

Tämä on alkuperäisen artikkelin rinnakkaistallennettu versio.
Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat
saattavat poiketa alkuperäisestä julkaisusta.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Kauppi, T. 2020. Hitsausvirheet Suomen hitsaavassa teollisuudessa vuosina 2017 ja 2018.
Hitsaustekniikka. 72 (3), 4-9.

Hitsausvirheet Suomen hitsaavassa teollisuudessa vuosina 2017 ja 2018

Timo Kauppi

HT-lehden numerossa 1/2018 tarkasteltiin hitsausvirheitä perustuen DEKRA Industrial Oy:n toimittamiin radiografisen tarkastuksen pöytäkirjoihin aikaväliltä 1/2016 – 8/2017. Tässä artikkelissa käydään läpi vuosien 2017 ja 2018 virhetilastot ja niihin liittyvät havainnot.

Hitsausvirheistä

Hitsauksessa on tavoitteena aikaansaada vaatimustenmukainen hitsausliitos mahdollisimman kustannustehokkaasti. Vaatimustenmukaisuus riippuu mm. teollisuussektorista ja hitsattavasta tuotteesta. Sallittuun virhetasoon vaikuttaa ennen muuta rakenteen, tuotteen tai komponentin hitseille määritelty hitsiluokka. Eri hitsiluokissa sallitut virheet on määritelty standardeissa SFS-EN ISO 5817 (Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat) ja SFS-EN ISO 10042 (Hitsaus. Alumiinin ja alumiiniseosten kaarihitsaus. Hitsiluokat).

Näiden standardien tarkoituksena on määrittää mitat tyyppillisille normaalissa tuotannossa esiintyville hitsausvirheille. Standardeja voidaan käyttää laatu järjestelmän

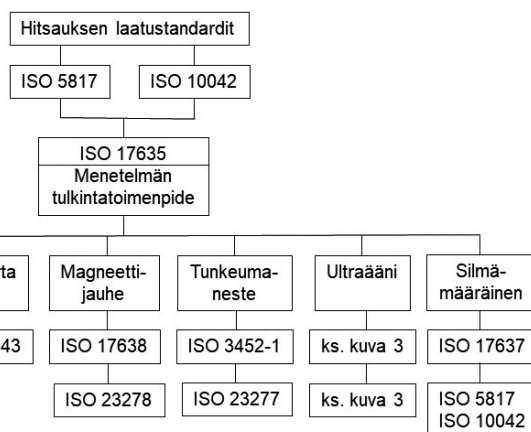
Hitsiluokat perustuen hitsausvirheiden todelliseen kokoon

Yhteys hitsiluokkien ja näyttämien hyväksymisrajojen välillä

NDT-menetelmä

Tarkastustekniikka

Ominaisuudet ja hyväksymisrajat

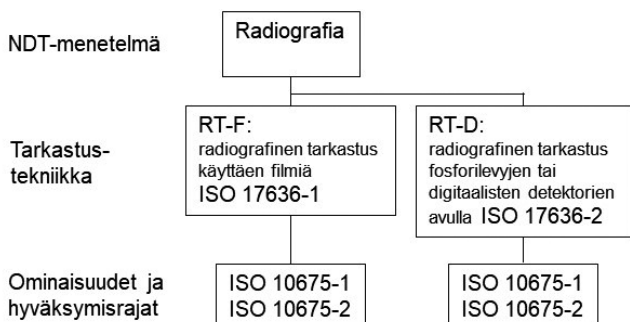


Kuva 1. Rikkomattoman aineenkoetuksen standardien kaavioesitys (SFS-EN ISO 17635:2016, 15).

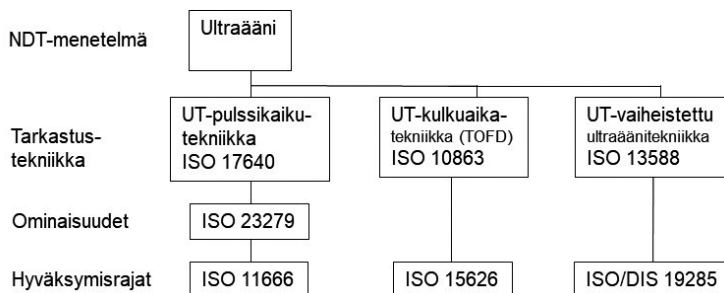
puitteissa hitsausliitosten valmistuksessa. Standardeissa ryhmitellään hitsausvirheet mitoituksellisten arvojen perusteella kolmeen eri hitsiluokkaan. Tarvittava hitsiluokka määritetään sovellusstandardissa tai sen valitsee vastuullinen suunnittelija yhdessä valmistajan, käyttäjän ja/tai muun osapuolen kanssa. Käytettävästä hitsiluokasta päätetään ennen valmistuksen aloittamista, mieluiten jo tarjouspyynnön tai tilauksen yhteydessä.

