Opinnäytetyö AMK

Konetekniikka / Tuotekehitystekniikka

2019

Petteri Hagström

HITSATUN RAKENTEEN SUUNNITTELU SIEMENS NX:LLÄ

– hitsien mallintamisen automatisointi

TURKU AMK
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikka / Tuotekehitystekniikka

2019 | 32 sivua, 24 liitesivua

Petteri Hagström

HITSATUN RAKENTEEN SUUNNITTELU SIEMENS NX:LLÄ

- hitsien mallintamisen automatisointi

Tämä opinnäytetyö on tehty Turun ammattikorkeakoululle osana DigRob-hanketta. DigRob on vuonna 2018 alkanut hanke jonka tavoitteena on luoda menetelmät, jolla automatisoitua robottihitsausta voidaan käyttää kannattavasti myös yksilökappaleiden tuotannossa. Osana DigRob-hanketta on tavoitteena tutkia myös hitsauksen tuotetiedonhallintaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia hitsauksen tuotetiedonhallintaa hyödyntäen Siemens NX -3D-suunnitteluohjelmaa. Työn tarkoituksena on perehtyä Siemens NX:n Weld Assistant- sekä Structure Welding -hitsaustyökaluihin ja selvittää millaista hitsauksen tuotetietoa niillä pystytään tuottamaan. Päätavoitteena on automatisoida hitsien mallinnus niin, että ennalta määrätyt säännöt valitsevat hitsattavan levyn päittäisliitoksen railomuodon sekä kulmaliitoksen a-mitan levynpaksuuden mukaan. Hitsaustyökaluksi mallintamisen automatisointiin valittiin Structure Welding.

Työssä onnistuttiin automatisoimaan hitsauksen mallintaminen niin, että hitsattavan liitoksen railomuodot ja a-mitta muuttuvat levynpaksuuden mukaan automaattisesti. Turun ammattikorkeakoululle tehtiin Welding Structure -käyttöohje, jossa opetetaan sovelluksen manuaalinen sekä puoliautomaattinen käyttö.

ASIASANAT:

Siemens NX, Teamcenter, Weld Assistant, Structure Welding, 3D-mallinnus, hitsaus, tuotetiedonhallinta, automatisointi

BACHELOR´S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering / Product Development Engineering

2019 | 32 pages, 24 pages in appendices

Petteri Hagström

DESIGN OF A WELDED STRUCTURE WITH SIEMENS NX

- automating of welding selection

This thesis was commissioned by Turku University of Applied Sciences as a part of the DigRob project. The DigRob project started in 2018, and its aim is to create technological possibility and methods for profitable use of automated robot welding in the production of individual items. As a part of the DigRob project, the product design information of welds was also studied.

The aim of this thesis was to study what kind of weld information can be created with 3D design software Siemens NX. In Siemens NX there are two applications that can produce weld information. These are Welding Assistant and Structure Welding. The aim was also to figure out whether these applications can be automated in such way that the bevel of butt and fillet welds are automatically updated when the thickness of the plate is changed. The decision was made that the Structure Welding application of Siemens NX would fit better for automating of welding selection.

The result of the work was a successful automating of welding selection in Structure Welding application. A part of this thesis was to make an instructional manual for the use of Structure Welding, which includes manual and semiautomated use of the application.

KEYWORDS:

Siemens NX, Teamcenter, Weld Assistant, Structure Welding, modeling, automation

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO **6**

1 JOHDANTO **7**

2 RAILOMUODON JA A-MITAN VALINTA **8**

2.1 Hitsausliitokset 8

2.2 Päittäisliitoksen railomuoto 9

2.2.1 I-railo 11

2.2.2 V-railo 12

2.2.3 X-railo 13

2.3 Pienahitsin a-mitta 13

2.4 Hitsausmerkinnät 14

3 SIEMENS NX -HITSAUSTYÖKALUT **16**

3.1 Siemens NX 16

3.2 Weld Assistant 17

3.3 Structure Welding 18

4 HITSATUN RAKENTEEN SUUNNITTELU **19**

4.1 Kokoonpanon luonti 19

4.1.1 Bottom-Up 19

4.1.2 Top-Down 20

4.1.3 Hybrid 20

4.2 Hitsien mallintaminen 21

4.3 Piirustukset 26

4.4 PMI 3D-malli 26

5 HITSIEN MALLINTAMISEN AUTOMATISOINTI **27**

5.1 Täysautomatisointi 27

5.2 Puoliautomatisointi 27

6 YHTEENVETO **30**

LÄHTEET **31**

LIITTEET

Liite 1. Structure Welding -käyttöohje

KUVAT

Kuva 1. Tavallisimmat liitosmuodot hitsausliitoksissa (Niemi & Kemppi 1993, 11). 8
Kuva 2. Yleisimmät railot ja hitsit (Niemi & Kemppi 1993, 11). 9
Kuva 3. Nimityksiä päittäisliitoksen railon osille (Niemi & Kemppi 1993, 13). 10
Kuva 4. I-railo Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa. 11
Kuva 5. V-railo Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa. 12
Kuva 6. X-railo Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa. 13
Kuva 7. Kulmaliitos Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa. 14
Kuva 8. Hitsin pinnan muodot sekä a- ja z-mitta (Lepola & Makkonen 2005, 23). 15
Kuva 9. Siemens NX:n käyttöliittymä. 16
Kuva 10. Weld Assistant esittää hitsin kiinteänä kappaleena (Solid Body feature). 17
Kuva 11. Top-Down- ja Bottom-Up-menetelmät. 19
Kuva 12. Solid Body -attribuuttitiedon lisääminen. 21
Kuva 13. Hitsausliitoksen ja hitsattavien pintojen valita. 22
Kuva 14. Päittäisliitoksen railomuodon määrittäminen. 23
Kuva 15. Hitsin pituus- ja tilavuustiedot. 24
Kuva 16. Railomuoto luodaan kokoonpanoon Weld Preparation -komennolla. 25
Kuva 17. Hitsattuihin osiin määräytyy Extracted Body- ja Weld Preparation -piirteet. 25
Kuva 18. PMI 3D-mallien hitsaustietoja. 26
Kuva 19. Päittäisliitoksen liitännäisen parametrejä. 28
Kuva 20. Levynpaksuusattribuutin muuttaminen parametriseksi. 29

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

3D	Kolmiulotteinen
API	Ohjelmointirajapinta
Attribuuttitieto	CAD-dokumenttiin tallennettua tuotetietoa
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
CAM	Tietokoneavusteinen valmistus
CAE	Tietokoneavusteinen tekniikka
Mass Properties	Massaominaisuudet
Plug-in	Liitännäinen, tietojenkäsittelyssä
PMI	Product Manufacturing Information
Siemens NX	Siemensin 3D-suunnitteluohjelma
Solid Body Feature	Kiinteä kappale Siemens NX:ssä
Teamcenter	Siemensin tuotetiedonhallintaohjelma

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty Turun ammattikorkeakoululle osana DigRob-hanketta. DigRob-hanke on vuonna 2018 alkanut Business Finland Oy:n rahoittama tutkimus- ja kehitysprojekti, jossa kumppaneina on Turun ammattikorkeakoulun lisäksi toiminut myös Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä useita yrityksiä. DigRob-hankkeen tavoitteena on luoda menetelmät, jolla automatisoitua robottihitsausta voidaan käyttää kannattavasti myös yksilökappaleiden tuotannossa. Osana DigRob-hankketta on tavoitteena tutkia myös hitsauksen tuotetiedonhallintaa.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia hitsauksen tuotetiedonhallintaa hyödyntäen Siemens NX 3D-suunnitteluohjelmaa. Tarkoitus on selvittää, mitä hitsaustietoja voidaan tuottaa Siemens NX:n Weld Assistant- ja Structure Welding -hitsaustyökaluilla. Lisäksi tavoitteena on selvittää, voidaanko hitsien mallintamisprosessi automatisoida niin, että yritys- tai konepajakohtaiset säännöt valitsevat hitsattavan levyn päittäisliitoksen railomuodon sekä kulmaliitoksen a-mitan levynpaksuuden mukaan.

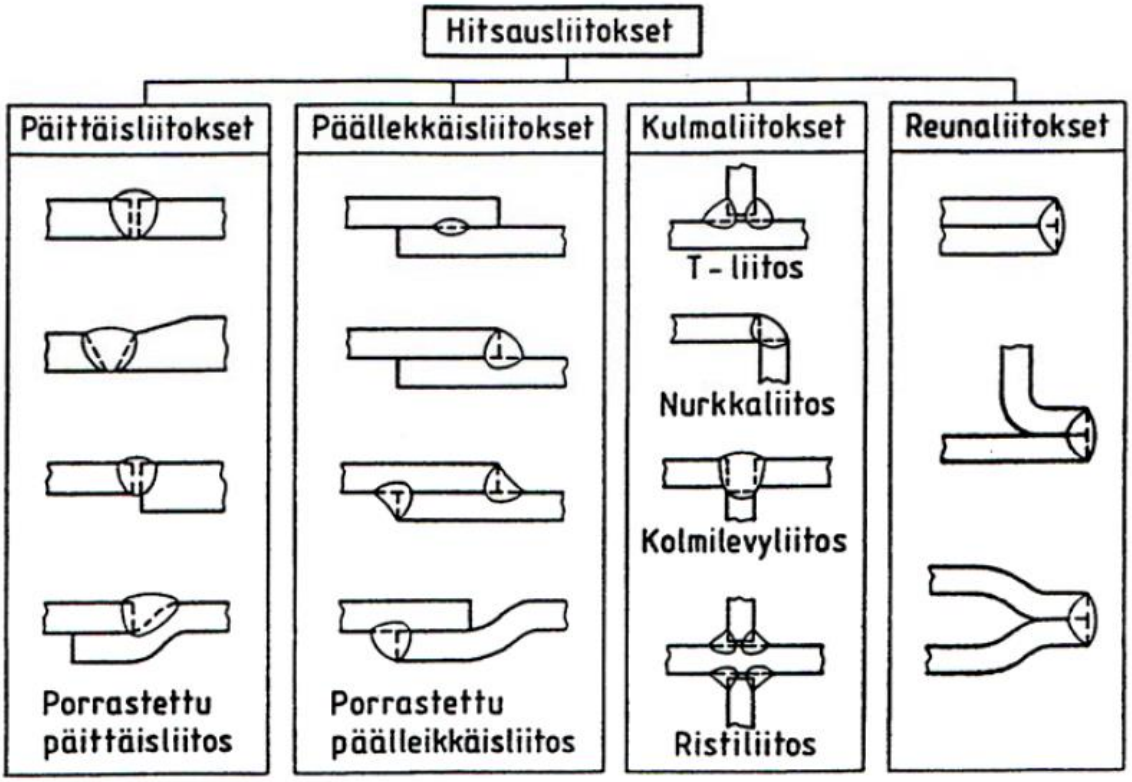
Tukea projektiin saadaan IdealPLM:ltä sekä Siemens NX:n tuotepäälliköltä Tony Salernolta. Siemensin Tony Salernolta saadaan asiantuntevia neuvoja siihen, että kumpi Siemens NX:n hitsaustyökaluista sopisi paremmin hitsauksen mallintamisen automatisointiin.

