

## Ohjelmointiohjeen laadinta Mastercamille



AMK tutkinnon opinnäytetyö  
Konetekniikka, HAMK Riihimäki

2021

Jaakko Hyle

## TIIVISTELMÄ

Opinnäytetön tavoitteena oli laatia ohjekirjat ensimmäistä kertaa CAM-ohjelmaa käyttävää opiskelijaa varten, jolla pystyy oppimaan Mastercamin perusasiat.

Raportissa käydään läpi CAM-ohjelmointia ja sen historiaa, Mastercamin historiaa ja lyhyesti ohjekirjojen sisältö ja niiden tekeminen.

Työ alkaa ohjelmoinnin itseopiskelulla käyttäen Mastercamilta saatua harjoitteluohjelmaa, jonka jälkeen valmistetaan ohjekirjat sekä jyrsinän, että sorvauksen perusteisiin. Ohjekirjat valmistetaan mahdollisimman yksinkertaisesti käyttäen niin paljon kuvia, kuin mahdollista.

Avainsanat CAM, Mastercam, Sorvaus, Jyrsintä.

Sivut 12 sivua ja liitteitä 61 sivua

ABSTRACT

The goal of the project was to write guidebooks for CAM programming on Mastercam so people who had never programmed before could use them to learn the basics.

This report goes through CAM programming and its history, the history of Mastercam and briefly goes through the contents and the writing process of the guidebooks.

Work on the thesis started with self-learning programming on Mastercam by using their practice program, after which the guidebooks were made for the basics of milling and turning. The guidebooks were made to be simple and easy to understand by using as many illustrations as possible.

Keywords CAM, Mastercam, Turning, Milling

Pages 12 pages and appendices 61 pages

## Sisälllys

1	Johdanto .....	1
2	Computer-aided manufacturing (CAM) .....	2
2.1	Mitä on Cam .....	2
2.2	Historia .....	3
2.3	Yleisimmät ohjelmistot .....	4
2.4	Mastercam .....	8
3	Ohjekirjan valmistus .....	9
3.1	Itseopiskelu .....	9
3.2	Esimerkki ohjekirjan sisällöstä .....	10
4	Lopetus .....	11
4.1	Tavoitteisiin pääsy .....	11
4.2	Opinnäytetyön kulku .....	11

## Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1	G-Koodin visualisointi (Make 2016) .....	2
Kuva 2	High end -markkinaosuus (Warfield 2016) .....	4
Kuva 3	Low cost -markkinaosuus (Warfield 2016) .....	5
Kuva 4	Mastercamin suosion nousu 2016 jälkeen (Warfield 2021) .....	6
Kuva 5	Low cost (Warfield 2021) .....	6
Kuva 6	Kokonaisosuus (Warfield 2021) .....	7
Kuva 7	Mallikappale .....	10

## Liitteet

Liite 1	Mastercam perusteet jyrshintä
Liite 2	Mastercam perusteet sorvaus

## 1 Johdanto

Mastercam on CAM-ohjelmointiin tarkoitettu ohjelma, jonka opiskeluun valmistetaan ohjekirjat jyräntään (liite 1) sekä sorvaukseen (liite 2) opinnäytetyön pääasiallisena työnä. Ohjekirjan valmistus on jaettu kolmeen eri osioon, itseopiskeluun, ohjekirjan laadintaan ja lopuksi työn raportointiin.

Ohjekirjan lopullisena tavoitteena on se, että sitä pystytään käyttämään koulussa Mastercamin opettamisen yhteydessä, tai Mastercamin itseopiskeluun.

Ohjekirja koostuu kahdesta eri osiosta: jyrästä ja sorvauksesta. Molemmissa osioissa käydään läpi kaikki tarpeelliset vaiheet normaalin kappaleen valmistuksessa, mukaanlukien työkalujen valinta ja esim. jyrästä: tasoja jyrästä, tasku- ja uraja jyrästä sekä porauksessa.

