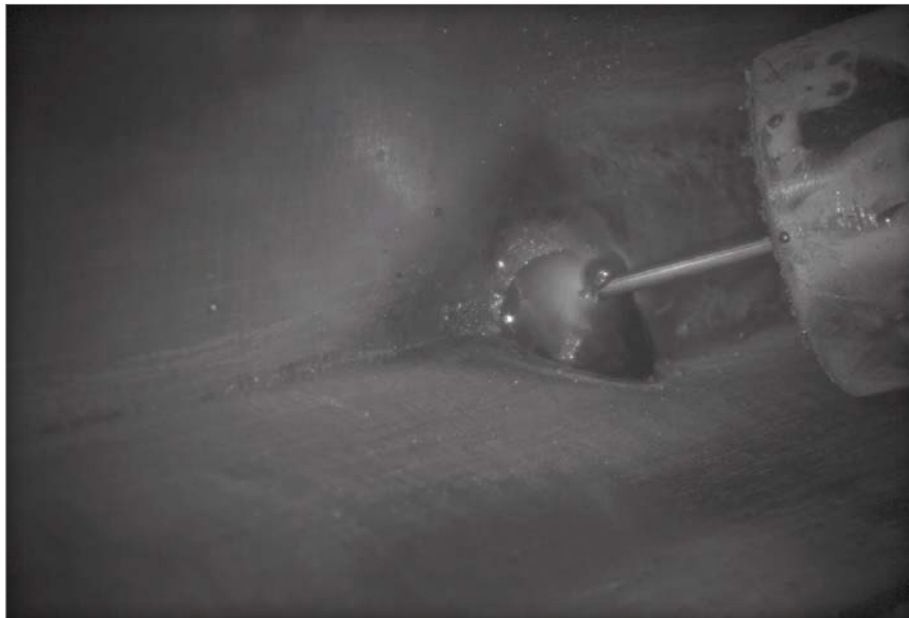


Kun hitsausprosessi tehdään näkyväksi – WeldEye ja Cavitar laadunhallinnan tukena

■ Jarmo Laurikkala ja
Jennamaria Mustajärvi

**Hitsauksen laatu rakentuu useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta, mutta kokemuksella ja hiljaisella tiedolla on siinä merkittävä rooli. Ennen hitsausta hitsaajan on varmistettava esimerkiksi rai-
lon oikea valmistelu, silloitus sekä muut WPS:n mukaiset parametrit. Laadun tarkkailu jatkuu myös hitsauksen aikana ja sen jälkeen, mutta erityisesti hitsauksen aikana hitsaajan on seurattava samanaikaisesti useita laadun kannalta merkittäviä tekijöitä. Kempin WeldEye-järjestelmän ja Cavitar-hitsauskameran yhteiskäytössä hitsaustapahtumaa voidaan tarkastella aiempaa tarkemmin sekä reaaliaikaisesti, että tallenteiden avulla. Tämä helpottaa poikkeamien syiden tunnistamista, hitsausprosessin ymmärtämistä sekä laadunhallinnan ja osaamisen kehittämistä.**



Hitsauksen onnistumisen tunnistaa usein jo itse hitsaustapahtuman aikana. Kokeneet hitsaajat kuulevat valokaaren äänestä sekä "näkevät" valokaaren läpi eli tietävät, milloin kaikki on kohdallaan ja milloin jokin on pielessä. Mutta miten tämä ymmärrys siirretään opiskelijoille, uusille hitsaajille tai saati kokeneille tekijöille silloin, kun virheen juurisyytä ei pystytä tunnistamaan itse hitsaustapahtuman aikana?

Tähän kysymykseen tarttuvat Jarmo Laurikkala ja Jennamaria Mustajärvi Oulun ammattikorkeakoulun Hitsausalan YAMK-opinnoissaan. Heidän opinnäytetyönsä ei tarkastele pelkästään hitsausvirheitä, vaan sitä, miten niiden syntyä voidaan ymmärtää uudella tavalla yhdistämällä kaksi teknologiaa: Cavitar C400H-hitsauskamera, joka tuottaa visuaalista havainnointia ja Kempin WeldEye-järjestelmä, joka tuottaa hitsausdataa. Näiden yhdistelmä avaa näkymän ilmiöihin, jotka ovat perinteisesti jääneet hitsaajalta piiloon.