Standardissa SFS-EN ISO 17635 (Hitsien rikkomaton aineenkoetus. Yleisohjeet metal-

lisille materiaaleille) annetaan yleisohjeet metallisten materiaalien hitsien rikkomattomalle aineenkoetukselle. Viimeisen painos on vahvistettu 23.12.2016. Standardissa annetaan ohjeet hitsien rikkomattomien aineenkoetusmenetelmien valintaan ja tarkastustulosten arviointiin perustuen laatuvaatimuksiin, materiaaliin, hitsin paksuuteen, hitsausprosessiin ja tarkastuslaajuuteen. Kuvissa 1, 2 ja 3 nähdään standardin SFS-EN ISO 17635 kaavioesitys hitsien rikkomattomasta aineenkoetuksesta.



Kuva 2. Radiografiastandardien kaavioesitys (SFS-EN ISO 17635:2016, 15).



Kuva 3. Ultraäänistandardien kaavioesitys (SFS-EN ISO 17635:2016, 16).

Hitsausvirhetilastot 2017 ja 2018

DEKRA Industrial Oy toimitti analysoitavaksi yhteensä 47 068 hitsin radiografisen kuvauksen pöytäkirjatietoja vuosilta 2017 ja 2018 eli lähes 50 000 pöytäkirjaa!. Pöytäkirjadata sisälsi seuraavat tietokentät:

- kuvausmenetelmä
- hitsausprosessi
- perusaine
- liitosmuoto
- railon muoto
- kuvausajankohta
- tarkastusohje
- tarkastustaso
- tarkastuslaajuus
- laatuvaatimus
- kuvat (kpl)
- halkaisija
- aineenpaksuus
- virheet
- hyväksytyt/hylätyt

"Kuvausmenetelmä"-tietokenttä määrittelee sen, onko kuvauksessa käytetty filmiä (RT, RT, ASME), fosforilevyä (CR) vai digitaalipaneelia (DR). Taulukossa 1 on annettu käytettyjen kuvausmenetelmien lukumäärät ja osuudet vuositasolla. Röntgenfilmin osuus on luonnollisesti lähes 100 %. Digitaalisen röntgenkuvauksen osuus tulee kuitenkin todennäköisesti nousemaan, kunhan ennen vuotta 2013 julkaistut tuotestandardit revisoidaan. Tilannetta tarkasteltiin Hitsaus-tekniikka-lehden numerossa (HT 3/2019) julkaistussa artikkelissa "Hitsien rikkomaton aineenkoetus". ASME-standardin mukaisia tarkastuksia tehtiin vuonna 2017 yli kaksi kertaa enemmän kuin 2018.

Tulosten arvioinnissa käytettävät hyväksymiskriteerit riippuvat tuotteesta. Tieto tästä on kirjattu "laatuvaatimus"-tietokenttään, joka määrittelee virheiden hyväksymiskriteereille ja -rajoille käytettävän standardin tai muun asiakirjan. Taulukossa 2 on annettu kuvattujen hitsien arvioinnissa käytettyjen laatuvaatimusasiakirjojen suhteelliset määrät vuosina 2017 ja 2018. Sen mukaan selvästi eniten kuvataan SFS-EN 13480 -standardisarjan mukaisia teollisuusputkistoja. Vuoden 2017 ASME:n mukaisten kuvausten suuri määrä (taulukko 1) näkyy myös siinä, että sen osuus laatuvaatimuksena on yli 14 %. Hitsaajien pätevyyskokeita tehdään edel-

leen kahden standardin mukaisesti (SFS-EN ISO 9606-1 ja SFS-EN 287-1) ja taulukon mukaan kumotun SFS-EN 287-1 osuus kuvatuista pätevyyskoeohjeista on pienentynyt 27,8 – 23,6 % vuodesta 2017 vuoteen 2018.

Kuvausmäärien jakautuminen eri hitsausprosesseille on annettu taulukossa 3. Taulukon mukaan vuonna 2017 lähes kolme neljäsosaa kuvatuista hitseistä on ollut TIG-hitsejä (prosessi nro 141). Toiseksi eniten on kuvattu yhdistelmäprosessilla tehtyjä hitsejä. MAG-hitsien (prosessit nro 135, 136 ja 138) yhteenlaskettu osuus oli n. 7 % molempina tarkasteluvuosina eli se on kolmanneksi kuvatuin hitsausprosessi. Suurin muutos vuositasolla on TIG-hitsien kuvausmäärissä, joka on pudonnut 4.5 % vuonna 2018.