Kaikki ohjekirjan vaiheet selitetään yksinkertaisesti sekä tekstillä että tekstiä tukevilla kuvilla. Tämän pitäisi mahdollistaa ohjekirjan avulla Mastercamin itseopiskelu.

## 2 Computer-aided manufacturing (CAM)

Tässä osiossa käydään läpi sekä CAM-ohjelmoinnin perustietoja, että sen historiaa ja yleisimpiä käytössä olevia ohjelmistoja. Lopuksi käydään myös läpi Mastercamia ja sen historiaa.

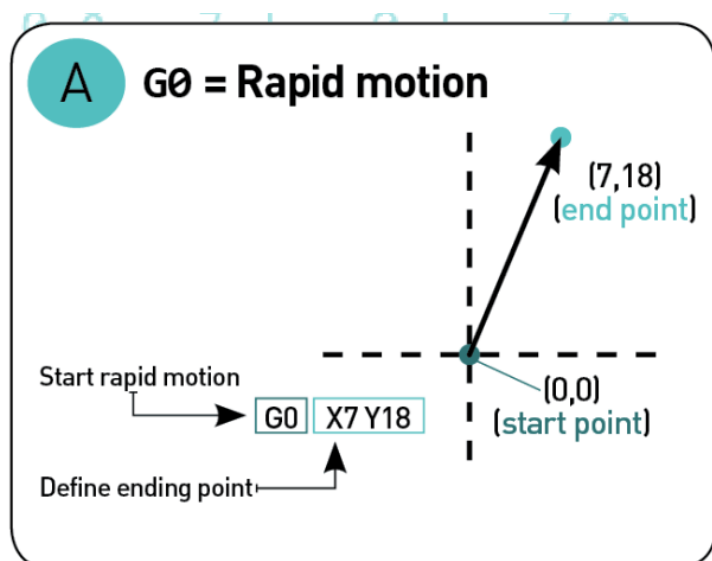
### 2.1 Mitä on CAM

Computer aided manufacturing tarkoittaa tietokoneella ohjelman käyttöä, jolla tuotetaan CNC-koneelle ohjelmaa. Yleisimpiä CNC-koneita ovat sorvit, jysinkoneet ja erilaiset leikkurit kuten vesi- ja laserleikkurit. Ohjelma luodaan ensin valmistamalla työstöradat tietokoneella, jonka jälkeen ne muutetaan postprosessoinnilla koodikieleksi, jota CNC-koneet käyttävät. (Deans, 2021)

Koodikieltä mitä CNC -koneet käyttävät sanotaan G-koodiksi, mutta monilla firmoilla on käytössä muokattu versio koodista. Tämä tarkoittaa sitä, että aina pitää varmistaa tehdyn koodin sopivuus kullakin koneella. (Deans, 2021)

G-koodi toimii antamalla käskyn sekä koordinaatistosta käskyn lopetuspisteen, esimerkkinä pikaliike G0X7Y18 (kuva 1).

Kuva 1 G-Koodin visualisointi (Make 2016).



## 2.2 Historia

CAM-ohjelmoinnin ensimmäiset käyttökohteet olivat auto- ja ilmailualan teollisuudessa. Ensimmäiset CAM-ohjelmoinnin tuotokset olivat tietokoneella tehtyä G-koodia, joka siirrettiin reikäkortilla koneelle. (Geddes, 2020)

Ensimmäiset varsinaiset CAM-ohjelmat syntyivät 1970-luvulla, kun Patrick J. Hanratty perusti oman yrityksensä jolla oli oma CAD/CAM menetelmänsä. Yritys ei kuitenkaan menestynyt, koska tietokoneet jota se vaati eivät olleet yleisessä käytössä tai saatavilla massa markkinoilla. (Geddes, 2020)

