

 HITOKSEEN –PROJEKTI, TIETOPAKETTI

HITSAUSTUOTANNON TEHOSTAMINEN JA LEAN

HITsaus OsaKSi Etelä-Karjalan Elinvoimaa ja Näkyvyyttä



Euroopan unionin
osarahoittama

 HITOKSEEN –projekti, Tietopaketti

SISÄLTÖ

- » Hitsauskustannuksiin vaikuttavat tekijät ja tuotannon tehostaminen
- » LEAN metodologia ja muut tuotannon tehostamisen työkalut



Euroopan unionin
osarahoittama



HITSAUSKUSTANNUKSIIN VAIKUTTAVAT TEKIJÄT JA TUOTANNON TEHOSTAMINEN

» Kuinka vaikuttaa hitsauskustannuksiin ja kuinka pienentää niitä?



Euroopan unionin
osarahoittama

TUOTANNON TEHOSTAMINEN

- » Hitsauksen tehostamisen menetelmät
 - » Kaariajan kasvattaminen
 - » Hitsiaineentuoton kasvattaminen
 - » Vaadittavan hitsiaineen vähentäminen
 - » Laadun optimointi
 - » Tuotannon pullonkauloihin keskittyminen!
- » Kymmenen eri tapaa parantaa tuotannon tehokkuutta (jotka kuvattu yllä)
 1. Hitsausprosessi, lisäaineet ja laitteet
 2. Hitsauksen esivalmistelut ja jälkityöstö
 3. Hitsin koko, muoto ja liitostyyppi
 4. DFMA ja yhteistyö suunnittelun ja tuotannon välillä
 5. Hitsausautomaatio, anturointi ja adaptiivisuus
 6. Materiaalin hallinta ja paikoitus (kiinnikkeet, jigit, silloitus)
 7. Layout, materiaalin virtaus ja materiaalin hallinta
 8. Laadunhallinta
 9. Verkostot ja erikoistuminen
 10. Ergonomia, turvallisuus ja ammattitaito



**Euroopan unionin
osarahoittama**



1. HITSAUSPROSESSI, LISÄAINEET JA LAITTEET

» Hitsausprosessivariaatiot ja niiden tehostamismenetelmät voivat vaikuttaa seuraaviin:

- » Kaariajan nostaminen
- » Hitsiaineen tuoton kasvattaminen
- » Hitsiaineen tarve
- » Laadun parantaminen

» Lisäaineet

- » Parantaa muotoa, tunkeumaa, ominaisuuksia tai metallurgiaa:
 - Suojakaasut
 - Lämmöntuonti
 - Jauheet
 - Puhdistus ja puhtaus

» Hitsauslaitteet

- » Ennakoiva huolto
- » Hyödynnä erikoisprosesseja ja modifioituja prosesseja (CMT, WISE penetration etc.)
 - Asentohitsaus, ahtaat paikat, roiskeettomuus
- » Mittaus ja dokumentointi (Laadunhallintatyökalut, esim. WeldEye, Weld Cube, Xnet...)

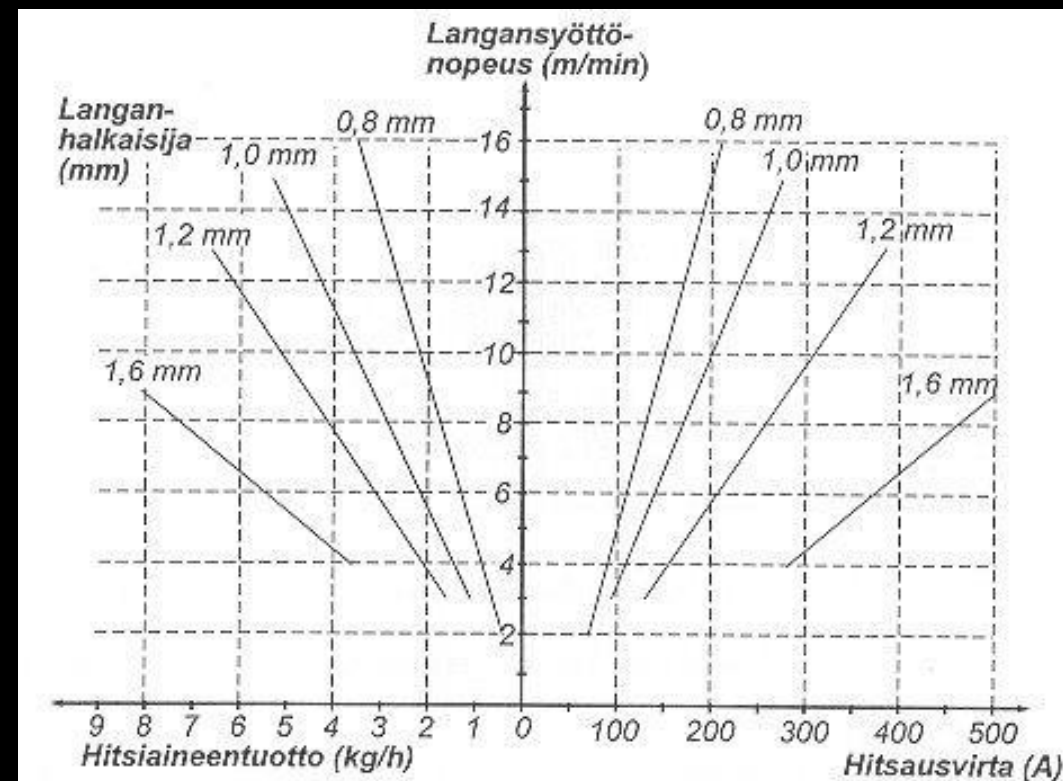
Hitsausprosessi/mechanisointiaste	Kaariaikasuhte %
Käsinhitsaus	
- puikkohitsaus	10...25
- mig/mag-hitsaus	20...35
Mekanisoitu hitsaus	
- jauhekaari	40 – 70
- muut kaarihitsausprosessit	50 – 80
Hitsausautomaatit	70...100
Robottihitsaus	
- perinteiset robottiasemat	50...70
- etäohjelmoitavat tms. robottiasemat	70...90