Työssä tehdään Turun ammattikorkeakoululle käyttöohje, jossa opetetaan sovelluksen manuaalinen sekä puoliautomaattinen käyttö. Ohjeen avulla pystytään luomaan konepaja- tai yrityskohtaiset säännöt hitsausliitoksien suunnittelulle.

2 RAILOMUODON JA A-MITAN VALINTA

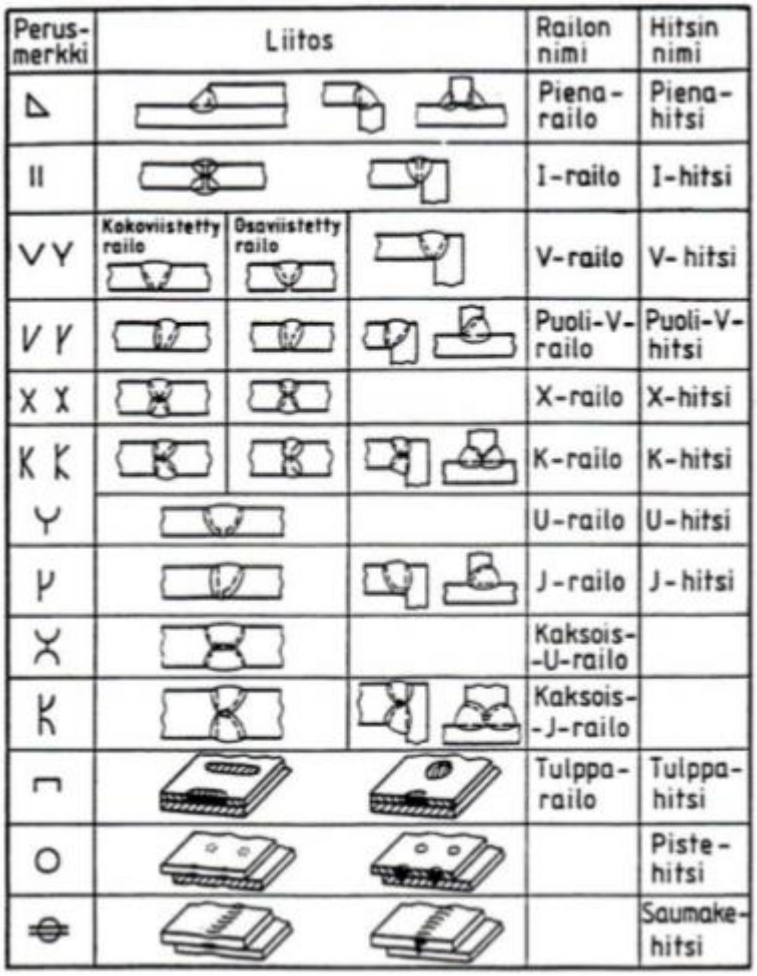
2.1 Hitsausliitokset

”Standardissa SFS 3052 määritellään hitsi seuraavasti: Hitsi käsittää kaiken hitsauksen aikana sulassa tilassa olevan aineen, joka hitsauksessa muodostuu” (Niemi & Kemppi 1993, 11). Hitsi on liitos joka muodostuu hitsattaessa. ”Hitsiin kuuluu railon täytteeksi sulatetun lisäaineen ohella myös railon reunoilla sulassa tilassa ollut perusaine.” (Saarinen 2010, 100.) Hitsi ja hitsausliitos ovat molemmat eri käsitteitä, joita ei pidä sekoittaa toisiinsa. Hitsausliitos muodostuu, kun kaksi tai useampi komponentti yhdistetään toisiinsa hitsaamalla. Liitosmuoto on käsite, jolla kuvataan miten hitsausliitoksissa hitsattavien komponenttien geometriat kohtaavat toisensa. Yleisesti käytetyt liitosmuodot (Kuva 1) ovat päittäis-, päällekkäis-, kulma- ja reunaliitos. (Niemi & Kemppi 1993, 11.)



Kuva 1. Tavallisimmat liitosmuodot hitsausliitoksissa (Niemi & Kemppi 1993, 11).

Kuvassa (Kuva 2) esitetään yleisimmät railot ja niitä vastaavat hitsien nimet.



Kuva 2. Yleisimmät railot ja hitsit (Niemi & Kemppi 1993, 11).

2.2 Päittäisliitoksen railomuoto

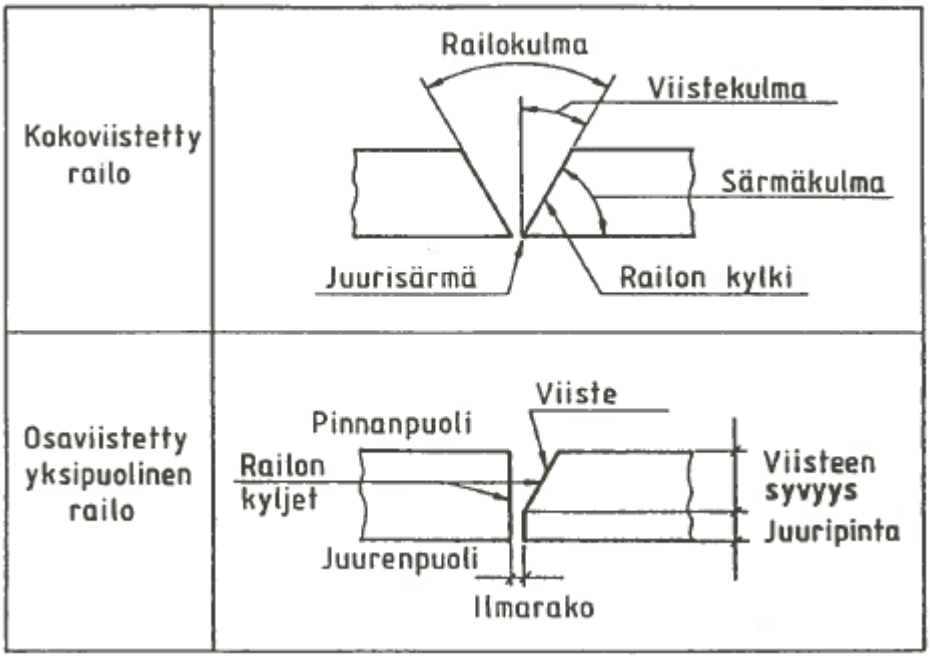
”Ennen kuin hitsaaminen voidaan aloittaa, on valmistettava railo. Railo on ennen hitsauksen suorittamista tietyssä keskinäisessä asemassa olevien, hitsausta varten valmistettujen osien välinen tila, johon hitsataan”. (Niemi & Kemppi 1993, 12.) Liitosmuoto, eli se miten hitsattavien komponenttien geometriat kohtaavat toisensa, määrää käytettävän railomuodon. Myös käytettävä hitsausprosessi, hitsausmahdollisuudet sekä levynpaksuus vaikuttavat railomuotoon. Valinnan apuna voidaan käyttää SFS-EN ISO 9692 -railomuotostandardia, joten yleisesti voidaan ajatella, että railomuodon valinta olisi yksinkertaista. Massatuotannossa railomuodon valinta tulee kuitenkin hieman monimutkaisemmaksi, koska hitsausprosessin ja railogeometrian välillä täytyy tehdä komp-

romisseja. Railomuodon valinta voi vaikuttaa huomattavasti railotilavuuteen, jolla on suuri vaikutus hitsauksen kustannuksiin. (Stenbacka 2009, 76.)

Päittäishitsien railojen mitoituksen kannalta tärkeimmät käsitteet (Kuva 3) ovat

- railokulma
- viistekulma
- viisteen syvyys
- juuripinta
- ilmarako.

Railojen mitoituksessa näille muuttujille tulee antaa tietynlainen arvo, jotta hitsattava railo pystytään muodostamaan. On tärkeää myös tietää ja kuvata suunnitelmassa railon juuri- ja pintapuoli.

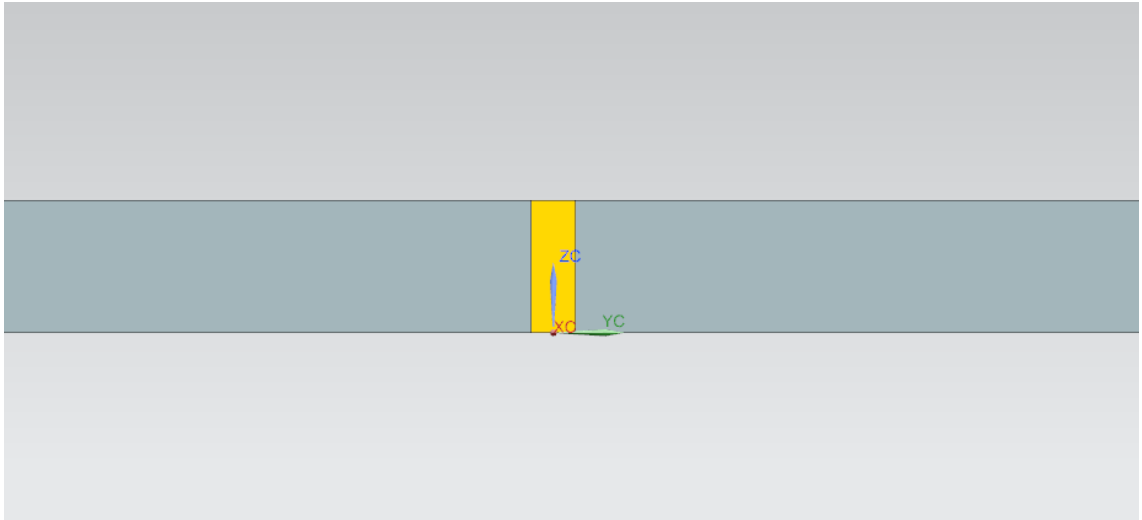


Kuva 3. Nimityksiä päittäisliitoksen railon osille (Niemi & Kemppi 1993, 13).