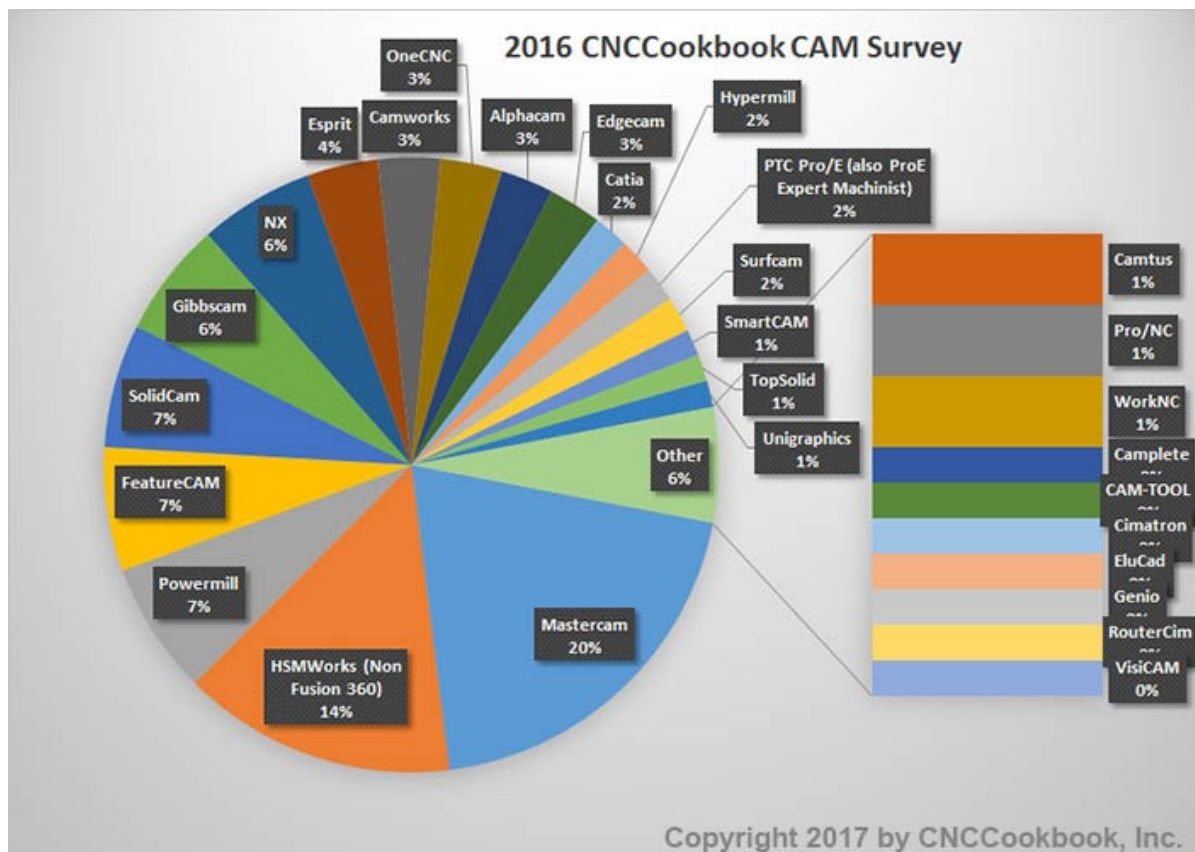
Vuonna 1971 Hanratty kuitenkin perusti toisen yrityksen joka kehitti ADAM-ohjelmiston, joka oli koodattu Fortranilla ja toimi melkein millä tahansa tietokoneella. (Geddes, 2020) ADAM oli erittäin suosittu ohjelma, ja University of Californian analyytikot arvioivat noin 70 % moderneista 3-D CAM-ohjelmista perustuvan ADAM-koodiin. (University of California, 2012)

CAM-ohjelmoinnin suosio kasvoi huomattavasti 70-luvun lopulla ja 80-luvun alussa, kun CATIA, IBM ja Autodesk julkaisivat ensimmäiset versiot CAD- ja CAM-ohjelmistoistaan. Lopullisen suosionkasvun ohjelmointi sai 90-luvulla, kun ohjelmat siirrettiin UNIX:ilta PC:lle. (Gebbes, 2020)