TIG-hitsien kuvausmäärät olivat selvästi suurimpia myös aiemmassa tarkastelussa (HT-lehti 1/2018). Tällöin havaittiin, että lähes kaikki kuvatut TIG-hitsit olivat pieni-

halkaisijaisia putkia. Taulukosta 4 nähdään miten vuonna 2017 ja 2018 kuvattujen TIG-hitsien osuudet vaihtelevat paljon sovelluksesta riippuen. Esimerkiksi standardin SFS-EN 12952-6 (Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 6) mukaan tarkastetuissa vesiputkikattiloissa kuvattujen TIG-hitsien osuus oli 71,4 % vuonna 2017, mutta 2018 vain 24,2 %. Kuvassa 4 on esitetty, miten vesiputkikattiloiden valmistuksessa ja korjauksessa käytettyjen hitsausprosessien kuvausmäärät ovat vaihdelleet. Vuoden 2018 aikana on tarkastettu suunnilleen yhtä paljon TIG-, jauhekaari- ja yhdistelmäprosesseilla (141, 12 ja yhd.) hitsattuja liitoksia. Saman vuoden tarkastuksissa on kuvattu myös paljon (9,8 %) prosessilla 135 (MAG-umpilanka-hitsaus) hitsattuja liitoksia. Jauhekaarihitsauksen osalta vuosittainen vaihtelu voi johtua esim. jostain investointiprojektista, jossa on hitsattu eväputkiseiniä.

Taulukko 1. Eri kuvausmenetelmillä kuvattujen hitsien lukumäärät ja osuudet vuosina 2017 ja 2018.

Kuvausmenetelmä	2017 (kpl)	2018 (kpl)	2017	2018
CR	0	212	0.0 %	0.9 %
DR	525	584	2.2 %	2.6 %
RT	19555	20066	80.7 %	87.8 %
RT ASME	4141	1985	17.1 %	8.7 %
Yhteensä	24221	22847	100 %	100 %

Taulukko 2. Kuvauksissa käytettyjen laatuvaatimusasiakirjojen suhteelliset määrät.

Laatuvaatimus (asiakirja, jossa hyväksymiskriteerit on määritelty)	2017	2018
SFS-EN 13480-5 (Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus)	45.9 %	46.7 %
ASME (IP-152*, ASME Sec. IX, jne.)	14.4 %	4.3 %
SFS-EN ISO 9606-1 (Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset)	8.9 %	9.9 %
SFS-EN 12952-6 (Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 6: Kattilan paineenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä)	8.5 %	6.6 %
SFS-EN 13445-5 (Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 5: Tarkastus ja testaus)	5.9 %	6.8 %
SFS-EN 287-1 (Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset)	3.4 %	3.1 %

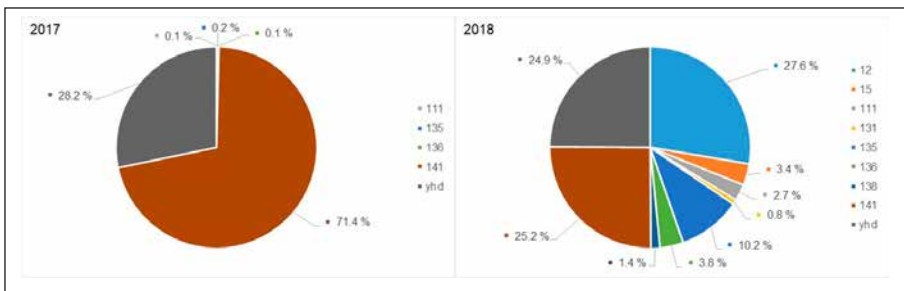
* DEKRA sis. ohje

Taulukko 3. Kuvattujen hitsien lukumäärän jakautuminen hitsausprosesseittain vuosina 2017 ja 2018.

PROSESSI →	12	15	111	131	135	136	138	141	Yhdistelmä
VUOSI ↓	Jauhekaari	Plasma	Puikko	MIG umpil.	MAG umpil.	MAG täytel.	MAG metallit.	TIG	
2017 (kpl)	549	332	1013	89	622	941	120	17898	2657
2018 (kpl)	949	182	1085	63	572	855	99	15862	3180
2017	2.3 %	1.4 %	4.2 %	0.4 %	2.6 %	3.9 %	0.5 %	73.9 %	11.0 %
2018	4.2 %	0.8 %	4.7 %	0.3 %	2.5 %	3.7 %	0.4 %	69.4 %	13.9 %

Taulukko 4. Kuvattujen TIG-hitsien osuudet eri laatuvaatimuksilla.