2.2.1 I-railo

I-railo (Kuva 4) on railomuodoista yksinkertaisin, koska päittäin liitettävien levyjen päät ovat täysin suorat eli railokulma on 0°. Mallintamisen kannalta I-railo on siitä yksinkertainen liitos, että ilmarako on ainoa mitta joka määritellään levynpaksuuden lisäksi.

I-railo voidaan hitsata yhdeltä puolelta ilman lisäainetta 3 mm levynpaksuuteen asti, ilmaraon ollessa ≤1 mm. 3–5 mm levynpaksuuksilla tulee hitsaus suorittaa molemmilta puolilta käyttäen lisäainetta. Tällöin ilmaraon tulee olla 1–2 mm, mutta raon suuruus riippuu käytettävästä hitsausmenetelmästä. (Moos ym. 2008, 85.) Hitsausmenetelmästä riippuen I-railoa voidaan käyttää 8 mm asti, jos hitsaus tehdään molemmin puolin. Ilmaraon tulee olla tässä tapauksessa 3 mm. (Lepola & Makkonen 2005, 127.)

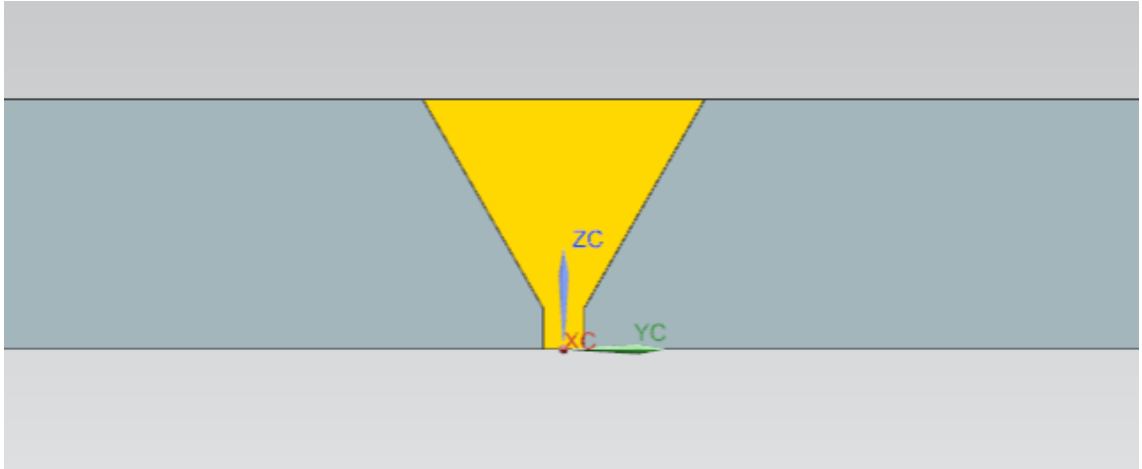


Kuva 4. I-railo Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa.

2.2.2 V-railo

V-railoa (Kuva 5) käytetään yleensä silloin, kun halutaan yli 4 mm:n levynpaksuuksille hyvä läpihitsautuminen. V-railossa käytetään noin 50–60°:n railokulmaa, joka tuo lisää tilavuutta railoon. Railon suuressa tilavuudessa on etuna se, että silloin virheettömän hitsin tekeminen on helpompaa, mutta huono puoli on kustannusten nousu. Pienempi railokulma isommissa levynpaksuuksissa vähentää hitsin tilavuutta, joka pienentää lisäaineen kulutusta ja lyhentää hitsaukseen kuluvaa työaikaa. (Lepola & Makkonen 2005, 128.)

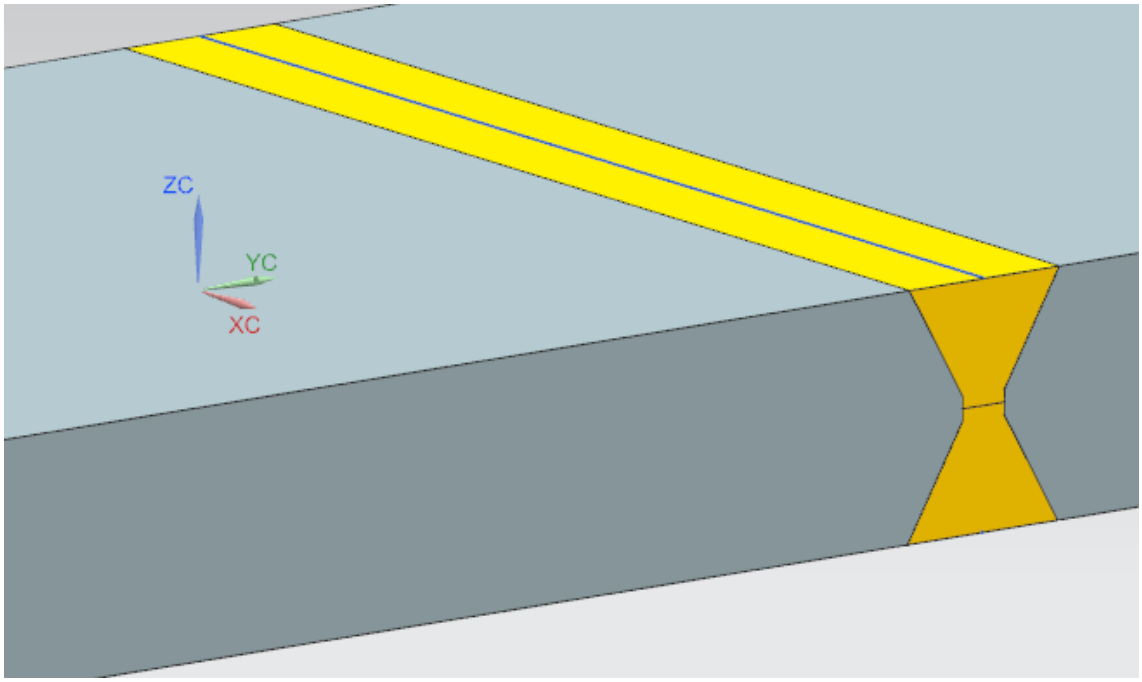
Railon viisteen valmistustavasta riippuen juuripinnan korkeutena käytetään 0–2 mm. Ilmaraon mitta määräytyy juuripinnan korkeuden tai levynpaksuuden mukaan. Yleensä V-railossa ilmaraon kokona käytetään 2–4 mm. (Lepola & Makkonen 2005, 128.) ”V-railoa käytetään 12 mm:n levynpaksuuksiin asti” (Moos ym. 2008, 85).



Kuva 5. V-railo Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa.

2.2.3 X-railo

X-railo (Kuva 6) eli kaksois V-railo otetaan käyttöön yli 12 mm:n levynpaksuuksissa. X-railoilla railokulma on myös 60°. X-railojen hyviä puolia ovat pieni saumatilavuus ja se, että niissä ei esiinny yksipuolisia vääristymisiä. (Moos ym. 2008, 85.)



Kuva 6. X-railo Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa.

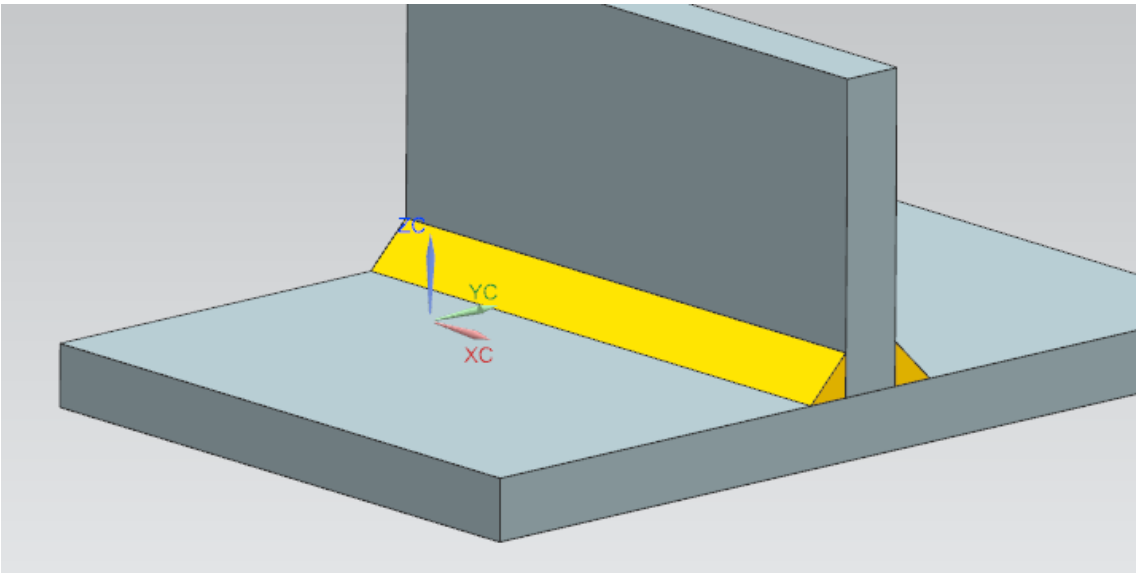
2.3 Pienahitsin a-mitta

Moos ym. (2008, 85) mainitsee, että kulmaliitosten (Kuva 7) käyttö on järkevää 15 mm:n levynpaksuuksiin saakka ja pienahitsin a-mittaan voidaan käyttää seuraavia perussääntöjä:

- Yksipuoliselle pienahitsille eli kulmasaumalle: a-mitta = 0,7 * ohuempi levynpaksuus.
- Kaksoispienahitseille: a-mitta = 0,5 * ohuempi levynpaksuus.