## 2.3 Yleisimmät ohjelmistot

CNCCookbookin 2016 tekemässä tutkimuksessa huipputason CAM-ohjelmista käytetyin oli Mastercam, jolla oli 20 % markkinaosuus kyselyyn vastanneista yrityksistä (kuva 2). Listalla muita korkealla olevia käyttöjärjestelmiä olivat: HSMWorks 14 %, Powermill, FeatureCam ja Solidcam 7 % sekä Gibbscam ja NX 6 %.

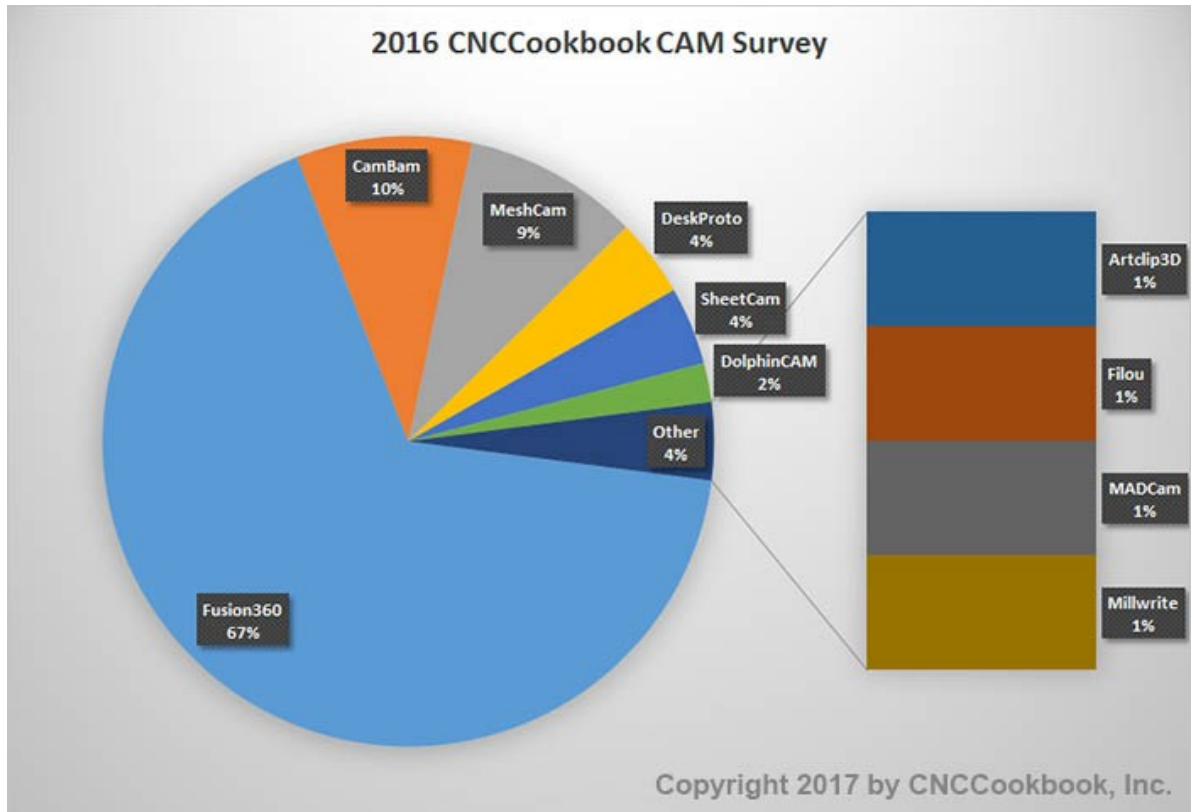
Kuva 2 High end -markkinaosuus (Warfield 2016).