Laatuvaatimus (asiakirja, jossa hyväksymiskriteerit on määritelty)	2017	2018
SFS-EN 13480-5 (Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus)	92.4 %	86.3 %
ASME (IP-152*, ASME Sec. IX, jne.)	95.8 %	97.4 %
SFS-EN ISO 9606-1 (Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset)	37.3 %	79.4 %
SFS-EN 12952-6 (Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 6)	71.4 %	24.2 %
SFS-EN 13445-5 (Lämmittämättömät painesäiliöt. Osa 5: Tarkastus ja testaus)	25.3 %	60.3 %
SFS-EN 287-1 (Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset)	30.2 %	44.6 %



Kuva 4. Vesiputkikattiloiden radiografisen kuvauksen osuudet hitsausprosessieittäin 2017 ja 2018.

Hitsausvirheet

Taulukoissa 5 ja 6 on annettu vuosina 2017 ja 2018 RT-pöytäkirjoissa raportoitujen virheiden osuudet SFS-EN ISO 6520-1 mukaisella pääryhmäjaolla luokiteltuna. Yhteensä virheitä oli raportoitu 28 582 kpl (13 353 kpl v. 2017 ja 15 229 kpl v. 2018). Tässä yhteydessä on syytä huomata, että kyseessä ovat kaikki raportoivat virheet, eivätkä siis pelkästään sellaiset, jotka ovat johtaneet hitsin hylkäämiseen.

Taulukkojen perusteella huokokset (pääryhmä 2) ovat selvästi eniten esiintyvä hitsausvirhe ja niiden osuus on ollut keskimäärin noin 6 % molempina tarkasteluvuosina. Osasyynä tähän on todennäköisesti se, että volumetrisenä virheenä huokokset ovat helpoiten tunnistettavissa röntgenfilmiltä. Muoto- ja mittavirheiden (pääryhmä 5) osuus on myös suuri. Liittymävirheiden osuuden keskiarvo oli v. 2018 (7,2 %) lähes kaksinkertainen vuoteen 2017 (4,4 %) verrattuna.

Hitsausprosessi näyttää vaikuttavan hyvin paljon erityyppisten hitsausvirheiden osuuksiin. Esimerkkinä huokosten osuus vaihtelee hitsausprosessista riippuen noin 20 %:sta yli 95 %:iin, mikä on valtava ero.

Taulukko 5. Vuoden 2017 RT-pöytäkirjoissa raportoitujen virheiden osuudet eri hitsausprosesseilla.

PROSESSI ↓	VIRHERYHMÄ →	Halkeamat	Huokokset	Sulkeumat	Liittymävirheet	Muoto- ja mittavirheet	Muut virheet
12	Jauhekaari	0.5%	95.5%	1.0%	0.4%	1.7%	0.8%
15	Plasma	0.0%	68.5%	5.6%	4.5%	18.0%	3.4%
111	Puikko	0.3%	59.0%	9.5%	7.0%	20.9%	3.4%
131	MIG/umpil.	0.0%	20.6%	1.4%	0.3%	1.7%	0.2%
135	MAG/umpil.	0.1%	75.1%	4.5%	5.1%	11.8%	3.3%
136	MAG/täytel.	0.6%	59.4%	13.3%	3.7%	16.8%	6.2%
138	MAG/metallit.	0.0%	62.2%	5.9%	6.7%	19.3%	5.9%
141	TIG	0.1%	55.2%	7.7%	4.8%	31.5%	0.7%
X / Y	Yhdistelmä	0.4%	68.9%	9.5%	7.2%	11.7%	2.4%
	Keskiarvo	0.2 %	62.7 %	6.5 %	4.4 %	14.8 %	2.9 %

Taulukko 6. Vuoden 2018 RT-pöytäkirjoissa raportoitujen virheiden osuudet eri hitsausprosesseilla.

PROSESSI ↓	VIRHERYHMÄ →	Halkeamat	Huokokset	Sulkeumat	Liittymävirheet	Muoto- ja mittavirheet	Muut virheet
12	Jauhekaari	0.3 %	62.2 %	4.7 %	10.5 %	20.8 %	1.6 %
15	Plasma	0.0 %	65.4 %	5.5 %	7.1 %	20.5 %	1.6 %
111	Puikko	0.3 %	72.8 %	7.7 %	4.6 %	13.0 %	1.7 %
131	MIG/umpil.	0.0 %	15.5 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.1 %
135	MAG/umpil.	0.0 %	74.5 %	5.5 %	2.2 %	17.6 %	0.3 %
136	MAG/täytel.	0.7 %	41.6 %	5.2 %	21.4 %	26.4 %	4.7 %
138	MAG/metallit.	0.0 %	63.4 %	7.1 %	8.9 %	20.5 %	0.0 %
141	TIG	0.3 %	67.7 %	8.2 %	5.9 %	17.0 %	0.9 %
X / Y	Yhdistelmä	0.7 %	70.9 %	6.8 %	4.5 %	16.8 %	0.3 %
	Keskiarvo	0.3 %	59.3 %	5.7 %	7.2 %	17.0 %	1.2 %

Taulukko 7. Muoto- ja mittavirheiden (SFS-EN ISO 6520-1 pääryhmä 5) osuudet hitsausprosesseittain v. 2018.