1. HITSAUSPROSESSI, LISÄAINEET JA LAITTEET

» Prosessin tehostaminen

- » MIG/MAG (hitsiaineen tuotto: käsin 3-4 kg/h, automatisoidusti 7-8 kg/h up to >10)
 - Useat langat (jopa 20-30kg/h)
 - Tandem, Twin, 3 wire...
 - Suuren virran prosessit
 - TIME, Rapid arc/melt...
 - Hitsauslangan vaihtaminen
 - Täytelangat
 - Nauhat
 - Modifioidut kaari prosessit
 - Hitsisulan hallinta, Lämmöntuonnin vähentäminen, roiskeiden vähentäminen, pinnoitus
 - Pulssi sekä muut kaarenhallintaan liittyvät (CMT, Wise penetration/fusion...)
 - Kaarijuotto
 - Suojakaasun valinta
 - CO₂, He, H, N materiaalista riippuen





1. HITSAUSPROSESSI, LISÄAINEET JA LAITTEET

» Prosessin tehostaminen

» TIG

- Lisäainelanka
 - Hot wire, TOPTIG, TIPTIG
 - 2-elektrodinen
- Prosessi modifikaatiot
 - HF-TIG
 - Pulssi/AC TIG
 - Tuplakaasu TIG
- Suuri virta
 - Keyhole (I-railo 5-6mm, jopa 12 mm riippuen materiaalista)
 - A-TIG
 - K-TIG
- Suojakaasuvariaatiot
- Kapearailo





1. HITSAUSPROSESSI, LISÄAINEET JA LAITTEET

» Prosessin tehostaminen

» SAW (10-15 kg/h)

- Lisäainelangat (Hitsiaineen tuotto: 2-lanka 20-30 kg/h, 3-lanka 40-50 kg/h jne...)
 - Tandem, twin tandem, monilanka, kylmä/kuumalangat
 - Täytelangat
 - Nauha
- Kaarityyppi
 - DC+
 - DC-(tuottavuus kasvaa-tunkeuma pienenee)
 - AC kompromissi
- Pitkä vapaalanka (~50...150 mm -> +20-60% lisää hitsiaineen tuottoa)
- Rautajauhe (+20-60% hitsiaineen tuottoa)
- Kapearailo
- Lisäainelangan halkaisija
 - Pieni halkaisija->Suurempi energiatiheys->Suurempi tuotto (samalla virralla)
 - 2mm/600A=11kg/h, 2.5mm/600A=9kg/h

» Plasmahitsaus

- Sulatus(<3mm levyt, ei yleensä käytetä)
- Keyhole (3-8mm teräksellä, Al 16mm, Ti 17mm)
- Jauheplasma (MIG/MAG korvaaminen)





1. HITSAUSPROSESSI, LISÄAINEET JA LAITTEET

» Prosessin tehostaminen

» Sädeprosessit

- Laser (tunkeuma ja hitsausnopeus, kuva->)
- EBW (Electron Beam Welding)

» Hybridi

- MIG/MAG/TIG/SAW/Plasma+laser
- MIG/MAG+Plasma
- jne...

» Muut prosessit korvaamaan perinteisempiä:

- Kitka ja kitkatappi
- Räjäytyshitsaus
- Ultraäänihitsaus
- Vastushitsaus
- Tapitushitsaus
- Diffuusiohitsaus
- Termiittihitsaus
- Kuonahitsaus
- Leimuhitsaus
- ...

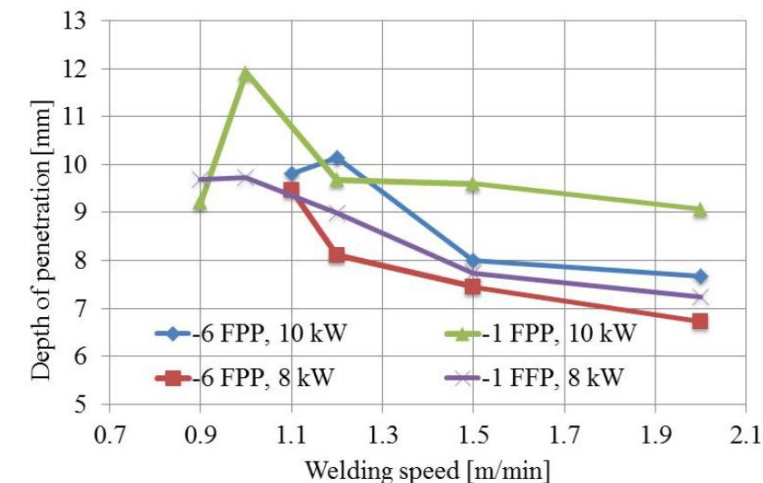
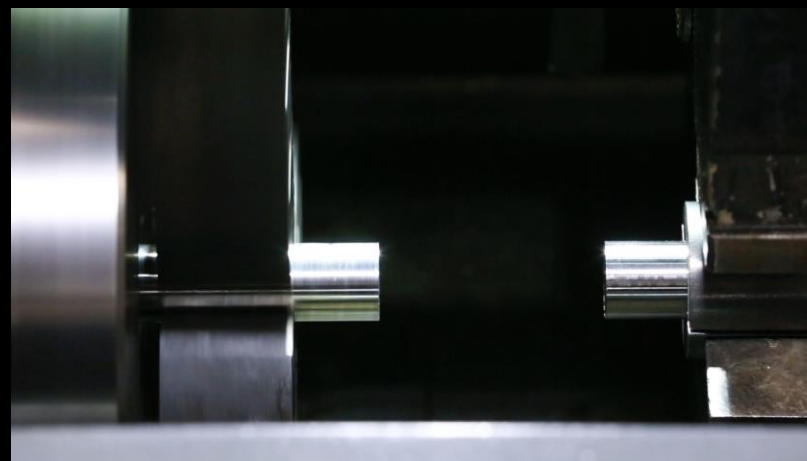


FIG.3. Depth of penetration dependence on welding speed under different laser power and focal point position (FPP).