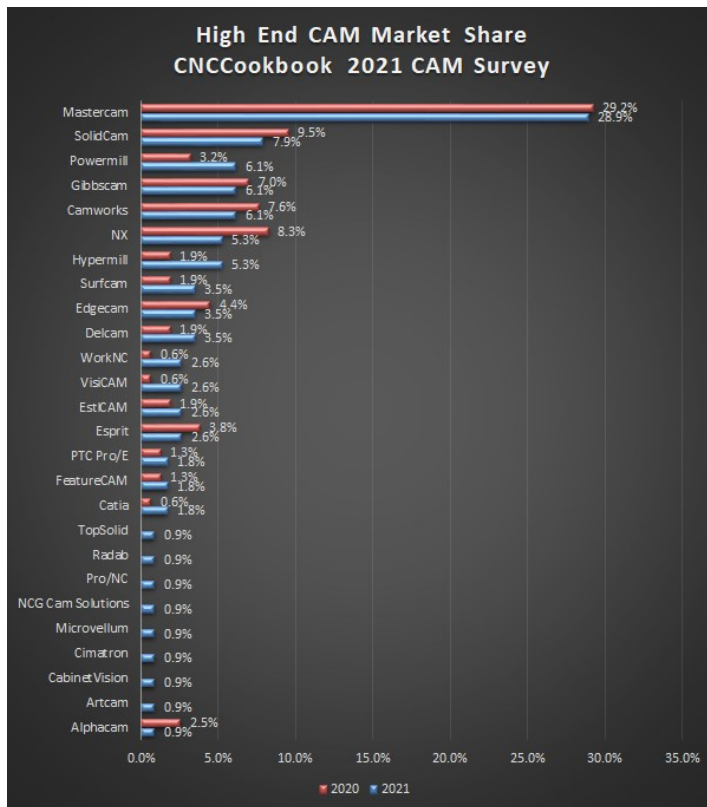
Halvemman markkinatason ylivoimaisesti käytetyin ohjelma oli Fusion 360 67 % käyttömäärällä. Muita mainittavia tuloksia ovat CamBam 10 % sekä MeshCam 9 % (kuva 3).

Kuva 3 Low cost -markkinaosuus (Warfield 2016).

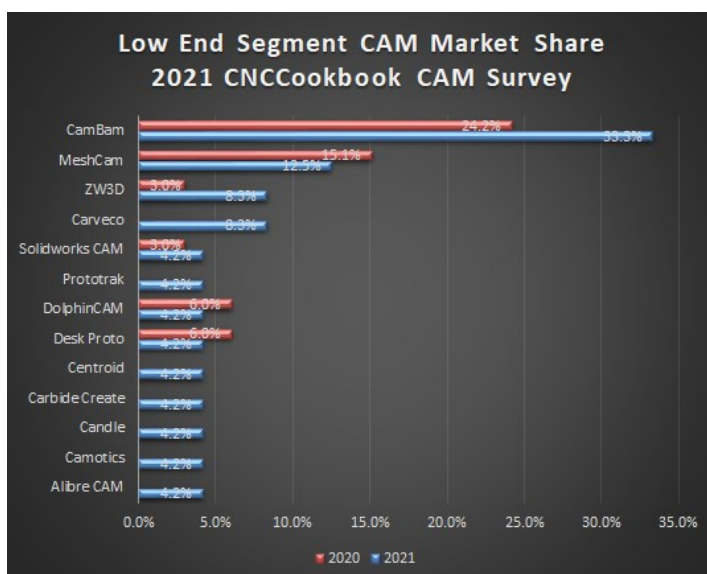


Jos näitä tuloksia verrataan 2021 tuloksiin, huomataan että mastercamin suosio on huipputasolla kasvanut (kuva 4) ja Fusion 360 on vaihtanut toimintamalliansa asiakkaan pyyntöön vastaavaksi siirtäen itsensä pois low cost -kategoriasta (kuva 5).