Perussääntöjä ei tule kuitenkaan joustamattomasti noudattaa suurilla levynpaksuuksilla ja etenkään pienten kuormitusten kohdalla, jotta hitsiainemäärät pysyvät minimaalisina.

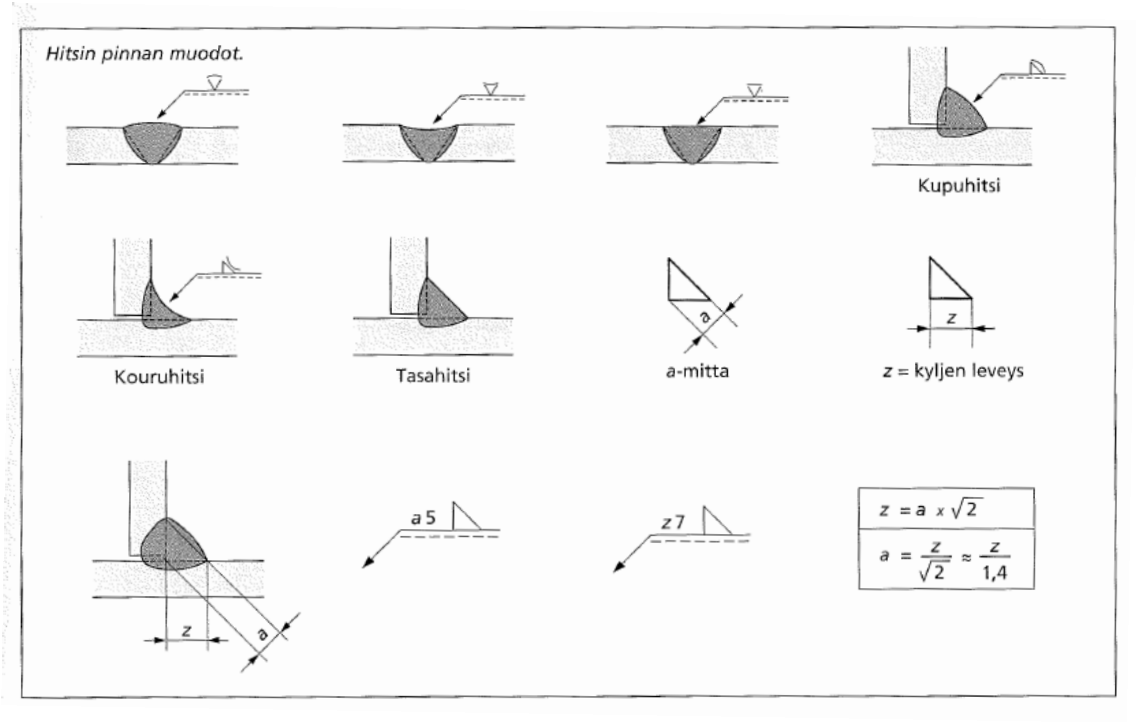
Saumanpaksuus ei kuitenkaan saa a-mittaa käyttäessä alittaa 3 mm. (Moos ym. 2008, 84–85.)



Kuva 7. Kulmaliitos Siemens NX:n Weld Assistant -sovelluksessa.

2.4 Hitsausmerkinnät

Pienahitseissä tulee aina ilmoittaa hitsin poikkileikkausmitta (Kuva 8). Suomessa käytetään pienahitsin poikkileikkausmitan ilmoittamiseen ainoastaan a-mittaa. (Saarinen 2010, 101.) Suunnittelijan määrittelemä a-mitta on korkeusmitta tasakylkiselle pienahitsille. Pienahitsin poikkileikkausmitta voidaan ilmoittaa myös z-mitalla, joka on pienahitsin sisälle piirretyn tasakylkisen kolmion kyljen pituus. (Lepola & Makkonen 2005, 23.) Koska poikkileikkausmitat voidaan ilmoittaa kahdella tavalla, niin täytyy a- tai z-kirjain esittää hitsausmerkeissä ennen mitan lukuarvoa. Päittäishitseille poikkileikkausmitta tarvitsee antaa vain silloin kun päittäisliitosta ei ole läpihitsattu, jolloin annetaan pienin mitta railon kohdalla kappaleen pinnasta hitsin pohjaan. (Saarinen 2010, 101.)



Kuva 8. Hitsin pinnan muodot sekä a- ja z-mitta (Lepola & Makkonen 2005, 23).

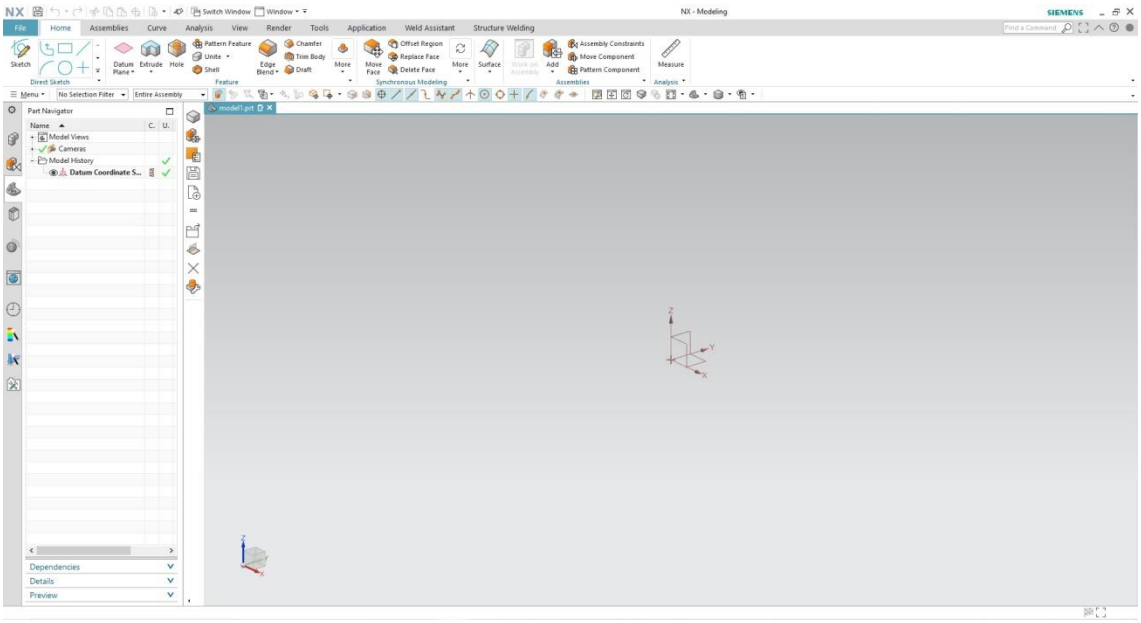
Hitsin poikkileikkausmitan lisäksi hitsausmerkillä voidaan määrittää hitsin pinnan muoto. Kupuhitsi on hitsi, jonka pinta ylittää rajaviivojen tason. Kouruhitsi on hitsi, jonka pinta alittaa rajaviivojen tason. Tasohitsi on hitsi, jonka pinta on rajaviivojen kanssa samalla tasolla. (Lepola & Makkonen 2005, 23.)

3 SIEMENS NX -HITSAUSTYÖKALUT

3.1 Siemens NX

Siemens NX (jatkossa NX) lukeutuu yhdeksi maaliman kehittyneimpiin ja tiivimmin integroituihin CAD/CAM/CAE-ratkaisuihin tuotekehityksen saralla. NX yksinkertaistaa monimutkaisen tuotekehityksen nopeuttaen tuotteiden markkinoille saamisen. NX tarjoaa koko tuotekehitysvalikoiman ja tarjoaa valtavan arvon kaiken kokoisille yrityksille. Yksinkertaistamalla monimutkaista tuotesuunnitteluprosessia se nopeuttaa tuotteiden markkinoille tuomista. (Leu ym. 2016, 1.)

NX (Kuva 9) integroi tietoon perustuvat periaatteet, teollisen suunnittelun, geometrisen mallinnuksen, edistyneen analyysin, graafisen simuloinnin ja samanaikaisen suunnittelun. Ohjelmistolla on tehokkaat hybridi-mallinnusominaisuudet integroimalla rajoituksiin perustuva ominaisuusmalli ja eksplisiittinen geometrinen mallintaminen. Vakiomuotoisten geometrian osien mallinnuksen lisäksi se antaa käyttäjälle mahdollisuuden suunnitella monimutkaisia vapaamuotoisia muotoja, kuten lentokoneen siipiprofiileja ja monistoja. Se yhdistää myös kiinteät ja pintamallinnustekniikat yhdeksi tehokkaaksi työkalusarjaksi. (Leu ym. 2016, 1.)

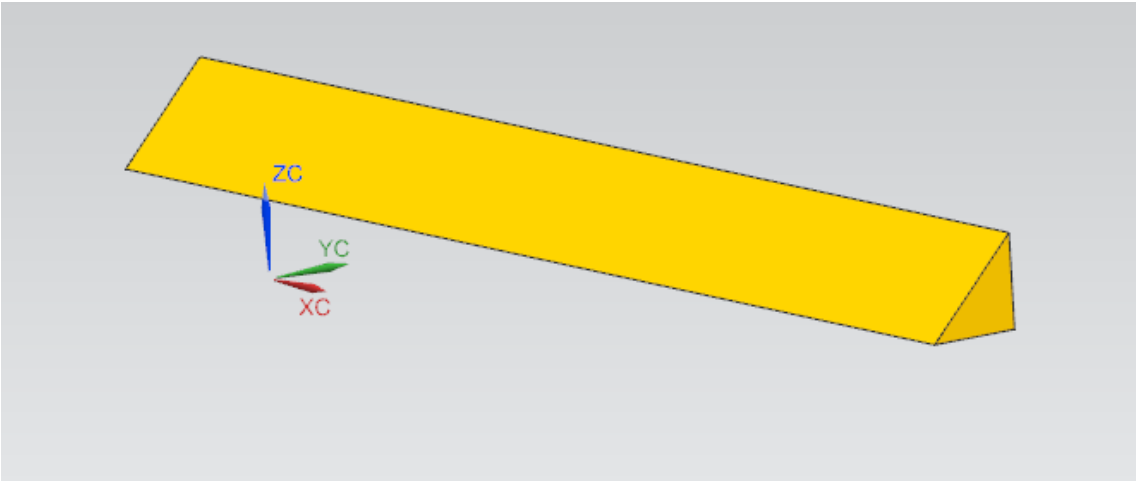


Kuva 9. Siemens NX:n käyttöliittymä.

