - Nyt on menossa voimakas digitalisaation sovellusvaihe

Tarkastajan toimenkuva

- Tarkastajan työn vastuu ja merkitys kasvaa jatkuvasti
- Rutiininomainen työ vähenee, mutta kriittisten kohteiden tarkastusvaatimukset lisääntyvät
- Tarkastajan toimenkuva riippuu organisaatiosta
 - NDT- tarkastuksia tekevä yritys
 - Tuotannon ohessa oma tarkastusosasto
- Vastaa tarkastustehtävien suorittamisesta
- Vastaa tarkastusvälineiden kunnosta ja kalibroinnista
- Varmistaa tehtyjen tarkastusten hyväksyttävyyden
- Ilmoittaa tarkastuksessa havaitut poikkeavuudet
- Vastaa tarkastusselostuksen paikkansapitävyydestä

Tarkastajan asema ja vastuu

- Tarkastajan tulee olla henkilöstöhallinnollisesti riippumaton tarkastettavien tuotteiden valmistuksesta ja myynnistä
- Tarkastaja ei saa tarkastaa tuotetta, josta hänellä on muutakin vastuuta kuin tarkastusvastuu, esim. valmistuksellinen tai kaupallinen vastuu
- Tarkastajan tulee omalta osaltaan pyrkiä ymmärtämään valmistuksen ongelmia ja avustamaan mahdollisuuksiensa mukaan ja rajoissa niiden ratkaisussa.

Tarkastuslaitteet

- Tarkastuslaitteet oltava kalibroituina
 - Kalibrointi tarkoittaa tarkastuslaitteen näyttämän oikeellisuuden toteamista
- Edellytykset hyvälle kalibrointityölle:
 - Yrityksessä dokumentoitu kalibrointijärjestelmä
 - Erikseen nimetty vastuuhenkilö
 - Ammattitaitoiset henkilöt
 - Kullekin laitteelle oma kalibrointiohjelma
 - Kunnolliset toimitilat
 - Kalibrointitarra
 - Oikeanlainen dokumentointi ja tuloksien seuranta
- Välineiden määrä ja laatu riippuvat käytettävästä NDT-menetelmästä ja tarkastukselle asetetuista vaatimuksista
- Tarkastusvälineistä pidetään luetteloa ja sijaintipöytäkirjaa
- Kalibrointi- ja huolto-ohjeet oltava kirjallisina
- Välineen käyttöä seurataan käyttöpäiväkirjalla
- Kalibroinnit, huollot ja tarvittavat tarkistukset ovat voimassa

Tarkastusohje

- Tarkastajan työ perustuu tarkastusohjeeseen ja sen noudattamiseen (vertaa hitsausohje WPS)
- Tarkastusohjeen suunnittelussa:
 - Kohteen pinnanlaatu
 - Luoksepäästävyys
 - Muodot
 - Materiaali
 - Etsittävien virheiden laatu
 - Virheiden hyväksymisrajat
 - Tarkastuksen oikea-aikainen sijoittaminen valmistuksen eri vaiheisiin nähden
- Vältettävä yli- tai alimitoitettuja tarkastuksia
- Tarkastuslaajuus
- Tarkkuusvaatimukset → optimilaatutaso
- Tarkastustulokset kirjataan pöytäkirjoihin
 - Riittävät tiedot → toistettavuus
- Tarkastuksen kohde

Tarkastusohjeen rakenne

1. Soveltamisala (tarkoitus)
2. Viittaukset dokumentteihin ja standardeihin
3. Vastuu ja pätevyudet
4. Laitteet
5. Tarkastusolosuhteet ja pinnan valmistelu
6. Laitteen kalibrointi ja säätäminen
7. Tarkastuslaajuus
8. Tarkastaminen
9. Hyväksymis-/hylkäämisrajat
10. Raportointi

Esimerkki tarkastuslaajuuden esittämisestä.

Laajuus	Selvitys
100 %	Tarkastetaan kaikista tarkastettavista kohteista koko tarkastettava alue.
50 %	Puolet tarkastettavista kohteista tarkastetaan 100 %:sti.
50 %	Jokaisesta tarkastettavasta kohteesta tarkastetaan 50 % tarkastettavaa aluetta.
50 %	Jokaisesta toimituserästä tai työkokonaisuudesta tarkastetaan 50 % tarkastettavaa aluetta tarkastajan valitsemista kohteista.
10 %	Jokaisesta tarkastettavasta kohteesta tarkastetaan 10 % tarkastettavaa aluetta.
10 %	Jokaisesta toimituserästä tai työkokonaisuudesta tarkastetaan 10 % tarkastettavaa aluetta tarkastajan valitsemista kohteista.
Pistokoe-laajuus	Tarkastaja harkitsee tarkastettavan alueen määrän sellaiseksi, että hän vakuuttuu vaatimusten mukaisesta työn laadusta.
Muu laajuus	Laajuus esitetään tarkastussuunnitelmissa ja valmistuspiirustuksissa.

welds are subject to 100% visual testing. In addition, welds shall be subjected to testing with other test methods as given in the table below.

Area	Type of connection	Testing method	
		MT/PT ¹⁾	RT/UT ²⁾
General	Butt- and T-Joints, full penetration	2%	2%
	T-joints, partly penetration	2%	-
	Fillet welds	-	-
Deck/bottom plating within 0.4 L amidship	Butt- and T-Joints, full penetration	5%	5%
	T-joints, partly penetration	5%	-
	Fillet welds	-	-
Critical areas	Butt- and T-Joints, full penetration	20%	20%
	T-joints, partly penetration	20%	-
	Fillet welds	20%	-

1) Magnetic particle testing shall be applied for ferro-magnetic materials.
 2) Radiographic testing shall not be applied for T-joints.

103 The different areas in Table D1 are defined as follow:

Critical areas

Areas in way of critical load transfer points and large stress concentrations where a failure will endanger the safety of the ship, such as:

- stress concentrations in rudders or intersection between rudder structure and hull
- for twin hull vessels stress concentrations in way of connections between hull and wet deck
- deck beams in open hatch container ships
- strength deck plating at outboard corners of cargo hatch openings in container carriers and other ships with similar hatch opening configuration
- other areas where the likelihood of occurrence of detrimental defects is considered to be extra high.

Guidance note:

Areas to be considered for classification under this item are:

- welds produced by welding methods which the yard has little or no user experience
- welds produced by high heat input (>5 kJ/mm) welding methods
- welds in large thickness (>50mm).

Deck and bottom plating within 0.4L amidship

- Sheer strake at strength deck.
- Stringer plate in strength deck.
- Deck strake at longitudinal bulkhead.
- Strength deck plating at corners of cargo hatch openings in bulk carriers, ore carriers, combination carriers and other ships with similar hatch opening configuration.
- Bilge strake.
- Longitudinal hatch coamings of length greater than 0.15 L.
- End brackets and deck house transition of longitudinal cargo hatch coamings.
- All watertight bulkheads independent of location.

Guidance note:

For ships with no clearly defined strength deck e.g. cruise ships, the above extents shall be applied to the decks contributing most to the hull strength

~~---end-of-Guidance-note---~~

General

Areas not mentioned above.

104 NDT shall cover start and stop points of automatically welded seams.

E. Acceptance Criteria for NDT

E 100 General

101 All welds shall show evidence of good workmanship. For visual inspection "IACS Rec. No.47 "Shipbuilding and Repair Quality standard part A" may be applied. Acceptance criteria for NDT shall normally comply with ISO 5817 quality level C, intermediate. For critical areas more stringent requirements such as ISO 5817 level B, may be applied.

E 200 Non-conforming weldments

201 If a non-conforming discontinuity is detected the lengths welded immediately before and after the section containing the discontinuity shall be examined by the same method. If systematically repeated discontinuities are revealed, the extent of testing shall be increased at the Surveyors discretion for welds manufactured under same conditions and where similar defects may be expected.

202 If non-conforming discontinuities are found to occur regularly, the welding procedures shall be reassessed before continuation of the welding, and necessary actions shall be taken to bring the production to the required quality level.

203 Detected non-conforming discontinuities shall be repaired unless they are found acceptable by the Society. Removal of weld discontinuities and repair shall be performed in accordance with a procedure approved by the Society.

204 After repair welding has been performed, the complete weld, (i.e. the repaired area plus at least 100 mm on each side) shall be subjected to at least to the same NDT method(s) as specified for the original weld.

Tarkastusmenetelmät

- **Silmämääräinen tarkastus**, jonka jälkeen jokin seuraavista menetelmistä:
 - Tunkeumanestetarkastus (Penetrant Testing, PT)
 - Magneettijauhetarkastus (Magnetic Testing, MT)
 - Radiografinen tarkastus (Radiography, RT)
 - Ultraäänitarkastus (Ultrasonic testing, UT)
 - Pyörrevirtatarkastus (Eddy current Testing, ET)
 - Vuotokoe (Leak Testing, LT)
- Erikoismenetelmiä:
 - Akustinen emissio (Acoustic Emission, AE)
 - Barkhausen- menetelmä (Barkhausen Noise, BNA)
 - Jännite-eromittaus (Potential Drop)
 - Termografia (Termography)
 - Holografia (Holography)
 - Tomografia (Tomography)

NDT-menetelmän valinta

- NDT -menetelmien ja -tasojen valinnassa otetaan huomioon:
 - liitokselle asetetut vaatimukset, esim. hitsiluokkavaatimus
 - hitsausprosessi
 - perusaine, hitsausaine ja käsittely
 - liitosmuoto ja –geometria
 - tarkastuskohteen tila (luoksepäästävyys, pinnan laatu, lämpötila, kuormitus...)
 - oletettujen hitsausvirheiden tyyppi ja sijainti
 - käyttöolosuhteet
 - mahdollisesta vauriosta aiheutuvat seuraukset
 - kustannukset
 - tarkastus, testaus, korjaus, ...

VALMISTUS- JA KÄYTÖN AIKAISET VIRHEET vs NDT- TARKASTUS

NDT- tarkastuksen luotettavuuden kannalta on tärkeää tietää ja ymmärtää materiaalin ja tuotteen valmistukseen liittyvät vaiheet. Niillä on usein yhteyttä mahdollisesti esiintyviin virheisiin. Näiden tietojen perusteella yhdessä tuotteelle asetettujen vaatimusten kanssa voidaan suunnitella tulevaa tarkastusta, esim. NDT- menetelmän valintaa sallitun virheeseen suhteen. NDT- tarkastuksen onnistumisen kannalta hyödyllisiä, usein välttämättömiä dokumentteja ovat mm. ainestodistus, valmistussuunnitelma, tuotepiirustus sekä mm. hitsaus- (WPS)- ja lämpökäsittelyohje. Liite 2 esittää hitsausohjetta, jonka railonmuodon ja hitsauksen ennakkotuntemus auttaa merkittävästi tarkastajaa.

NDT- tarkastuksen luotettavuudella tarkoitetaan ominaisuutta löytää suurella todennäköisyydellä materiaalissa tai tuotteessa olevat ne oleelliset virheet, joilla kohteen käytön, lujuuden tai kestävyuden kannalta on merkitystä.

NDT- tarkastuksen luotettavuus riippuu siitä, kuinka

- todelliset virheet, jotka kokonsa tai laatunsa puolesta ovat merkittäviä eli vikoja, löydetään,
- merkityksettömät tai olemattomat virheet erotetaan todellisista virheistä,
- virheiden sijainti, koko ja laatu pystytään yksiselitteisesti määrittämään,
- tarkastuksen tulos on toistettavissa.

NDT- tarkastuksen luotettavuuteen vaikuttavat tekijät voidaan ryhmitellä seuraavasti:

- tarkastusmenetelmien mahdollisuudet ja rajoitukset
- kohteen tarkastettavuus
- henkilö- ja laitetekijät.

Luotettavuuden perusvaatimuksena voidaan pitää tarkastusmenetelmän soveltuvuutta ao. tarkastustehtävään. Kullakin tarkastusmenetelmällä on omat ominaispiirteensä teknisten mahdollisuuksien ja rajoitusten suhteen. Tarkastusmenetelmän on sovelluttava tutkittavalle kohteelle ja ”etsittävä” virheelle. Sillä on pystyttävä saavuttamaan tapauskohtaisesti vaadittava tarkkuus virheen kokoa, laatua ja sijaintia määritettäessä.

Tarkastusmenetelmän antaman näyttämän ja virheet korrelaatiota voidaan pitää mittana, jolla arvostellaan tarkastusmenetelmän käyttökelpoisuutta. Mitä parempi tämä korrelaatio on ja mitä yksinkertaisimmin ja vähemmin työvaiheihin päästään luotettavaan ja tarkoituksenmukaiseen tulokseen, sitä parempi on menetelmällinen tarkastettavuus. Mikään tarkastusmenetelmä ei yksinään tarjoa optimaalista tarkastettavuutta eikä ole yksiselitteisen huono. Menetelmän käyttökelpoisuutta lisää sen yksinkertaisuuden lisäksi laitteiden liikuteltavuus ja riippumattomuus esim. ulkopuolisista energialähteistä. Menetelmän ”hyvyys” sisältää myös sen soveltuvuuden mekanisoituun ja automatisoituun tarkastukseen.

Tarkastuttavuuteen vaikuttaa myös menetelmän monipuolinen soveltuvuus erilaisille materiaaleille ja virheille. Tällä ominaisuudella on suuri vaikutus silloin, kun ei tiedetä millaisia virheitä tarkastettavassa kohteessa esiintyy.

Taulukkoon 3 on koottu eri tarkastusmenetelmien mahdollisuuksia ja rajoituksia. Tarkastusmenetelmän valinnan kannalta virheen sijainti ja sen kaksi- (tasomainen) tai kolmidimensionaalisuus (pallomainen) ovat virheen ”nimeä” tärkeämpiä kriteereitä. Tällöin vaihtoehtoina ovat esim. pintaan avautuva tai pinnan alla oleva halkeama- (kaksidimensionaalinen) tai huokostyyppinen (kolmedimensionaalinen) virhe. NDT- menetelmien nykyistä käyttöä ja menetelmien kehitysnäkymiä tuoteryhmittäin on tarkasteltu kuvassa 6.

Taulukko 3. NDT -menetelmien mahdollisuuksia ja rajoituksia virheiden havaittavuuden, koon määrittämisen ja tunnistuksen suhteen. Tasomainen virhe on esim. halkeama ja reunahaava, pallomainen virhe on esim. huokonen ja kuonassulkeuma.

MENETELMÄ	MAHDOLLISUUDET	RAJOITUKSET
Silmämääräinen	Viivamainen virhe, leveys ~0.05 mm (silmällä), pallomainen virhe, halkaisija ~0.1 mm (silmällä). Virheiden havaittavuus paranee optisia apuväli- neitä käyttämällä (esim. suurennuslasi, endo- skooppi, peili, taskulamppu)	Virheen on avauduttava pintaan. Pinnan puhtaus.
Tunkeumaneste	Tasomainen virhe, jonka - syvyys 0.01 - 0.02 mm - leveys 0.0002 - 0.001mm - pituus L > 1 mm (hav.tod.näk. ~100 %) L ~ 0.5 mm (hav.tod.näk. ~ 50 %) Pallomainen virhe, jonka halkaisija 0.025 mm.	Virheen on avauduttava pintaan. Soveltuu huonosti luonnostaan huokoisille aineille, esim. GRS- ja alumiinivalut. Käyttölämpötila: tavallinen +15...+50°C, erikoisaineilla +300°C saakka
Magneettijauhe	Tasomainen virhe, jonka - syvyys 0.01 mm - leveys 0.0001 - 0.002 mm - pituus L > 2 mm (hav.tod.näk. ~100 %) L ~ 1 mm (hav.tod.näk. ~50 %) Huom! magneettikenttä \perp virhe, tarkastus $\perp 90^\circ$	Magneettinen aine. Kuivamenetelmän käyttölämpötila-alue +300°C saakka, märkämenetelmän +100°C saakka. Virheen avauduttava pintaan tai sijaittava heti pinnan alla (1 - 2 mm). Vaatii usein puhdistuksen ja demagnetoinnin. Kohteen päällyste vaikuttaa tulokseen, esim. maalikalvo korkeintaan 50 μm

Radiografia (röntgen ja isotooppi)	<p>Pallomainen virhe, jonka koko on 1 - 2 % aineenpaksuudesta. Tasomainen virhe, jonka koko on 1 - 2 % aineenpaksuudesta säteilyn suunnassa. Aineenpaksuus: - röntgen ...50 mm (teräs) - isotoopit (gamma-säteily) Ir192, Co60, Ce137: teräs Co60 40...200 mm ja Ir192 10...100mm</p>	<p>Säteilyvaara - käyttörajoitukset. Tasomaisen virheen havaitseminen vaikeaa, kun virhe \perp säde. Kuvan laatu: lankaindikaattori ja mustuma.</p> <p>Puoliintumisaika.</p>
Ultraääni	<p>Virhe, jonka koko on $\sim \lambda/2$ (λ = käytetyn ultraäänien aallonpituus). Esim. taajuuden ollessa 4 MHz aallonpituus on poikkitaajuudelle 0.8 mm ja tällöin havaittava virhekoko on ~ 0.4 mm. Mahdollisuus määrittää virheen sijainti ja koko (esim. halkeaman korkeus). A-, B- ja C-kuvat.</p>	<p>Herkkä aineominaisuuksille (vaimeneminen). Rajoitettu soveltuvuus karheapintaisten, pienten ohuiden ja geometrialtaan monimutkaisten kohteiden tarkastukseen. Tasomaisen virheen havaitseminen vaikeaa, kun virhe // ääniaalto.</p>
Pyörrevirta	<p>Pintaan avautuvan virheen syvyys tai virheen etäisyys pinnasta (lähellä pintaa). Virhe \perp pyörrevirran suunta. Näyttämään vaikuttavia tekijöitä ovat mm. virheen syvyys, pituus ja suuntaisuus. Virheen koko 10-15% tunkeumasyyvyydestä / aineenpaksuudesta.</p>	<p>Sähköjohtava aine. Tunkeumasyyvyys (1/e eli 37%): 2...6 (10) mm. Sähkönjohtavuus, permeabiliteetti ja tarkastustaajuus vaikuttavat tunkeumasyyvyyteen. Herkkyyden rakenteen ja kohteen epäjatkuvuuksille, esim. ferriittipitoisuuden vaihtelu, pinnan epätasaisuus.</p>

... Taulukko 3 jatkuu

MENETELMÄ	MAHDOLLISUUDET	RAJOITUKSET
Vuotokoestus	Havaittava vuoto - vesipainekokeella $>5 \times 10^{-1}$ mbar l/s - kaasupainekokeella >1 mbar l/s - heliumtestaus	Virheen (vuodon) oltava läpiulottuva.
Akustinen emissio	Elastinen (ja plastinen) muodonmuutos. Virheen paikantaminen monipistemittaustekniikalla 5 - 10 mm tarkkuudella. On-line-mittaus.	Herkyys "taustaanille", esim. tärähdykset, kuonan halkeilu, hitsausvalokaari.
Barkhausen -kohinamittaus	Magneettisten alueiden muutokset. Jännitystilan mittaaminen, esim. hitsin jännitys- jännitykset ja päästön vaikutukset. Mittaussyvyys 0.01 - 1.5 mm.	Magneettinen aine. Herkyys "taustakohinalle", esim. mikrorakenteen, raekoon ja muokkausasteen muutokset. Tulosten tulkinta vaikeaa.
Jännite-eromittaus	Tasomaisen virheen syvyys ~ 0.1 mm tarkkuudella.	Sähköjohtava aine. Virheen avauduttava pintaan. Pinnan puhtaus. Alue kartoitettava muilla NDT-menetelmillä.

Jäljennemenetelmä	Makro- ja mikrorakenteen "kopiointi" muoviin. Esim. raerajahalkeamat ja mikrorakennemuutokset virumisen yhteydessä.	Tarkastettava alue on usein kartoitettava, esim. magneettijauhetaustuksella. Mikroskopian tarve.
Lämpikuvaus	Kohteen pinnan lämpötilaerot harmaan eri sävyinä 0.1 °C tarkkuudella tai värieroina.	"Sisätilan" analysointi vaikeaa.
Holografia	Optinen holografia: Kohteen pinnan $\lambda/2$ - $\lambda/5$ suuruinen siirros (λ =käytetyn laservalon aallonpituus). Akustinen holografia: Vika, jonka koko on $\sim\lambda/2$ (λ = käytetyn ultraäänen aallonpituus)	Herkkyys erilaisille häiriöille. Teolliset kokemukset vielä vähäisiä.
Tomografia (=kerroskuvaus)	Röntgentomografia (ns. tietokonekuvaus) Ultraäänitomografia: heijastus- ja läpäisytomografia - heijastustomografia: vian paikka, koko ja muoto - läpäisytomografia: jännitystilat, rakenne- ja tiheyserot Magneettitomografia	Herkkyys erilaisille häiriöille. Teolliset kokemukset vielä vähäisiä.

Tarkastuksen luotettavuus

- Tarkoittaa ominaisuutta löytää suurella todennäköisyydellä ne oleelliset virheet, joilla on merkitystä kohteen käytön ja turvallisuuden kannalta.
- Luotettavuus on sitä, että
 - Löydetään todelliset (oleelliset) virheet
 - Merkityksettömät virheet erotetaan todellisista virheistä
 - Virheiden sijainti, koko, määrä ja laatu pystytään yksiselitteisesti määrittämään
 - Tarkastuksen tulos on toistettavissa
- Virheiden esiintymisen todennäköisyys
- Teoriassa luotettavuuden määrittäminen on helppoa, mutta todellisissa olosuhteissa vaikeaa
 - Laboratorio- vs. todelliset olosuhteet
- Hallittujen virheiden aikaansaaminen
- Luotettavuuteen vaikuttavat tekijät:
 - Tarkastusmenetelmien mahdollisuudet ja rajoitukset
 - Kohteen tarkastettavuus
 - Henkilö- ja laitetekijät

Tarkastusmenetelmien mahdollisuudet ja rajoitukset

- Tarkastusmenetelmillä on omat ominaispiirteensä – mahdollisuudet ja rajoitukset
- Sovelluttava tutkittavalle kohteelle ja etsittäväälle virheelle
- Tarkastusmenetelmän käyttökelpoisuuden mittana näyttämän ja virheen korrelaatio
- Käyttökelpoisuutta lisää:
 - Yksinkertaisuus
 - Laitteiden liikuteltavuus
 - Riippumattomuus ulkoisista energialähteistä
- ”Hyvyys” sisältää myös soveltuvuuden mekanisoituun ja automatisoituun tarkastukseen
- Monipuolinen soveltuvuus erilaisille aineille ja virheille
- Turvallisuus otettava huomioon

Kohteen tarkastettavuus

- Kertoo miten hyvin kohde on tarkastettavissa ja millä menetelmillä
- Kaksi tekijää
 - Perusaineen tarkastettavuus
 - Rakenteellinen tarkastettavuus
- Tarkastettavuutta arvioitaessa olisi syytä vertailla useampien tarkastusmenetelmien tuloksia keskenään

Perusaineen tarkastettavuus

- NDT- tarkastus ei muuta perusaineen koostumusta, mikrorakennetta tai aineominaisuuksia, mutta näillä tekijöillä on vaikutusta kohteen tarkastettavuuteen.