Salminen, A., Baskutis, S., & Petronis, E. (2017). Influence of welding modes on weldability of structural steel lap joints in laser welding. *Journal of Laser Applications*, 29(2)



2. ESI- JA JÄLKIKÄSITTELYT

- » Esikäsittely
 - » Materiaalin merkkkaus!
 - » Puhtaus ja varastointi, selkeä järjestely
- » Leikkaus ja railonvalmistus
 - » Riittävä laatu ja mittatarkkuus, jotta hitsaus onnistuu ongelmitta
 - » Puhtaus
- » Esilämmitys
 - » Laske ja varmenna kokeellisesti, esilämmitä vain jos pakollista
 - » Materiaalivalinta
- » Jälkikäsittely
 - » Rälläkän ei kuulu laulaa, pyri selvittämään juurisyy miksi tarvitaan
- » Jälkilämpökäsittelyt
 - » Laske ja varmenna kokeellisesti, esilämmitä vain jos pakollista
 - » Materiaalivalinta
- » Pinnan käsittely
 - » Onko maalaus tai muu pakollista?
 - » Vaatiiko esikäsittelyä ennen pintakäsittelyä?



**Euroopan unionin
osarahoittama**

3. HITSIN KOKO, MUOTO JA LIITOSTYYPPI

»» Liitosmuoto

- »» Yksinkertaistettu konstruktio
- »» Suosi pienaliitoksia, riippuen vaatimuksista ja käytössä olevista prosesseista
- »» Rakenteellisen juurituet

»» Railomuoto

- »» Vaadittavan hitsiaineen vähentäminen
 - I-railo, kapea railo, ym
- »» Vähennä railokulmia ja dimensioita
- »» Hitsaus yhdeltä puolelta ilman kappaleen kääntöä
- »» Hyödynnä levyn taivutusta hitsauksen sijaan

»» -> Jatkuu



Euroopan unionin
osarahoittama

3. HITSIN KOKO, MUOTO JA LIITOSTYYPPI

» Muodonmuutokset

- » Hitsausasennot
- » Materiaali ja materiaalipaksuus
- » Vaadittujen hitsipalkojen määrä ja a-mitta
- » Hitsausprosessi ja lämmöntuonti
- » Hitsauksen suoritustapa ja hitsausjärjestys, esim. yhtä aikaa laipan molemmin puolin
- » Kiinnittimet ja jigit
- » Silloitukset

» Laatu

- » Hitsin laatuluokan valinta ja laadun optimointi
- » Laatutarkastusten määrä ja tarpeellisuus (esim. Kriittisimmät kohdat)
- » **Yleensä suurin osa kustannuksista tehdään suunnitteluvaiheessa!**

» ->Jatkuu



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Euroopan unionin
osarahoittama



3. HITSIN KOKO, MUOTO JA LIITOSTYYPPI

➤ Hitsien tilavuuden perusteella määritetyt
hitsiainemäärät(kg/m) erilaisille a-mitoille.
Päittäisliitoksissa huomioitu hitsin
poikittaiskutistuminen

➤ Materiaalipaksuudet vs materiaalin lujuus

a- mitta	Poikkipinta- ala	%-lisä edelliseen
3	9	0
4	16	44
5	25	36
6	36	31
7	49	27

V-hiitit

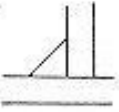
Al- neen paksu- uus mm	Ilma- rako mm	50° Jalko			60° Jalko			70° Pysty			80° Laki			60° Vaaka		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
4	1	11,5	11	0,09	13	12,5	0,10	15	16,5	0,13	17,5	18	0,14	13	14,5	0,11
5	1	16,5	16	0,13	19,5	19	0,15	22,5	24,5	0,19	26	28	0,22	19,5	21	0,16
6	1	23	21,5	0,17	27	25,5	0,20	31	37	0,29	36	38,5	0,30	27	30	0,24
7	1,5	33,5	32,5	0,26	39	36	0,30	45	49	0,36	51,5	56	0,44	39	42	0,33
8	1,5	42	40	0,31	49	46,5	0,37	57	59,5	0,47	65,5	70	0,55	49	56	0,44
9	1,5	51	49	0,38	60,5	56	0,44	70	75,5	0,59	81,5	87,5	0,69	60,5	65	0,51
10	2	66,5	62	0,49	77,5	72	0,57	90	96,5	0,76	104	109	0,86	77,5	81	0,64
11	2	78,5	71,5	0,56	92	83,5	0,66	107	113	0,99	124	130	1,02	92	96,5	0,76
12	2	91	83	0,65	107	97,5	0,77	125	134	1,05	145	157	1,23	107	113	0,89
14	2	120	110	0,88	141	130	1,02	165	171	1,34	193	204	1,60	141	149	1,17
15	2	135	123	0,97	160	146	1,15	188	197	1,55	219	231	1,81	160	171	1,34
16	2	151	132	1,04	180	157	1,23	211	223	1,75	247	257	2,02	180	186	1,46
18	2	189	170	1,33	223	204	1,60	263	276	2,17	308	320	2,51	223	233	1,83
20	2	227	206	1,63	271	247	1,94	320	334	2,62	376	396	3,11	271	281	2,21
25	2	341	313	2,46	411	375	2,94	486	510	4,00	577	606	4,76	411	425	3,34

1 Teoreettinen hitsin tilavuus cm³/m

2 Todellinen hitsin tilavuus (otettu huomioon poikittaiskutistuminen) cm³/m

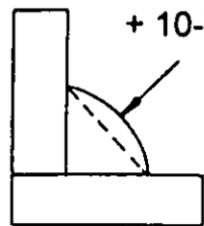
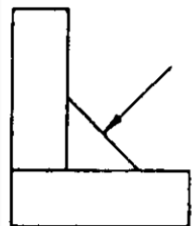
3 Hitsiainemäärä kg/m