VIRHE- KOODI	PROSESSI → SELITE ↓	12		15	111	131	135	136	138	141	Yhdis- telmä
		Kaikki	Jauhe- kaari	Plasma	Puikko	MIG umpil.	MAG umpil.	MAG täytel.	MAG metallit.	TIG	
500	Virheellinen muoto	1.7 %	0.9 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	4.2 %	2.0 %	1.5 %
501	Reunahaava	3.0 %	11.8 %	7.7 %	3.6 %	0.0 %	21.9 %	0.4 %	0.0 %	1.2 %	2.8 %
5011	Jatkuva reunahaava	1.0 %	0.0 %	0.0 %	0.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	8.3 %	1.3 %	0.3 %
5012	Katkonainen reunahaava	15.1 %	10.8 %	3.8 %	7.2 %	0.0 %	15.6 %	2.1 %	4.2 %	16.7 %	13.5 %
5013	Juurenpuoleiset reunahaavat	17.5 %	13.2 %	26.9 %	12.2 %	50.0 %	15.6 %	2.0 %	12.5 %	17.5 %	22.7 %
5014	Palkojenvälinen reunahaava	0.4 %	0.5 %	0.0 %	0.0 %	50.0 %	0.0 %	0.0 %	4.2 %	0.4 %	0.3 %
5015	Paikallinen reunahaava	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.3 %	0.3 %
502	Korkea kupu	4.8 %	4.7 %	0.0 %	20.1 %	0.0 %	0.0 %	0.4 %	0.0 %	4.2 %	3.4 %
504	Korkea juurikupu	14.6 %	7.1 %	3.8 %	18.7 %	0.0 %	10.9 %	1.7 %	33.3 %	14.4 %	19.3 %
5041	Paikallinen korkea juurikupu	2.5 %	8.5 %	0.0 %	5.0 %	0.0 %	3.1 %	0.3 %	0.0 %	1.8 %	1.8 %
505	Jyrkkä liittyminen	5.4 %	0.0 %	11.5 %	10.8 %	0.0 %	14.1 %	0.5 %	0.0 %	4.9 %	7.7 %
5051	Jyrkkä liittymiskulma	0.1 %	0.0 %	0.0 %	1.4 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %
506	Valuma	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
5062	Pohjapalon valuma	0.2 %	0.5 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.2 %	0.3 %
507	Tasomainen sovitusrvirhe	0.2 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %	0.2 %	0.0 %
510	Läpivalunut hitsi	5.1 %	0.0 %	0.0 %	0.7 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	7.8 %	0.0 %
511	Vajaa kupu	3.4 %	0.9 %	3.8 %	4.3 %	0.0 %	3.1 %	0.5 %	4.2 %	3.9 %	1.2 %
514	Epätasainen hitsin pinta	0.1 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.1 %	0.0 %
515	Vajaa juuri	22.7 %	39.6 %	15.4 %	13.7 %	0.0 %	10.9 %	2.9 %	29.2 %	21.8 %	22.4 %
516	Huokoisuus juuressa	1.5 %	1.4 %	26.9 %	1.4 %	0.0 %	4.7 %	0.0 %	0.0 %	1.0 %	1.8 %
517	Uudelleenaloitusvirhe	0.3 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.0 %	0.3 %	0.6 %

Hitsatun rakenteen kestävyys kannalta vaarallisia hitsausvirheitä ovat erityisesti halkeamat, liittämävirheet sekä muoto- ja mittavirheet. Muoto- ja mittavirheiden osuus oli v. 2018 7,2 %, joka on siis lähes kaksinkertainen v. 2017 verrattuna. Taulukossa 7 on annettu raportoitujen muoto- ja mittavirheiden osuudet hitsausprosesseittain. Taulukossa on korostettu punaisella kaikki yli 10 % osuudella olevat virheet. Tarkasteltaessa kaikkien hitsausprosessien yhteenlasketut osuudet (sarake "kaikki") yli 10 % osuuksia on virheillä 515 (vajaa juuri), 5013 (juurenpuoleiset reunahaavat), 5012 (katkonainen reunahaava) ja 504 (korkea juurikupu). Yksittäisistä prosesseista lisäksi virheiden 516 (huokoisuus juuressa, hitsausprosessi 15), 502 (korkea kupu, hitsausprosessi 111) ja 501 (reunahaava, hitsausprosessit 12 ja 135) osuudet ylittävät 10 % arvon. Hitsausprosesseja tarkasteltaessa voidaan todeta seuraavaa:

- vajaa juurta (515) esiintyy erityisesti prosesseissa 12 (jauhekaari) ja 138 (metallitäytelanka- MAG)
- prosessissa 131 (umpilanka-MIG) on havaittu ainoastaan juurenpuoleisia (5013) ja palkojenvälisiä (5014) reunahaavoja
- metallitäytelanka-MAG-hitsauksessa (prosessi 138) korkea juurikupu (504) on tyypillisin muoto- ja mittavirhe

Hitsiluokkastandardissa SFS-EN ISO 5817:2014 muoto- ja mittavirheet luokitellaan pintavirheisiin, joiden kyseessä ollessa luoksepäästävien hitsien yleisesti hyväksytyt tarkastusmenetelmät standardin SFS-EN ISO 17635:2016 (Hitsien rikkomaton aineenkestävyys). Yleisohjeet metallisille materiaaleille mukaan ovat visuaalinen tarkastus (VT), magneettijauhetautitarkastus (MT) tai tunkeumanestarkastus (PT).

Tarkastettujen hitsien hylkäysten osuudet

Taulukossa 8 on annettu tarkastettujen hitsien hylkäysten lukumäärät ja osuudet (hylkäys-%) hitsausprosesseittain. Hylkäysten osuuksissa on yllättävän suuria eroja tarkasteluviikkojen välillä eri hitsausprosesseilla. Varsinkin jauhekaarihitsauksessa (prosessi 12) on valtava ero, jota käsitellään myöhemmin tekstissä. Plasma- ja TIG-hitsausta (prosessit 15 ja 141) pidetään perinteisesti laaduntuottokyvyiltään hyvinä prosesseina, mikä näkyy pieninä hylkäys-% arvoina, luokkaa 1-3% tutkitussa aineistossa.

Seuraavassa tarkastellaan hylkäykseen johtaneiden virheiden esiintymistä hitsausprosesseittain. Tarkasteluun otettiin vain ne prosessit, joiden hitsejä oli hylätty yli 100 kpl eli hitsausprosessit 111 (puikkohitsaus), 136 (jauhetäytelanka-MAG), 141 (TIG) ja usealla

Taulukko 8. Hylättyjen hitsien lukumäärät ja hylkäys-% eri hitsausprosesseilla.

PROSESSI →	12	15	111	131	135	136	138	141	Yhdis- telmä
VUOSI ↓	Jauhe- kaari	Plasma	Puikko	MIG- umpil.	MAG- umpil.	MAG- täytel.	MAG- metallit.	TIG	
2017 (kpl)	14	4	200	20	92	88	17	1044	238
2018 (kpl)	176	17	119	0	21	124	19	1458	175
2017	0.9 %	1.3 %	8.3 %	6.3 %	7.3 %	5.6 %	6.3 %	2.3 %	4.8 %
2018	8.4 %	2.5 %	4.2 %	0.0 %	1.4 %	6.0 %	8.0 %	3.1 %	2.4 %

Taulukko 9. Puikkohitsauksessa (prosessi 111) hylkäyksiin johtaneet virhetyypit päävirheryhmittäin jaoteltuna.

VIRHE	2017 (kpl)	2018 (kpl)	2017	2018
Halkeamat	4	3	1.1 %	1.1 %
Huokoset	200	157	55.6 %	58.8 %
Sulkeumat	25	21	6.9 %	7.9 %
Liittymävirheet	85	48	23.6 %	18.0 %
Muoto- ja mittavirheet	46	32	12.8 %	12.0 %
Muut virheet	0	6	0.0 %	2.2 %
Yhteensä (kaikki virheet)	380	267	100 %	100 %

Taulukko 10. Jauhetäytelanka-MAG-hitsauksessa (prosessi 136) hylkäyksiin johtaneet virhetyypit päävirheryhmittäin jaoteltuna.

VIRHE	2017 (kpl)	2018 (kpl)	2017	2018
Halkeamat	6	3	3.0 %	1.6 %
Huokoset	69	35	34.3 %	18.9 %
Sulkeumat	56	12	27.9 %	6.5 %
Liittymävirheet	35	82	17.4 %	44.3 %
Muoto- ja mittavirheet	18	41	9.0 %	22.2 %
Muut virheet	17	12	8.5 %	6.5 %
Yhteensä (kaikki virheet)	201	185	100 %	100 %

Taulukko 11. TIG hitsauksessa (prosessi 141) hylkäyksiin johtaneet virhetyypit päävirheryhmittäin jaoteltuna.