Rakenteellinen tarkastettavuus

- Tarkoittaa tuotteen suunnittelua ja tarkastuskohteiden sijoittamista siten, että tarkastettavat kohteet ovat hyvin luoksepäästävässä eikä niiden muodoista, epäjatkuvuuksista yms. aiheudu ns. "valenäyttämiä", jotka voidaan tulkita virheiksi tai vioiksi.

Henkilö- ja laitetekijät

- Valitun tarkastusmenetelmän soveltuvuus kuhunkin tarkastustehtävään voidaan mitätöidä vähättelemällä henkilö- ja laitetekijöitä
- Vaikutus tarkastuksen onnistumiseen on menetelmä- ja laitekohtainen
- NDT- tarkastajalle ei riitä, että tuntee tarkastusmenetelmän, vaan on tunnettava myös kohde ja osattava jopa tehdä esityksiä mahdollisten poikkeamien korjaamiseksi
- Vaatii riittävän peruskoulutuksen, ammatilliset kurssit sekä käytännön kokemusta
- Ei riitä pelkkä virheen toteaminen, vaan pystyy määrittämään virheestä:
 - Sijainti
 - Tyyppi
 - Koko
 - Määrä
- Tunnettava NDT-menetelmän mahdollisuudet ja rajoitukset sekä seurattava tekniikan kehitystä

”Hyvä” NDT- tarkastaja:

- On puolueeton
- Tutustuu tarkastettavaan kohteeseen
- Suhtautuu työhönsä positiivisesti
- Ei etsi, vaan toteaa virheet
- Määrittää havaitsemansa virheet selvästi
- Ei arvioi kohdetta mielialan mukaan
- Auttaa ongelmien ratkaisussa
- Perustaa ”arvovaltansa” ammatilliseen osaamiseen
- Oma taipumuksia itsenäiseen työhön
- On ”yksilöurheilija”

NDT-tarkastajien koulutus

Nordtest-järjestelmä

- Siihen perustuivat 1990- ja 1990 –luvuilla (+siirtymäaika) Suomessa voimassa olevat NDT- tarkastajien koulutus- ja pätevyysvaatimukset
 - Vuodesta 1985 lähtien
- Edelleen olemassa Nordtest gen 010 -järjestelmä
- Keskittyi hitsaukseen
- Soveltamisen samankaltaisuutta eri maissa valvoi Nordtest- projektiryhmä
 - Seurantaryhmät
 - Valvontaryhmät
- Nordtest- järjestelmän mukaisia tutkintoja:
 - Radiografinen tarkastus
 - Ultraäänitarkastus
 - Tunkeumanestetarkastus
 - Magneettijauhetarkastus
 - Pyörrevirtatarkastus
 - Vuototestaus
- Tutkinnon pystyi suorittamaan kolmella eri tasolla: I-, II- ja III- taso.

NDT-tarkastajien koulutus ja pätevänti tänä päivänä

NDT -tarkastajien tulee olla pätevoitettyjä SFS-EN ISO 9712:2012 (aik. SFS EN 473:2008) mukaan.

Pohjoismainen NORDTEST (Nordtest gen 010-järjestelmä) → eurooppalainen EN 473 → kansallinen SFS-EN 473:1993/2008 → SFS-EN ISO 9712:2012

- soveltuu monelle alalle
- keskitetty koulutus ja pätevointi
- painottunut hitsaukseen

ASNT SNT-TC-1A:2006 (American Society for Nondestructive Testing)

- yritysکوhtainen: koulutus ja pätevointi yrityksissä omien tarpeiden mukaisesti
- koulutuksen sisältö, pätevoystasot, kokeet, sertifioinnit jne. lähellä toisiaan, painotuksissa eroja

- Muita järjestelmiä: esim. ANSI-CP-189
- HUOM! IWI-PÄTEVOYYS EI TARKOITA EN ISO 9712 MUKAISTA NDT-TARKASTUSPÄTEVOYTTÄ!

Pätevyystasot

- Henkilö sertifioidaan pätevydestä riippuen tasoon 1, 2 tai 3.

Taso 1

- Tasoon 1 sertifioitu henkilö on pätevä suorittamaan NDT-toimintoja kirjallisten ohjeiden mukaan, joko tason 2 tai 3 henkilön valvonnassa. Hänen on kyettävä:
 - a) asettamaan laitteisto toimintakuntoon;
 - b) suorittamaan testauksia;
 - c) kirjaamaan ja luokittelemaan tulokset annettujen vaatimusten mukaan;
 - d) raportoimaan tuloksia.
- Hän ei vastaa käytettävän testausmenetelmän tai – tekniikan valinnasta eikä testaustulosten arvioinnista tai tulkinnasta

Taso 2

- Tasoon 2 sertifioitu henkilö on pätevä suorittamaan ja johtamaan vahvistetun tai yleisesti tunnetun ohjeen mukaisia testauksia. Hänen on osattava:
 - a) valita käytettävä testaustekniikka kyseiselle NDT-menetelmälle;
 - b) määrittää kyseisen NDT-menetelmän sovelluksen rajoitukset;
 - c) ymmärtää NDT-standardeja ja eritelmiä ja tulkitsemaan niitä käytännön työohjeiksi, joita sovelletaan vallitseviin testausolosuhteisiin;
 - d) asettaa laitteisto toimintakuntoon ja kalibroimaan se;
 - e) suorittaa ja valvoa testauksia;
 - f) tulkita ja arvioida testaustuloksia sovellettavan standardin, säännösten tai eritelmän mukaan;
 - g) laatia kirjallisia työohjeita;
 - h) suorittaa ja valvoa tason 1 tehtävät;
 - i) perehdyttää ja opastaa alemmilla tasoilla olevia henkilöitä;
 - j) järjestellä ja raportoida rikkomattoman aineenkoetuksen tuloksia.

Taso 3

- Tasoon 3 sertifioitu henkilö on pätevä johtamaan hänen sertifiointialueensa piiriin kuuluvaa NDT-toimintaa. Tasoon 3 sertifioidun henkilön tulee mm. pystyä:
 - a) ottamaan täysi vastuu tarkastuslaitteista ja –henkilöstöstä;
 - b) laatimaan ja vahvistamaan noudatettaviksi testaustekniikkoja ja –ohjeita;
 - c) tulkitsemaan standardeja, säännöstöjä, eritelmiä ja ohjeita;
 - d) valitsemaan käytettävät testausmenetelmät, tekniikat ja ohjeet.
- Hänellä on oltava:
 - a) kyky arvioida ja tulkita tuloksia olemassa olevien standardien, säännöstöjen ja eritelmien puitteissa;
 - b) riittävä käytännön kokemus materiaalien käytöstä, valmistustekniikoista ja tuotantotekniikasta niin, että hän kykenee valitsemaan menetelmät ja tekniikat sekä avustamaan hyväksymisrajojen laadinnassa silloin, kun niitä ei muutoin ole saatavissa;
 - c) yleinen perehtyneisyys muihin NDT-menetelmiin;
 - d) kyky avustaa alemmalla tasoilla olevia henkilöitä.

- Hän voi tarpeen vaatiessa järjestää ja valvoa pätevyystulkintoja edellyttäen, että hänellä on riippumattoman sertifiointielimen valtuutus tähän tehtävään.
- Tason 3 henkilö ei saa olla ainoa pätevöittäjä kokelaalle, jonka hän on henkilökohtaisesti kouluttanut ko. tutkintoa varten.

Silmämääräinen tarkastus

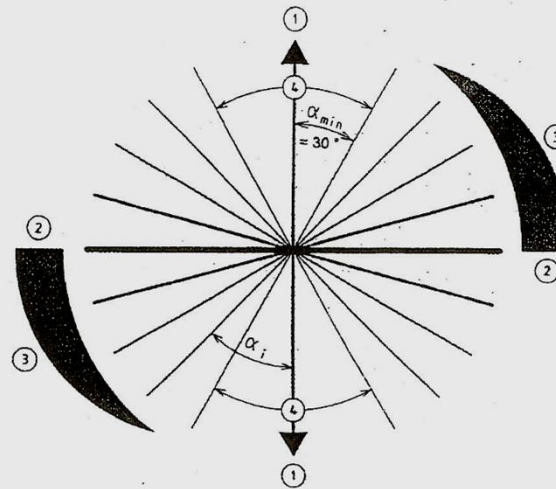
- Perustarkastusmenetelmä SFS-EN ISO 17637:2011
- Ihmissilmä pystyy havaitsemaan virheen jonka leveys on n. 0,05 mm tai jonka halkaisija on n. 0.10 mm
- Apuvälineet
- Tarkat ohjeet, vertailukappaleet sekä yksiselitteiset hyväksymis-/hylkäämisrajat, kuten muissakin NDT-menetelmissä
- Valaistusvoimakkuus pinnalla vähintään 350 lx, suositeltava 500 lx
- Tarkastusetäisyys max 600 mm, kulma vähintään 30 astetta
- Jaeger taulun nro 1 teksti (tai Times New Roman 4.5 teksti 30 cm päästä) ja Ishihara -värinäkötesti

Tunkeumanestetarkastus

- SFS-EN ISO 3452-1, yleisperiaatteet
- Pintaan asti avautuvien virheiden havaitsemiseen
- Ei-huokoisille aineille
- Kohde puhdistetaan → värillinen tai fluoresoiva tunkeumaneste levitetään → neste tunkeutuu virheisiin → ylimääräinen neste pois ja pinnalle kehite → kehitteeseen imeytyy näyttämä
- Ei voida luotettavasti käyttää virheen koon arvioimiseen
- Herkkä epäpuhtauksille ja pinnanlaaduille

Magneettijauhetarkastus

- SFS-EN ISO 17638, erilaiset tekniikat ferromagneettisissa hitseissä ja muutosvyöhykkeillä
- Soveltuu ferromagneettisten aineiden pintaa asti avoimien tai pinnan läheisyydessä olevien virheiden havaitsemiseen
- Perustuu epäjatkuvuuskohtien synnyttämien magneettisten vuotokenttien toteamiseen
- Suoritettava kahdessa toisiaan vastaan kohtisuorassa suunnassa
- Tunkeumanestetarkastuksen ohella silmämääräisen tarkastuksen erikoissovellus
- Joko värillinen tai fluoresoiva menetelmä
- Ei luotettava virheen leveyden määrittämiseen
- Herkkyys ja luotettavuus alenee virhekoon kasvaessa ja etäisyyden pinnasta kasvaessa
- Herkkyys riippuu kohteen pinnanlaadusta sekä mahdollisesta päällysteestä ja sen paksuudesta
- Curie-lämpötila asettaa fysikaalisen rajan magneettijauhetarkastukselle



- 1) Magneettikentän suunta
- 2) Optimaalinen herkkyys
- 3) Vähenevä herkkyys
- 4) Riittämätön herkkyys

α magneettikentän ja hitsausvirheen suunnan välinen kulma

α_{min} hitsausvirheen havaitsemiseen tarvittava vähimmäiskulma

α_i esimerkki hitsausvirheen suunnasta.

Kuva 1 Havaittavien hitsausvirheiden suunnat

Hitsit magnetoidaan kahdessa suurinpiirtein kohtisuorassa suunnassa, joista voidaan poiketa korkeintaan 30° , jotta varmistetaan, että hitsausvirheet havaitaan kaikissa suunnissa. Magnetointi voidaan suorittaa yhdellä tai useammalla tekniikalla.

Pelkästään yhdessä suunnassa suoritettavasta tarkastuksesta sovitaan sopimusosapuolten kesken.

Kun käytetään iestä tai kohtioita, muodostuu tarkastuskohteessa kummankin navan tai kohtion ympärille alue, jota ei voida tarkastaa liian suuren kenttävoimakkuuden takia. Tämä näkyy usein tarkastusaineen epämääräisestä liikehdinnästä.

Huolehditaan tarkastusalueiden riittävästä päällekkäisyydestä kuten kuvissa 2 ja 3 esitetään.

- 1) Magnetic field direction
- 2) Optimum sensitivity
- 3) Reducing sensitivity
- 4) Insufficient sensitivity

α angle between the magnetic field and the direction of the imperfection

α_{min} minimum angle for imperfection detection

α_i an example of imperfection orientation.

Figure 1 Directions of detectable imperfections

To ensure detection of imperfections in all orientations, the welds shall be magnetized in two directions approximately perpendicular to each other with a maximum deviation of 30° . This can be achieved using one or more magnetization methods.

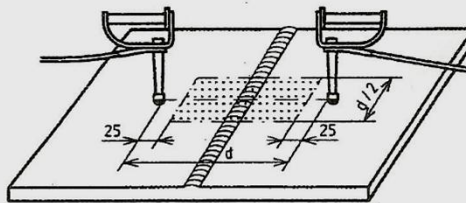
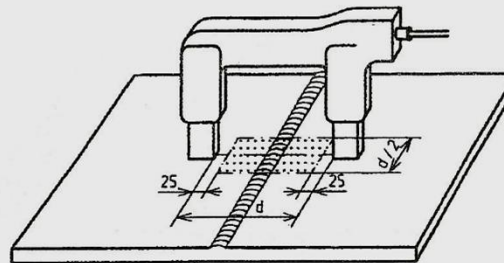
Examination in only one field direction shall be by agreement between the contracting parties.

When examination incorporates the use of yokes or prods, there will be an area of the component, in the vicinity of each pole piece or tip that will be impossible to examine due to excessive magnetic field strength, usually shown by furring of particles.

Care shall be taken to ensure adequate overlap of the examination areas as shown in figures 2 and 3.

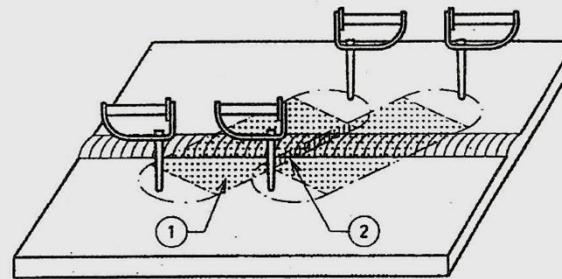
Mitat millimetreinä

Dimensions in millimetres



Kuva 2 Ies- tai kohtiomagnetoinnin tehollisen tarkastusalueen (varjostettu) esimerkkejä

Figure 2 Examples of effective examination area (shaded) for magnetizing with yokes and prods



1 Tehollinen alue
2 Päällekkäisyys

Kuva 3 Tehollisten alueiden päällekkäisyys

1 Effective area
2 Overlap

Figure 3 Overlap of effective areas

5.5.2 Tyypilliset tarkastustekniikat

Magneettijauh tarkastustekniikoiden soveltaminen tavanomaisille liitosmuodoille esitetään taulukoissa 1, 2 ja 3. Arvot ovat vain ohjearvoja. Jos on mahdollista, tulisi käyttää vastaavia magnetointisuuntia ja alueiden päällekkäisyyttä myös muille liitosmuodoille. Materiaalin pintaa pitkin lasketun napaetäisyyden (d) tulee olla suurempi tai yhtäsuuri kuin hitsin leveys ja muutosvyöhyke lisättyinä 50 mm:llä. Kaikissa tapauksissa hitsi ja muutosvyöhyke si-

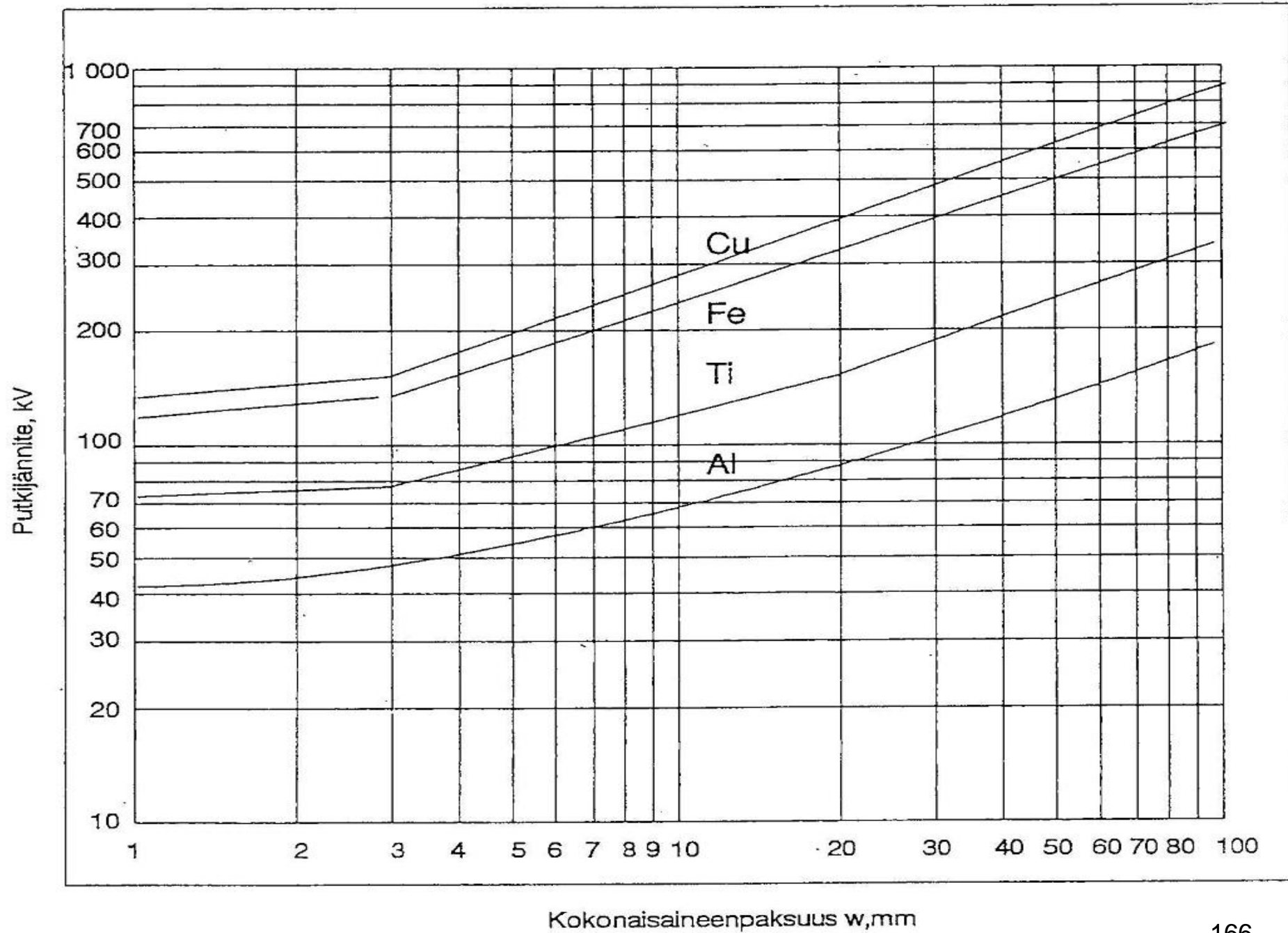
5.5.2 Typical magnetic examination techniques

Application of magnetic particle examination techniques to common weld joint configurations are shown in tables 1, 2 and 3. Values are given for guidance purposes only. Where possible the same directions of magnetization, and field overlaps, should be used for other weld geometries to be tested. The dimension, d , the flux current path in the material shall be greater or equal to the width of the weld and the heat affected zone + 50 mm and in all cases the

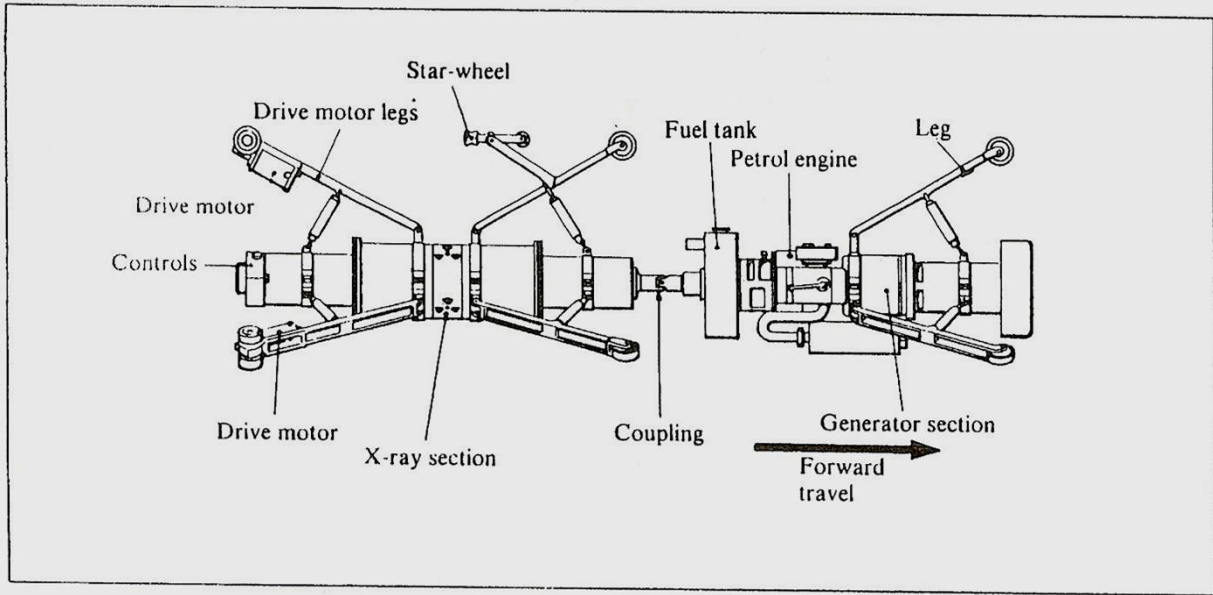
Radiografinen tarkastus

- SFS-EN ISO 17636:2013 Hitsausliitosten radiografinen kuvaus
- Ionisoivalla säteilyllä
 - Mitataan kohteen läpäisseen säteilyn voimakkuus
 - Aineen eheyden arviointi tummuuserojen perusteella
- Radiografisia tarkastusmenetelmiä
 - Röntgenkuvaus
 - Gammakuvaus
 - Kiihdytinkuvaus
- Havaitaan hyvin kolmiulotteiset virheet
- Tasomaisten virheiden havaitseminen vaikeaa
- Perustuu aineenpaksuus- ja tiheyseroihin
- Erotuskyky (kuvanlaatu) riippuu useasta tekijästä

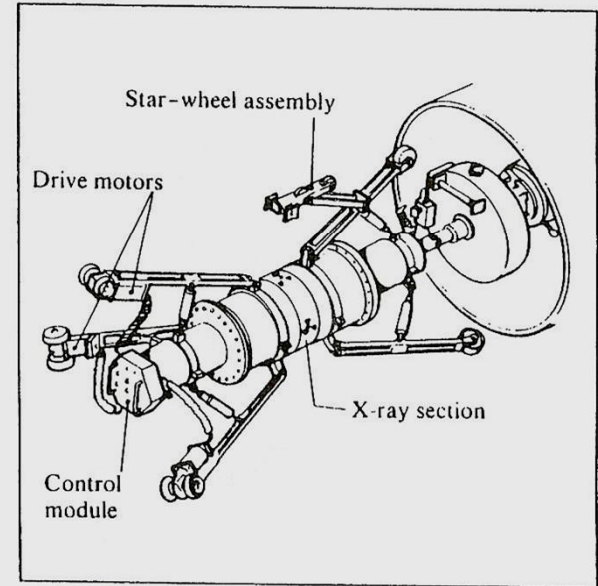
- Röntgenkuvauksen herkkyys normaalitarkastuksessa terästä tarkastettaessa on 10...50 mm aineenpaksuuksilla 2...3 %
- Käyttökelpoinen sisävirheiden tarkastusmenetelmä
 - Ainoa luotettava vaihtoehto teräksillä, kun aineenpaksuus < 5 mm
- Kun teräksen aineenpaksuus > 50 mm, käytettävä isotooppeja ja kiihdyttimiä
- Radiografia on luotettava menetelmä riippumatta aineesta paitsi, jos säteilyn absorptio ja sironta ovat erityisen voimakkaita



Kuva 3.7 Suurin sallittu putkijännite röntgenkuvauksessa aineenpaksuuden funktiona (SFS 3207)

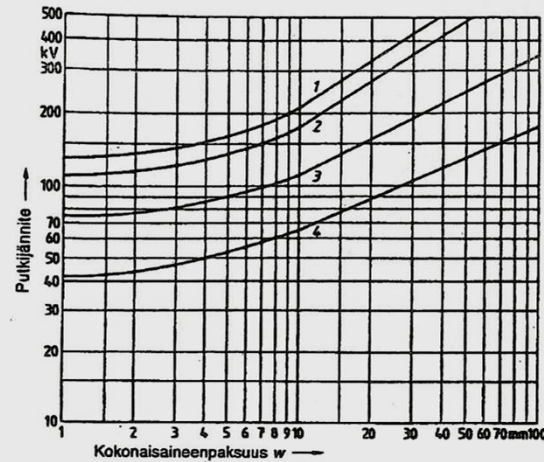


General layout of petrol driven crawler



Method of inserting crawler in a pipeline

Note: with this type of crawler the generator unit is inserted in the pipe first — and becomes the front end.