Pienahitsit

a-mitta	Hitsin teor. poikki- pinta								
		Jalkopienä	Alapienä	Vaakapienä	Yläpienä				
mm	mm²	cm³	kg/m	cm³/m	kg/m	cm³/m	kg/m	cm³/m	kg/m
2	4	5	0,04	6	0,05	5,5	0,04	5,5	0,04
2,5	6,5	7,5	0,06	8	0,06	8,5	0,07		
3	9	10,5	0,08	12,5	0,10	11	0,09	12	0,09
3,5	12,5	14	0,11	16	0,13	15	0,12	16,5	0,13
4	16	18	0,14	21	0,16	19,5	0,15	22	0,17
4,5	20,5	22,5	0,18	26	0,20	24,5	0,19	26,5	0,21
5	25	27,5	0,22	31,5	0,25	30,5	0,24	33	0,26
5,5	30,5	33,5	0,26	37	0,29	36	0,28	40,5	0,32
6	36	40	0,31	42	0,33	43	0,34	47,5	0,37
6,5	42,5	46,5	0,37	49,5	0,39	51	0,40	56	0,44
7	49	54,5	0,43	57	0,45	58	0,44	65	0,51
7,5	56,5	60,5	0,47	65	0,51	64	0,50	73,5	0,58
8	64	70	0,55	73,5	0,58	76,5	0,60	82,5	0,65
9	81	89	0,69	95	0,47	95	0,75	109	0,86
10	100	109	0,85	114	0,89	116	0,91	130	1,02
11	121	131	1,03	139	1,08	143	1,12	157	1,23
12	144	155	1,22	162	1,27	169	1,33	188	1,48
13	169	179	1,41	180	1,49	195	1,53	220	1,73
14	196	207	1,62	224	1,76	227	1,78	257	2,02
15	225	237	1,86	248	1,95	264	2,07	294	2,31

Tasahitsi

Kupuhitsi



+ 10-70 %

4. DFMA JA YHTEISTYÖ SUUNNITTELUN JA TUOTANNON VÄLILLÄ

- » DFMA on tärkeä osa ja usein myös aliarvostettu
 - » Suunnitteluvaiheessa syntyy pääosa hitsauskustannuksista siellä on yleensä suurin säästöpotentiaali!
 - » Usein suunnittelu nähdään ylimääräisenä kuluna -> Ulkoistus -> Osaamisen ja taidon karkaaminen
 - » Jouheva yhteistyö suunnittelun ja valmistuksen välillä -> Tiedon ja taidon siirtyminen puolin ja toisin -> Oppiminen tehokkaampaan valmistukseen
- » Ohjelmistojen hyödyntäminen
 - » 3D suunnittelu (CAD,CAM)
 - » Simulaatiot
 - Robotin offline ohjelmointi sekä muodonmuutosten, prosessin ja jäähtymisajan simulointi



4. DFMA JA YHTEISTYÖ SUUNNITTELUN JA TUOTANNON VÄLILLÄ

»» Optimoi hitsauksen laatu

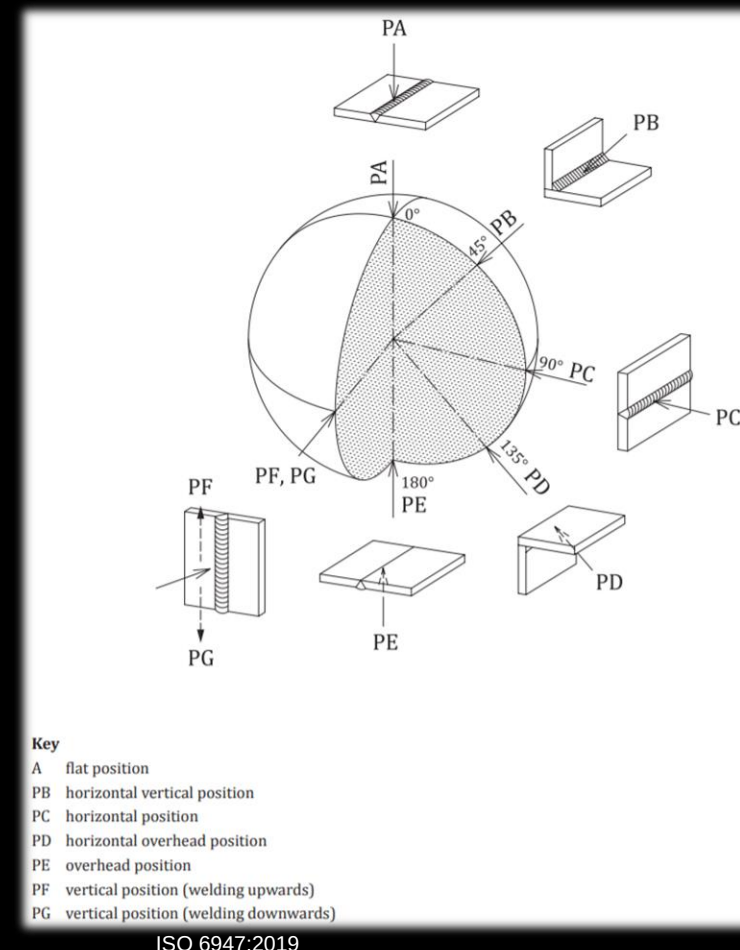
- »» Tasalaatuisuus ja hyvin hallittu tuotanto (WPS, pätevät hitsaajat, ohjeistukset, käytännöt, koulutukset, työilmapiiri)
- »» Tarkoituksenmukainen laatu (älä tuota "liiallista laatua")
- »» Tee laatua sinne, missä sitä tarvitaan
- »» Tuota vain tarvittava määrä a-mittaa
- »» Minimoi suoristukset (liekillä oikaisu jne.)
- »» Optimoi hitsausjärjestys, lämmöntuonti, hitsausohjeet
- »» Vähennä jälkikäsittelyä (hionta jne.)
- »» Hyvä varustus, ammattitaitoinen henkilökunta, puhdas ympäristö
- »» Lämpökäsittelyjä vain tarvittaessa
- »» Virheet tehdään vain kahdesti, ensimmäisen ja viimeisen kerran!