NX:ssä on kolme eri metodia kommunikoida tai tuottaa hitsaustietoja. Ensimmäinen metodi on se, että suunnittelija ei mallinna hitsejä vaan lisää manuaalisesti hitsausmerkinnät myöhemmin luomiinsa piirustuksiin. Toinen metodi on käyttää Weld Assistant -sovellusta, joka mallintaa kaarihitsejä ja esittää ne kiinteinä kappaleina mallissa. Kolmas metodi on käyttää Structure Welding -sovellusta, joka esittää hitsit värillisinä viivoina jotka pitävät sisällään attribuuttitietoa. (haastattelu Salerno, T. 2019.)

3.2 Weld Assistant

Weld Assistant on sovellus NX:ssä, ja se mallintaa kaarihitsejä ja esittää ne kiinteinä kappaleina mallissa (Kuva 10). Weld Assistant mallintaa myös pistehitsejä ohutmetallien liittämiseen. Weld Assistant -sovelluksessa käyttäjä tuottaa itse kaiken tiedon siitä mihin kohtaan hitsi asetetaan sekä miltä hitsi näyttää. Käyttäjä valitsee pinnat ja reunat minkä perusteella sovellus osaa laittaa hitsin paikoilleen. Tämän jälkeen käyttäjä valitsee millaisen poikkileikkauksen haluaa hitsille. (haastattelu Salerno, T. 2019.)



Kuva 10. Weld Assistant esittää hitsin kiinteänä kappaleena (Solid Body feature).

Mallinnetuista hitseistä saadaan tiedot, kuten pituus ja tilavuus. Etu siinä, että mallinnetut hitsit ovat kiinteitä kappaleita, on se, että hitsit vaikuttavat kokoonpanon ominaisuuksiin, kuten painopisteeseen ja muihin massaominaisuuksiin. (haastattelu Salerno, T. 2019)

Kun hitsit on mallinnettu kiinteinä kappaleita, ne ovat valmiina automaattisesti täydentämään piirustukset sekä PMI 3D-mallit hitsimerkinnöillä. Luodut hitsit ovat piirteitä

NX:ssä, mutta ”publishing the welds” -toiminnolla on mahdollista tuoda hitsit myös Teamcenteriin, joka on Siemensin tuotetiedonhallintaohjelma. (haastattelu Salerno, T. 2019.)

Siemensin Tony Salerno (haastattelu 2019) mainitsee Weld Assistant -sovelluksen hyväksi puoleksi sen, että kiinteiksi kappaleiksi mallinnetut hitsit vaikuttavat kokoonpanon ominaisuuksiin. Huonoksi puoleksi hän mainitsee sen, että käyttäjä joutuu valitsemaan pinnat ja reunat mihin hitsi asetetaan sekä sen millainen poikkileikkaus hitsille tulee. Näille valinnoille on olemassa API-komentoja mutta ne eivät sovellu itsessään hyvin hitsien automaattiseen luontiin, koska jollain tavalla pinnat ja reunat hitsin paikallistamiseen täytyy silti valita.

3.3 Structure Welding

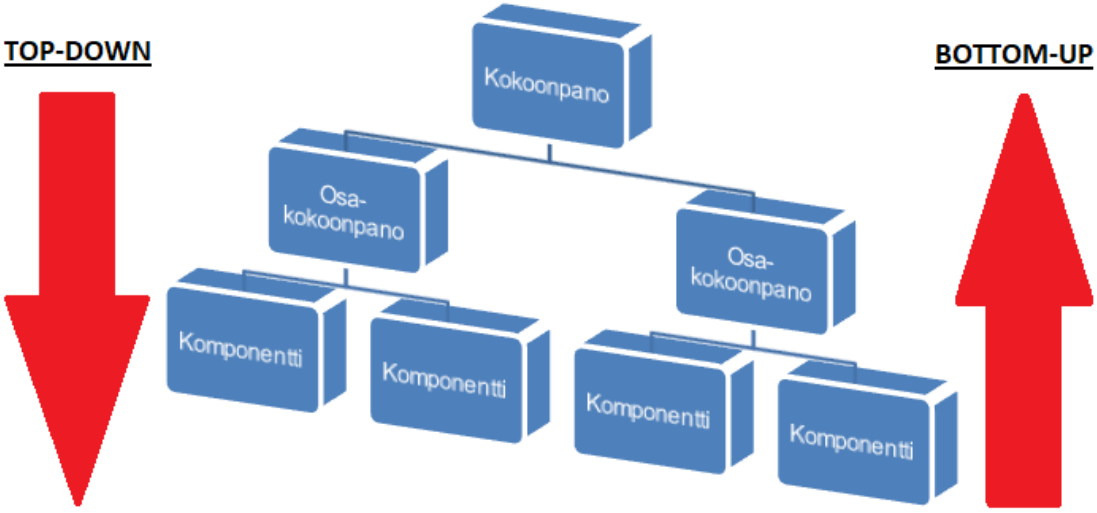
Toinen tuote hitsauksen mallintamiseen NX:ssä on hitsaustyökalu nimeltä Structure Welding (jatkossa SW). SW on kehitetty pääasiassa laivanrakennusta varten. SW luo hitsit kokoonpanoon värillisinä viivoja, jotka pitävät sisällään attribuuttitietoa. Attribuuttitiedot pitävät sisällään tietoja, kuten hitsin pituus sekä tilavuus. Koska SW ei mallinna hitsejä kiinteinä kappaleina, hitsit eivät vaikuta kokoonpanon ominaisuuksiin. (haastattelu Salerno, T. 2019)

4 HITSATUN RAKENTEEN SUUNNITTELU

4.1 Kokoonpanon luonti

Kokoonpano muodostetaan liittämällä yhteen osia, komponentteja ja osakokoonpanoja. Kokoonpano voidaan suunnittella kolmella (Kuva 11) eri tavalla (Hietikko 2015, 27, 139):

1. Bottom-Up
2. Top-Down
3. Hybrid.



Kuva 11. Top-Down- ja Bottom-Up-menetelmät.

4.1.1 Bottom-Up

Bottom-up-, eli alhaalta ylös -menetelmässä komponentit on mallinnettu valmiiksi omiksi tiedostoiksi ennen itse kokoonpanon luomista. Kokoonpanoa tehdessä valmiiksi mallinnetut komponentit ohjataan paikoilleen ja kiinnitetään toisiinsa käyttäen ns. ehtoja. Yleensä tapana on aloittaa kokoonpanon kannalta keskeisimmästä komponentista, jonka ohjelma kiinnittää paikoilleen automaattisesti. Tämän jälkeen muut komponentit on helppo kytkeä valmiiksi kiinnitettyyn kappaleeseen. (Hietikko 2015, 139.)

4.1.2 Top-Down

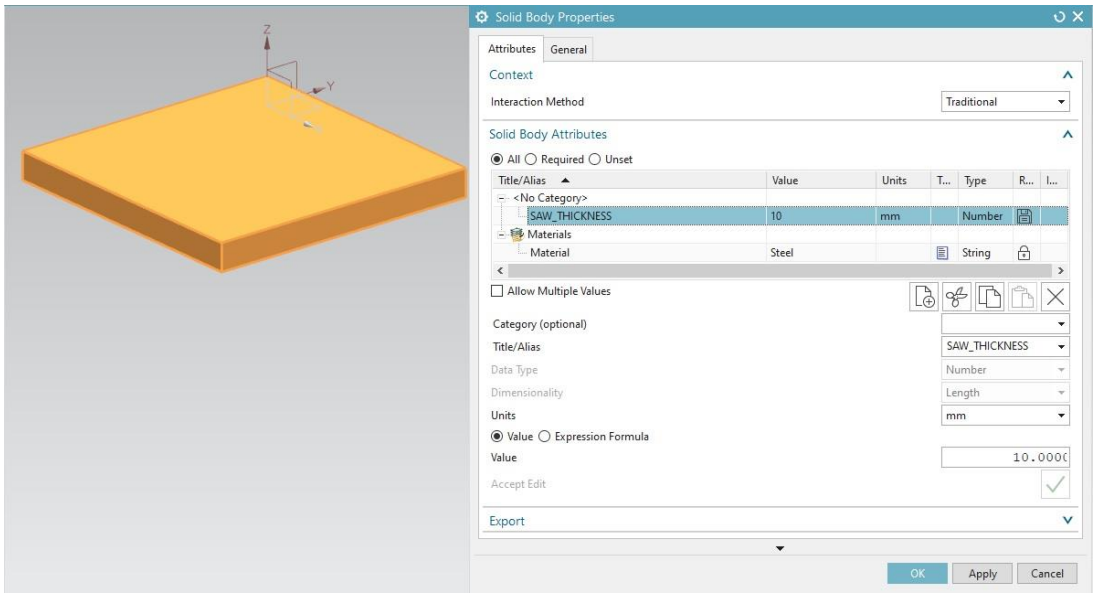
Top-Down-, eli ylhäältä alas -menetelmässä osia ei tarvitse ohjata paikoilleen ja kiinnittää erikseen, koska ne rakennetaan kokoonpanosta käsin valmiiksi oikeille paikoilleen. Hyöty tässä menetelmässä on se, että muiden osien geometriaa voidaan käyttää mallinnuksen apuna, koska ne ovat näkyvissä kokoonpanossa. (Hietikko 2015, 139.)