Tämä artikkeli käynnistää neliosaisen sarjan, jossa lukija pääsee mukaan tutkimusmatkalle hitsauksen näkyvään ja näkymättömään rajapintaan. Sarjan ensimmäinen osa johdattaa aiheen taustaan, tutkimuksen lähtökohtiin ja siihen, miksi hitsausprosessin näkyväksi tekeminen on laadunhallinnan kannalta keskeinen kehityskohde.

Miksi hitsausvirheitä on edelleen vaikea ymmärtää?

Sekä koulutuksessa, että hitsaavassa teollisuudessa kohdataan usein sama ilmiö:

hitsausohjetta (WPS) ei aina tulkita tai hyödynnetä oikein. Vaikka ohje on käytössä niin pätevyyshitsauksissa, kuin tuotannon päivittäisessä työssä, perustuu hitsaaminen usein kokemukseen, eikä hitsausohjetta välttämättä käydä systemaattisesti läpi ennen työn aloittamista. Tällöin parametreista voidaan poiketa huomaamatta ja myös hitsaustekniikka saattaa olla virheellinen.

Keskeinen haaste on, että hitsaaja ei näe, mitä valokaaren aikana todella tapahtuu. Perinteisesti hitsausta tarkastellaankin jälkikäteen – visuaalisesti, murtopinnasta, makrohieestä tai NDT-tulosten perusteella. Usein myös itse hitsausvirheen syntyhetki jää hitsaajalta piiloon. Tällöin syntyneen hitsausvirheen ymmärrys perustuu olettamukseen, ei tietoon ja juuri tähän kohtaan tämä tutkimus pureutuu.

Tämä on samalla laadunhallinnallinen ydinkysymys. Vaikka standardit ohjaavat vaatimustenmukaisuutta ja lopputuloksen arviointia, varsinainen laatu syntyy hitsaustapahtuman aikana. Jos prosessin tapahtumia ei pystytä havainnoimaan, niiden hallinta jää väistämättä osittaiseksi. Tästä syntyy ristiriita, joka toimii koko artikkelisarjan lähtökohtana: Kuinka hyvin hitsauslaatu on todellisuudessa hallinnassa, jos hitsauksen tapahtumia ei nähdä eikä ymmärretä riittävän tarkasti?

Hitsausvirheet eivät synny yhdestä yksittäisestä syystä, vaan useiden tekijöiden yhteisvaikutuksesta. Syntyvät vaikuttavat samanaikaisesti parametrit, hitsaustekniikka, erilaiset materiaalit, olosuhteet sekä ihmisen toiminta. Poik-

keama esimerkiksi hitsausohjeen parametreista ei välttämättä johda suoraan virheeseen, mutta se muuttaa prosessin vakautta ja kasvattaa virheiden syntymisen todennäköisyyttä.

Monet virheiden syntyyn vaikuttavat ilmiöt tapahtuvat valokaaren aikana ja jäävät käytännössä havainnoimatta. Tällöin lopputuloksessa havaittu virhe ei yksiselitteisesti kerro, mistä se on syntynyt.

Tekijät ja käytännön toteutus

Artikkelisarjan taustalla ovat hitsausalan opettajat Jarmo Laurikkala ja Jennamaria Mustajärvi Oulussa sijaitsevasta Koulutuskuntayhtymä OSAO:sta. Molemmilla on vahva tausta käytännön hitsaustyöstä komennustyön merkeissä, opetuksesta ja tuottavasta teollisuudesta. Jarmolla (IWE) on yli 25 vuoden kokemus opetusosalta, sekä ennen opetusalaan tausta yksityisellä sektorilla hitsaajana ja työnjohdossa. Jennamarialla (IWS) on noin 17 vuoden työkokemus hitsausosalta. Kokemusta on kertynyt sekä käytännön hitsaustyöstä, että opetusosalta ja hitsaustyö on kulkenut mukana myös opetustyön rinnalla. Tällä hetkellä hän työskentelee virkavapaan ajan yksityisellä sektorilla Viasor Oy:ssä suunnitteluinsinöörinä. Molemmat tekevät opinäytetyötään työnsä ohella, mikä kytkee tutkimuksen suoraan opetuksen, työelämän ja käytännön laadunhallinnan rajapintaan. Teknisenä tukena ovat huippuosaajat Tomi Piippo Cavitarilta ja Mika Kolsi Kempiltä (Weldeye-järjestelmä). Hitsauksien toteutuksissa olivat suurelta osin kolme OAMK:in AMK-opiskelijaa: Matias Myllylä, Samppa Wathén, Aleks Kurula. Opiskelijat saivat samalla materiaalia oman projekti-harjoittelunsa harjoitustyöhön.