4. DFMA JA YHTEISTYÖ SUUNNITTELUN JA TUOTANNON VÄLILLÄ

- » Vähennä vaadittavaa hitsin poikkipinta-alaa
 - » Levyn taivutus hitsauksen sijaan
 - Kapearailo ja muut railomuodot
 - » Geometrian parantaminen
 - Yksinkertaisemmat liitosmuodot
 - Rakenteelliset juurituet
 - Suosi pienahitsejä
- » Kasvata hitsiaineen tuottoa
 - » Hitsausasennot ja niiden parantaminen
 - Suosi jalko- ja alapiena-asentoa. Vaikutus hitsausaikaan:
 - $PA = 1.0x$
 - $PB = 1.05-1.15x$
 - $PF = 1.25-1.35x$
 - $PE = 1.4x \rightarrow$
 - Myös hitsausvirheiden todennäköisyys kasvaa
 - » Palkomäärän vähentäminen
 - Yksipalkkona monipalon sijaan (noin a6 maksimi yhdellä palolla)



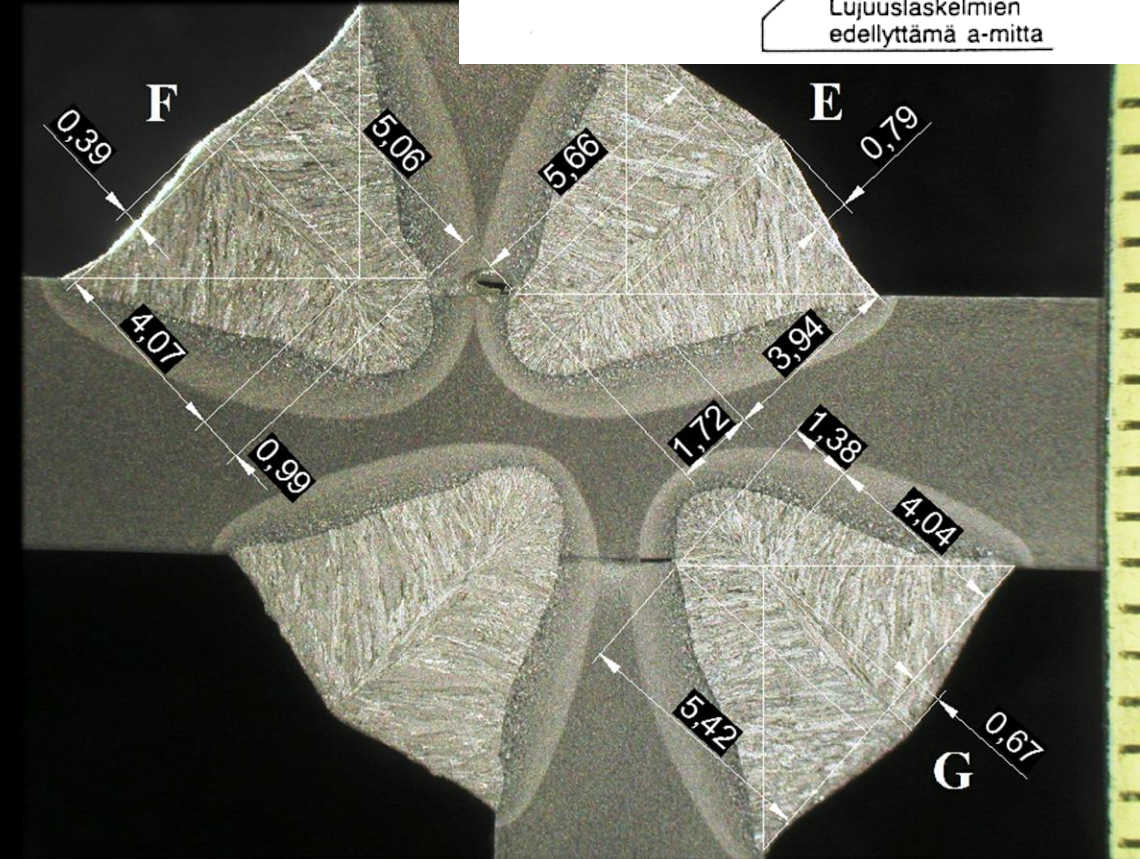
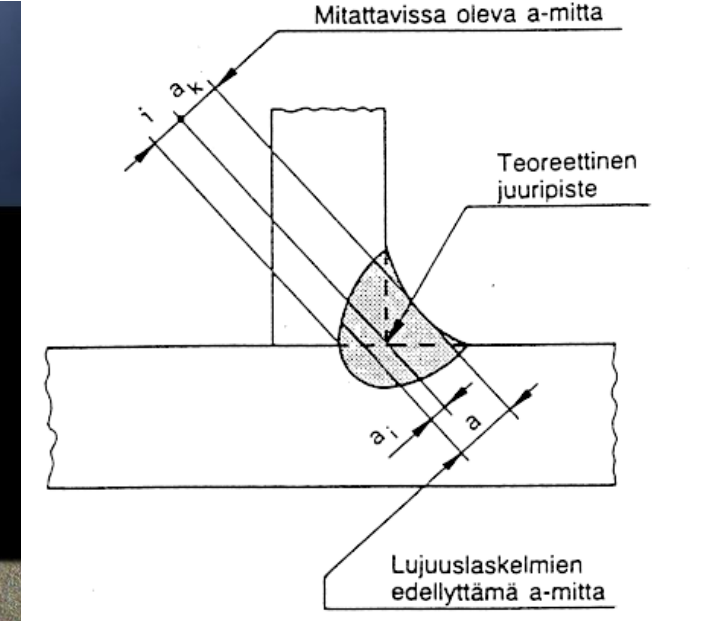