4.1.3 Hybrid

Hybrid on kaikkein yleisimmin käytetty, koska se on kahden edellisen yhdistelmä. Bottom-Up-menetelmällä voidaan tuoda kokoonpanoon standardiosia tai muiden suunnittelijoiden erikseen mallintamia osia. Kokoonpanon muiden osien geometriaa voidaan myös hyödyntää mallintamalla osia kokoonpanosta käsin, käyttäen Top-Down-menetelmää. (Hietikko 2015, 139.)

4.2 Hitsien mallintaminen

Hitsit voidaan mallintaa sen jälkeen, kun kokoonpano on luotu. SW-sovelluksen käyttö vaatii sen, että hitsattaville kokoonpanon osille on asetettu levynpaksuus attribuuttitietona (Kuva 12). Oletuksena ohjelmassa SW:n levynpaksuusattribuutin nimi on ”SAW_THICKNESS”, mutta käyttäjä voi konfiguroida sen haluamakseen.

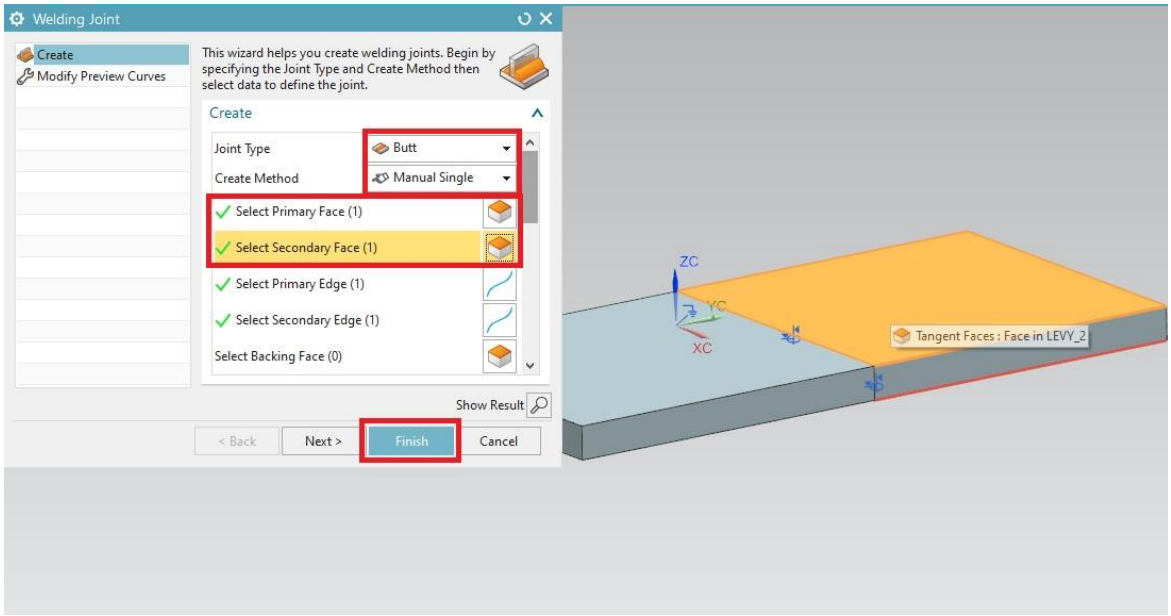


Kuva 12. Solid Body -attribuuttitiedon lisääminen.

Hitsien mallintaminen tapahtuu SW-sovelluksella käyttämällä Welding Joint -komentoa. Komennolla käyttäjä pystyy valitsemaan millainen hitsausliitos on kyseessä. Valittavat hitsausliitokset ovat

- päittäisliitos
- T-liitos
- nurkkaliitos
- päällekkäisliitos.

Tämän jälkeen käyttäjä valitsee molempien hitsattavien osien pinnat (Kuva 13), joiden avulla sovellus valitsee reunan, johon hitsi asetetaan.



Kuva 13. Hitsausliitoksen ja hitsattavien pintojen valita.

Welding Joint -komennolla voidaan määritellä useita eri ominaisuuksia hitsille, jotka vaikuttavat hitsausmerkintöihin, valmistustietoihin sekä hitsin kokoon. Muutamia ominaisuuksia, joita hitseille voidaan määritellä ovat esimerkiksi:

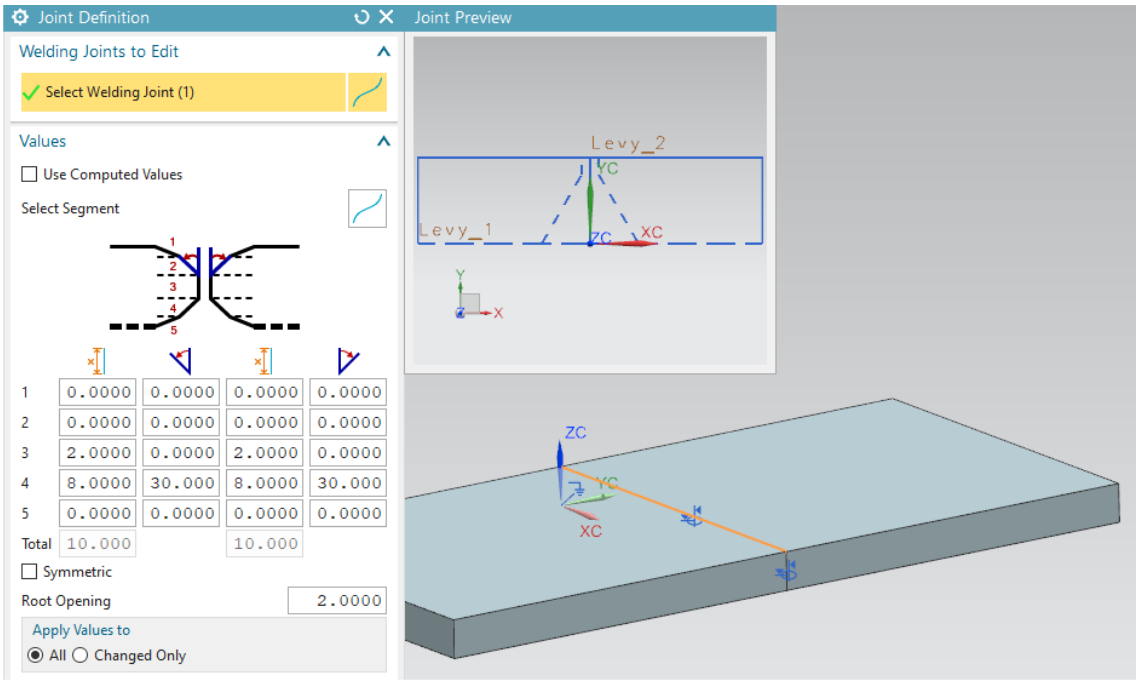
- Hitsin pinnan muoto (kupu-, tasa- ja kouruhitsi)
- Hitsausprosessi
- Jatkuva hitsi tai katkohitsi
- Asennushitsaus- ja ympärihitsausmerkintä

Kun komento on suoritettu, kappaleiden väliin muodostuu värillinen viiva kuvaamaan hitsausliitosta. Viivan väriä ja paksuutta pystytään muuttamaan eri hitsausliitosten mukaan, jotta ne voidaan erottaa toisistaan kokoonpanossa.

Tämän jälkeen käyttäjä määrittää hitsin päittäisliitoksen railomuodon tai vaihtoehtoisesti pienaliitoksen a-mitan Joint Definition -komennolla. Kuvassa (Kuva 14) määritellään päittäisliitoksen railomuodoksi V-railo, jossa liitettävien kappaleiden levynpaksuus on 10 mm. Mallinnettavan railon mitat:

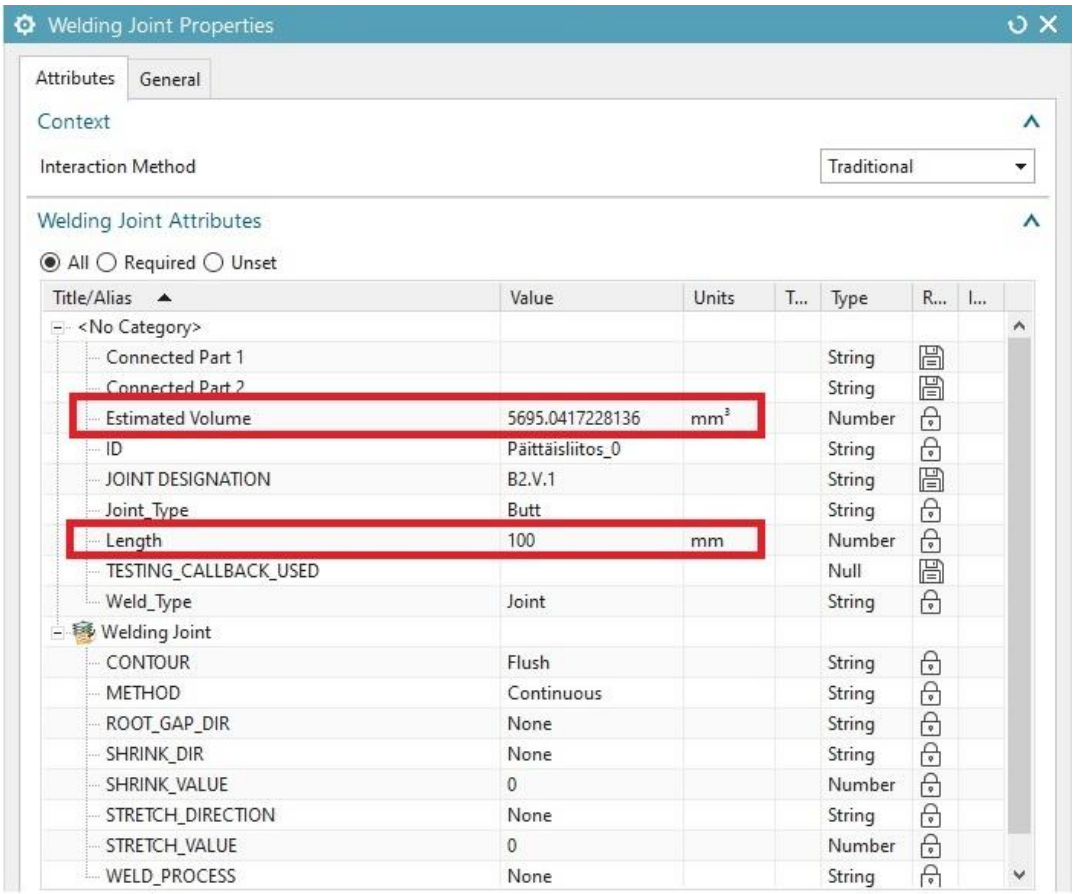
- Viistekulma: 30°
- Viistesyvyys: 8 mm
- Juuripinnan syvyys: 2 mm
- Ilmarako: 2 mm

Mittoja syöttäessä sovellus päivittää esikatselukuvan railomuodosta tai vaihtoehtoisesti hitsausmerkinnästä, jonka avulla voi nähdä sen, että lopputulos on oikeanlainen. Esikatselukuvassa pinnanpuoli on merkitty katkoviivalla ja ehyt viiva kuvaa juuripuolta.