- 1 Kupari/Nikkeli ja niiden seokset
2 Teräs
3 Titaani ja titaaniseokset
4 Alumiini ja alumiiniseokset

Kuva 20 Röntgenlaitteen (≤ 500 kV) suurin sallittu putkijännite kokonaisaineenpaksuuden ja materiaalin funktiona

Tietyissä sovellutuksissa, kun tarkastuskohteessa on suuria aineenpaksuuseroja, voidaan käyttää hieman suurempia putkijännitteitä, mutta tällöin on huomattava, että erityisen korkea putkijännite johtaa virheen toteamisherkyyden pienemiseen. Teräksellä arvoja saa ylittää enintään 50 kV, titaanilla enintään 40 kV ja alumiinilla enintään 30 kV.

6.2.2 Muut säteilylähteet

Gammasäteilylähteiden ja kiihdyttimien ≥ 1 MeV sallitut kokonaisaineenpaksuusalueet annetaan taulukossa 1.

Osapuolten sopiessa, voidaan säteilylähteen Ir 192 arvoa edelleen alentaa arvoon 10 mm ja Se 75 arvoon 5 mm.

Taulukko 1 Gammasäteilylähteiden ja kiihdyttimien ≥ 1 MeV kokonaisaineenpaksuusalueet teräkselle, kuparille ja nikkelipi-toisille seoksille

Säteilylähde	Kokonaisaineenpaksuus, w, mm	
	Tarkastustaso A	Tarkastustaso B
Tm 170	$w \leq 5$	$w \leq 5$
Yb 169 ¹⁾	$1 \leq w \leq 15$	$2 \leq w \leq 12$
Se 75 ²⁾	$10 \leq w \leq 40$	$14 \leq w \leq 40$
Ir 192	$20 \leq w \leq 100$	$20 \leq w \leq 90$
Co 60	$40 \leq w \leq 200$	$60 \leq w \leq 150$
Kiihdyttimet 1 MeV ... 4 MeV	$30 \leq w \leq 200$	$50 \leq w \leq 180$
Kiihdyttimet > 4 MeV ... 12 MeV	$w \geq 50$	$w \geq 80$
Kiihdyttimet > 12 MeV	$w \geq 80$	$w \geq 100$

¹⁾ Alumiinille ja titaanille kokonaisaineenpaksuus on $10 < w < 70$ tarkastustasolle A ja $25 < w < 55$ tarkastustasolle B.
²⁾ Alumiinille ja titaanille kokonaisaineenpaksuus on $35 \leq w \leq 120$ tarkastustasolle A.

Ohuilla teräskappaleilla ei Se 75, Ir 192 ja Co 60 gammasäteilyllä saada aikaan virheen toteamisherkyydeltään yhtä hyviä kuvia, kuin käyttämällä röntgensäteilyä sopivilla kuvausarvoilla. Kuitenkin gammasäteilylähteiden käsittely- ja luoksepäästävyyseduista johtuen, taulukossa 1 annetaan kullekin gammasäteilylähteelle aineenpaksuusalueet, jossa niitä voidaan käyttää, kun kuvaus röntgenkoneella on vaikeata.

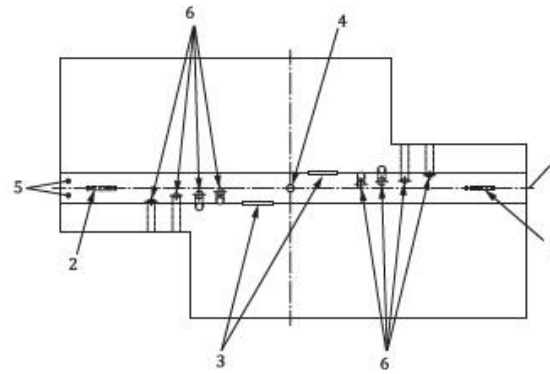
Joissakin sovellutuksissa laajempia seinämnpaksuusalueita voidaan sallia, jos riittävä kuvan laatu voidaan saavuttaa.

Gammasäteilyä käytettäessä, ei säteilylähteen siirtoaika saa ylittää 10 % koko valotusajasta.

Ultraäänitarkastus

- SFS-EN ISO 17640: Ultraäänitarkastus. Tekniikat, tarkastustasot ja arviointi.
- 10863 (TOFD-tekniikka, 19285 (PAUT-tekniikka), 22825 (austeniittiset teräkset)
- Käyttökohteet
 - Epäjatkuvuudet, kappaleen mitat (paksuus)
- Perustuu äänisäteiden heijastumiseen epäjatkuvuuksista tai takaseinästä
- Taajuus 0,5...25 MHz, tavallisesti 2...5 MHz
 - Suurempi taajuus → tunkeutumiskyky pienenee ja pienien virheiden havaitseminen paranee
- Yleisin menetelmä on kaikumenetelmä ja A-kuvaus

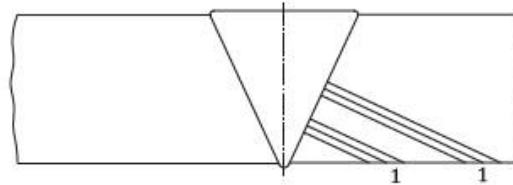
- Etuja
 - Havaitsee hyvin halkeamatyyppiset virheet
 - Virheen sijainnin määrittäminen
 - Virheen korkeuden määrittäminen
 - Hyvä tunkeutumiskyky
 - Ei terveydellisiä vaaroja
- Haittoja
 - Tiettyjä rajoitteita tarkastettavien kappaleiden pinnanlaadun ja geometrian vuoksi
 - Herkkyys aineominaisuuksille, esim. äänen vaimeneminen, esim. Austeniittisten ja nikkeli-pohjaisten hitsien tarkastus SFS-EN ISO 22825:2017
 - Toistettavuus
 - Vaatii korkeaa ammattitaitoa



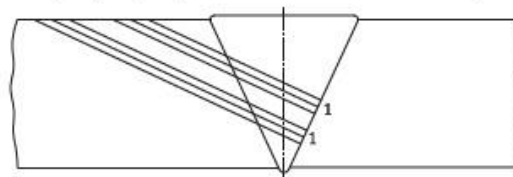
Selite

- 1 hitsin keskilinja
- 2 uran sisäpuoli
- 3 uran ulkopuoli
- 4 reikä
- 5 hitsi
- 6 levyheijastaja

Kuva C.2 Vertailukappale sisältäen hitsin, jossa on levyheijastajia ja uria



a) Levyheijastajat suoraan luotaukseen hitsin läpi



b) Levyheijastajat luotaukseen hyppäystekniikalla

Selite

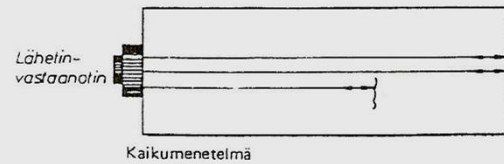
- 1 levyheijastaja

Kuva C.3 Esimerkki levyheijastajista vertailukappaleessa

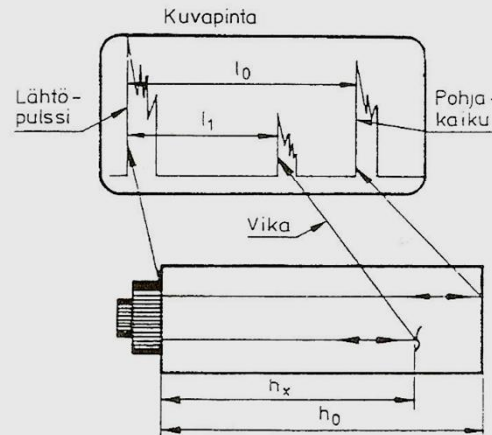
ULTRAÄÄNITARKASTUS

ULTRAÄÄNITARKASTUS ON KAPPALEEN SISÄISEN EHEYDEN TARKASTAMISEEN JA AI NEENPAKSUUDEN MITTAAMISEEN SOVELTUVA MENETELMÄ.

ULTRAÄÄNI ON VÄRÄHTELYÄ, JONKA TAAJUUS YLITTÄÄ IHMISKORVAN KUULOALUEI (NS. YLIÄÄNI). ÄÄNI AIKAANSAADAAN, LÄHETETÄÄN JA VASTAANOTETAAN TAVAI LISIMMIN PIETSOSÄHKÖISEEN ILMIOÖN PERUSTUVILLA LUOTAIMILLA ELI ÄÄNI- PÄILLÄ.



YLEISIMMIN KÄYTETTY MENETELMÄ ON KAIKUMENETELMÄ, JOLLOIN SAMA LUOTAIN TOIMII SEKÄ LÄHETTIMENÄ ETTÄ VASTAANOTTIMENA. TÄLLÖIN TARKASTU VOIDAAN SUORITTA KAPPALEEN YHDELTÄ PUOLELTA. MUITA MENETELMIÄ OVA LÄPÄISY- JA RESONANSSIMENETELMÄT.

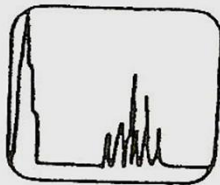


KAIKUMENETELMÄLLÄ SAATAVA ULTRAÄÄNILAITTEEN NÄYTTÄMÄ ON NS. A-KUVAUS. SIINÄ NÄKYVÄ LÄHTÖ- JA POHJAKAIUT SEKÄ MAHDOLLINEN VIRHEKAIKU

Ultraäänilaitteen näyttämä kuvaputkella pohja- ja vikakaikuineen.

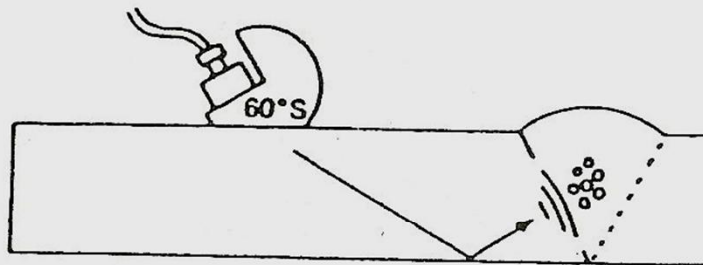
ULTRAÄÄNITARKASTUKSEN ETUJA JA HAITTOJA OVAT:

- MAHDOLLISUUS HAVAITA HYVIN HALKEAMATYYPPISET VIRHEET
- MAHDOLLISUUS MÄÄRITTÄÄ VIRHEEN SIJAINTI JA KOKO
- HYVÄ TUNKEUTUMISKYKY
- EI TERVEYDELLISIÄ HAITTOJA
- RAJOITETTU SOVELTUVUUS KARKEAPINTAISTEN, PIENTEN, OHUIDEN JA GEOMETRIALTAAN MONIMUTKAISTEN KAPPALEIDE TARKASTUKSEEN
- HERKKYYS AINEOMINAISUUKSILLE (VAIMENEMINEN)
- TOISTETTAVUUS EPÄVARMAA
- ASETTAA SUURIA VAATIMUKSIA TARKASTAJALLE JA TARKASTUKSEN SUUNNITTELIJALLE



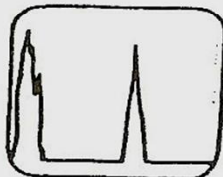
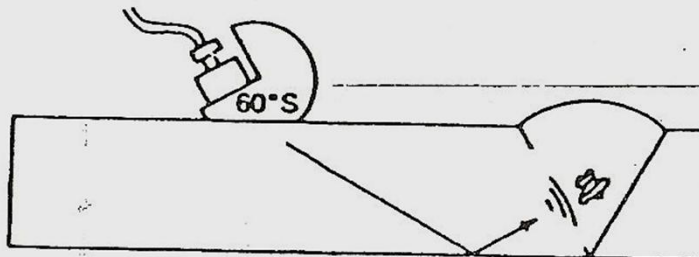
1. Porosity.

Characterized by a group of low-amplitude echoes. Amplitudes change smoothly as probe is shifted.



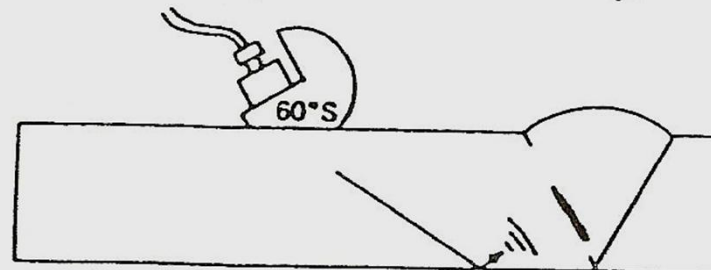
2. Inclusion.

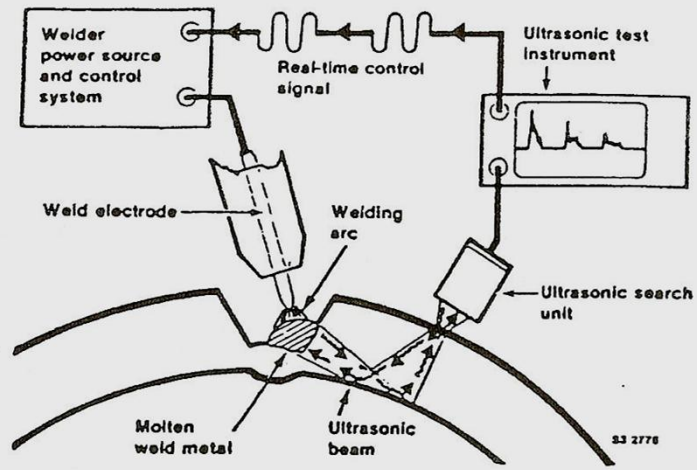
Multitude of reflective surfaces gives broad echo envelope. As probe is shifted, individual points of the signal "sparkle" or change amplitude suddenly.



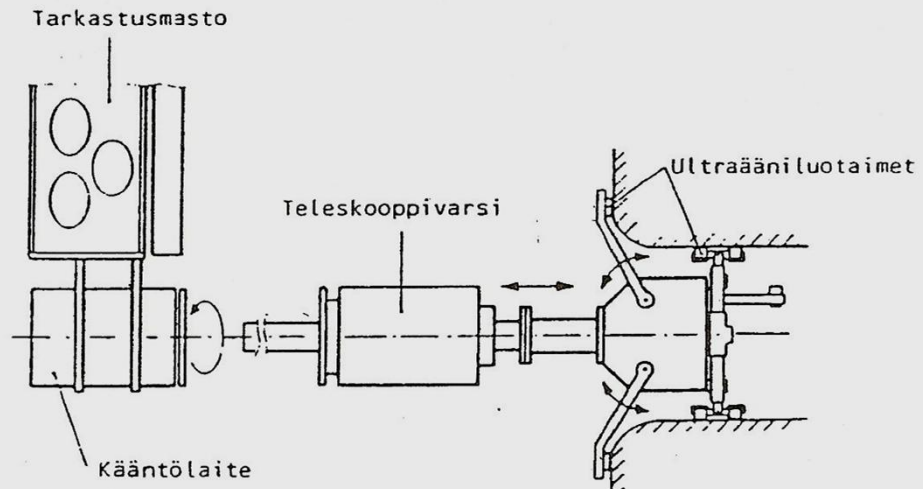
3. Lack of Fusion, or other flat, relatively smooth flaw.

Characterized by a steep, narrow echo which peaks markedly when the sound strikes at 90° to the flaw surface and falls off rapidly as the probe is shifted radially.

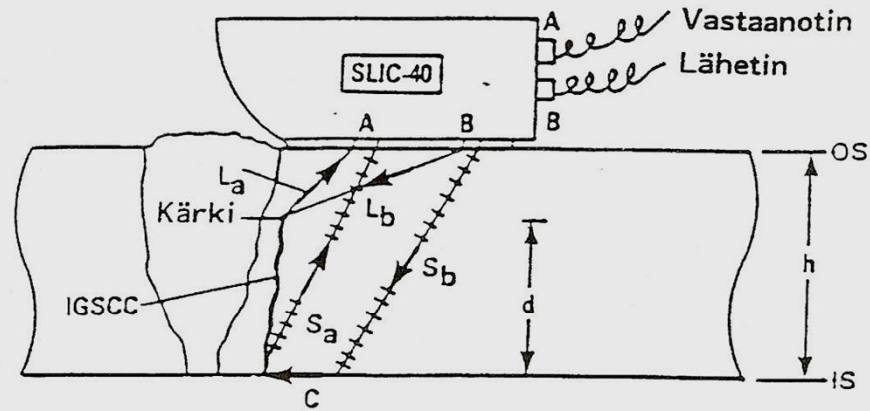




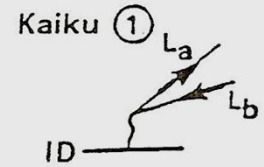
Kuva 1. Ultraäänitarkastuksen käyttöä automaattisessa hitsausjärjestelmässä tarkkailemassa sulan muotoa eli tunkeuman syvyyttä /2/.



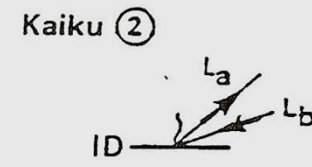
Kuva 1. Reaktoripaineastian yhteiden ultraäänitarkastuspää



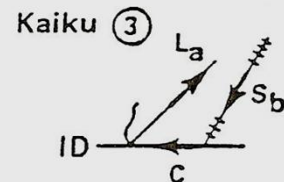
a)



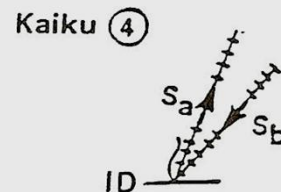
Kärkikaiku, pitkittäisaalto



Kulmakaiku, pitkittäisaalto



Kulmakaiku, aaltomuodonmuutos



Kulmakaiku, poikittäisaalto

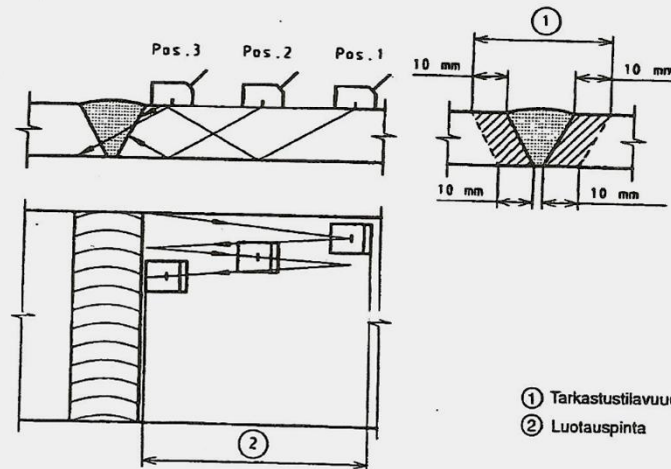
b)

Kuva 19.2.9. a) SLIC-40-luotain jännityskorroosiohalkeaman määrittämisessä.
b) Halkeamasta tulevat kaiut 1 - 4 /14, s. 40/.

8 Luotauspintojen valmistelu

Luotauspintojen on oltava niin laajoja, että luotaus kattaa tarkastustilavuuden kokonaisuudessaan (ks. kuva 1). Jos vastaava kattavuus saavutetaan tarkastamalla hitsin ylä- ja alapuolta, voi luotauspinta olla kapeampi.

Luotauspintojen on oltava tasaiset eikä niillä saa olla epäpuhtauksia, jotka saattavat estää luotaimen kytkennän (esimerkiksi lovia, uria, ruostetta, valssaushilsettä, hitsausroiskeita). Pinnan epätasaisuus ei saa aiheuttaa 0,5 mm suurempaa rakoja luotaimen ja pinnan väliin. Tarvittaessa pinnat hiotaan tasaisiksi. Paikalliset poikkeamat pintoissa, esimerkiksi hitsin reunassa, jotka johtavat korkeintaan 1 mm suuruiseen rakoön, voidaan sallia ainoastaan, jos hitsi tarkastetaan poikkeaman puolelta vähintään yhdellä lisäluotauksella. Tämä lisäluotaus tarvitaan vain puutteellinen kattavuus, jonka kytkennän vuoksi aiheuttaa.