Euroopan unionin
osarahoittama



4. DFMA JA YHTEISTYÖ SUUNNITTELUN JA TUOTANNON VÄLILLÄ

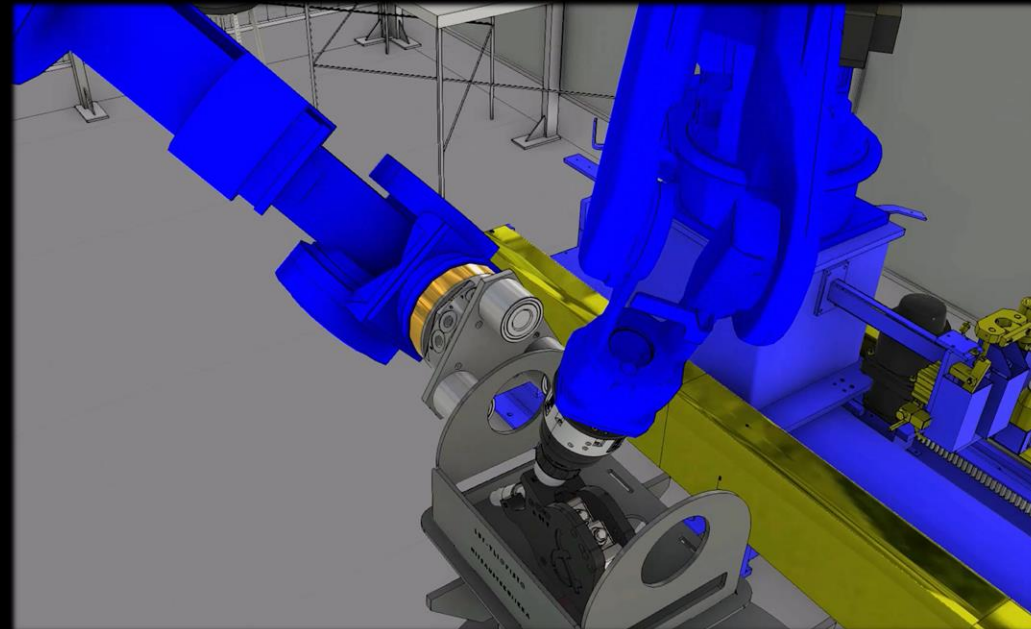
- » Hitsin rakenteellinen optimointi
 - » Hitsien paikoitus (valmistuksellisuus ja hitsien kantama kuorma)
 - » Hitsin muodot (erityisesti väsyttävä kuorma)
 - » Tehollisen tunkeuman hyödyntäminen mekanisoidussa hitsauksessa
 - » Lujempien materiaalien hyödyntäminen?
- » Modulaariset tuotteet ja standardisointi
- » Pyri hitsaamaan mahdollisimman paljon pajassa, työmaalla
 - » Usein noin 4x kustannukset kun hitsataan työmaalla
 - » Osakokoonpanot ja moduulit (esim. Laivanrakennus)
 - » Haastavat hitsit hitsataan pajassa, vähemmän haastavat työmaalla





5. HITSAUSAUTOMAATIO, ANTUROINTI JA ADAPTIIVISUUS

- » Hyödynnä mekanisointia tai muuta hitsausautomaatiota
 - » Kasvanut kaariaika ja tyypillisesti huomattavasti korkeampi tuotto
- » Sopiva automaatioaste käyttökohteelle (hitsattavuus ja työmäärä)
 - » Kevytmekanisointi
 - » Hitsausautomaatit (esim. orbitaali)
 - » Cobotisointi
 - » Robotisointi
- » Anturoinnin hyödyntäminen
 - » Kaariajan kasvattaminen automaatiassa
 - » Laadun seuranta ja varmistus
- » Automatisointi vaatii yleensä tarkemman railonvalmistuksen ja silloituksen, joka täytyy ottaa huomioon.