Kuva 4 Mastercamin suosion nousu 2016 jälkeen (Warfield 2021).

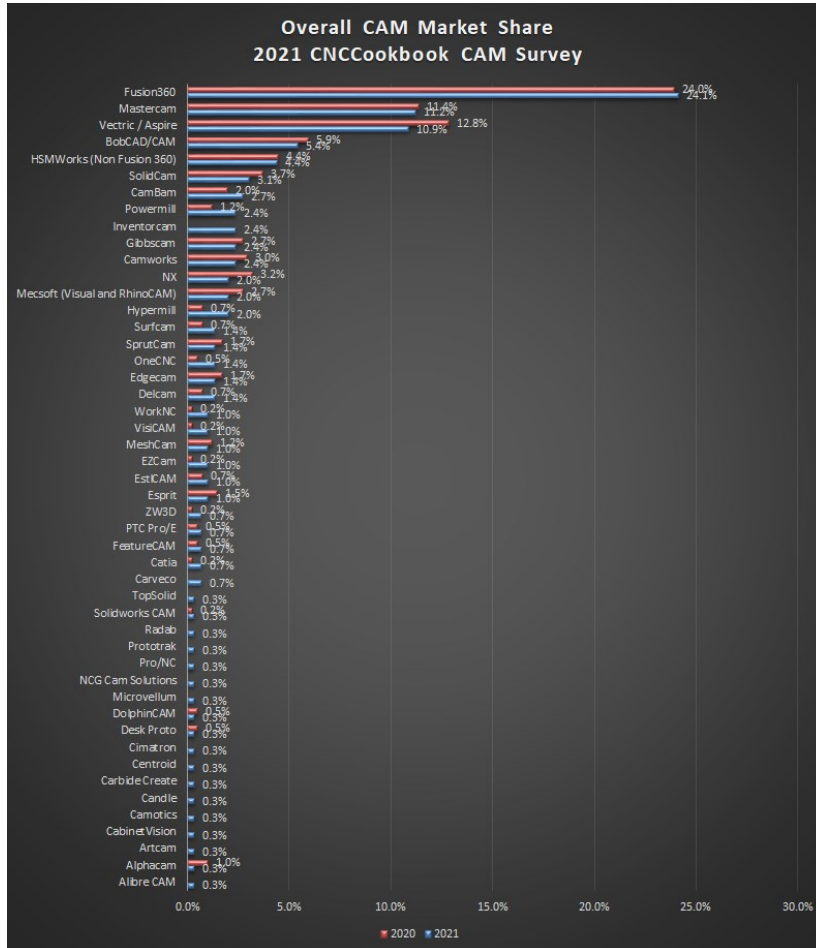


Kuva 5 Low cost (Warfield 2021).



Koko markkinoiden kärjessä 2021 on Fusion360, jonka perässä Mastercam on toisena ainoana high end -ohjelmuna viiden parhaan joukosta (kuva 6).

Kuva 6 Kokonaisuus (Warfield 2021).



## 2.4 Mastercam

Mastercam on CNC Software, inc yrityksen vuonna 1983 kehittämä ohjelma joka kuuluu maailman suosituimpiin CAD-/CAM-ohjelmiin. CNC Software inc perustettiin Yhdysvalloissa vuonna 1983 ja on siitä kasvanut myyden sovellusta yli 250000 asiakkaalle. (CNC Software, inc, 2021)

Mastercamia käytetään metalli-, muovi- ja puuteollisuudessa, sekä myös lääketieteen puolella esim. hammaslääkäreiden käytössä. Mastercamin ohjelmakatalogiin kuuluu lähes kaikkien CNC-koneiden ohjelmointi, sekä kappaleiden mallinnus. (CNC Software, inc, 2021)

Mastercam tekee yhteistyötä Solidworksin kanssa, joka mahdollistaa ohjelmien yhdistämisen niin, että Mastercamin työstöradat pystyy valmistamaan Solidworksin työympäristössä. (CNC Software, inc, 2021)