Kuva 1 Esimerkki tarkastustilavuudesta etsittäessä pitkäisiä virheitä

Laitteen säätäminen

1 Yleistä

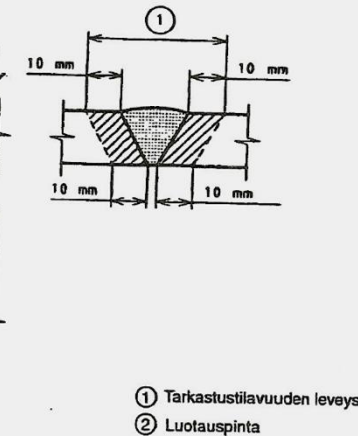
Ennen etäisyysasteikko ja vahvistus säädetään ennen tarkastusta tämän standardin ja EN 583-2 mukaisesti. Säädot tarkistetaan vähintään neljän tunnin välein tarkastuksen lopuksi. Tarkistus tehdään myös vaihdettaessa jotain laitteiston osaa tai asetusta kun epäillään töksä lähteen toiminnassa.

Virheitä arvioitaessa, on suurin sallittu rako 0,5 mm. Riittävä pinnankarheus R_a sekä luotaus- että heijastuspinnaksi on yleensä koneistetuille pinnoille enintään $6,3 \mu\text{m}$ ja hiekkapuhalletuille pinnoille enintään $12,5 \mu\text{m}$.

9 Perusaineen tarkastus

Perusaine tarkastetaan normaaliuotaimella luotauspinnalta joko ennen hitsausta tai hitsauksen jälkeen. Perusainetta ei tarvitse tarkastaa, jos voidaan osoittaa (esimerkiksi aikaisemmat tarkastukset valmistuksen aikana), ettei perusaineen virheillä tai vaimennuksella ole vaikutusta hitsin tarkastamiseen kulmaluotaimilla.

Havaittujen poikkeavuuksien vaikutus kulmaluotaukseen arvioidaan ja tarkastustekniikka muutetaan tarpeen mukaan. Jos poikkeavuudet olennaisesti estävät ultraäänitarkastuksen, on muiden tarkastusmenetelmien (esimerkiksi radiografinen kuvaus) käyttöä harkittava.



① Tarkastustilavuuden leveys
② Luotauspinta

Havaittaessa poikkeamia toimitaan taulukon 2 esittämällä tavalla.

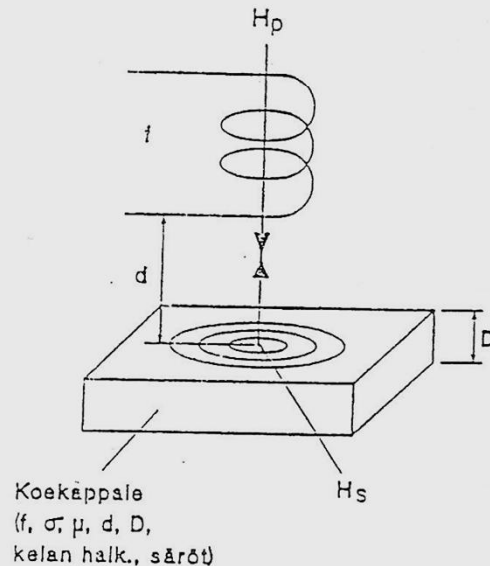
Pyörrevirtatarkastus

- SFS-EN ISO 9712 Pätevöintikoulutus
- Perustuu sähkömagneettiseen induktioon
 - Vaihtovirta
 - Pyörrevirrat
 - Sekundäärinen sähkömagneettinen kenttä
- Tunkeumasyyvyys, johon vaikuttavat:
 - Sähkönjohtavuus
 - Permeabiliteetti
 - Tarkastustaajuus
- Tunkeumasyyvyys sitä suurempi, mitä matalampi taajuus
 - Ferromagneettisilla aineilla matalat taajuudet

PYÖRREVIRTATARKASTUS

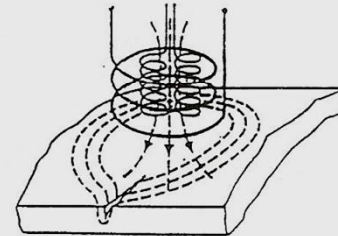
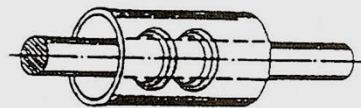
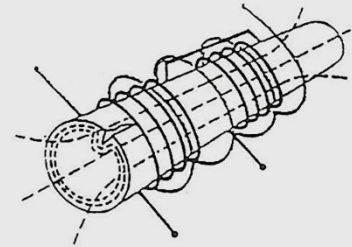
PYÖRREVIRTATARKASTUS PERUSTUU SÄHKÖMAGNEETTISEEN INDUKTIOON. TARKASTETTAVAN, SÄHKÖÄJOHTAVAN KAPPALEEN LÄHEISYYTEEN TUODAAN TARKASTUSKELA JOSSA KULKEE KORKEATAAJIUNEN VAIHTOVIRTA ($f = 1 \text{ kHz} - 100 \text{ MHz}$). TARKASTUSKELAN YMPÄRILLE SYNTYY VAIHTOVIRRAN ANSIOSTA VAIHTELEVA MAGNEETTIKENTTÄ, JOKA SYNNYTTÄÄ KAPPALEESEEN PYÖRREVIRTOJA. PYÖRREVIRrat PUOLESTAAN SYNNYTTÄVÄT SEKUNDÄÄRISEN MAGNEETTIKENTÄN, JONKA MUUTOKSET VOIDAAN HAVAITA TARKASTUSKELASSA.

PYÖRREVIRTA



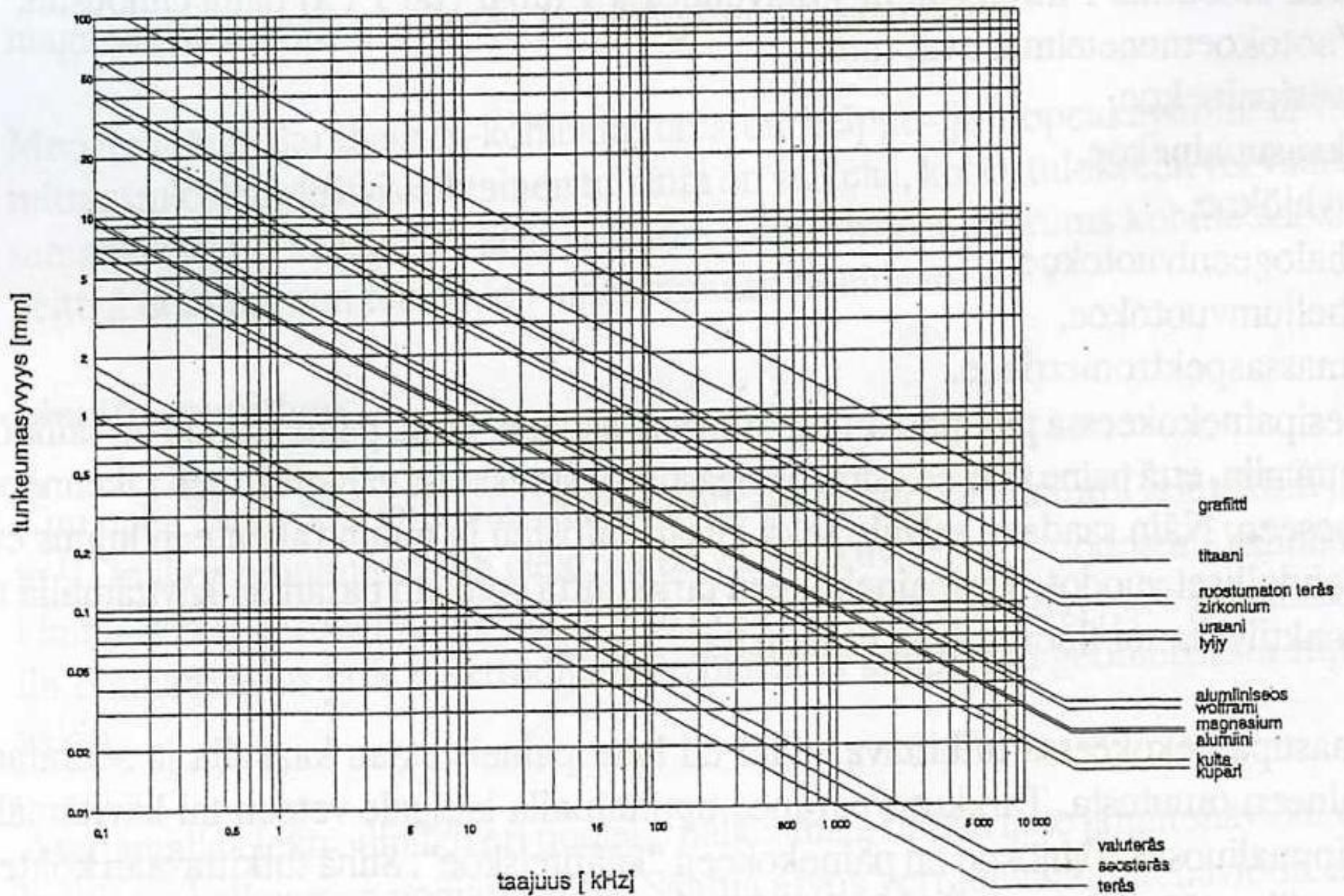
Koekappale
($f, \sigma, \mu, d, D,$
kelan halk., säätö)

TARKASTETTAVAAN KAPPALEESEEN INDU-SOITUNEET PYÖRREVIRrat MUODOSTAVAT SIIS SEKUNDÄÄRISEN KENTÄN, JOKA VASTUSTAA HEIKENTÄEN PRIMÄÄRIKENTTÄÄ VOIMAKKUUDELLA, JOKA RIIPPUU TARKASTETTAVAN KAPPALEEN SÄHKÖNJOHTAVUUDESTA, KOOSTA, TARKASTUSLAAJUUDESTA JA MAHDOLLISISTA VIRHEISTÄ.

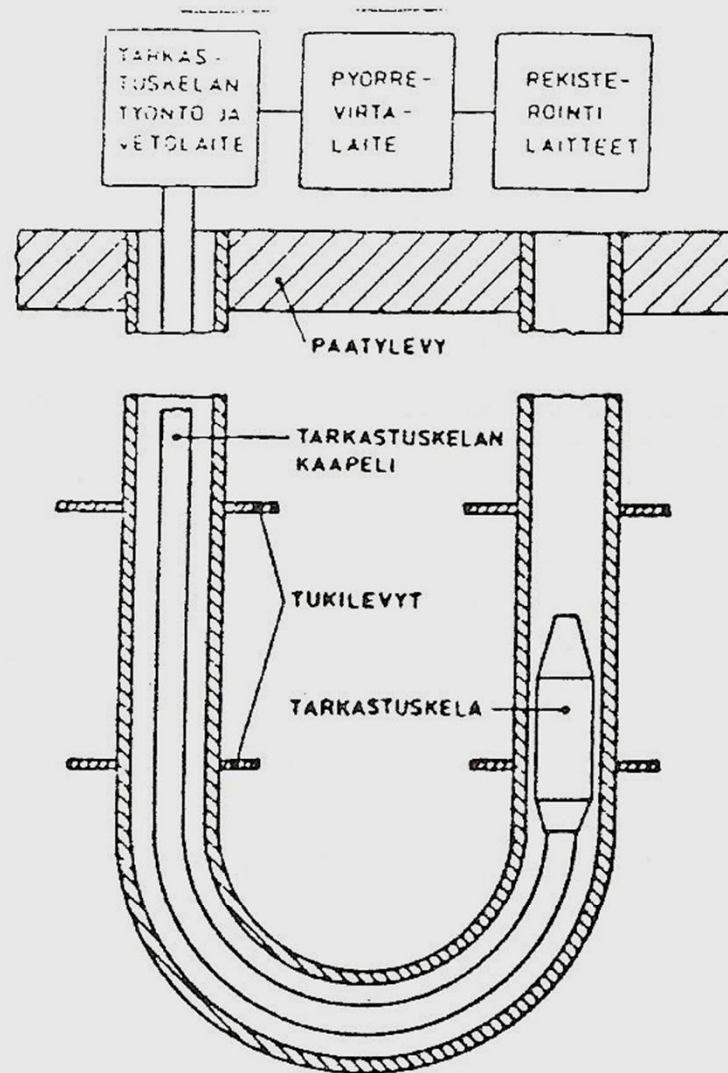


PYÖRREVIRTATARKASTUS SOVELTUU PINTAAN AVAUTUVIEN JA LÄHELLÄ PINTAA OLEVIERIEN VIRHEIDEN HAVAITSEMISEEN. SYVYYTTÄ, JOSSA PYÖRREVIRTOJEN TIHEYS ON VÄHENTYNYT ARVOON $1/e$ KERTAA NIIDEN TIHEYS KAPPALEEN PINNALLA (n. 37%), KUTSUTAAN TUNKEUMASYVYYDEKSI. TUNKEUMASYVYYS ON MATERIAALIKOHTAINEN (SÄHKÖNJOHTAVUUS JA PERMEABILITEETTI) JA RIIPPUU TARKASTUSTAAJUudesta. KÄYTTÖMETALLEILLA TUNKEUMASYVYYS ON 0,5 - 10 MM.

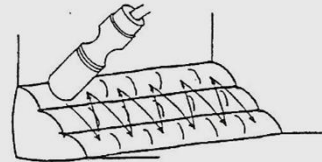
PYÖRREVIRTATARKASTUS ON HELPOSTI AUTOMATISOITAVISSA JA SE ON NOPEA MENETELMÄ. SITÄ KÄYTETÄÄN ERITYISESTI SUURTEN VALMISTUSLINJOJEN (MM. PUTKENVALMISTUS) TARKASTUSMENETELMÄNÄ.



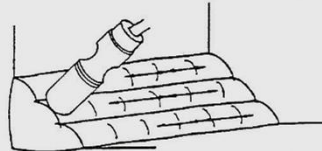
Kuva 3.10 Pyörrevirtojen tunkeumasyyvyys taajuuden funktiona eri materiaaleissa.



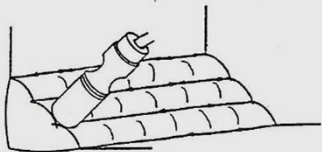
Kuva 3. Lämmönvaihtimen putkien tarkastuksessa käytetty laitteisto
(pyörrevirtatarkk.)



a)

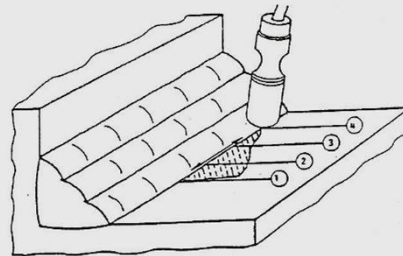


b)

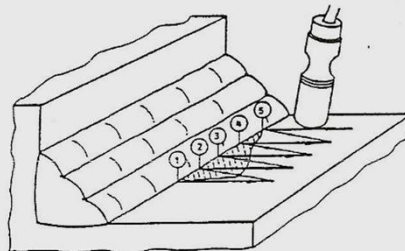


c)

Kuva 6. Hitsipalon tarkastus /4/.



Kuva 7. Palon ja perusaineen reunaviivan tarkastus /4/.



Kuva 8. Lämpövaikutusvyöhykkeen tarkastus /4/.

Muut tarkastusmenetelmät

Vuotokoe

- Yksikköinä mbar 1/s tai Pa m³/s
- Vuotokoemenetelmiä
 - Vesipainekoe
 - Kaasupainekoe
 - Tyhjiökoe
 - Halogeenivuotokoe
 - Heliumvuotokoe
- Paikannetaan mahdollisia vuotoja ja määritetään niiden suuruuksia
 - Ydinvoimalaitokset
 - Avaruusteollisuus
 - Kemian teollisuus
 - Kaasu- ja lämpöverkostoissa jne.
 - Massaspektrometrikoe

DI Pekka Saariaho
Polartest Oy

VUOTOTESTAUS

JOHDANTO

Voimalaitosten ja prosessiteollisuudet komponenteissa esiintyvät vuodot aiheuttavat tuotantokeskeytysten ja muitten rahallisten menetysten lisäksi vaaran ympäristölle ja ihmisille. NDT-menetelmillä pyritään nämä onnettomuudet estämään etukäteen. Vaurioita kuitenkin sattuu silloin tällöin ja kohteesta sekä vuodon suuruudesta riippuen ne voidaan havaita joko päivälehtien sivuilta tai pelkästään erilaisten mittareiden ja anturien lukemista.

Oma NDT-alueensa on vuototestaukset, joita käytetään sekä syntyneiden vuotojen paikantamiseen että komponentin tiiveyden toteuttamiseen ennen käyttöä tai käytön jälkeen. Alla olevassa taulukossa on esitetty erilaisia vuotomääriä ja esimerkkejä kohteista, joissa vaaditaan kyseistä tiiveyttä. Kuten taulukosta ilmenee skaala on hyvin laaja. Mikään yksittäinen menetelmä ei pysty luotettavasti toimimaan koko alueella ja sen vuoksi erilaisia testaustekniikoita on hyvin runsaasti. Usein vuototarkastukset on lisäksi tehtävä kahdella tai useammalla tekniikalla, jotta päästään haluttuun varmuuteen kohteen tiiveydestä.

VUOTOJEN SUURUUSLUOKAT	KOhteET (kaasutiiveys)
1 std cm ³ /s ≈ 1 ml / s	Jauhosäiliöt
2·10 ⁻² std cm ³ /s ≈ 1 ml / min	Säiliöauto (öljy)
3·10 ⁻⁴ std cm ³ /s ≈ 1 ml / tunti	Varastosäiliö (bensa)
1·10 ⁻⁵ std cm ³ /s ≈ 1 ml / vuorokausi	Kaasuputkisto
2·10 ⁻⁶ std cm ³ /s ≈ 1 ml / viikko	LNG-tankkeri, YVL-komponentit
4·10 ⁻⁷ std cm ³ /s ≈ 1 ml / kuukausi	Varastosäiliö (LNG)
3·10 ⁻⁸ std cm ³ /s ≈ 1 ml / vuosi	Varastosäiliö (ammoniakki)
1·10 ⁻⁹ std cm ³ /s ≈ 1 ml / 30 vuotta	ASME/vaatus He-laitteelle
1·10 ⁻¹¹ std cm ³ /s ≈ 1 ml / 3000 vuotta	Sydämentahdistin, pintafysiikka
$1 \text{ std cm}^3/\text{s} = 1 \text{ atm cm}^3/\text{s} = 1 \text{ mbar l/s} = 0.76 \text{ torr-l/s}$ $1 \text{ std cm}^3/\text{s} = 0.10 \text{ Pa m}^3/\text{s}$ (SI-yksikkö) $1 \text{ std cm}^3/\text{s} = 4.46 \cdot 10^{-5} \text{ mol/s} = 3 \cdot 10^{19} \text{ molekyyliä/s}$	

VUODONETSINTÄMENETELMÄT

Seuraavassa taulukossa on lueteltu yleisimmät vuototestauksissa käytettävät menetelmät ja niillä havaittavien vuotojen suuruusluokat. Eri menetelmiä käytetään usein yhtäaikaan, jolloin paitsi parannetaan testauksen luotettavuutta niin myös nopeutetaan mahdollisten vuotojen paikannusta. Esimerkiksi kaasupainekoe voidaan suorittaa ilman ja heliumin seoksella.

MENETELMÄ	Kohde paineistettu [std cm ³ /s]	Kohteessa alipaine [std cm ³ /s]
Ihmisen aistit	1	1
Akustiset anturit	10 ⁻²	10 ⁻²
Savupommit	10 ⁻²	-
Tunkeumanesteet	10 ⁻²	-
Painekokeet	10 ⁻²	-
Paineen muutos	10 ⁻³	10 ⁻³
Saippuakuplat	10 ⁻³	-
Kemialliset reaktiot	10 ⁻⁴	-
Kuplatestaus erikoiskalvolla	10 ⁻⁵	10 ⁻⁵
Kuplatestaus upottamalla	10 ⁻⁵	-
Heliumtestaus nuuskijalla	10 ⁻⁷	-
Heliumtestaus tyhjöllä	-	10 ⁻¹⁰
Radioaktiiviset merkkiaineet	10 ⁻¹³	10 ⁻¹³

Ennen vuototestauksen aloittamista koestus on suunniteltava huolella ottaen huomioon kohteen materiaalit, tiivisteiden ja venttiileiden tyypit ja painekestot sekä vaadittavan tiiveyden. Mitä pienempiä vuotoja halutaan etsiä sitä tärkeämpää on kohteen huolellinen puhdistus. Lisäksi veden kanssa tekemisissä olleet komponentit on kuivattava ennen kaasukoestuksia, koska muuten vesi estää kaasun vuotamisen varsinkin käyttöolosuhteita pienemmällä testauspainella. Kuivaus on tehokkainta kuumailmapuhalluksella mahdollisimman suurella ylipaineella.

Vuodonetsintä alkaa aina ylhäältä alaspäin eli ensin etsitään karkeilla menetelmillä suuret vuodot. Ne korjataan ja sen jälkeen siirytään tarkempiin menetelmiin, kunnes voidaan varmistua vaaditusta tiiveydestä.

Akustinen emissio

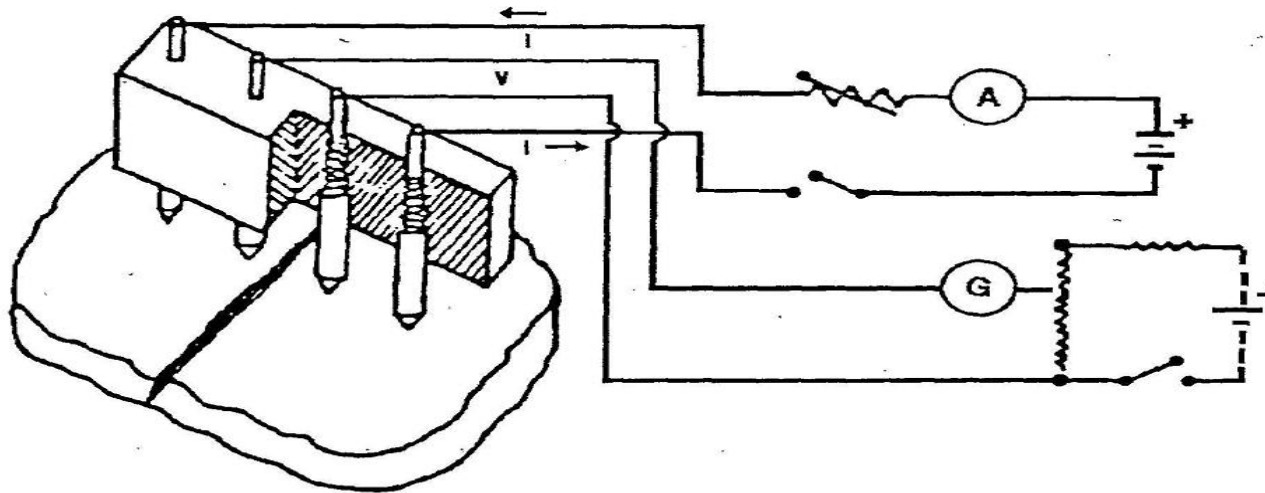
- Materiaalin plastinen muokkautuminen → virheet kasvavat → ympäröivään materiaaliin korkeataajuisia värähtelyä = akustista emissiota
- Mekaaninen värähtely saa aikaan sähköisen signaalin vastaanottoanturissa, jota analysoidaan.