6. MATERIAALIN HALLINTA JA PAIKOITUS (KIINNIKKEET, JIGIT, SILLOITUS)

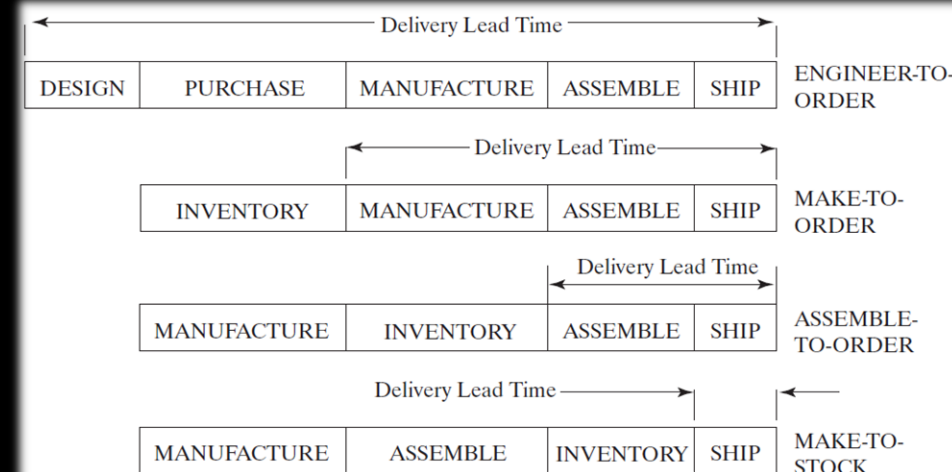
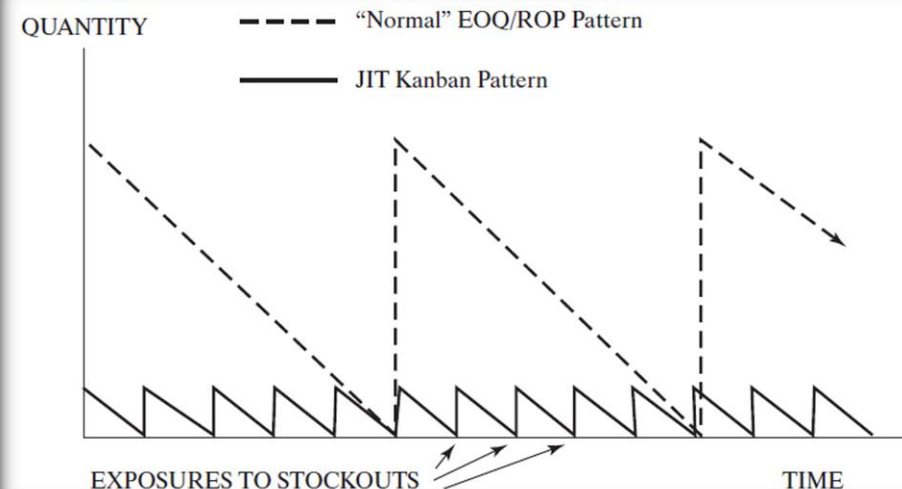
- » Hyödynnä tarpeen mukaan
 - » Modulaariset hitsauspöydät (nopea, joustava ja modulaarinen)
 - Siisteys ja järjestelmällisyys
 - » Nostimet
 - Kappaleiden liikuttelu aiheuttaa merkittävän osan tuotantoaika
 - » Jigit
 - Jigisuunnitteluun panostaminen (muodonmuutokset, esivalmistelun nopeus ja helppous, luoksepäästävyys...)
 - » Itsepaikoittuvat liitokset
 - » Silloitus
 - Koko ja paikoitus riittäväksi
 - » Automatiikka kokoonpanossa, silloituksessa ja hitsauksessa...





7. LAYOUT, MATERIAALIN VIRTAUTUS JA MATERIAALIN HALLINTA

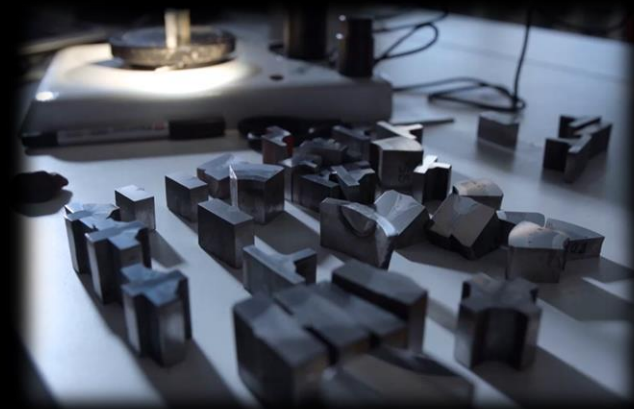
- » Materiaalinhallinnan ja logistiikan kustannukset usein yli 10% yrityksen liikevaihdosta
- » Imuohjaus / työntöohjaus
 - » Riippuu tuotannon tyypistä ja tuotteista
 - ETO, MTO, ATO, MTS
 - MRP, JIT
- » Keskitytään lisäarvoa tuoviin toimenpiteisiin (Lean)
 - » Kaizen, jatkuva parantaminen, 5S, value stream mapping, poka yoke...
- » Keskitytään ratkaisemaan tuotannon pullonkauloja
- » Tuotannon layout ja materiaalin virtaus
 - » Liikeaika / odotusaika minimiin





8. LAADUNHALLINTA

- » Laadun hallinta vaatii laadun mittauksen, arvioinnin ja optimoinnin
 - » Manuaalinen vs puoliautomaattinen vs automatisoitu
- » Laatu tehdään hitsaamalla, ei tarkastamalla.
 - » Laatu poikkeamiin reagointi
 - » Jatkuva parantaminen
 - » Keskittyminen päätuotteisiin
 - » Myös asiakassuhteen ylläpitäminen
- » Lähtökohtana WPS (+tWPS (silloitushitsausohjeet)) sekä muut työohjeet
 - » Variaation pienentäminen, selkeät käytännöt ja standardisoinnit
- » Laatu standardit ja muut menetelmät
 - » ISO 9001, ISO 3834, ISO 5817, ISO 27001, ISO 45001
 - » Lean
 - » TWM (Total Welding Management)
 - » TQM (Total Quality Management)



9. VERKOSTOITUMINEN

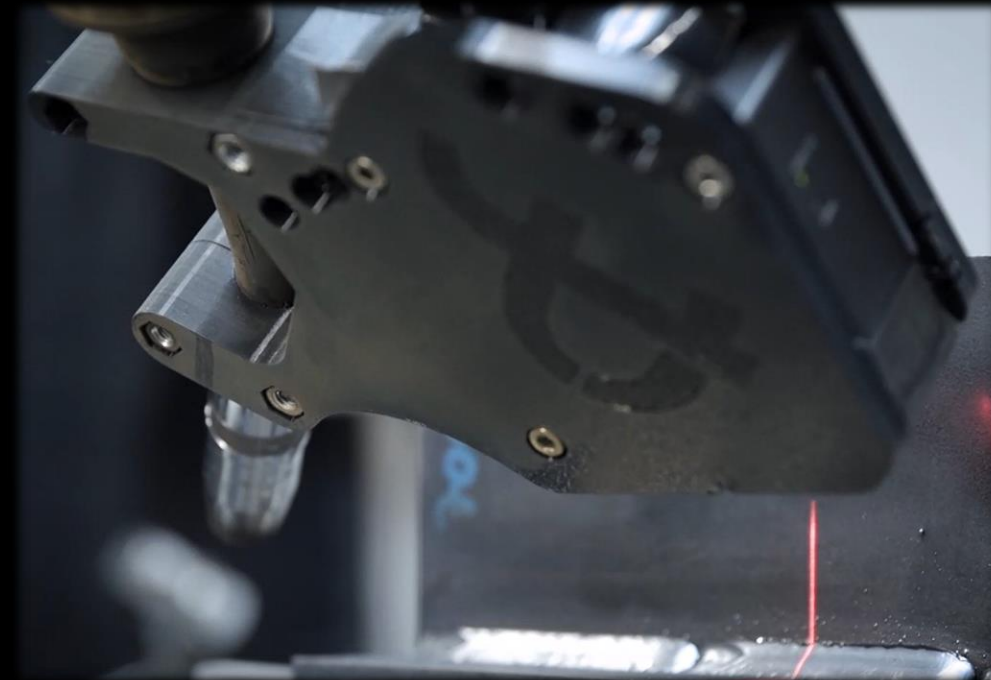
- »» Läpinäkyvyys
 - »» Tiedonjakaminen, kommunikointi
 - »» Tilausten ja välivarastojen läpinäkyvyys
 - Bull Whip -efekti
- »» Erikoistuminen
 - »» Laitteiden käyttöasteiden kasvattaminen
- »» Yhteishankinnat, varastoinnit ja kuljetukset
- »» Hitsausohjeiden ja muiden käytäntöjen jakaminen
- »» Haasteina
 - »» Luottamus
 - Verkostot ei toimi jos ei ole luottamusta
 - Eriarvoisuus verkostossa?
 - »» Teknologian hyödyntäminen ja käytännöt