Tekijöiden tausta kytkee artikkelisarjan vahvasti sekä koulutukseen, että teollisuuteen. Samalla se tuo esiin myös OSAO:n roolin hitsausalan osaamisen kehittäjänä. OSAO:ssa kehitetään ja tarjotaan hitsausalan koulutusta, jossa huomioidaan myös nykyaikaiset tuotantoympäristöt, kuten cobotti- ja robottihitsaus.

Työ kytkeytyy myös osaksi VIVA-hanketta, jossa yhtenä tehtävänä on tuottaa visuaalista materiaalia yritysten rekrytointi- ja perehdytyskoulutuksiin sekä ammatillisen

koulutuksen eri tasoille soveltuvaa opetusmateriaalia. Cavitar-hitsauskameran hyödyntäminen ja uudenlaisen opetusmateriaalin tuottaminen ovat osa tätä kehitystyötä. VIVA-hanke toteutetaan viiden oppilaitoksen yhteistyönä (OAMK, Oulun yliopisto, OSAO, Centria ja JEDU). Hankkeeseen pääset tutustumaan lisää skannaamalla oheisen QR-koodin.

Tutkimustyön lähtökohta: Yrityskysely ja todelliset tarpeet

Tutkimustyö ei lähtenyt liikkeelle pelkästä teknologisesta kiinnostuksesta, vaan käytännön tarpeesta. Alueen hitsaajille yrityksille suunnattu kysely toimi tutkimustyön perustana ja rajasi tutkimuksen suunnan. Kyselyn keskeinen viesti oli selkeä: hitsauslaadun vaihtelu tunnistetaan, mutta poikkeamien syntymekanismeja ei pystytä riittävästi havainnollistamaan. Yrityksissä kaivataan konkreettista materiaalia, joka tekee hitsaustapahtumat näkyviksi, eikä pelkästään sitä, miltä lopputulos näyttää. Yrityskyselyn vastauksissa nousi selvästi

esiin tarve visuaaliselle perehdytysmateriaalille (kuva 1).

Sama havainto on tullut vastaan myös tekijöiden omassa työssä jo pitkään. Sekä opetuksessa, että yritys yhteistyössä on toistuvasti nähty, että hitsausvirheet kyllä tunnistetaan lopputuloksesta, mutta niiden syntyprosessia ei pystytä avaamaan riittävän konkreettisesti. Yrityskysely ei siis ainoastaan käynnistänyt tutkimusta, vaan vahvisti käytännön työssä jo tunnistetun tarpeen.

Kyselyn perusteella nousi esiin myös laajempi ilmiö: perehdytyskäytännöt vaihtelevat, mutta videopohjaista ja visuaalisesti havainnollistavaa materiaalia hyödynnetään vähän tai ei lainkaan. Perehdytyskäytetty aika jää myös usein varsin lyhyeksi. Kyselyn perusteella perehdytys painottuu useimmiten puolesta päivästä yhden työpäivän mittaiseksi (kuva 2). Tulokset viittaavat siihen, että visuaaliselle ja reaaliaikaista hitsausprosessia havainnollistavalle perehdytysmateriaalille on selkeä tarve.