### **3 Ohjekirjan valmistus**

Tässä osiossa käydään läpi itse ohjekirjan valmistusprosessi ja sen takana olleet ajatukset. Ohjekirjan valmistus alkaa Mastercamin itseopiskelulla, jonka jälkeen kirjat valmistetaan mahdollisimman yksinkertaisilla ja helposti opittavilla ohjeilla käyttäen suurta määrää kuvia. Ohjekirjojen käytön järjestyksessä yhtenä tavoitteena on, että opiskelun voi aloittaa kummasta ohjekirjasta tahansa.

#### **3.1 Itseopiskelu**

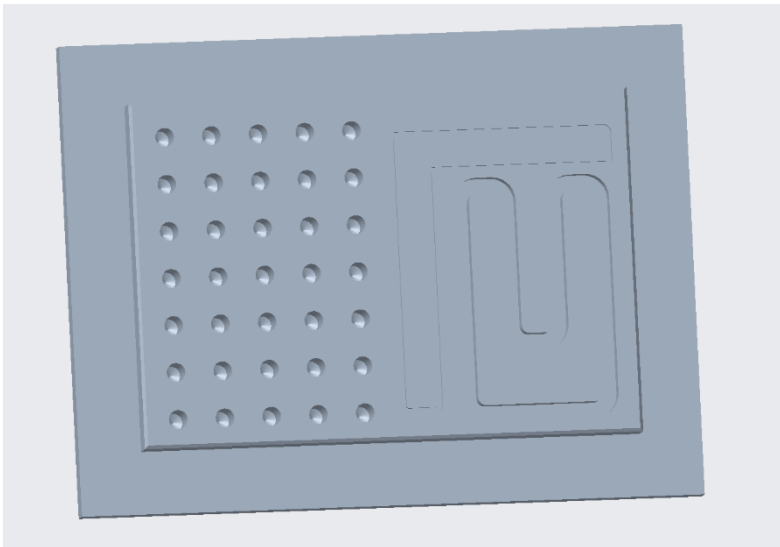
Itseopiskeluni toteutuduttiin Mastercamin harjoitteluohjeilla, jotka olivat saatavilla Mastercamin omilta nettisivuilta rajoitetun ajan. Opiskelussa käytettiin myös Youtube-videoita, sekä vapaamuotoista ohjelmointia, jossa ohjelmoitiin erilaisia työstöratioja kappaleille ilman konepiirustusta.

Opiskelussa käydään läpi yksityiskohtaisesti jokainen koneistuksen perusvaihe samalla miettien, miten oma ohjekirjani soveltuu opiskelijan käyttöön, joka valmistaa CAM-ohjelmaa ensimmäistä kertaa.

### 3.2 Esimerkki ohjekirjan sisällöstä

Jyrsinnän ohjekirjassa käytetään mallikappaletta, joka suunniteltiin tappijyrsimen terätestejä varten työharjoittelussa Sabriscanilla. Mallikappale (kuva 7) oli valmistettu ruostumattomasta teräksestä, mutta ohjekirjan arvot on suunniteltu normaalia terästä varten.

Kuva 7 Mallikappale.



Jyrsinnän ohjekirjassa käydään aluksi läpi kappaleen kääntö ja aihion määrittäminen sekä perustyövaiheet, joihin kuuluu taso jyrsintä, muotojyrsintä, taskujyrsintä, urajyrsintä sekä poraus. Ohjekirja etenee seuraten kappaleen jyrsinnän työvaiheita alkaen taso jyrsinnästä ja päättyen poraukseen.

Tämän jälkeen ohjekirjassa käydään läpi jyrsinnän toimenpiteet yksi kerrallaan, mutta mainitaan se, että Mastercamissa on myös muita vaihtoehtoja työstöratojen valmistukseen, esim. dynamic mill. Vaihe vaiheelta ohjelmointia käytetään sen vuoksi, että sillä oppii helpommin CAM-ohjelman toiminnan, vaikka dynamic mill on loppujen lopuksi kätevämpi ohjelmointitapa.