Barkhausen- kohinamittaus

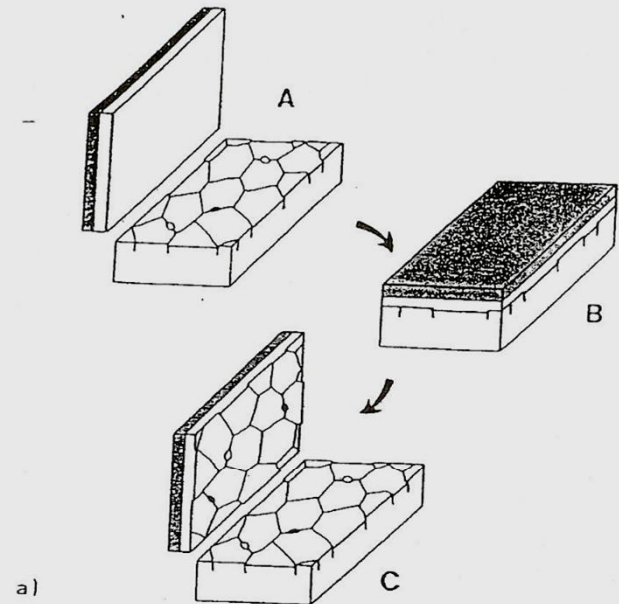
- Magneettinen menetelmä, jossa mitataan vaihtuvan magneettikentän aiheuttamia alkeisalueita rajoittavien seinämien epäjatkuvan liikkeen mittauskäämiin indusoimaa jännitettä
- Käytetään mikrorakennetekijöiden:
 - Magneettisten ominaisuuksien mittaamiseen
 - Jännityksen mittaamiseen
- Helppo- ja nopeakäyttöinen
- Mittaustulosten yksityiskohtainen tulkinta vaikeaa

Jännite-eromittaus

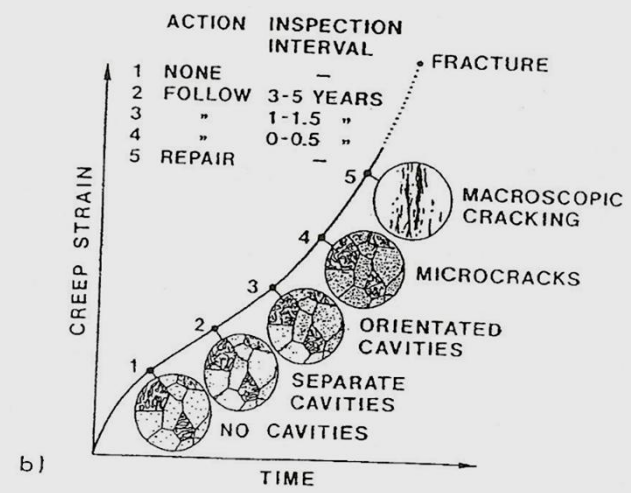
- Soveltuu materiaaleille, joiden sähkönjohtavuus ei ole suuri
- Virheen tulee avautua pintaan saakka
- Suurin hyöty kun alue ensin kartoitetaan tunkeumaneste- tai magneettijauhetarkastuksella
- Hankala jatkuvassa tarkastuksessa



Kuva 3.11 Jännite-eromittauksen periaate.



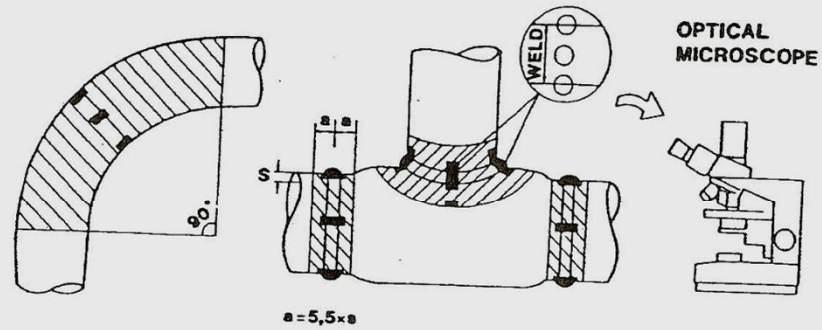
a)



b)

IN POWER PLANT

-  MAGNETIC PARTICLE INSPECTION
-  REPLICA INSPECTION

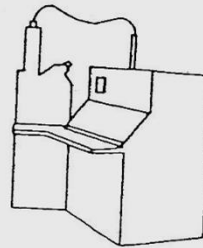


IN LABORATORY

GOLD
SPUTTERING







ELECTRON
MICROSCOPE



MICRO-
STRUCTURE



INSPECTION INTERVALS
FOR
WELDS BENDS

	REPAIR	REPLACEMENT
	0,5 - 1 yrs	REPLACEMENT
	1,5 - 2 yrs	1 - 2 yrs
	3 yrs	3 yrs

Termografia

- Menetelmä, jossa mitataan kohteen lähettämää infrapunasäteilyn energiaa
- Lämpötilajakauma
 - Kuvastaa pinnassa ja rajoitetusti myös sisällä vallitsevia olosuhteita
- Pintalämpötilan epätasaisuus voi johtua esim. halkeamista tai sulkeumista
- Lämpökuvauus
- Hitsin lämpötila ja jäähtyminen

Holografia

- Kuvantallennusmuoto, jolla saadaan kohteesta kolmiulotteisia näkymiä ja kuvia
- Merkittävimmät sovellukset:
 - Optinen holografia
 - Akustinen holografia

Tomografia

- Tomografia = kerroskuvaus
- Käytetään yleisesti lääketieteessä, mutta kokeilut teollisessa NDT- käytössä vasta alkuvaiheessa
- Menetelmät:
 - röntgentomografia
 - ultraäänitomografia
 - magneettitomografia

AINETTA RIKKOVA
AINEENKOETUS

Rikkova aineenkoetus

- Vetokoe, poik. ja pitk.
 - Kovuuskoe
 - Iskukoe
 - Taivutusko
 - Murtokoe
 - Metallografiset kokeet

 - Jominykoe
 - Raekoon määrittäminen
 - Kuonan määrittäminen
 - Lämpökäsiteltävyyskoe
 - Baumann-koe
 - Sinimurtokoe
 - Hiilenkatosyvyyden määrittäminen
 - Hiilettyssyvyyden määrittäminen
- Koostumuksen määrittäminen
 - Ferriittipitoisuuden määrittäminen, deltaferriitti
 - Vetytitoisuuden määrittäminen

 - Kuppivenytyskoe
 - Pellinikoe
 - Implant-koe
 - Kulumiskoe
 - Korroosiokoe
 - Olosuhdekoe
 - Hitsattavuuskoe
 - Lastuttavuuskoe
 - Väsytykoe
 - Junttakoe
 - ...

Hitsausliitoksen rikkova aineenkoetus

- Vetokoe
 - SFS-EN ISO 6892-1:2009 Metallien vetokoe.
Osa 1: Vetokoe huoneenlämpötilassa
 - SFS-EN ISO 5178:2011 Hitsiaineen pitkittäinen vetokoe
 - SFS-EN ISO 4136:2011 Hitsausliitoksen poikittainen vetokoe
- Kovuuskoe
 - SFS-EN ISO 6506-1:2006 Metallien Brinellin kovuuskoe.
Osa 1: Menetelmä
 - SFS-EN ISO 6508-1:2006 Metallien Rockwellin kovuuskoe.
Osa 1: Menetelmä (asteikot A, B, C, D, E, F, G, H, K, N ja T)
 - SFS-EN ISO 6507-1:2006 Metallien Vickersin kovuuskoe. Osa 1: Menetelmä
 - SFS-EN ISO 9015-1:2011 Osa 1: Kaarihitsausliitosten kovuuskoe
 - SFS-EN ISO 9015-2:2011 Osa 2: Hitsausliitosten mikrokovuuskoe
 - Poldi-, Shore-, mikro- (Vickers ja Knoop), Mohsin ja Ultraäänikovuuskokeet
- Iskukoe
 - SFS-EN ISO 148-1:2010 Metallien Charpyn iskukoe. Osa 1: Menetelmä
 - SFS-EN ISO 9016:2011 Iskukoe. Koesauvan sijainti, loven suunta ja tarkastus
 - IZOD-iskukoe ja Instrumentointu iskukoe

- Taivutuskoe
 - SFS-EN ISO 7438:2005 Metallien taivutuskoe.
 - SFS-EN ISO 5173:2010 Hitsausliitosten taivutuskoe

- Murtokoe
 - SFS-EN ISO 9017:2013 Hitsien murtokoe

- Makrohie
 - SFS-EN ISO 17639:2013 Hitsien makro- ja mikrohietutkimukset

- Teknologiset kokeet / metallurgiset kokeet, esim.
 - SFS-EN ISO 20482:2003 Erichsenin kuppivenytyskoe
 - SFS-EN ISO 642:2000 Teräksen karkenevuuden määrittäminen otsapinnan sammutuskokeen avulla (Jominykoe)
 - SFS-EN ISO 643:2003 Teräksen raekoon määrittäminen
 - SIS 11 11 11:1974 Bedömning av slagginneslutningar i stål. Mikrometoder
 - Stahl-Eisen Prüfblatt 1570:1971 Mikroskopische Prüfung von Edeltählen auf nichtmetallische Einschlüsse mit Bildreihen
 - Sovellettu Navy-C –lämpökäsiteltävyys- ja mittamuodonmuutoskoe
 - Baumann-koe ja Sinimurtokoe
 - SFS-EN ISO 3887:2003 Teräs. Hiilenkatosyvyyden määrittäminen
 - SFS-EN ISO 2639:2003 Teräs. Hiiletyskarkaisu- ja hiilenkatosyvyyden määrittäminen
 - Ferriittipitoisuuden määrittäminen

Merkinnet, esimerkkejä

- Vetokoe
 - R_e , R_{eL} , R_{eH} , R_m , R_p , $R_{0.2}$, $R_{p0.2/1000/500}$, R_e/R_m
 - A, A5, A11.3, A80mm, Z
- Kovuuskoe
 - HB: HBS, HBW, 350 HBS 5/250, 600 HBW 1/30/20
 - HR: 59 HRC, 70 HR30N, 62 HRB
 - HV: 550 HV, 350 HV 1, 640 HV 20/30
- Iskukoe
 - KV: 120 KV, 150 KV 150, 85 KV 150/5, 28 KV 5/-20 °C, 137 CH-V/ISO-V(J)
 - KU: 90 KU, 65 KU 100
 - VWT 0/30, VHT 1/2
- Muut kokeet
 - FW / 50 x 10, BW 40 x 20
 - FBB, RBB
 - J 35-15, J 30/30-35, JHV 340/490-15
 - G5, ASTM5
 - NDT -35 °C
 - Jk A2B3, SS 1
 - IE 8, IE40

TESTAUSTODISTUS
Hitsauksen menetelmäkokeen rikkova aineenkoetus

T137 (EN 45001)

Numero: Hits-60/99 Hitsausohje nro: pWPS U-101 MA 04 5,2
 Työnumero: 106224 Aineistodistus nro: 20861 /01
 Standardi: SFS-EN 288-3:1998 Saapumispv: 12.11.1999
 Tilaaja: Uudenmaan Projektiasennus Oy Valmistaja: Tilaaja
 Susikuja 3
 04130 Sipoo

Näyte: Hitsausasento: PA ja PF
 Perusaine: P 355 NL2 SFS-EN 10028-3/RAEX386P Hitsausprosessi: 136
 Aineenpaksuus [mm]: 15,0 Mitat [mm]: -
 Hitsauslisäaineet: OK Tubrod 14.04 / 15.7 Jalkilämpökäsittely: Jännityksenpoistohehkus
 Kokeen valvoja: Esko Hyypä Liitosmuoto: BW ss

VETOKOE Standardi: SFS-EN 10002-1 / SFS-EN 895

Pvm	Vetosauva nro	Koe-lämpötila °C	Koealueen mitat (a x b) mm	Reh N/mm ²	Rm N/mm ²	Fm N	A %	Z %	Murtokohta	Huomautukset
19.11	964-99	21,0	10x25	364	540	135401	18		Perusaine	
19.11	965-99	21,0	10x25	362	539	135027	23		Perusaine	
Vaativuudet					490					

Mittausepävarmuus ±2,7%

TAIVUTUSKOE

Standardi: SFS-EN 910
 Koelämpötila [°C]: 21 Sauvan mitat (a x b x l) [mm]: 10 x 15 x 300
 Tukitelan halkaisija [mm]: 50 Taivutintelan halkaisija [mm]: 40
 Tukitelojen välinen etäisyys [mm]: 65 Taivutuskulma [°]: 120

Pvm	Sauva nro	Testityyppi	Venymä	Tulos	Huomautukset
19.11	966-99	Sivutaivutus		Ei säröjä	
19.11	967-99	Sivutaivutus		Ei säröjä	
19.11	968-99	Sivutaivutus		Ei säröjä	
19.11	969-99	Sivutaivutus		Ei säröjä	
Vaativuudet					

ISKUKOE

Standardi: SFS-EN 10045-1 / SFS-EN 875
 Sauvan mitat [mm]: 10 x 10

Pvm	Koe-lämpötila °C	Sauva nro	Koesauvan tyyppi	Iskutyö			Keski-arvo J	Huomautukset
				1	2	3		
24.11	-40,0	970-99, 971-99, 972-99	VWT 0/1	98	80	70	83	
24.11	-40,0	973-99, 974-99, 975-99	VHT 1/1	30	32	30	31	mittausepävarmuus 4,7J
Vaativuudet				27				

Mittausepävarmuus 8,0 J

Numero: Hits-60/99

KOVUUSKOE


Päivämäärä: 16.11.99

Vaatimus: max 320 HV 10

Standardi: SFS-EN 1043-1

Näytteen numero: 979-99

Menetelmä: HV 10

Kovuusmittaustulokset										Kovuusmittauspisteiden sijainti			
Perusaine			Muutosvyöhyke			Hitsi							
Alue	1	2	3	Alue	1	2	3	Alue	1			2	3
1.	163	165	166	5.	194	235	243	9.	228			222	210
2.	167	168	169	6.	213	184	186	10.	200	205	201		
3.	166	163	165	7.	185	186	193						
4.	168	165	163	8.	194	181	187						
Keskiarvo: 166			Keskiarvo: 198			Keskiarvo: 211							

Mittausepävarmuus ±2,6%

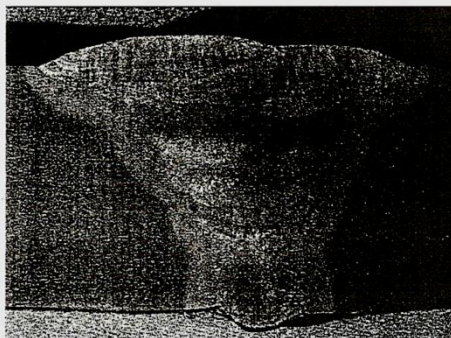
Huomautukset:

MAKROHIE

Standardi: SFS-EN 1321

Pvm	Makrohie nro	Nimike	Syövytysmenetelmä	Syövytysaika s	Suurenos
16.11	979-99	A-E-1-1/A1	Pinta sivelty syövytysaineella	25	3,2

Huomautukset:



979-99

 Tulokset pätevät ainoastaan testatulle näytteelle.
 Todistuksen osittainen kopiointi kielletty.

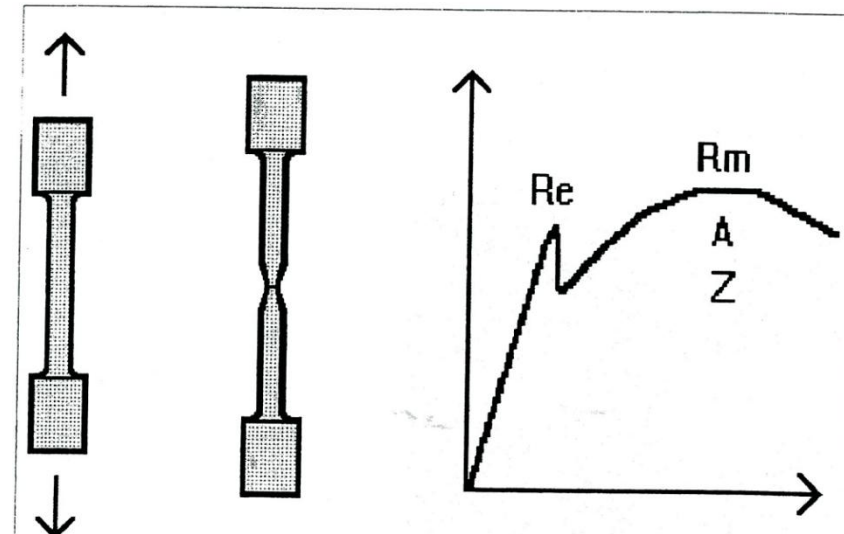
Helsingissä 24. marraskuuta 1999

Aki Saari

Sampsa Juvonen

Vetokoe

- Mitataan metallin lujuutta ja venymää
 - R_m = murtolujuus
 - R_e = myötölujuus
 - $R_{p0,2}$ = 0,2% pysyvä venymäraja
 - A = murtovenymä
 - Z = murtokuroma



Vetokoe

- SFS-EN ISO 6892-1:2009 Metallien vetokoe. Vetokoe huoneenlämpötilassa
- SFS-EN 10002-2 Vetokoneiden voimamittausjärjestelmän varmentaminen (uusi EN ISO 7500-1)
- SFS-EN 10002-3 Yksiakselisesti kuormitettavien vetokoneiden varmentamisessa käytettävien voimaanturien kalibrointi (uusi EN ISO)
- SFS-EN 10002-4 Yksiakselisesti kuormittavassa testauksessa käytettävien venymämittarien varmentaminen (uusi EN ISO)
- SFS-EN 10002-5 Kuumavetokoe (uusi EN ISO)

Metallien vetokoe

- Metallien perusominaisuudet ovat **lujuus** ja **sitkeys**
- Huom! Iskukokeen **iskusitkeys**
- Useimmissa rakenteissa vaaditaan kuormankantokykyä eli lujuuutta
- Sitkeys eli muodonmuutoskyky on olennainen ominaisuus valmistettavuuden kannalta mm. valssauksessa, muovauksessa, pursotuksessa, taonnassa. Sitkeys antaa rakenteille varmuutta ylikuormien suhteen. Plastinen myötäminen, samalla lujittuen.
- Lujuuutta ja sitkeyttä käytetään kehitettäessä, vertaillessa ja valittaessa metalleja eri tarkoituksiin → tulosten luotettavuuden kannalta on ollut tärkeää kehittää standardoituja menetelmiä.
- Tärkein, eniten käytetty mekaanisten ominaisuuksien mittaamenetelmä on yksiakselinen **vetokoe**.
- Määritetään sekä lujuuutta että sitkeyttä kuvaavia suureita.

Yleistä

- Aineistodistuksia, laadunvalvontaa ja tutkimuksia varten
- Erilaiset tarkkuusvaatimukset
- Hyvänä lähtökohtana standardi SFS-EN ISO 6892-1: 2009 ”Metallien vetokoe. Osa 1: Menetelmä”, jota voidaan tapauskohtaisesti tarkentaa, täydentää ja soveltaa.

Suoritus

- Koelämpötila +10 ... +35°C, lämpötilavalvottuna +23 +/- 5 °C.
- Veto mahdollisimman keskeisesti koesauvan pituusakselin suuntaisella voimalla.
- Rekisteröidään sauvaan vaikuttava voima ja sauvan pitenemä joko hetkellisesti tai jatkuvasti
 - saadaan voimapitenemäpiirros
 - jännitysvenymäpiirros

Myötöraja (myötölujuus)

- Tärkein määritettävä lujuussuure: se on perussuure mm. suunnittelussa, mitoituksessa ja muokkauksessa.
- Kimmoinen/plastinen käyttäytyminen
- Varmuuskertoimet mitoituksessa
- Vaikuttaa mm. seostus, muokkaus, lämpökäsittelyt
- Myötörajan mittaaminen on helppoa, venymärajan huomattavasti vaativampaa
- Merkinnöissä: esim. S235, S355, S420 ja S690

Murtolujuus R_m

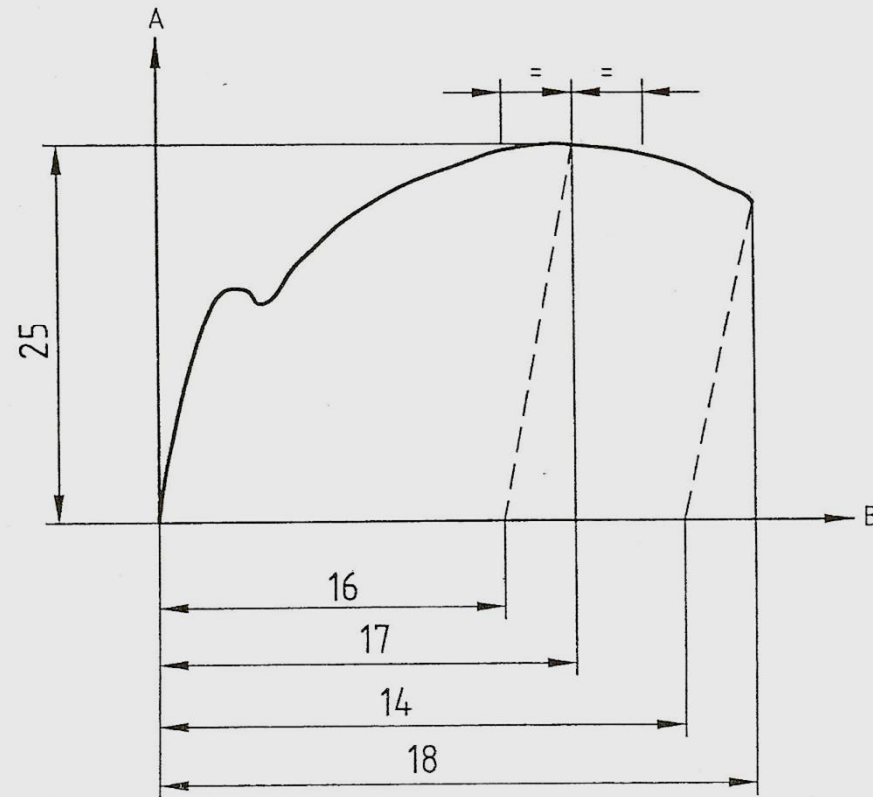
- Käyttöarvo vähäisempi kuin myötölujuuden
- Ei konstruktivista merkitystä
- Merkinnöissä ja luokittelussa antamassa mielikuvaa mitä materiaali kestää
- Myötöraja/murtolujuus- suhde sitkeyden mittana
- Käytetty yläraja 0,7 takaa yleensä riittävän sitkeyden

Kaikkia eri metalleja koskevan riittävän aineiston puuttuessa ei vetokokeella määritettävien eri ominaisuuksien koetulosten epävarmuudelle voida esittää arvoja.