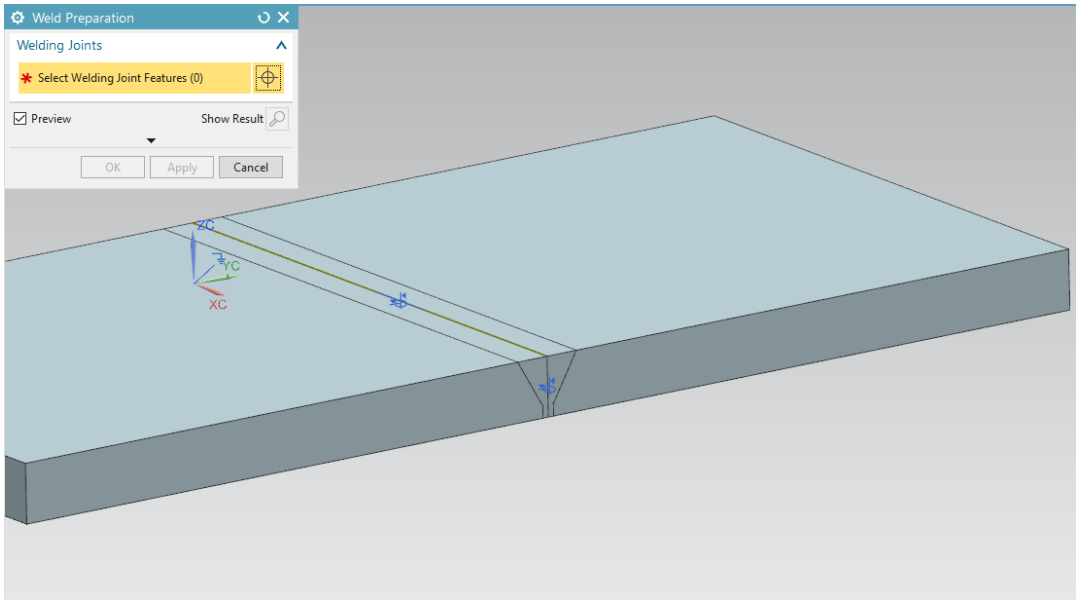
Kuva 14. Päittäisliitoksen railomuodon määrittäminen.

Railon mitoituksen jälkeen hitseistä pystytään saamaan tiedot, kuten hitsin pituus sekä arvioitu tilavuus (Kuva 15). Hitsin tilavuus on arvio, koska poikkileikkauksen pinta-ala oletetaan olevan koko hitsin pituuden sama. Valittu hitsin pinnan muoto ei oletuksena vaikuta arvioituun tilavuuteen.



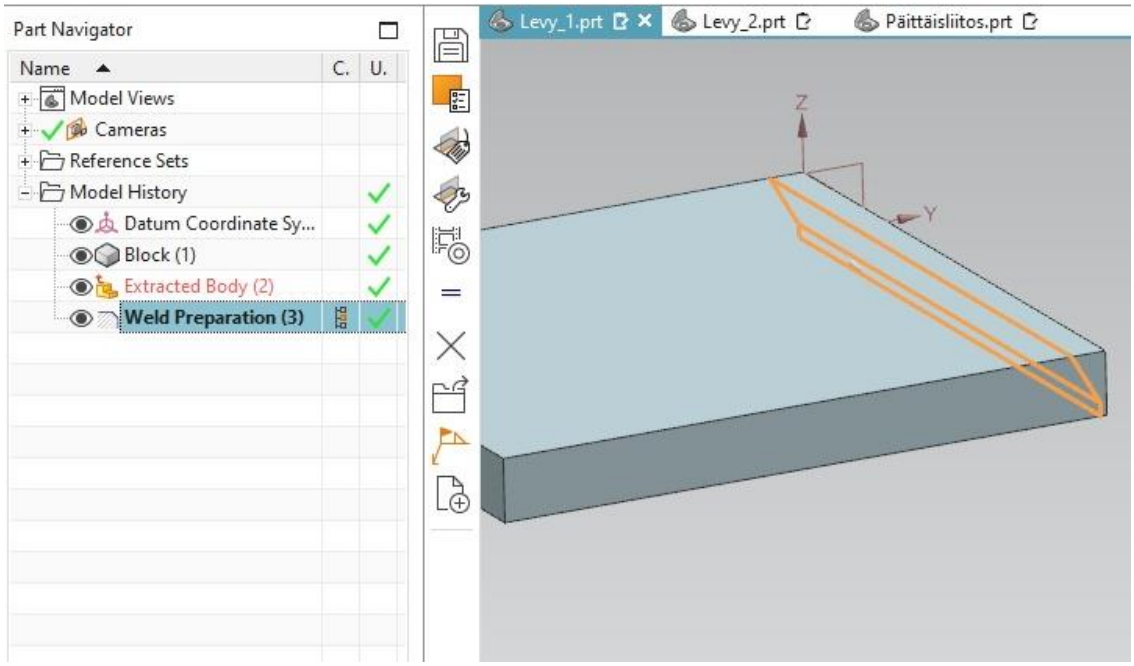
Kuva 15. Hitsin pituus- ja tilavuustiedot.

Kun hitsiliitos, hitsin sijainti sekä poikkileikkaus on valittu, voidaan suorittaa käsky Weld Preparation, joka muodostaa railot hitsatuille kappaleille (Kuva 16).



Kuva 16. Railomuoto luodaan kokoonpanoon Weld Preparation -komennolla.

Railomuoto näkyy kokoonpanon lisäksi myös mallinnetuissa osissa, joiden piirrepuuhun määräytyy kommenon jälkeen Extracted Body- ja Weld Preparation –piirteet (Kuva 17).



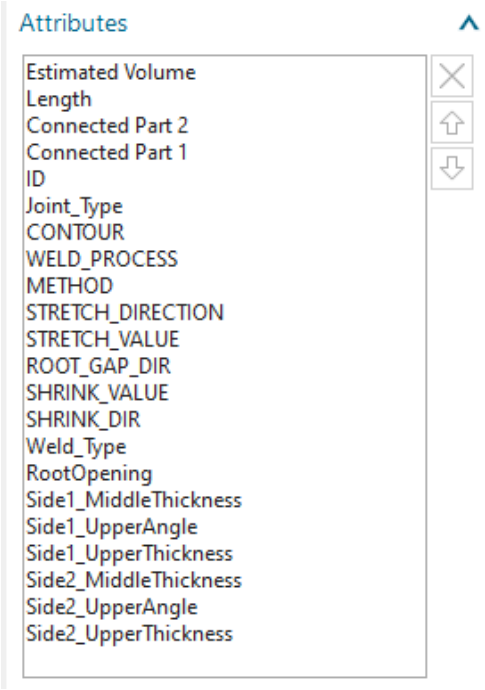
Kuva 17. Hitsattuihin osiin määräytyy Extracted Body- ja Weld Preparation -piirteet.

4.3 Piirustukset

SW luo kokoonpanon hitsatuille osille railomuodot, jotka voidaan näyttää piirustuksissa tai vaihtoehtoisesti kappaleista voidaan esittää pelkkä aihio. NX:n Reference Sets -toiminto mahdollistaa sen, että molemmat vaihtoehdot voivat näkyä myös samassa kuvassa. SW:llä mallinnetut hitsit ovat myös valmiina automaattisesti täydentämään piirustukset hitsausmerkinnöillä, kun ne halutaan esille. Hitsausmerkinnät päivittyvät automaattisesti, jos malliin tehdään muutoksia.

4.4 PMI 3D-malli

Tuotteen valmistustiedot (PMI, Product Manufacturing Information) voidaan esittää tuotantoa varten luoduissa 3D-malleissa. Kun hitsit on mallinnettu, niin ne ovat valmiina piirustuksien lisäksi täydentämään myös PMI 3D-mallit hitsimerkeillä sekä käyttäjän valitsemilla tuotantotiedoilla (Kuva 18). Piirustusmerkinnät päivittyvät myös automaattisesti PMI 3D-malleihin, jos malliin tehdään muutoksia.



Kuva 18. PMI 3D-mallien hitsaustietoja.

5 HITSIEN MALLINTAMISEN AUTOMATISOINTI

Parempien automatisointimahdollisuuksien takia työssä valittiin käytettäväksi hitsaustyökaluksi SW, joka voidaan täys- tai puoliautomatisoida.

5.1 Täysautomatisointi

SW voi toimia täysin automatisoidusti, jolloin käyttäjä vain valitsee kaikki liitettävät komponentit ja napsauttaa OK. SW tarkastelee kokoonpanon komponentteja ja tapaa, miten niiden geometriat tulevat yhteen. Tämä mahdollistaa sen, että SW pystyy automaattisesti määrittämään, mihin kohtaan hitsi tulisi asettaa sekä mikä hitsityyppi on kyseessä. Tämän lisäksi SW:ssä on mahdollisuus kirjoittaa sääntöjä liitännäisiin (Plug-in), jotka päättävät, millainen railomuoto tai a-mitta hitsiliitokselle valitaan levynpaksuuden perusteella.