VIRHE	2017 (kpl)	2018 (kpl)	2017	2018
Halkeamat	8	36	0.4 %	1.6 %
Huokoset	855	1046	46.0 %	47.4 %
Sulkeumat	87	165	4.7 %	7.5 %
Liittymävirheet	461	581	24.8 %	26.3 %
Muoto- ja mittavirheet	444	366	23.9 %	16.6 %
Muut virheet	4	14	0.2 %	0.6 %
Yhteensä (kaikki virheet)	1859	2208	100 %	100 %

prosessilla (yhdistelmä) hitsatut hitsit. Vuoden 2018 jauhekaarihitsit käsitellään erikseen. Taulukoissa virheet on jaoteltu SFS-EN ISO 6520-1 pääryhmien mukaisesti.

Taulukossa 9 on annettu hylkäykseen johtaneiden virheiden osuudet puikkohitsauksessa (prosessi 111) ja sen mukaan erilaiset huokoset ovat aiheuttaneet yli puolet hylkäyksistä molempina vuosina. Liittymävirheiden (401, 402 ja 4011) osuudet olivat v. 2017 23,6 % ja v. 2018 18,4 %.

Taulukossa 10 on annettu eniten hylkäyksiin johtaneiden virheiden osuudet prosessin 136 (täytelanka-MAG) osalta. Vuosien välillä esiintyy suurta vaihtelua. Vuoden 2017 hitseissä on ollut runsaasti sulkeumia (osuus 27,9 %), kun taas v. 2018 liittymävirheet ovat olleet selkeästi eniten hylkäyksiin (osuus 44,3 %) johtanut virhetyppi. Liitty-

mävirheiden vaihtelu eri vuosina on suuri.

Hylätyissä TIG-hitseissä huokosten osuus on 46-47 %, taulukko 11. Liittymävirheiden osuus hylätyissä hitseissä on luokkaa 25-26 % eli hieman suurempi kuin puikkohitsauksessa. Hitsausopetuksen perusoppikirjassa: Juha Lukkari, "Hitsaustekniikka. Perusteet ja kaarihitsaus (2002)" on tarkasteltu hitsien korjauksiin johtaneiden hitsausvirheiden yleisyyttä Antti Nurmisen tekemällä RT-pöytäkirjojen analysoinnilla. Sen mukaan TIG-hitsauksessa (yhteensä 2200 RT-kuvaa) korjaus-% oli 3,2 %, missä liitosvirheiden (401) ja vajaan hitsautumissyvyyden (402) osuus oli jopa 76 % eli selvästi suurempi kuin tässä tutkimuksessa. TIG- ja puikkohitsausprosessien väliset erot olivat Nurmisen mukaan samansuuntaiset kuin tässä tutkimuksessa eli liittymävirhei-

Taulukko 12. Yhdistelmäprosesseilla hitsattujen liitosten hylkäyksiin johtaneet virhetyypit päävirheryhmittäin jaoteltuna.

VIRHE	2017 (kpl)	2018 (kpl)	2017	2018
Halkeamat	1	9	0.3 %	2.4 %
Huokoset	107	149	32.4 %	39.9 %
Sulkeumat	105	60	31.8 %	16.1 %
Liittymävirheet	69	60	20.9 %	16.1 %
Muoto- ja mittavirheet	46	65	13.9 %	17.4 %
Muut virheet	2	30	0.6 %	8.0 %
Yhteensä (kaikki virheet)	330	373		

Taulukko 13. Hitsausprosesseilla 111, 136, 141 ja yhdistelmäprosesseilla hitsattujen liitosten yhteenlasketut hylkäyksiin johtaneet virhetyypit päävirheryhmittäin jaoteltuna.

VIRHE	2017 (kpl)	2018 (kpl)	2017	2018
Halkeamat	19	51	0.7 %	1.7 %
Huokoset	1231	1387	44.8 %	45.7 %
Sulkeumat	273	258	9.9 %	8.5 %
Liittymävirheet	650	771	23.6 %	25.4 %
Muoto- ja mittavirheet	554	504	20.1 %	16.6 %
Muut virheet	23	62	0.8 %	2.0 %
Yhteensä (kaikki virheet)	2750	3033	100 %	100 %

den osuus oli suurempi TIG-hitsauksessa.

Taulukon 12 perusteella huokosten aiheuttamien hylkäysten osuus on pienin, kun hitsaus on usean prosessin yhdistelmänä.