HUOM. 1 Mittausepävarmuutta arvioitaessa ks. liite J, jossa esitetään ohjeita mittausepävarmuuden määrittämiseen ottaen huomioon metrologiset parametrit ja laboratorioiden välisissä vertailukokeissa saadut tulokset eräille terästen ja alumiiniseosten ryhmälle.

HUOM. 2 Tulokset tulisi pyöristää vähintään seuraavasti:

- lujuusarvot täysinä MPa kokonaislukuina
- venymäarvot lähimpään 0,5 %
- murtokurouma lähimpään 1 %.



Selitys

A Jännitys

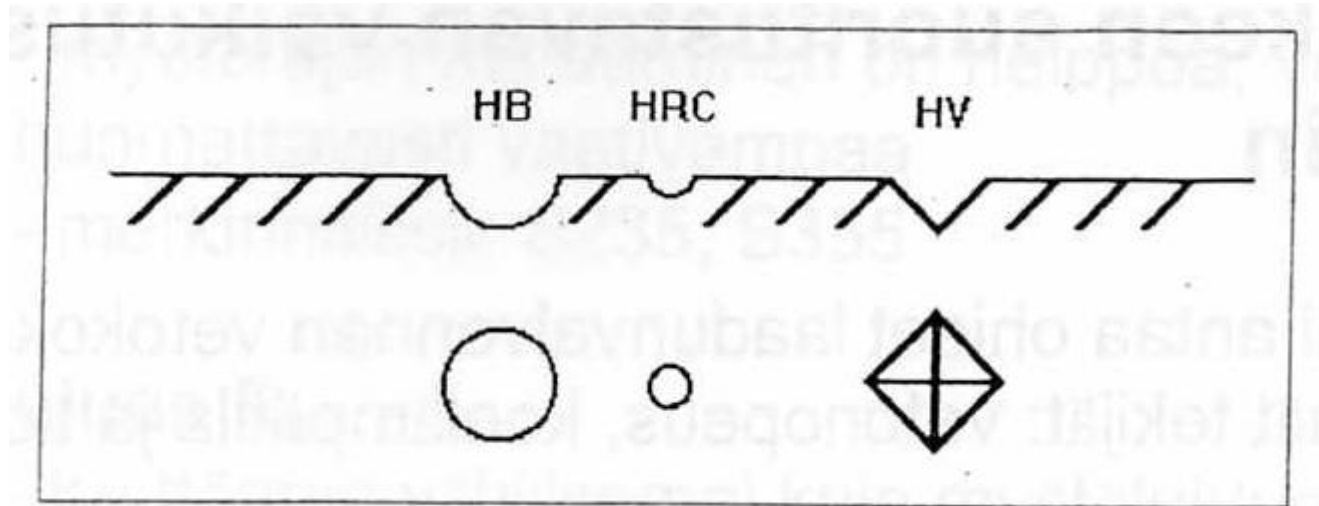
B Venymä

HUOM. Ks. taulukosta 1 viittausten käsitteet.

Kuva 1 Venymien määritelmät

Kovuusmittaus

- Mitataan teräksen kovuutta, joka on suoraan verrannollinen lujuuteen



Kovuuskoe

- Voidaan selvittää esim.
 - Kovuus
 - Mikrorakenne
 - Lämpökäsittelyn onnistuminen
 - Karkenevuus (Jominykoe + kovuusmittaus)
 - Kulumiskestävyys
 - Hiilettymiskerroksen paksuus
 - Hiilenkatokerroksen paksuus
 - Mikro- eli raekovuus ja mikrorakenne
 - Murtolujuus (arvio)
 - $R_m = c \times HB \text{ (HV)}$

SFS-EN -kovuuskokeet

- Brinellin kovuuskoe SFS-EN ISO 6506-1:2006
 - SFS-EN ISO 6506-2:2006 Brinellin kovuusmittareiden varmentaminen
- Rockwellin kovuuskoe SFS-EN ISO 6508-1:2006
 - SFS-EN ISO 6508-2:2006 Rockwellin kovuusmittareiden varmentaminen
- Vickersin kovuuskoe SFS-EN ISO 6507-1:2006
 - SFS-EN ISO 6507-2:2006 Vickersin kovuusmittareiden varmentaminen
- Kaarihitsausliitosten kovuuskoe SFS-EN ISO 9015-1:2011
- Hitsausliitosten mikrokovuuskoe SFS-EN ISO 9015-2:2011

Muita kovuuskokeita

- Poldi-kovuuskoe
- Shore-kovuuskoe (kimmokovuus)
- Mikrokovuuskoe
- Moshin kovuuskoe (naarmutuskoee)
- Ultraäänikovuuskoe

4 Suureet ja käsitteet

4.1 Suureet ja käsitteet (ks. kuva 1 ja taulukko 1)

Taulukko 1

Tunnus	Käsite
D	Kuulan halkaisija, mm
F	Koevoima, N
d	Painuman keskimääräinen halkaisija, mm $d = \frac{d_1 + d_2}{2}$
h	Painuman syvyys, mm $h = D - \frac{\sqrt{D^2 - d^2}}{2}$
HBS tai HBW	Brinellin kovuus - Vakio $\times \frac{\text{Koevoima}}{\text{Painumakalotinpinta-ala}}$ - $0,102 \times \frac{2F}{\pi D (D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
HUOM. Vakio = $\frac{1}{g_n} = \frac{1}{9,80665} = 0,102$	

4.2 Brinellin kovuus ilmaistaan seuraavilla tunnuksilla:

- HBS käytettäessä teräskuulaa
- HBW käytettäessä kovametallikuulaa

HUOM. Aikaisemmissa standardeissa, jotka perustuivat vain teräskuulan käyttöön, kovuus ilmaistiin tunnuksella HB.

Brinellin kovuus ilmaistaan kovuuden arvolla ja tämän jälkeen liitettävällä tunnuksella HBS tai HBW sekä seuraavilla kokeen muuttujia kuvaavilla lisätunnuksilla:

- a) kuulan halkaisija, mm,
- b) koevoimaa kuvaava luku (ks. taulukko 2),
- c) kuormitusaika, s, mikäli se poikkeaa tässä standardissa määritellystä ajasta (ks. kohta 7.5).

Taulukko 1

Rockwellin kovuusasteikko	Kovuuden tunnus	Paininkärjen tyyppi	Esivoima F_0	Lisävoima F_1	Kokonaisvoima F	Käyttöalue (Rockwellin kovuuskoe)
A	HRA	Timanttikartio	98,07 N	490,3 N	588,4 N	20 ... 88 HRA
B	HRB	Teräskuula 1,5875 mm	98,07 N	882,6 N	980,7 N	20 ... 100 HRB
C	HRC	Timanttikartio	98,07 N	1,373 kN	1,471 kN	20 ... 70 HRC
D	HRD	Timanttikartio	98,07 N	882,6 N	980,7 N	40 ... 77 HRD
E	HRE	Teräskuula 3,175 mm	98,07 N	882,6 N	980,7 N	70 ... 100 HRE
F	HRF	Teräskuula 1,5875 mm	98,07 N	490,3 N	588,4 N	60 ... 100 HRF
G	HRG	Teräskuula 1,5875 mm	98,07 N	1,373 kN	1,471 kN	30 ... 94 HRG
H	HRH	Teräskuula 3,175 mm	98,07 N	490,3 N	588,4 N	80 ... 100 HRH
K	HRK	Teräskuula 3,175 mm	98,07 N	1,373 kN	1,471 kN	40 ... 100 HRK
15N	HR15N	Timanttikartio	29,42 N	117,7 N	147,1 N	70 ... 94 HR15N
30N	HR30N	Timanttikartio	29,42 N	264,8 N	294,2 N	42 ... 86 HR30N
45N	HR45N	Timanttikartio	29,42 N	411,9 N	441,3 N	20 ... 77 HR45N
15T	HR15T	Teräskuula 1,5875 mm	29,42 N	117,7 N	147,1 N	67 ... 93 HR15T
30T	HR30T	Teräskuula 1,5875 mm	29,42 N	264,8 N	294,2 N	29 ... 82 HR30T
45T	HR45T	Teräskuula 1,5875 mm	29,42 N	411,9 N	441,3 N	1 ... 72 HR45T

1 Soveltamisala

Tässä kansainvälisen standardin ISO 6507 osassa määritellään metallien Vickersin kovuuskoe kolmella koevoiman alueella (ks. taulukko 1).

Taulukko 1

Koevoiman alue, F N	Kovuuden tunnus	Aikaisempi jaottelu (ISO 6507-1:1982)
$F \geq 49,03$	$\geq HV 5$	Vickersin kovuuskoe
$1,961 \leq F < 49,03$	HV 0,2 ... < HV 5	Vickersin kovuuskoe pienellä kuormalla
$0,9807 \leq F < 1,961$	HV 0,01 ... < HV 0,2	Vickersin mikrokovuuskoe

Standardin ISO 6507 tässä osassa Vickersin kovuuskokeen painuman lävistäjä on määritelty välille 0,020 ... 1,400 mm.

Standardin ISO 6507 tässä osassa käytetyt voimat on laskettu kilogrammavoimien perusteella, koska ne on otettu käyttöön ennen SI-järjestelmän hyväksymistä. Standardin tässä painoksessa päätettiin ottaa käyttöön vanhoihin yksikköihin perustuvat arvot. Standardin seuraavaa painosta laadittaessa on tarpeen harkita voimien arvojen pyöristämisestä saatavaa hyötyä ja sen vaikutusta kovuusasteikkoihin.

HUOM. Yleisesti koevoiman pienentäminen kasvattaa mittaustulosten hajontaa. Tämä pitää paikkansa erityisesti pienellä koevoimalla tehtävässä Vickersin kovuuskokeessa ja Vickersin mikrokovuuskokeessa, missä painuman lävistäjän mittaamisessa on omat rajoituksensa. Vickersin mikrokovuuskokeessa painuman keskimääräisen lävistäjän mittausepävarmuus on todennäköisesti suurempi kuin $\pm 0,001$ mm (ks. liite E).

Tietyille materiaaleille ja/tai tuotteille on omat kansainväliset standardinsa.

2 Viittaukset

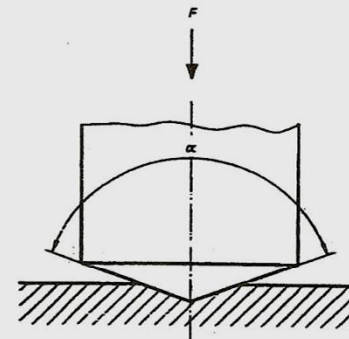
Seuraavassa mainitut standardit sisältävät asioita, jotka viittausten kautta vaikuttavat tämän kansainvälisen standardin sisältöön. Tässä ilmoitetut painokset olivat voimassa julkaisuhetkellä. Kaikkia standardeja voidaan uusia ja osapuolten, joiden sopimukset perustuvat tähän kansainväliseen standardiin, tulisi selvittää, onko mahdollista soveltaa alla mainittujen standardien viimeisintä painosta. IEC:n ja ISO:n jäsenjärjestöt ylläpitävät voimassa olevien kansainvälisten standardien rekisteriä.

¹⁾ Vastaava SFS-standardi: SFS-EN ISO 6507-2 Metallien Vickersin kovuuskoe. Osa 2: Kovuusmittareiden varmentaminen.

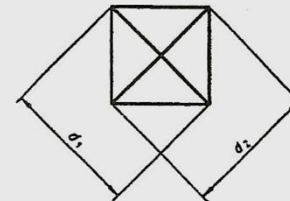
ISO 6507-2:1997¹⁾ *Metallic materials. Vickers hardness test. Part 2: Verification of testing machines*

3 Periaate

Neliöpohjainen säännöllinen timanttipyramidi, jonka vastakkaisten sivutahkojen välinen kulma on määrätty, painetaan koekappaleeseen ja koevoiman F poistamisen jälkeen mitataan koekappaleen pintaan jääneen painuman lävistäjät (ks. kuva 1).



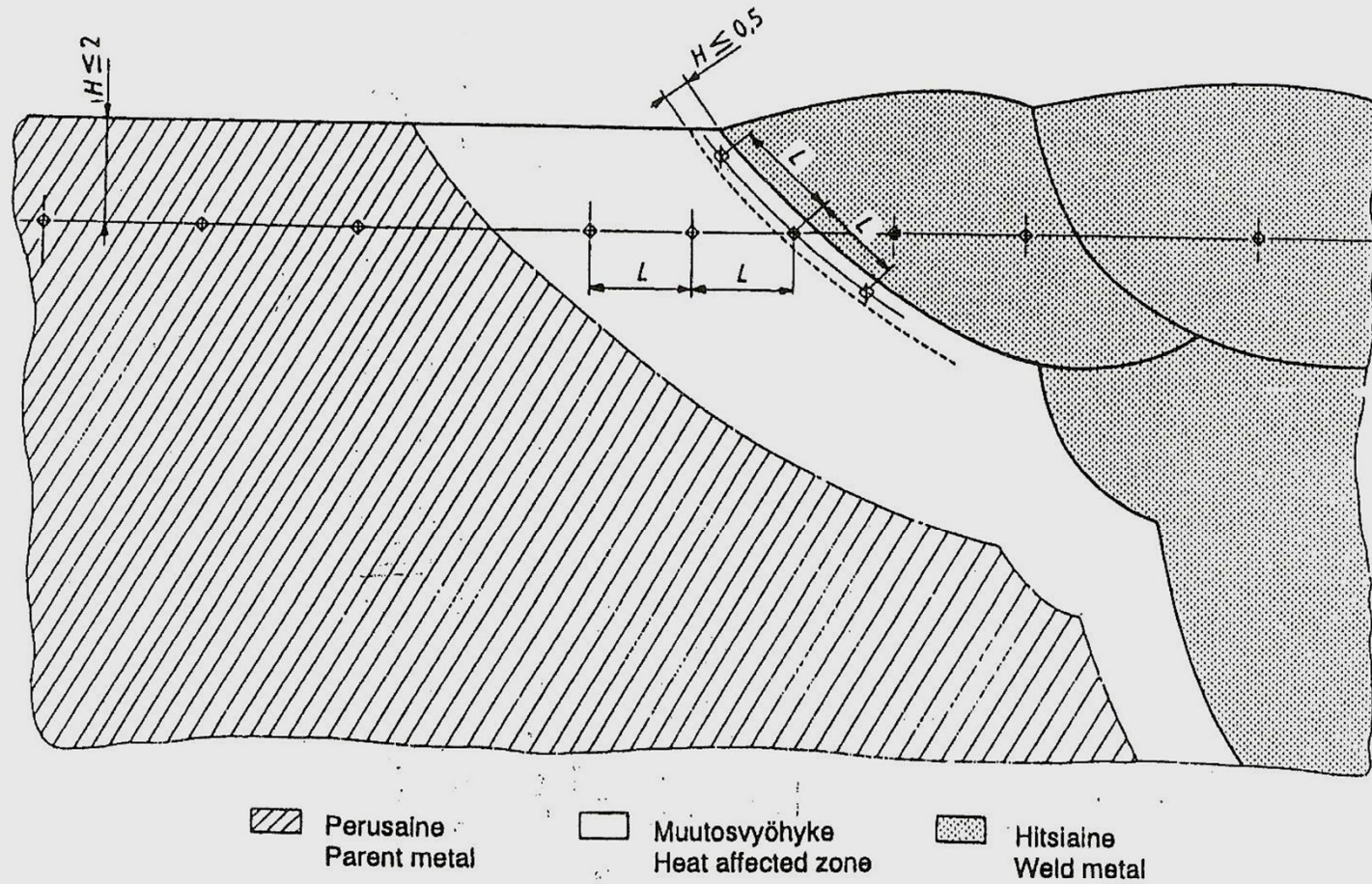
a) Paininkärki (timanttipyramidi)



b) Vickersin painuma

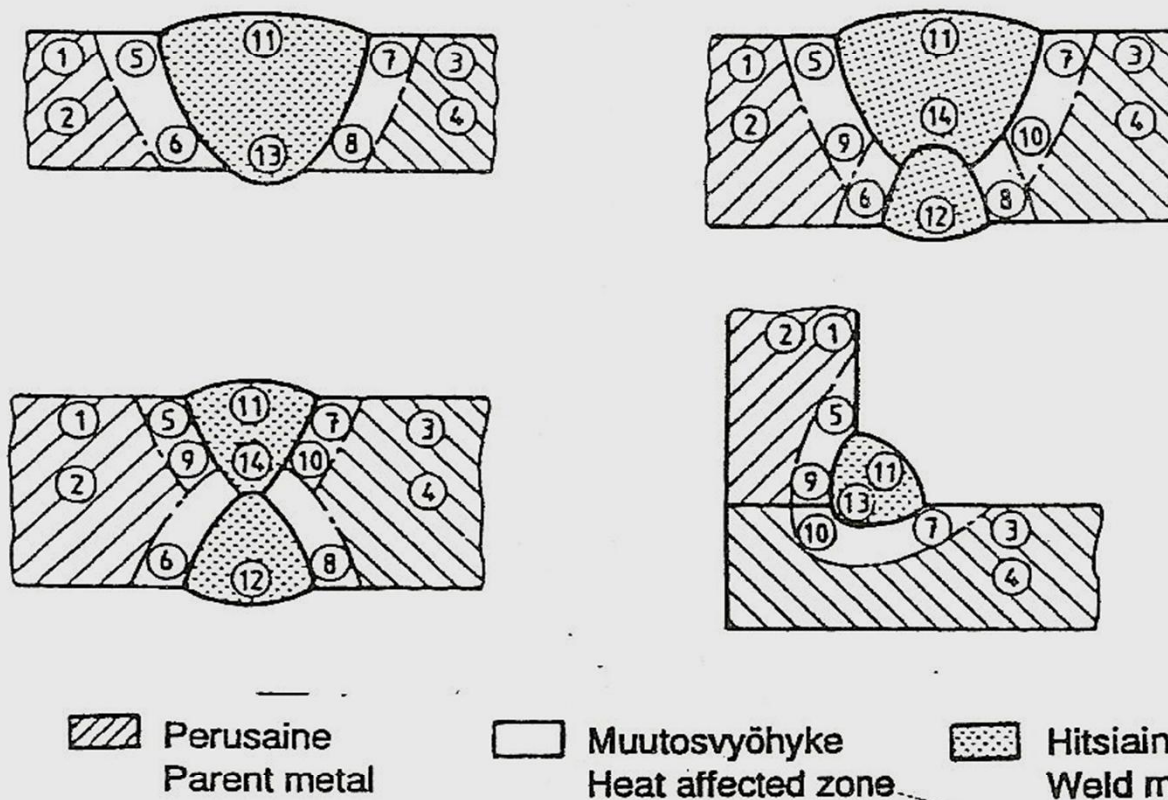
Kuva 1 Kokeen periaate

Vickersin kovuus on koevoiman ja painuman pinta-alan lukuarvojen suhde. Painuman oletetaan olevan neliöpohjaisen säännöllisen pyramidin muotoinen ja sen kärkikulma on sama kuin paininkärjellä.



Kuva 3: Painumien sijainti päittäishitsissä rautametalleilla (austeniittisiä teräksiä lukuun ottamatta) (mitat millimetreinä)

Figure 3: Location of the indentations in butt welds in ferrous metals (excluding austenitic steels) (dimensions in millimetres)

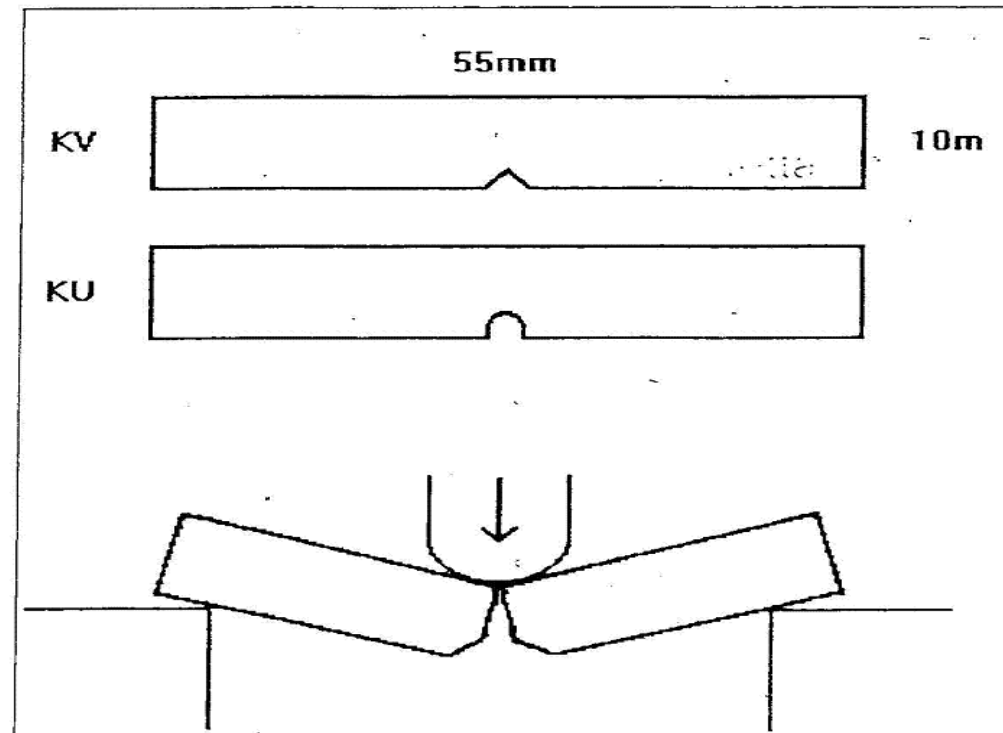


HUOM. Sopimuksen mukaan muut alueet ovat mahdollisia.
NOTE: Other areas are possible, by agreement.