10. ERGONOMIA, TURVALLISUUS JA AMMATTITAITO

- »» Henkilöstön arvostaminen ja innostaminen jatkuvaan kehittämiseen
- »» Koulutukset
 - »» Uusien teknologioiden hyödyntäminen
 - »» Parempien käytäntöjen opettelu
 - »» Laitteiden täyden potentiaalin hyödyntäminen
- »» Turvallisuus ja ergonomia
 - »» Kaikkien hyöty pitää työpaikka turvallisena, jatkuva turvallisuuden kehittäminen
 - »» Helposti käytettävät suojavälineet, huonoja ja hankalia turvalaitteita tuskin käytetään



MITEN ALOITTAU TUOTANNON TEHOSTAMINEN?

» LEAN Hukan minimointi

» Prosessi

- Hukan minimointi, tarpeeton/liikatuotanto

» Metodit

- Koneet toimivat vajaalla toiminnalla, organisointi ja selkeys
- Hyödyntämätön osaaminen

» Liike

- Tarpeeton kappaleiden liikuttelu (varastoon-takaisin), virtautuksen puute

» Laatu

- Tarkoituksenmukainen laatu, ei “ylilaatua”
- Vähennetään laatuvariaatiota ja havaitaan mahdolliset poikkeamat ajoissa 1/10/100 sääntö

» Odotusaika

- Työntekijät: tiedon saamisen odotusaika
- Materiaali: odotusaika ennen seuraavaa työvaihetta

» Liikatuotanto

- Kappaleiden liikavarastointi, työntekijöiden ei jatkuvasti tarvitse olla tekemässä tuotantoa, jos ei tarvetta – tällöin esim kehitystyö, inventaario, siivous ym.

» Inventaario

- Ylimääräinen varastointi: raaka-aineet, keskeneräinen tuotanto valmiit kappaleet



MITEN ALOITTAU TUOTANNON TEHOSTAMINEN?

- »» Hyödynnettäviä menetelmiä tehostamismenetelmiä LEAN
- »» Kaizen jatkuva parantaminen “päivittäinen idea kehittää ja vähentää hukkaa”
 - »» Korjaa heti epäkohdat, älä jätä “myöhemmäksi”
 - »» Paranna laatua ja tuotannon tehokkuutta
 - »» Plan – Do – Check – Act
- »» 5S
 - »» Sortteeraus – Työpisteen siivous ja järjestely niin. Vain tarpeelliset työkalut.
 - »» Systematisointi – Mitä asioita säilytetään ja missä. Mitkä työkalut keskitetysti ym.
 - »» Siivous – Siivoa työpisteet ja ylläpidä siisteyttä päivittäin.
 - »» Standardisointi – Standardisoi työpisteiden työkalut organisointi ja sisällöt. Selkeä järjestys.
 - »» Seuranta – järjestyksen ja toimenpiteiden seuranta. Asenteiden muuttuminen ja esihenkilöiden tukeminen
- »» Value stream mapping
 - »» Missä kappaleen lisäarvo tehdään
 - »» Mittaa eri työvaiheiden kestot, varastoinnit ym.

»» Jatkuu ->



Euroopan unionin
osarahoittama

MITEN ALOITTAU TUOTANNON TEHOSTAMINEN?

»» Hyödynnettäviä menetelmiä tehostamismenetelmiä LEAN

»» Poka Yoke (virheiden estäminen ja välttäminen “idioottivarma”)

- »» Eliminoi mahdolliset epäselvyydet, epätarkkuudet ja niistä syntyvät virheet
- »» Älä päästä virheellistä kappaletta eteenpäin tuotannossa
- »» Lähde ratkaisemaan sieltä missä tapahtuu eniten virheitä
- »» Esimerkkejä:
 - Viivakoodit, QR koodit, nfc lukijat, kamerat ym.
 - Ohjaimet, rajoittimet, pinnit, nastat, esteet, mittarit ja mittalaitteet
 - GO ja NOGO tulkit ja mittalaitteet
 - Paikoittaminen mahdollista vain oikeassa asennossa, esim tulkit ja asennusta helpottavat työkalut
 - Kiinnittimet ja jigat
 - Selkeys ja nopeus
 - Kappaleita ei voi asentaa väärin
 - Anturitekniikan hyödyntäminen mittauksessa ja laskennassa
 - Kappalelaskurit, mittojen varmistus jne.
 - Hyödynnä äänimerkkejä, valoja ym havainnollistamaan työvaiheita tai muita toimintoja
 - Checklistit, ei idioottivarmoja, mutta vähentää virheiden todennäköisyyttä