5.2 Puoliautomatisointi

SW voidaan puoliautomatisoida joko niin, että sovellus tunnistaa, mihin hitsi asetetaan sekä millainen liitosmuoto on kyseessä. Tämän jälkeen käyttäjä saa itse valita, millainen poikkileikkaus hitsille tulee. Vaihtoehtoisesti käyttäjä voi valita, mihin hitsi asetetaan ja ennalta määrätyt säännöt valitsevat levynpaksuuden perusteella millainen poikkileikkaus hitsille valitaan.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli puoliautomatisoida SW:n käyttö niin, että käyttäjä itse päättää, mihin hitsi asetetaan, mutta hitsin poikkileikkaus määräytyy levynpaksuuden mukaan. Hitsien poikkileikkauksien automaattista määrittämistä varten tulee kirjoittaa oma liitännäinen (Plug-in) päittäis- sekä kulmaliitoksille (Kuva 19).

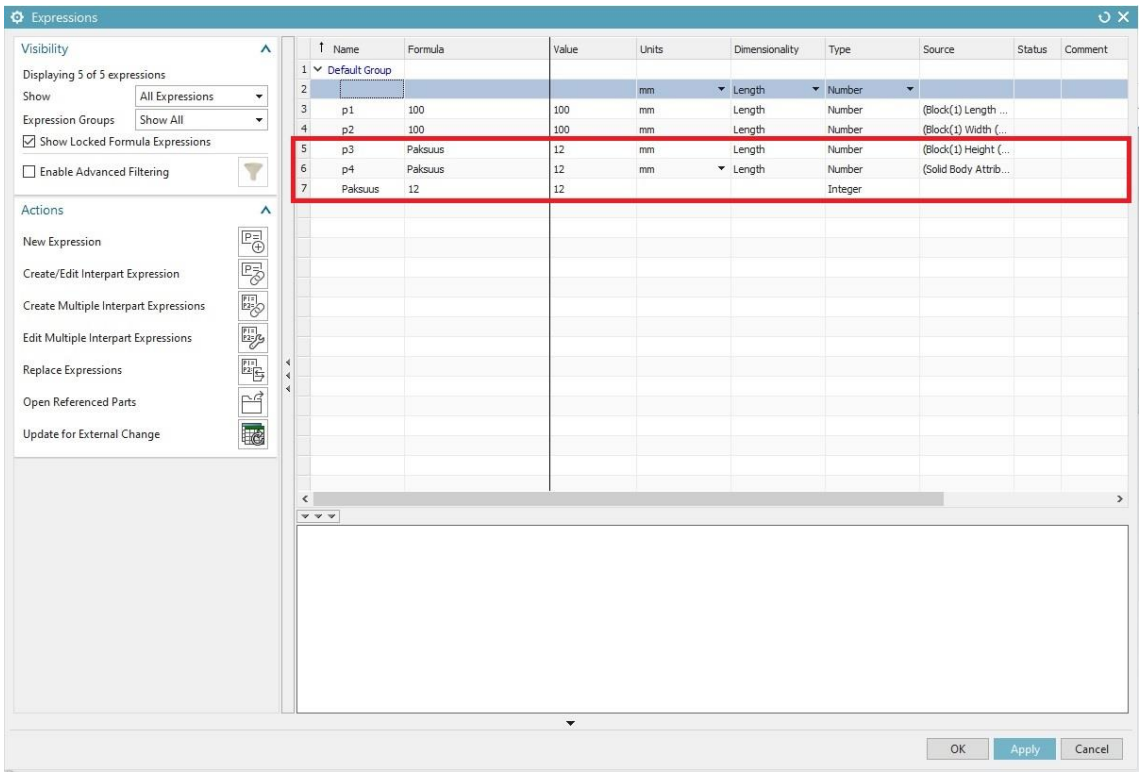
```
!   Any new parameters needed must be added to the callback routine.
ThicknessBetween   3.0  And 9.0  Difference = 0.0  RootGap 1.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      T1         0.0        T2         0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
ThicknessBetween    3.0  And 9.0  Difference < 5.0  RootGap 1.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      T1         0.0        T2         0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
ThicknessBetween    3.0  And 9.0  Difference > 5.0   RootGap 1.0
      0.0        0.0        DIFF       80.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      T1         0.0        T1         0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
!----------------------------------Next set of values---------------
ThicknessBetween   9.0 And 10.0  Difference = 0.0     RootGap 0.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
      HALFT1-1   15.0       HALFT2-1   15.0
      2.0        0.0        2.0        0.0
      HALFT1-1   15.0       HALFT2-1   15.0
      0.0        0.0        0.0        0.0
```

Kuva 19. Päittäisliitoksen liitännäisen parametrejä.

Liitännäinen kirjoitetaan samalla tavalla kuin Joint Definition -komennon ikkunassa, mutta tarkkojen arvojen sijaan käytetään parametrejä suhteessa levynpaksuuteen.

Kun liitännäinen on kirjoitettu ja aktivoitu, se täyttää automaattisesti hitsin poikkileikkaustiedot levynpaksuusattribuutin mukaan. Käyttäjä voi myöhemmin muokata näitä tietoja. NX:n kokoonpanon Part Navigatorista voi nähdä hitsit, jotka liitännäinen on automaattisesti määrittänyt ja mitkä on jälkeenpäin muokattu manuaalisesti.

Levynpaksuuden muuttessa railomuoto ei automaattisesti päivity koska liitännäinen täyttää poikkileikkaustiedot levynpaksuusattribuutin mukaan. Tämän takia levynpaksuusattribuutti tulee muuttaa parametriseksi. NX:n Expressions -taulukkoon (Kuva 20) voidaan kirjoittaa parametri, joka kuvastaa levynpaksuutta. Tämä parametri asetetaan levynpaksuusattribuutille sekä -mitalle. Silloin levynpaksuuden muuttuessa voidaan railomuoto ja kappaleen paksuus muuttaa yhdestä paikasta.



Kuva 20. Levynpaksuusattribuutin muuttaminen parametriseksi.

6 YHTEENVETO

Tämän työn tarkoituksena oli tutkia, millaista hitsien tuotetietoa voidaan tuottaa NX:n hitsaustyökaluilla. Tavoitteena oli myös hitsauksen mallintaminen automatisointiin niin, että ohjelman algoritmi valitsee oikean railomuodon tai a-mitan levynpaksuuden perusteella ennaltamääriteltyjen sääntöjen mukaan.

Siemens NX:n hitsaustyökaluista Structure Welding valittiin hitsauksen mallintamisen automatisointiin, koska kyseinen hitsaustyökalu soveltui automatisointiin Weld Assistantia paremmin. Hitsauksen mallintamisen automatisointi onnistuttiin toteuttamaan vaaditulla tavalla sekä sen manuaalisesta ja puoliautomatisoidusta käytöstä laadittiin käyttöohje.

Hitsauksen mallintamisen automatisointia voidaan viedä vielä pidemmälle täysautomatisoimalla Structure Welding, jos se koetaan tarpeelliseksi. Tässä projektissa koettiin, että hitsin poikkileikkauksen määrittäminen levynpaksuuden mukaan riittää automatisointitarpeisiin. Puoliautomatisointia voidaan kehittää vielä eteenpäin niin, että jokaiselle hitsausprosessille olisi oma liitännäinen ja se aktivoituisi, kun tietty hitsausprosessi valitaan hitsin mallinnusvaiheessa. Silloin railon mitan muuttujat, kuten ilmarako ja juuripinnan korkeus, määräytyisi automaattisesti valitulle hitsausprosessille sopivaksi. Suunnittelutoimistossa liitännäisiä tulisi myös vaihtaa nopeasti ja helposti valmistuspaikan mukaan, jos se on tiedossa. On myös hyvä lisäksi vielä selvittää se, että voidaanko levynpaksuusattribuutti lisätä osiin automaattisesti. Tämä vähentäisi työn määrää etenkin, jos kokoonpanossa on paljon yhdistettäviä osia.

Siemens NX:n tuotepäällikön Tony Salernon mukaan tällä hetkellä Structure Weldingiä käytetään ainoastaan laivanrakennuksessa. Structure Weldingin toiminnallisuus muunlaisessa konepajateollisuudessa selviäisi sillä, että sovellus otettaisiin koekäyttöön erilaisissa projekteissa. Suunnittelijoille tulee alkuun lisää töitä sovelluksen käytön opettelemisessa sekä levynpaksuusattribuutin lisäämisessä. Hyötynä on kuitenkin automaattinen railomuodon tai a-mitan määritys sekä hitsausmerkinnät, jotka automaattisesti muodostuvat sekä myös päivittyvät piirustuksiin ja PMI 3D-malleihin. Tuotanto voi käyttää sovelluksesta saatuja tietoja laskennassa, kuten hitsin pituus sekä tilavuus. Hitsit voidaan myös lisätä yrityksen Teamcenter-tuotetiedonhallintaohjelmaan, jossa hitseillä voi olla oma elinkaarensa.

LÄHTEET

Hietikko, Esa 2015: Tietokoneavusteinen suunnittelu SolidWorks 2016. 7. Painos. BoD – Books on Demand. Helsinki.

Leu, Ming C. - Ghazanfari, Amir - Kohan, Krishna. 2016: NX 10 for engineering design. Missouri University of Science and Technology. [viitattu 18.10.2019]. Saatavissa: https://web.mst.edu/~mleu/nx_manuals/nx10.pdf

Moos ym. 2008: Metallirakentajan käsikirja. Hämeen ammattikorkeakoulu. Saarijärven Offset. Saarijärvi.

Niemi, Erkki - Juha Kemppi 1993: Hitsatun rakenteen suunnittelun perusteet. Painatuskeskus. Helsinki.

Saarinen, Eero ym. 2010: Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus Eurocode 3 -oppikirja. 1. painos. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Salerno, Tony. 2019. Tuotepäällikkö, Siemens PLM Software. Skype-haastattelu 19.6.2019. Haastattelijana Tuomo Rautava & Petteri Hagström. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Stenbacka, Nils 2009: Hitsaustalous ja tuottavuus. 1. Painos. Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys. Eräsalon kirjapaino. 2011.

LIITTEET

Liite 1. Structure Welding -käyttöohje