Kuva 8: Erillispainumien (E) sijaintialue-esimerkit kovuuskoetta varten
Figure 8: Examples showing areas for hardness testing with individual indentations (E) 216

Iskukoe

- Mitataan teräksen sitkeyttä / murtumiskestävyyttä iskumaisessa kuormituksessa

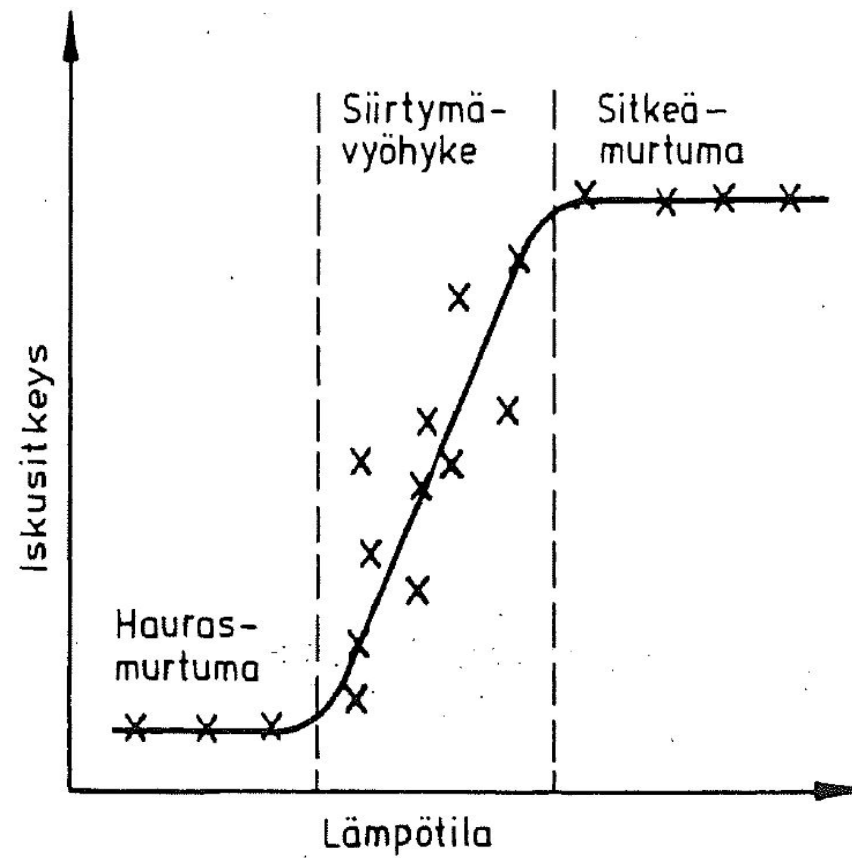


Iskukoe

- periaate:
 - vakiomittaista lovettua sauvaa lyödään iskuvasaralla vakionopeudella
 - koesauva saattaa:
 - murtua sitkeästi
 - murtua aluksi sitkeästi ja sitten hauraasti
 - murtua aluksi hauraasti ja sitten sitkeästi
 - murtua täysin hauraasti
 - iskukokeen kuluessa voidaan mitata:
 - koesauvan poikkilyömiseen kulunut energia
 - koesauvan murtopinnasta sitkeän ja hauraan murtuman osuus
 - koesauvan poikittaiskurouma loven juuressa
 - koekappaleen taipuma murtohetkellä

Sitkeä-/ haurasmurtuma

- lämpötila, jossa muutos sitkeästä murtumasta haurasmurtumaksi tapahtuu, on ns. transitiolämpötila T_{tr}
- transitiolämpötila määritellään iskukokeella
 - Kokeet useissa lämpötiloissa → iskusitkeyslämpötila-käyrä
- transitiolämpötilat ovat vertailukelpoisia ja teräkset voidaan asettaa niiden avulla sitkeysjärjestykseen
- sovellusstandardit määrittelevät, miten suuri iskusitkeyden on vähintään oltava tietyssä lämpötilassa
 - esim. S355J2 → J2 tarkoittaa 27J -20 °C:ssa



Iskusitkeyden muuttuminen lämpötilan mukana.

Taulukko 2 Rakenneterästen vertailuja. Mekaaniset ominaisuudet

Rakenneteräkset EN 10025	Mekaaniset ominaisuudet huoneen lämpötilassa															
	Myötölujuus R _{eH} N/mm ² Vähintään					Murtolujuusalue R _m N/mm ²			Murtovenymä A ₅ % Poikittain vähintään				Iskusitkeys Luokka Toimitustila TT Pitk. vähintään			
	Levyn paksuus mm					Levyn paksuus mm			Levyn paksuus mm				t	KV	TT	
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	>100 ≤150	<3	≥3 ≤100	>100 ≤150	≥3 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤100	>100 ≤150	°C	J	—
S235JRG2 S235J2G3	235 235	225 225	215 215	215 215	215 215	195 195	360-510 360-510	340-470 340-470	340-470 340-470	24 24	23 23	22 22	22 22	20 -20	27 27	G2 G3
S355J0 S355J2G3	355 355	345 345	335 335	325 325	315 315	295 295	510-680 510-680	490-630 490-630	470-630 470-630	20 20	19 19	18 18	18 18	0 -20	27 27	— G3
RAEX MULTISTEEL 1)	355	345	335	325	315	295	510-680	490-630	470-630	20	20	19	19	-20	40	G3
Hienoraeteräkset EN 10113-2 2)	Levyn paksuus mm					Levyn paksuus mm			Levyn paksuus mm				t	KV	TT	
	≤16	>16 ≤40	>40 ≤63	>63 ≤80	>80 ≤100	≥5 ≤100			≥5 ≤100				°C	J	—	
RAEX MULTISTEEL N	355	345	335	325	315	490 - 630			22				-20	40	N	
S355NL	355	345	335	325	315	470 - 630			22				-50	27	N	
S420N	420	400	—	—	—	520 - 680			19				-20	40	N	
S420NL	420	400	—	—	—	520 - 680			19				-50	27	N	
Lujat muovattavat teräkset, kvartto 3) EN 10113-3	Levyn paksuus mm					Levyn paksuus mm			Levyn paksuus mm				t	KV	TT	
	≥5 ≤8	>8 ≤16	>16 ≤40	>40 ≤63		≥5≤63			≥5≤63				°C	J	—	
OPTIM RAEX 355 ML	355	355	345	335		450-610			22				-50	27	M	
OPTIM RAEX 420 ML	—	420	400	390		500-660			19				-50	27	M	
OPTIM RAEX 460 ML	—	460	440	430		530-720			17				-50	27	M	
OPTIM RAEX 500 ML	—	500	480	—		570-720			16				-50	27	M	
Lujat muovattavat teräkset, nauha 3) EN 10149-2	Levyn paksuus mm		Myötölujuus R _{eH} N/mm ² Vähintään		Murtolujuusalue R _m N/mm ²		Murtovenymä A ₅ %		t	KV	TT					
OPTIM RAEX 170 C 5)	2,0-15,0		170		290 - 370		34		-20	40	M					
OPTIM RAEX 240 C 6)	2,0-15,0		240		360 - 440		30		-20	40	M					
OPTIM RAEX 315 MC	2,0-15,0		315		390 - 460		28		-20	40	M					
OPTIM RAEX 355 MC	2,0-15,0		355		430 - 510		25		-20	40	M					
OPTIM RAEX 420 MC	2,0-13,0		420		490 - 570		23		-20	40	M					
OPTIM RAEX 460 MC	2,0-12,0		460		520 - 620		21		-20	40	M					
OPTIM RAEX 500 MC	2,0-12,0		500		550 - 650		20		-20	40	M					
OPTIM RAEX 550 MC	2,2-10,0		550		600 - 740		19		-20	40	M					
OPTIM RAEX 600 MC	2,2-10,0		600		650 - 800		18		-20	40	M					
OPTIM RAEX 650 MC	2,5-10,0		650		700 - 850		16		-20	40	M					
OPTIM RAEX 700 MC	3,0- 8,0		700		750 - 900		16		-20	40	M					
Kulutusteräkset 7) RAEX AR	Levyn paksuus mm		Myötölujuus R _{0,2} N/mm ²		Murtolujuusalue R _m N/mm ²		Kovuus- alue HB	Murtovenymä A ₅ %		t	KV	TT				
	Valmistuslinja									°C	J	—				
	Nauha Kvartto															
RAEX AR 320	3,0-12,0	6,0-15,0	850		1100	310-380	12	-40	30	QW						
RAEX AR 400	3,0-12,0	6,0-15,0	1000		1250	360-420	10	-40	40	QW						
RAEX AR 400	—	>15≤30	1000		1250	380-450	10	-40	20	QW						
RAEX AR 400	—	>30≤50	1100		1400	380-480	8	-40	20	QW						
RAEX AR 500	3,0-12,0	6,0-60,0	1250		1600	450-530	8	-40	20	QW						

Taulukossa tummennettuja teräslajeja saa Rautaruikin suomalaisten tukkumyyjien varastoista.

Iskusitkeys (KV) mitataan Charpy V -iskukokeella. Alle 10 mm levyn paksuuksilla iskusaava ja vastaavasti takuuarvo pienenevät levyn paksuuteen verrannollisina. Alle 5 mm paksuilla levyille iskukoetta ei tehdä, mutta iskusitkeys taataan.

1) RAEX MULTISTEELin paksuus ≥2,0 mm.

2) RAEX MULTISTEEL N täyttää standardin EN 10113-2 mukaisen teräslajin S355N vaatimukset.

3) RAEX ML- ja -C OPTIMien myötölujuus taataan poikittain ja -MC OPTIMien pitkittäin ja poikittain valssaussuuntaan nähden. Myötölujuus on aina pienempi valssaussuuntaan nähden pitkittäin.

4) Lujuusluokka ei ole standardissa.

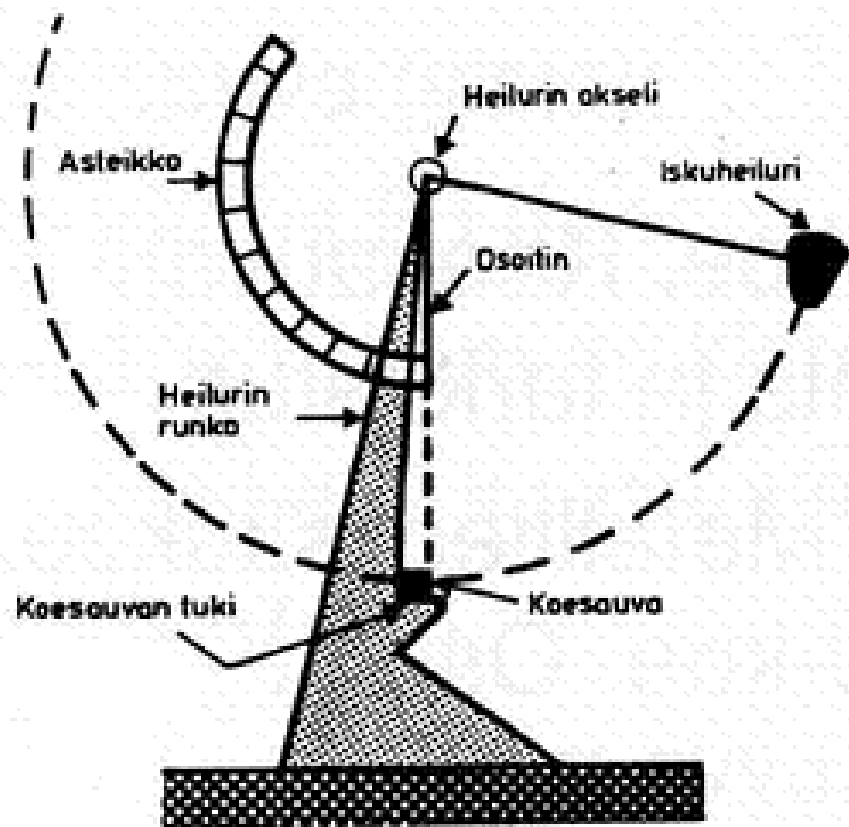
5) Paksuusalueella 2...8 mm standardin EN 10111 mukainen teräslaji DD14.

6) Standardin EN 10025 mukaan S235JRG2C ja lisäksi paksuusalueella 3...8 mm standardin EN 10111 mukainen DD11.

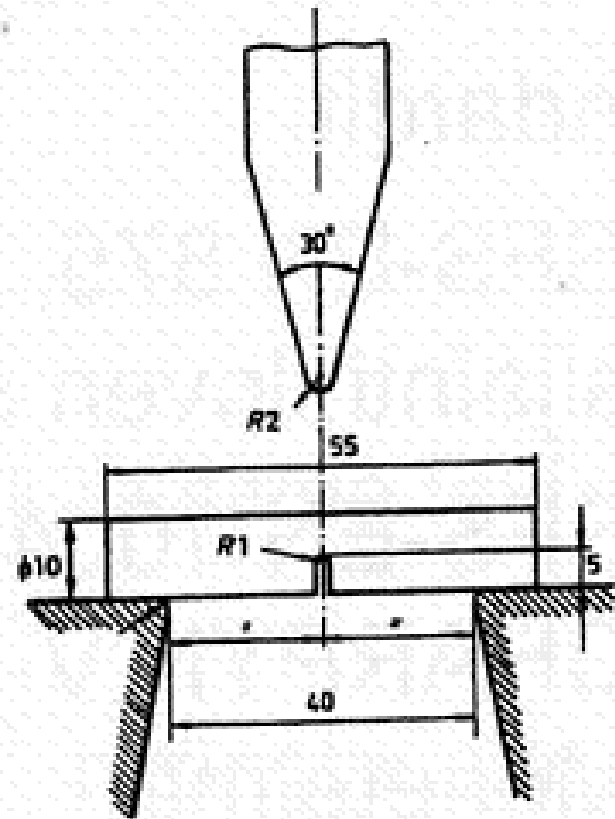
7) Arvot ovat ohjeellisia. Nimikkeen lukuarvo tarkoittaa kovuutta Brinelleinä (HB).

CHARPYN-iskukoe

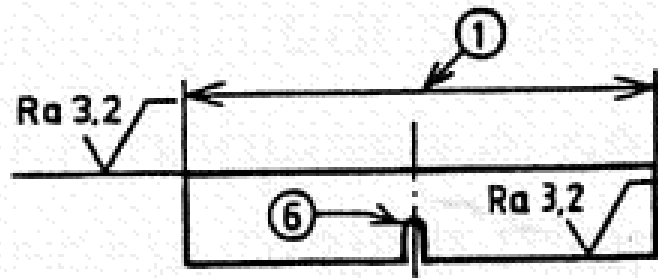
- kehitetty vuonna 1909
- tärkeä ja yleisin iskusitkeys-koe
- periaate:
 - lovettu koesauva
 - koesauva tuettu molemmista päistään
 - heilurivasara iskee sauvan poikki
 - murtumiseen käytetty energia l. iskutyö mitataan
 - voidaan mitata myös murtopinnasta sitkeän ja hauraan murtuman osuudet
 - transitiolämpötilakriteerinä tietty osuus haurasta murtumaa esim. 50% tai 70%
 - tuloksena ilmoitetaan:
 - iskusitkeyden arvo tietyssä lämpötilassa, vaatimus +/-
 - iskusitkeys-käyrä ja transitiolämpötila



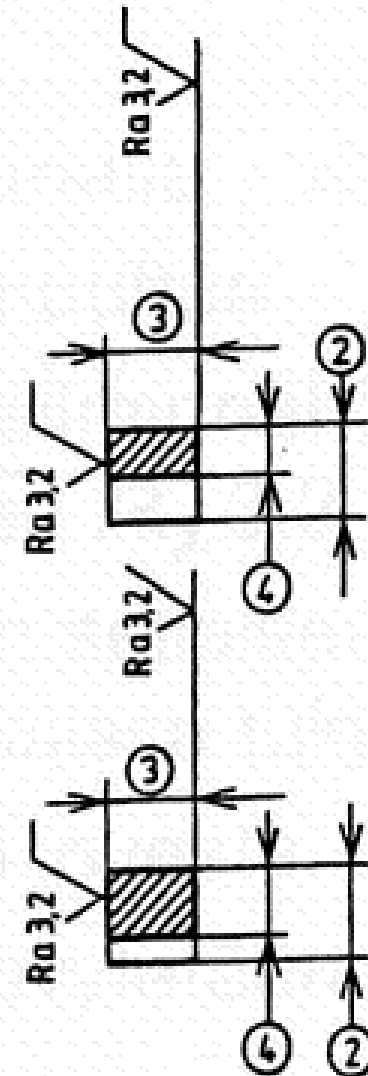
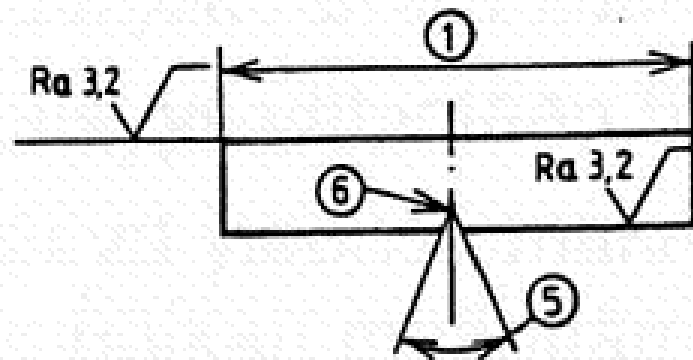
Charpyn heilurivasara.



Charpyn U-koesauva
Charpy U test piece



Charpyn V-koesauva
Charpy V test piece



CHARPYN-iskukoe

- Standardit:
 - SFS-EN ISO 9016:2011. Iskukoe. Koesauvan sijainti, loven suunta ja tarkastus
 - SFS-EN ISO 148-1:2010. Metallien Charpyn iskukoe. Osa 1: Menetelmä

CHARPYN-iskukoe

- koesauva (yleissauva)
 - pituus 55 mm
 - 10 x 10 poikkipinta
 - keskellä koesauvan pitkää sivua lovi:
 - V-lovi
 - 2 mm syvä, 45°, pyöristyssäde 0,25 mm
 - Erikoissauvat esim. 7,5 x 7,5 tai 5 x 5 (tai 2,5 x 2,5) tai esim. 5 x 10
 - U-lovi
 - 5 mm syvä, pohjan pyöristyssäde 1 mm
 - koesauvat työstetään lastuamalla
 - ominaisuudet eivät saa muuttua
 - loven pohjassa ei sallita silminnähtäviä lovensuuntaisia naarmuja
Ra 3,2
 - koesauvan tunnus merkitään sellaiseen pintaan, joka ei ole kosketuksissa tukiin
 - etäisyys vähintään 5 mm lovesta
 - koesauva yleensä makrosyövytetään lievästi loven paikan määrittämiseksi

5.4 Koesauvojen mittatoleranssit esitetään taulukossa 2.

5.4 The tolerances on the specified dimensions of the test piece shall be as given in table 2.

Taulukko 2 Koesauvojen mittatoleranssit
Table 2 Tolerances on specified test piece dimensions

Käsite Designation	U-lovikoesauva U notch test piece			V-lovikoesauva V notch test piece		
	Nimellis- mitta Nominal dimension	Toleranssi Machining tolerance		Nimellis- mitta Nominal dimension	Toleranssi Machining tolerance	
			ISO- tunnus ¹⁾ ISO symbol ¹⁾			ISO- tunnus ¹⁾ ISO symbol ¹⁾
Pituus Length	55 mm	±0,60 mm	j _s 15	55 mm	±0,60 mm	j _s 15
Korkeus Height	10 mm	±0,11 mm	j _s 13	10 mm	±0,06 mm	j _s 12
Leveys Width						
- yleissauva - standard test piece	10 mm	±0,11 mm	j _s 13	10 mm	±0,11 mm	j _s 13
- erikoissauva - reduced section test piece	-	-	-	7,5 mm	±0,11 mm	j _s 13
- erikoissauva - reduced section test piece	-	-	-	5 mm	±0,06 mm	j _s 12
Loven kulma Angle of notch	-	-	-	45°	±2°	-
Koesauvan paksuus loven kohdalla Height below notch	5 mm	±0,09 mm	j _s 13	8 mm	±0,06 mm	j _s 12
Loven pohjan pyöristyssäde Radius of curvature of base of notch	1 mm	±0,07 mm	j _s 12	0,25 mm	±0,025 mm	-
Loven symmetriatason etäisyys koesauvan päästä ²⁾ Distance of plane of symmetry of notch from ends of test piece ²⁾	27,5 mm	±0,42 mm	j _s 15	27,5 mm	±0,42 mm	j _s 15
Loven symmetriatason ja koesauvan pituusakselin välinen kulma Angle between plane of symmetry of notch and longitudinal axis of test piece	90°	±2°	-	90°	±2°	-
Koesauvan pituussuuntaisten vierekkäisten pintojen välinen kulma Angle between adjacent longitudinal faces of test piece	90°	±2°	-	90°	±2°	-

ISO 286-1 mukaan.

Käytettäessä iskuheiluria, jossa on automaattinen koesauvan
keskitys, suositellaan toleranssiksi ±0,165 mm eikä ±0,42 mm.

¹⁾ In accordance with ISO 286-1.

²⁾ For machines with automatic positioning of the test piece, it is
recommended that the tolerance be taken as ±0,165 mm instead
of ±0,42 mm.