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että hitsausprosessin aikaisia ilmiöitä ei ehditä

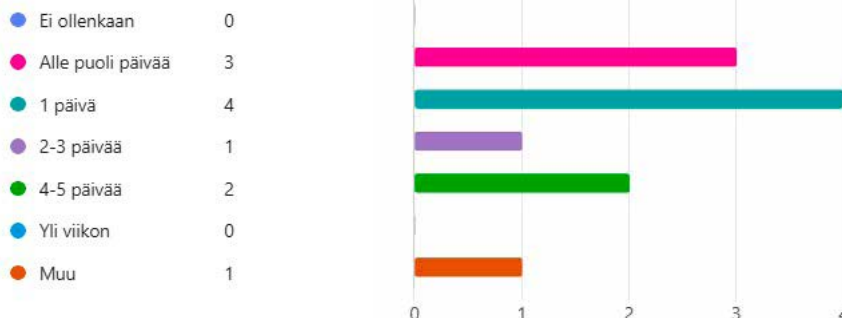
17. Mihin osa-alueisiin kaipaisitte erityisesti perehdytysmateriaalia?

8 Vastaukset

ID ↑	Nimi	Vastaukset
1	anonymous	Hitsausmerkit ja wpsien tulkinta
2	anonymous	Hitsausvirheiden tulkinta.
3	anonymous	Piirustusten luku, palkojen rakentaminen monipalkohitsauksessa, aloitus-/lopetuskohdat
4	anonymous	Ehkä eniten perehdytysmateriaalia kaipaisin WPS:n käyttöön ja käytön valvontaan sekä hitsareille että paikallisille hitsauskoordinaattoreille
5	anonymous	Uuden hitsarin testaaminen ja kun alkutesti on läpäisty, pääsisi hitsari tehtaan perehdytykseen, jonka jälkeen on mahdollista päästä töihin yhtiön palvelukseen.
6	anonymous	Ihan perus hitsaus taitoihin mag 135 ja 136 , sekä teoria tietoa kattavasti mitä hitsaajan on hyvä tietää.
7	anonymous	Hitsaajan Omantuntarkastukseen visuaalisesti.
8	anonymous	Hitsauksen laadunhallinta ja laadun toteutus hitsaajan näkökulmasta.

Kuva 1. Yrityskyselyssä esiin nousseita hitsausalan perehdytysmateriaalin tarpeita.

7. Kuinka paljon käytätte aikaa hitsaajien perehdytykseen? (Valitse yksi sopivin vaihtoehto)



Kuva 2. Hitsaajien perehdytykseen käytetty aika vastaajayrityksissä (n = 11). Perehdytys kestää enemmistöllä puolesta päivästä yhteen työpäivään.



eikä pystytä tarkastelemaan riittävän konkreettisesti. Oppiminen perustuu pitkälti lopputuloksen arviointiin ja kokemukseen, ei hitsausprosessin ymmärtämiseen.

Yrityksissä voidaan usein olettaa, että hitsaaja on valmis tuotantotyöhön käytyään alan tutkintokoulutuksen ja suoritettuaan tarvittavat pätevyyskokeet. Pätevyys osoittaa kuitenkin kyvyn tuottaa hyväksyttävä hitsi tietyissä olosuhteissa, muttei välttämättä valmiutta hallita kaikkia tuotantotilanteissa esiintyviä haasteita.

Työelämässä vastaan tulevat virheet ja niiden syntymekanismit eivät ole kaikille ennestään tuttuja, jos vastaavia tilanteita ei ole kohdattu aiemmin. Tämän vuoksi virheiden tunnistaminen ja erityisesti niiden juurisyiden ymmärtäminen voi jäädä puutteelliseksi. Sama ilmiö koskee myös kokeneita hitsaajia: vaikka perusosaaminen on vahvaa, prosessin vaihtelu ja olosuhteet voivat johtaa tilanteisiin, joissa virheitä syntyy.

Kun hitsausvirheet tehdään hallitusti ja tarkoituksella

Tutkimuksen keskeinen lähtökohta on poikkeuksellinen: hitsausvirheitä ei pyritä välttämään, vaan niitä tuotetaan hallitusti tutkimustarkoituksessa. Lähtökohta ei ole pelkästään tekninen, vaan perustuu myös yrityksille suunnatun kyselyn tuloksiin, joissa korostui tarve ymmärtää nimenomaan arjessa esiintyvien poikkeamien syntymekanismeja.