Taulukkoon 13 on yhdistetty taulukoiden 9-12 tiedot ja sen perusteella huokoset ovat olleet syynä lähes puoleen tehdyistä hylkäyksistä. Liittymä-, muoto- ja mittavirheet ovat aiheuttaneet noin 42 % hylkäyksistä ja sulkeumat hieman alle 10 %.

Taulukon 8 mukaan jauhekaarihitsien hylkäys-% vaihteli erittäin paljon tarkasteltuna vuosina ollen v. 2017 vain 0,9 % ja v. 2018 peräti 8,4 %. Taulukosta 14 nähdään, että tasan puolet hylkäyksistä on liittynyt hitsausoperaattoreiden pätevöittämiseen ja loput ovat jakautuneet lähes tasan vesiputkikatiloihin ja teollisuusputkistoihin liittyneisiin hitsauksiin. Jauhekaarihitsauk-

Taulukko 14. Vuoden 2018 jauhekaarihitseissä käytetyt laadunmääritysasiakirjat.

Laatuvaatimus (asiakirja, jossa hyväksymiskriteerit on määritelty)	kpl	osuus
SFS-EN 12952-6 (Vesiputkikattilat ja niihin liittyvät laitteistot. Osa 6: Kattilan paineenalaisten osien valmistuksen aikainen tarkastus, dokumentointi ja merkintä)	26	24.1 %
SFS-EN 13480-5 (Metalliset teollisuusputkistot. Osa 5: Tarkastus ja testaus)	28	25.9 %
SFS-EN 287-1 (Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset)	1	0.9 %
SFS-EN ISO 9606-1 (Hitsaajan pätevyyskoe. Sulahitsaus. Osa 1: Teräkset)	53	49.1 %

Lopuksi

nessa vaaditaan standardin SFS-EN ISO 14732 (Hitsaushenkilöstö. Hitsausoperaattoreiden ja hitsausasettajien pätevyyskokeet. Metallisten materiaalien mekanisoitu ja automatisoitu hitsaus) mukainen hitsausoperaattorin pätevyys, joka sallii standardin SFS-EN ISO 9606-1 koekappaleeseen perustuvan pätevoittämisen. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että todellinen tuotantohitsien hylkäys-% on taulukossa 8 annettua noin puolet pienempi.

Hitsauksen laadunhallinta vaatii erittäin monialaista tietämystä mm. käytettävästä hitsausprosessista, hitsattavasta materiaalista, hitsauksen yhteydessä syntyvistä rasituksista ja hitsausvirheistä. Kansainvälisessä hitsauskoordinaattorikoulutuksessa (IWE, IWT, IWS) käydään kattavasti läpi neljä osa-aluetta hitsaukseen ja sen laadunhallintaan liittyen:

1. Hitsausprosessit ja -laitteet
2. Materiaalien käyttäytyminen hitsauksessa

3. Hitsatun rakenteen suunnittelu
4. Tuotanto ja laatu

Koulutukset antavat kohtuullisen hyvät perustiedot myös hitsausvirheistä ja niiden tarkastamisesta rikkomattomalla aineenkotuksella. Tietämystä voi syventää käymällä IWI-koulutuksen, joka antaa paljon lisätietoa tarkastusmenetelmiin (VT, MT, PT, UT, RT ja ET) liittyen.

Kuten aiemmassa jutussa (HT-lehti 1/2018) todettiin, niin tarve näille hitsausvirheiden tarkasteluille heräsi AEL:n IWE- ja IWI-kursseilla hitsausvirheisiin liittyen käydyistä keskusteluista. Tähän mennessä RT-pöytäkirjojen sisältämän tiedon analysointiin perustuneet kaksi artikkelia eivät ole vielä sisältäneet kovinkaan syvällistä analysointia, mutta sen sijaan arvokasta ja vielä pitkään hyödynnettävissä olevaa perustietoa suomalaisen hitsaavan teollisuuden haasteista tavoiteltaessa ”täydellistä hitsiä”. Jutun kirjoittaja toivookin, että alan yritykset ja hitsausalan kouluttajat pystyvät hyödyntämään tätä tietoa oman toimintansa kehittämisessä.

**Timo Kauppi, IWE, IWI-C
Oulun yliopisto / Lapin ammattikorkeakoulu
timo.a.kauppi@oulu.fi
timo.a.kauppi@lapinamk.fi**

PILAPIIRROS - EERO NYKÄNEN



- HITAUSKOORDINAATTORIN JA PROJEKTIPÄÄLLIKÖN UNEN LAATUA PARANTAVIA TEKIJÖITÄ VERKOSTOITUNEISSA YMPÄRISTÖSSÄ.