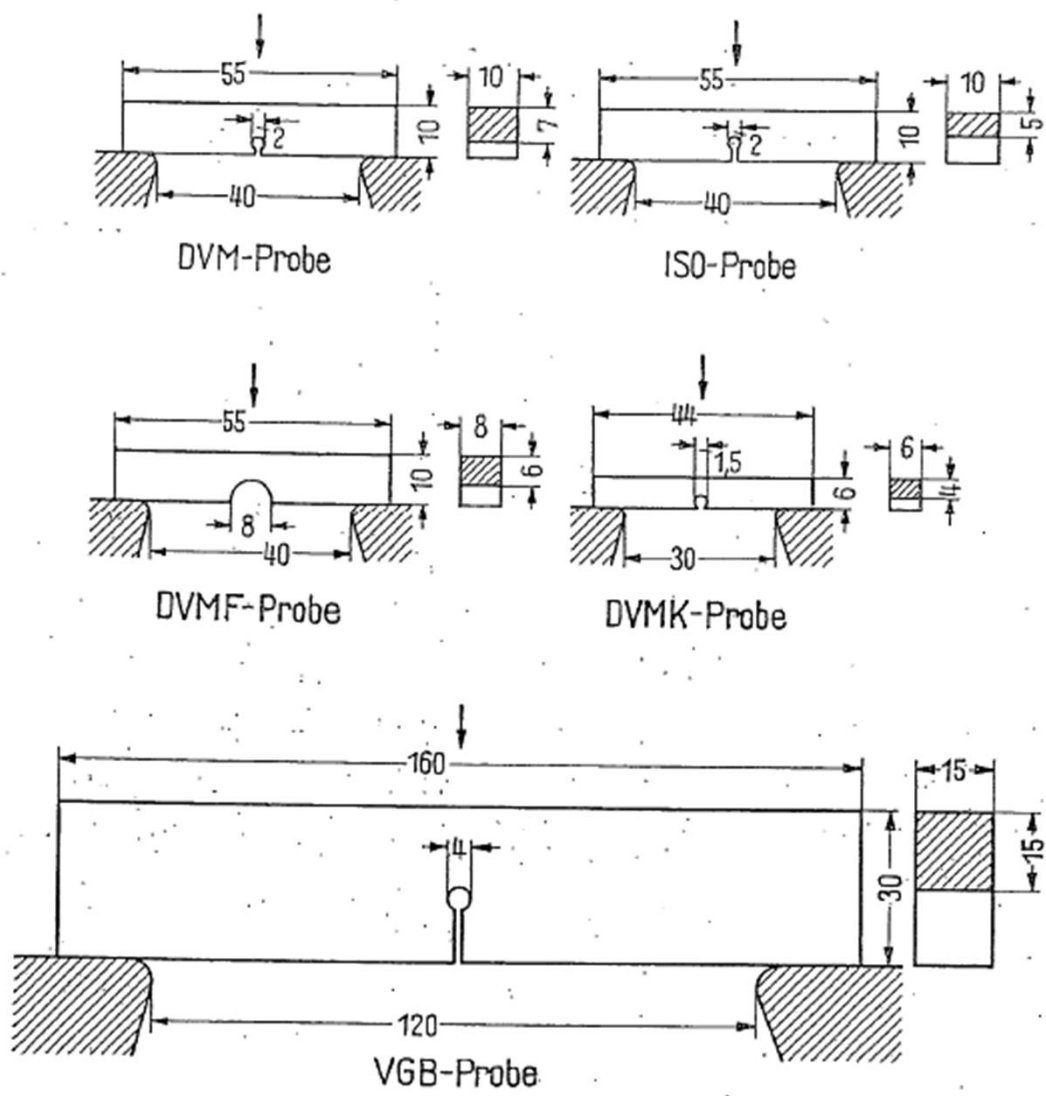


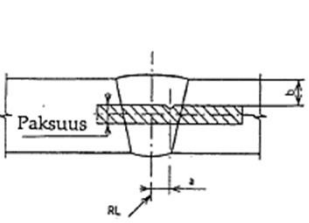
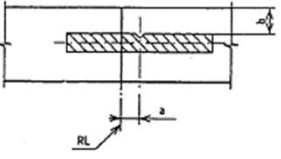
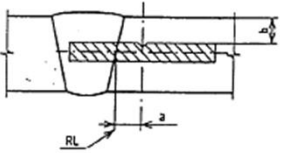
Abb. 74. Kerbschlagbiegeproben nach DIN 50115

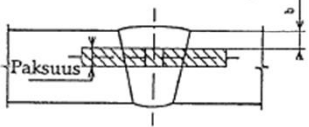
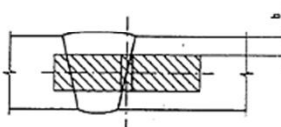
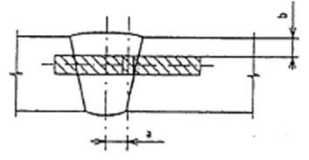
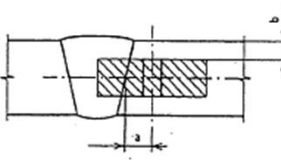
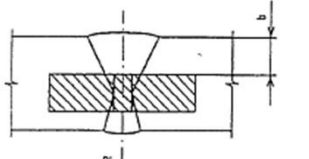
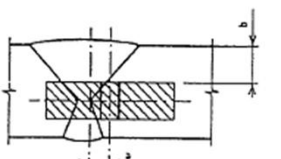
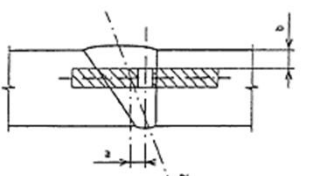
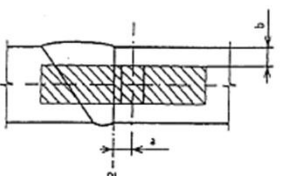
CHARPYN-iskukoe

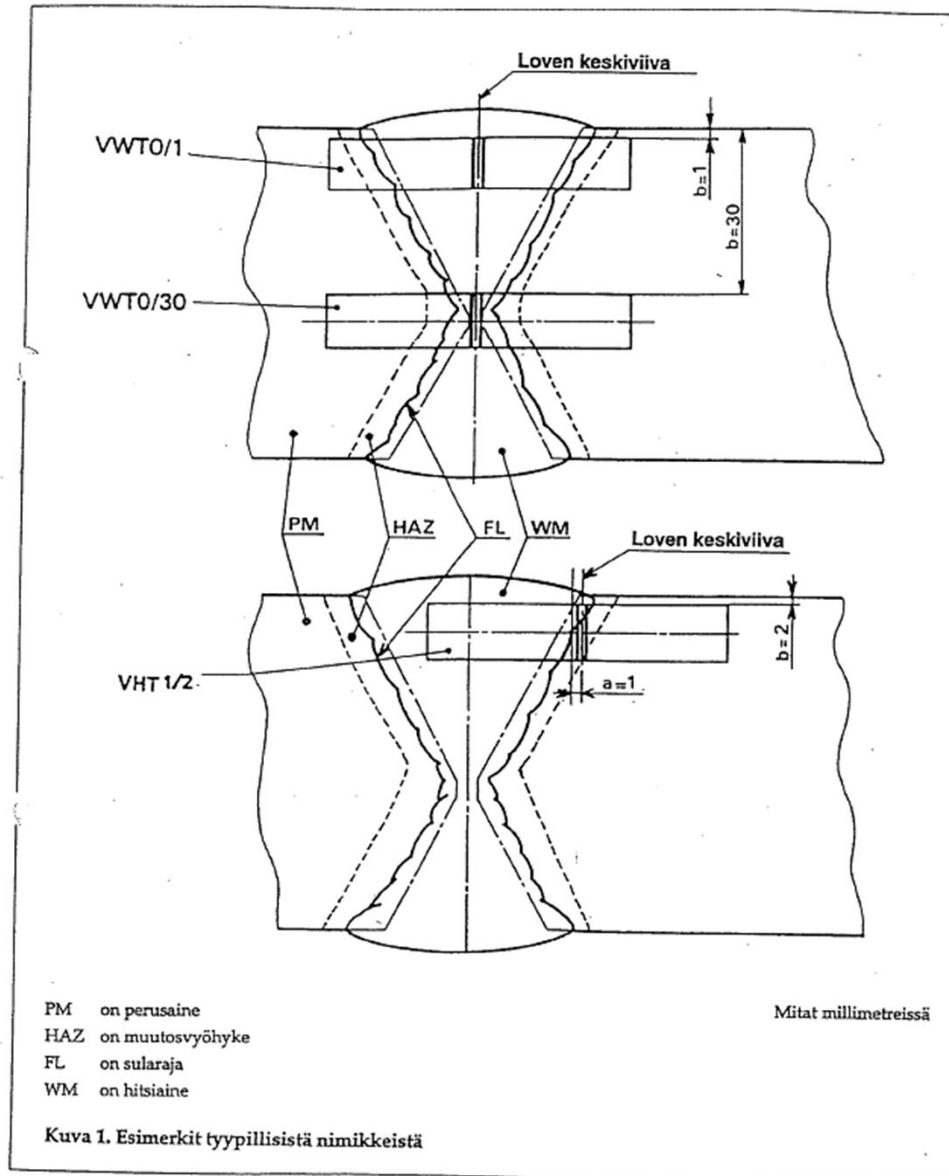
- koesauvan nimikejärjestelmä
 - kirjainosa, jolla kuvataan koesauvan tyyppi ja sijainti sekä loven suunta
 - lukuosa, joka ilmoittaa loven ja vertailuviivan (RL) välisen etäisyyden
 - 1-merkki
 - U: Charpyn U-lovi
 - V: Charpyn V-lovi
 - 2-merkki
 - W: lovi hitsiaineessa, vertailuviiva on hitsin keskiviivalla
 - H: lovi on muutosvyöhykkeellä, vertailuviiva on sularajalla
 - 3-merkki
 - S: lovettu pinta on koekappaleen pinnan kanssa yhdensuuntainen
 - T: lovettu pinta on koekappaleen pintaan nähden kohtisuorassa

CHARPYN-iskukoe

- 4-merkki
 - a: loven keskikohdan ja vertailuviivan välinen etäisyys
- 5-merkki
 - b: koekappaleen hitsin pinnan ja sitä lähinnä olevan koesauvan pinnan välinen etäisyys
- esim. VHT 1/2
 - V-lovi
 - lovi muutosvyöhykkeellä
 - lovettu pintaa vastaan kohtisuorassa
 - loven keskikohdan ja sularajan välinen etäisyys 1 mm
 - koekappaleen hitsin pinnan ja koesauvan pinnan välinen etäisyys 2 mm

Taulukko 1. Lovettu pinta on koekappaleen pinnan kanssa yhdensuuntainen (S asento)			
Nimike	Kuvaus (hitsin keskiviiva)	Nimike	Kuvaus (sularaja)
VWS a/b		VHS a/b (puristushit- saus)	
		VHS a/b (sulahitsaus)	

Taulukko 2. Lovettu pinta on koekappaleen pintaan nähden kohtisuorassa (T asento)			
Nimike	Kuvaus (hitsin keskiviiva)	Nimike	Kuvaus (sularaja)
VWT 0/b		VHT 0/b	
VWT a/b		VHT a/b	
VWT 0/b		VHT a/b	
VWT a/b		VHT a/b	



CHARPYN-iskukoe

- normaalikokeessa käytetään yleissauvaa ja iskuheilurin iskuenergia on 300 ± 10 J
- kokeen tuloksen merkitseminen:
 - loviyppi, iskutyö
 - KU U-lovisauva
 - KV V-lovisauva
 - esim. KV = 121 J (121 KV)
 - iskuenergia 300 J
 - V-loviyleissauva
 - iskutyö 121 J
 - jos iskuenergia $\neq 300$ J tai jos käytetään erikoissauvoja, ensin iskuenergia ja sitten koesauvan leveys
 - esim. KV 150/5 = 83 J
 - iskuenergia 150 J
 - koesauvan leveys 5 mm
 - iskutyö 83 J

CHARPY-iskukoe

- kokeen suoritus
 - koesauva asetetaan tukia vasten siten, että loven symmetriataso on 0,5 mm:n tarkkuudella tukien keskellä
 - lovi asetetaan iskettävään pintaan nähden ”vedon puolelle”
 - huoneenlämpötila 23 +/- 5°C
 - jos tuotestandardi määrää koelämpötilan ilman toleranssia, on toleranssi +/- 2°C
 - muissa lämpötiloissa tulee koesauva sijoittaa jäähdytys-/lämmitysaineeseen riittävän pitkäksi aikaa, esim. 10 min
 - koe tulee tällöin suorittaa 5 sekunnin kuluessa
 - jos koesauva menee (”lentää”) tukien välistä murtumatta, ei iskutyötä voida määrittää (huomautus pöytäkirjaan)

CHARPYN-iskukoe

- testausseleste:
 - viittaas standardeihin EN ISO 9016 ja EN ISO 148-1
 - koesauvan nimike
 - koesauvatyyppi ja sen mitat
 - koesauvan tunnistaminen (teräslaji, sulatusnumero)
 - näytteen suunta ja sijainti (tiedettäessä), piirros tarvittaessa
 - iskuheilurin iskuenergia
 - koelämpötila (°C)
 - iskutyö, KV tai KU (J)
 - havaittujen virheiden tyyppi ja mitat

CHARPYN-iskukoe

- edut:
 - halpa
 - yksinkertainen
 - nopea
 - runsaasti vertailuarvoja kirjallisuudessa
- rajoitukset:
 - pienet koesauvat, sitkeystransitio voi aiheutua myös materiaalin sitkistymisen vuoksi
 - konstruktioiden mitoitukseen vain suuntaa antavana kokeena → instrumentoitu iskukoe (iskuheilurin kärjessä vaikuttava koesauvan jännitystilaan verrannollinen voima mitataan)

IZOD-iskukoe

- vanhin iskukoe (v. 1903)
- periaate:
 - lovettu koesauva
 - koesauva kiinnitetty toisesta päästä
 - heilurivasara iskee vapaaseen päähän taivuttaen sauvan poikki
 - murtumiseen käytetty energia mitataan

SFS-EN ISO 5173:2010

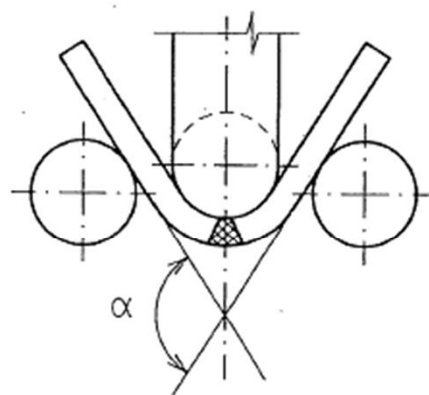
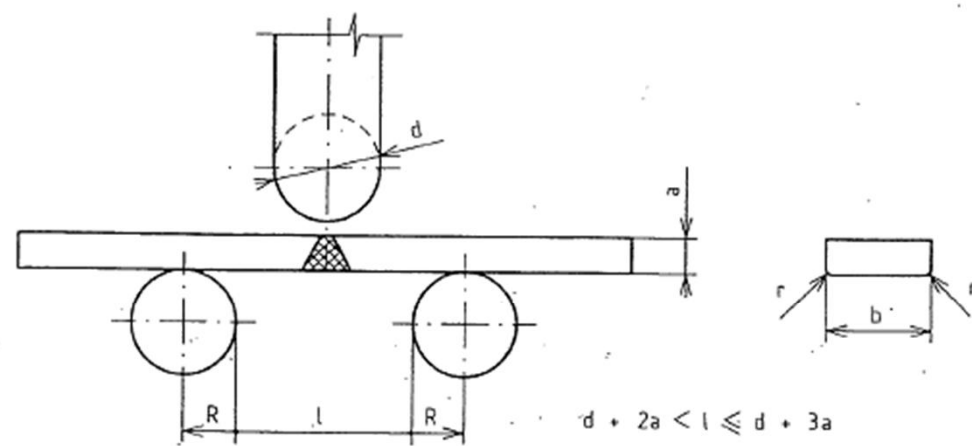
Hitsausliitosten taivutuskoee

- taivutustela
- tukitelat ja niiden väli
- taivutuskulma, yleensä 120°
- mm. FBB, RBB tai SBB

Taulukko 1: Käsitteet ja tunnukset

Tunnus	Käsite	Yksikkö
<i>a</i>	Koesauvan paksuus	mm
<i>b</i>	Koesauvan leveys	mm
<i>b_t</i>	Sularajan ulkopuolelle jäävä leveys	mm
<i>c</i>	Päällehitsin paksuus	mm
<i>D</i>	Putken ulkohalkaisija ¹⁾	mm
<i>d</i>	Taivutustelan halkaisija	mm
<i>l</i>	Tukitelojen väli	mm
<i>L_t</i>	Rullaimen keskipisteen ja hitsin keskikohtaan välinen alkuetäisyys	mm
<i>L_o</i>	Alkumittapituus	mm
<i>L_s</i>	Hitsin enimmäisleveys koneistuksen jälkeen	mm
<i>L_t</i>	Koesauvan kokonaispituus	mm
<i>R</i>	Tukitelojen säde	mm
<i>r</i>	Koesauvan reunojen pyöristyssäde	mm
<i>t</i>	Hitsausliitoksen tai päällehitsin alla olevan perusaineen paksuus	mm
<i>α</i>	Taivutuskulma	°
<i>FBB</i>	Päittäishitsin pintataivutuskoesauva	—
<i>RBB</i>	Päittäishitsin juuritaivutuskoesauva	—
<i>SBB</i>	Päittäishitsin poikittainen sivutaivutuskoesauva	—
<i>FBC</i>	Päällehitsin pintataivutuskoesauva	—
<i>SBC</i>	Päällehitsin sivutaivutuskoesauva	—
<i>FBCB</i>	Päällehitsin, jossa on päittäishitsi, pintataivutuskoesauva	—
<i>SBCB</i>	Päällehitsin, jossa on päittäishitsi, sivutaivutuskoesauva	—

1) Termillä "putki" yksinään tai yhdyssanan osana tarkoitetaan "putkea" tai "onttoa profiilia lukuun ottamatta profiileja, joissa on suorakulmaiset poikkipinnat".

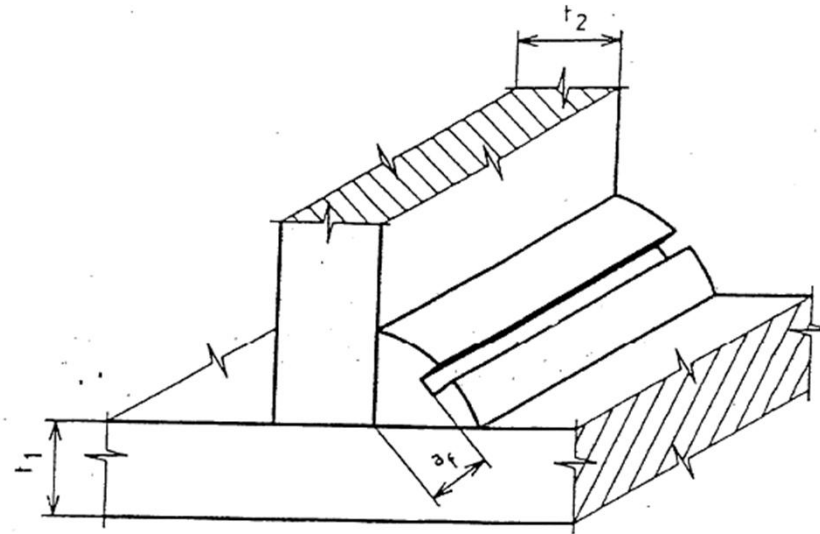


Kuva 3a: Poikittainen pinta- tai juuritaivutusko

Kuva 3: Taivutusko käyttäen taivutintelaa

SFS-EN ISO 9017:2013 Hitsien murtokoe

- Murtokokeen voi suorittaa
 - dynaamisella iskulla
 - puristus- tai taivutuskuormituksella
 - vetokuormituksella
- Lovettu tai ilman lovea oleva koesauva
- Esim. FW / 50 x 10 ja BW / 40 x 20



Kuva 8: Pienahitsin pitkittäislovi
Figure 8: Longitudinal notch in fillet welds

8 Koemenettely

8.1 Päittäishitsit

8.1.1 Yleistä

Murtokokeet voidaan suorittaa:

- dynaamisella iskulla esim. vasaralla (ks. kuva 9a, 9b, 9c)
- puristuskuormituksella ruuvipuristimessa, taivutus-koneessa tai työajapuristimessa (ks. kuvat 9d, 9e, 9f)
- vetokuormituksella (ks. kuva 9g).

Sitkeillä materiaaleilla voi olla hyödyllistä jättää loven ja puristimen leukojen välille vähimmäisetäisyys (ks. kuva 9c).

Muutamat materiaalit saattavat koetta suoritettaessa edellyttää matalan lämpötilan käyttöä murtuman alulle saattamiseksi.

8 Test procedure

8.1 Butt welds

8.1.1 General

Fracture tests may be carried out by:

- dynamic strokes e.g. with a hammer, (see figures 9a, 9b, 9c);
- applying a load by pressing in a vice, bending machine or workshop press (see figures 9d, 9e, 9f);
- applying a load by tension (see figure 9g).

For ductile materials, it should be useful to have a minimum distance between the notch and the jaws of the clamping device (see figure 9c).

For some materials, it may be useful to test at a low temperature to initiate fracture.

8.1.2 Ohuet materiaalit

Ohuen hitsausliitoksen murtaminen voi edellyttää edestakaista taivutusliikettä. Tarve riippuu materiaalin sitkeydestä. Koe suoritetaan painamalla leukoja välissä olevaa koesauvaa loven vierestä. Jos murtumista ei tapahdu, oikaistaan koesauva alkumuotoonsa ja taivutetaan uudestaan.

Taivutuksen sijasta voidaan myös käyttää vetokoetta (ks. kuva 9g). Vasaraniskua ei suositella käytettäväksi ohuiden materiaalien murtokokeessa.

8.1.3 Paksut materiaalit

Paksut materiaalit voidaan murtaa vasaraniskulla.

Taivutuskonetta käytettäessä taivutintelan halkaisija valitaan siten, että murtuma tapahtuu ilman edestakaista taivutusliikettä.

Taivutuksessa käytettävä voima voidaan kohdistaa hittiin nähden joko kohtisuorasti tai poikittain kuvien 9c ... 9f mukaisesti. Alumiinikoetta varten aineenpaksuuden tulee olla vähintään noin 8 mm.

8.2 Pienahitsit

Koemenetelmät ovat vastaavat kuin päittäishitsillä (ks. kohta 8.1) lukuun ottamatta vetokoetta, joka ei ole mahdollinen. Esimerkit esitetään kuvassa 10.

8.1.2 Thin material

For fracturing thin welded joints alternating bending may be necessary. The limit depends on the ductility of the material. It shall be carried out by pressing the test specimen in the jaws close to the notch. If no fracture occurs, straightening and repeated bending shall follow.

Tension testing (see figure 9g) may be also used instead of bending. Striking with a hammer is not recommended for fracture tests on thin materials.

8.1.3 Thick material

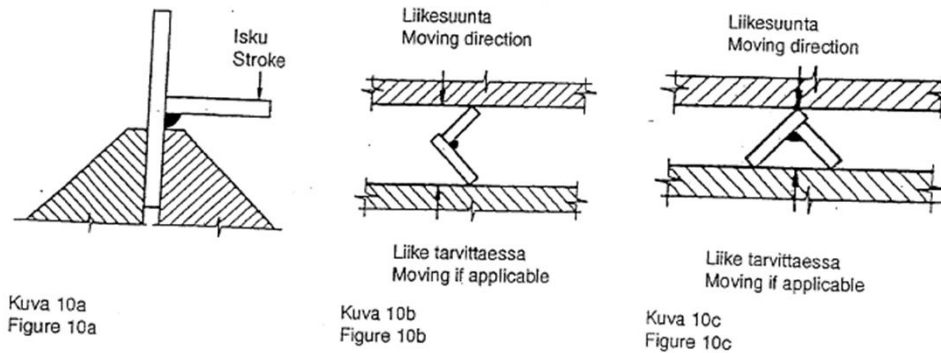
Thicker materials may be fractured by hammer strokes.

When a bending machine is used, the diameter of the former shall be chosen in such a way that the fracture occurs without the need for alternating bending.

Bending may be carried out either with the weld perpendicular or transverse to the direction of applied force according to figures 9c to 9f. The lowest limit for the test for aluminium is approximately 8 mm thickness.

8.2 Fillet welds

Test methods are similar to those for butt welds (see 8.1) except that tension testing is not possible. Examples are given in figure 10.



Kuva 10a
Figure 10a

Kuva 10b
Figure 10b

Kuva 10c
Figure 10c

Kuva 10: Pienahitsien (FW) koemenetelmäesimerkit (lovet kuvien 5 ja 8 mukaan)
Figure 10: Examples of test methods for fillet welds (FW)(notches according to figures 5 and 8)