Tämän lähtökohdan perusteella tutkimus rajattiin kolmeen käytännössä merkittävään poikkeamaan: liian hitaaseen kuljetusnopeuteen, väärään langankohdistukseen ja liian suureen langansyöttöön. Nämä eivät ole teoreettisia ääritapauksia, vaan ilmiöitä, joita esiintyy arjessa ja jotka vaikuttavat suoraan hitsin laatuun.

Poikkeamia tutkittiin kahdessa yleisessä hitsausprosessissa käsinhitsauksena: 135 (MAG-umpilankahitsaus) ja 136 (MAG-täytelankahitsaus). Tutkimus toteutettiin sekä pienahitsauksina (FW), että päittäisliitoshitsauksina (BW), käyttäen asentoina alapienaa (PB) ja pystypienaa (PF), sekä päittäisliitoksissa jalkoasentoa (PA) ja pystyasentoa (PF).

Ennen hitsauskokeiden toteuttamista tutkimustyötä varten rakennettiin Cavitar-hitsauskameralle erillinen kuljetinratkaisu, sillä kamerasen oma kuvauspituus oli liian lyhyt, eikä se olisi yksin riittänyt tutkimuksen tarpeisiin. Kuvattavien hitsien pituus oli 200 mm, mikä edellytti kamerasen hallittua liikuttamista hitsauksen aikana. Kuljetin valmistettiin ruuvikuljetimesta ja potentiometrista, joiden avulla hitsauskameran liikenoisuus voitiin säätää vastaamaan hitsauksen etenemisvauhtia. Kuvaustilanteessa toinen henkilö operoi kuljetusnopeutta hitsauksen aikana, jotta kamerasen liike pysyi tasaisena ja synkronoituna hitsausprosessin kanssa. Tutkimuksessa käytetty hitsausympäristö on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Tutkimuksessa käytetty hitsausympäristö OSAO:n hitsausloossissa. Kuvassa Kemppi Master M358 -hitsauskone, Cavitar C400H -hitsauskamera sekä potentiometrisäätimet.

Työmääräykset rakennettiin Kempin WeldEye-järjestelmään luotun tutkimustyön projektiin, joka mahdollisti hitsausprosessiparametrien tarkan hallinnan ja dokumentoinnin. Projektin työmääräimet sisälsivät hitsausohjeet (WPS) sekä työn toteutukseen liittyvät määräykset. Hitsauksen aikana prosessidata tallentui Kempin WeldEye-järjestelmään samalla, kun hitsaustapahtuma kuvattiin Cavitar C400H -hitsauskameralla. Näin visuaalinen aineisto voitiin yhdistää suoraan hitsauksen aikana tallentuneisiin parametreihin. Tutkimuksessa käytetty WeldEye-projektinäkymä on esitetty kuvassa 4.

Tämän tutkimusasetelman tavoitteena oli tehdä näkyväksi sellaisia hitsausprosessin ilmiöitä, jotka jäivät normaalisti hitsaajalta havainnoimatta. Kuvantaminen hitsauskameralla tuo esiin aineensiiirtymisen, sulan muodon ja hitsaustekniikan vaikutuksen hitsausvirheiden syntyhetkellä. Yhdessä kuva ja data

muodostavat poikkeuksellisen näkymän hitsauksen "mustaan laatikkoon".

Tutkimuksessa tavoitteena ei ollut tarkastella yksittäistä onnistunutta tai epäonnistunutta hitsiä, vaan tunnistaa toistuvia ilmiöitä erilaisissa poikkeamatilanteissa. Hitsauspoikkeamia tuottivat sekä opiskelijat, että tekijät itse (Jarmo Laurikkala ja Jennamaria Mustajärvi), kaikki samoilla työmääräyksillä. Näin aineistoon saatiin vaihtelua, ja havainnot vastaavat paremmin todellista tuotantotilannetta.

Kuvissa 5 ja 6 nähdään tutkimuksessa käytetty hitsaustilanne, jossa Jarmo Laurikkala valmistaa hitsausnäytteitä Jennamaria Mustajärven seurassa WeldEye-järjestelmää ja säätää potentiometrin avulla hitsauskameran kuljetinratkaisun liikenoisuus hitsauksen etenemisen mukaan. Tutkimuksessa valmistettuja hitsausnäytteitä on esitetty kuvassa 7. Valmistetut hitsausnäytteet tarkastettiin visuaalisesti (VT), pienahitsien osalta lisäksi murtokokein ja päittäisliitosten osalta radiografisesti.



Kuva 5. Jarmo Laurikkala hitsaamassa tutkimuksessa käytettyjä hitsausnäytteitä.

PROJEKTI: CAVITARWELDEYE - HITSAUSPOIKKEAMAIN TUTKIMUS

WeldEye

UUSI OULU

Jennamaria Mustajärvi

Projekti: Cavitär/WeldEye - Hitsauspoikkeamain tutkimus

Työmaarakimet

Kaikki dokumentit

Projektin muistio

WeldEye

Hitsauslogot

Materiaalit

Aika- ja

LOVITY: 26 TYÖMÄÄRÄIMEN NÄYTTÄMÄN 20

HYÖTÖN PITUUS YHTÄNÄÄ 0 mm

TYÖMÄÄRÄIMEN TILA

UUSI OULU

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

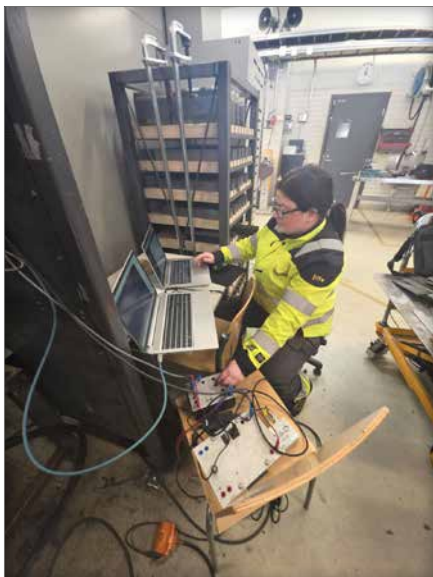
Valitse

Valitse

Valitse

Valitse

Valitse



Kuva 6. Jennamaria Mustajärvi säätää potentiometriä ja seuraa WeldEye-järjestelmää Jarmo Laurikkalan hitsatessa.



Kuva 7. Tutkimuksessa tuotettuja hitsausnäytteitä eri poikkeamatilanteista.

Data ja kuva – uusi kieli ymmärtämiselle

Kun visuaalinen havainto ja prosessidata yhdistetään, hitsausta voidaan tarkastella tavalla, joka ei perustu pelkkään kokemukseen. Valokaaren käyttäytyminen, aineensiirto ja sulan liike voidaan kytkeä suoraan mitattuihin parametriin. Tällöin esimerkiksi väärä langankohdistus ei ole enää pelkkä lopputuloksessa näkyvä virhe, vaan ilmiö, jonka synty voidaan nähdä reaaliaikaisesti.

Tämä muuttaa myös oppimisen ja opetuksen luonnetta. Perinteinen hitsausopetus nojaa pitkälti kokemukseen, opettajan näyttämään hitsausesimerkkiin opiskelija kerrallaan, sekä sanalliseen ohjaukseen. Cavitär-hitsauskameran visuaalisen havainnon ja Kempin WeldEyen hitsausdatan avulla opiskelija ei opettele ainoastaan oikeita arvoja tai työstötekniikkaa, vaan ymmärtää miksi tietyt parametrit ja liikeradat vaikuttavat hitsin laatuun. Opettaja voi puolestaan osoittaa virheen syntymisen vaihe vaiheelta isollekin opiskelijamäärälle kerralla, eikä vain arvioida valmista hitsiä. Kyse ei ole vain havainnollistamisesta, vaan syy-seuraussuhteiden näkyväksi tekemisestä.

Yrityksissä sama tieto tukee laadunhallintaa, perehdytystä ja osaamisen kehittämistä konkreettisten havaintojen avulla pelkkien ohjearvojen sijaan. Kun hitsaustapahtuma ja prosessidata voidaan tarkastella rinnakkain, poikkeamien juurisyiden tunnistaminen helpottuu ja hitsausohjeiden mukaista toimintaa voidaan arvioida aiempaa tarkemmin. Samalla yritykset saavat uuden työkalun hiljaisen tiedon näkyväksi tekemiseen ja osaamisen siirtämiseen kokeneilta hitsaajilta uusille tekijöille.

Yhteys teollisuuteen ja käytäntöön

Kyselyyn vastanneista yrityksistä osa ilmaisi kiinnostuksensa päästä mukaan kehitystyöhön ja hyödyntämään syntyvää materiaalia. Tavoitteena on viedä tutkimusta käytäntöön yritysten kanssa toteutettavien case-tarkastelujen kautta. Näin voidaan arvioida, miten samat ilmiöt näkyvät todellisessa tuotannossa ja miten niitä voidaan hyödyntää laadunhallinnassa, perehdytyksessä ja osaamisen kehittämisessä.

Yritykset eivät siis ole mukana vain taustalla, vaan ne toimivat tärkeänä peilipintana sille, miten tutkimuksessa tuotettu tieto voidaan siirtää käytännön laadunhallintaan, perehdytykseen ja osaamisen kehittämiseen. Tämä vahvistaa myös opinäytetyön työelämälähtöistä luonnetta, jossa tavoitteena ei ole ainoastaan kuvata ilmiöitä, vaan tuottaa sellaista tietoa ja materiaalia, jolle on suoraa käyttöä yritysten arjessa.

Oppiminen ei jää pöytälaatikkoon

Yksi työn keskeisistä tavoitteista on varmistaa, että tulokset eivät jää pöytälaatikkoon. Poikkeamien synnystä tuotetaan visuaalista oppimateriaalia, jossa yhdistyvät hitsausdata, videokuva hitsaustapahtumasta, selitykset virheen syntymekanismista ja ohjeet virheiden välttämiseen.

Artikkelisarjan myöhemmässä vaiheessa lukijoille avataan QR-koodien kautta mahdollisuus tutustua tutkimuksessa tuotettuihin materiaaleihin. Tavoitteena on, että sisältö tukee opetusta, lisä- ja täydennyskoulutusta sekä itsenäistä oppimista ammatillisen koulutuksen eri tasoilla. Tutkimuksessa syntyneitä materiaaleja voi-

daan hyödyntää myös yritysten rekrytointi- ja perehdytyskoulutuksissa. Tutkimustyö ei myöskään rajoitu käsinhitsaukseen, vaan sitä jatketaan OSAO:n robotti- ja cobotti-hitsauksen ympäristöissä.

Mitä seuraavaksi?

Hitsaus ei ole enää pelkkää “mustaa magi-aa” tai kokemuksen varassa opittavaa käsi-työtä. Kun valokaari saadaan näkyväksi ja data mitattavaksi, syntyy uusi tapa ymmärtää, opettaa ja kehittää hitsauksen laatua.

Hitsaus on vaativa käsityöammatti, jossa ammattilypeys on vahvaa. Tässä tutkimuksessa tarkastellut poikkeamat eivät liity yksittäisten hitsaajien osaamiseen, vaan käytännön hitsaustyössä esiintyvien ilmiöiden ymmärtämiseen laadunhallinnan, perehdytyksen ja oppimisen näkökulmasta.

Tämän artikkelisarjan ytimessä ei ole vain kysymys siitä, millaisia virheitä hitsiin syntyy, vaan ennen kaikkea siitä, miten niiden synty voidaan tehdä näkyväksi ja ymmärrettäväksi. Samalla kyse on sekä laadunhallinnasta, että osaamisen kehittämisestä.

Lopulta ajatus on yksinkertainen, mutta merkittävä: laatu ei synny tarkastuksessa, vaan hitsauksessa. Tämä artikkelisarja kut-suu sinut katsomaan hitsausta tavalla, jota et todennäköisesti ole aiemmin nähnyt.

Jarmo Laurikkala
Lehtori, IWE
Koulutuskuntayhtymä OSAO
jarmo.laurikkala@osaso.fi

Jennamaria Mustajärvi
Lehtori, IWS (virkavapaalla OSAO:lta)
Suunnitteluinsinööri, Viasor Oy
jarmo.laurikkala@osaso.fi