## **4 Lopetus**

### **4.1 Tavoitteisiin pääsy**

Opinnäytetyön tavoitteena on sekä opiskella itse ohjelmointia, että valmistaa ohjekirjat opiskelijoille, jotka eivät ole aikaisemmin CAM-ohjelmaa tehneet. Lopputuloksena saatiin kaksi yksinkertaista mutta helposti ymmärrettävää ohjekirjaa, joilla pystyy oppimaan CAM-ohjelmoinnin perusteet ilman aikaisempaa kokemusta.

### **4.2 Opinnäytetyön kulku**

Opinnäytetyön alkupuolella tuli vastaan ongelmia itseopiskelun vaikeuden aliarvioinnissa, jotka jatkuivat koko opinnäytetyön ajan aiheuttaen valmiin tuotoksen tekemisessä viiveitä. Viiveistä johtuen ei päästy ohjelmia ajamaan työstökoneilla ajan loppumisen vuoksi.

Itse ohjekirjaa tehdessä syntyi ongelmaksi mahdollisimman tiiviisti asioiden kertominen jättämättä tärkeitä asioita pois. Seuraavia samankaltaisia opinnäytetöitä varten suosittelen mahdollisuutta päästä kokeilemaan ohjelmien toimivuutta.

## Lähteet

Deans, M. (2021). *What is CAM (Computer-Aided Manufacturing)?* Haettu 14.6.2021 osoitteesta

<https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/>

CNC Cookbook. (2016). *Results of the 2016 CNCCookbook CAM Survey*. Haettu 17.6.2021 osoitteesta

<https://www.cnccookbook.com/results-2016-cnccookbook-cam-survey/>

CNC Cookbook. (2021). *CNCCookbook 2021 CAM Software Survey [ What's the best CAM? ]*. Haettu 17.6.2021 osoitteesta

<https://www.cnccookbook.com/cnccookbook-2021-cam-survey-whats-the-best-cam/>

CNC Software, Inc. (2021). *Company*. CNC Software, Inc. Haettu 16.6.2021 osoitteesta

<https://www.mastercam.com/company/>

Gebbes, D. (2020). *The history of computer-aided design and computer-aided manufacturing (CAD/CAM)* Blogijulkaisu 5.5.2020. Haettu 15.6.2021 osoitteesta

<https://www.technicalfoamservices.co.uk/blog/blog-history-of-cad-cam/>

Make. (2016). *Get to Know Your CNC: How to Read G-Code* Haettu 14.6.2021 osoitteesta

<https://makezine.com/2016/10/24/get-to-know-your-cnc-how-to-read-g-code/>

University of California. (2012). *Patrick Hanratty spotlight* Haettu 17.6.2021 osoitteesta

[https://www.ics.uci.edu/community/news/spotlight/spotlight\\_hanratty.php](https://www.ics.uci.edu/community/news/spotlight/spotlight_hanratty.php)



**Liite 1: Mastercam Perusteet Jyrsintä**



Mastercam perusteet jyrsintä

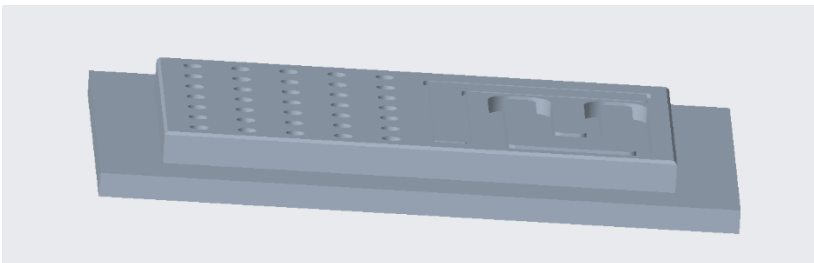
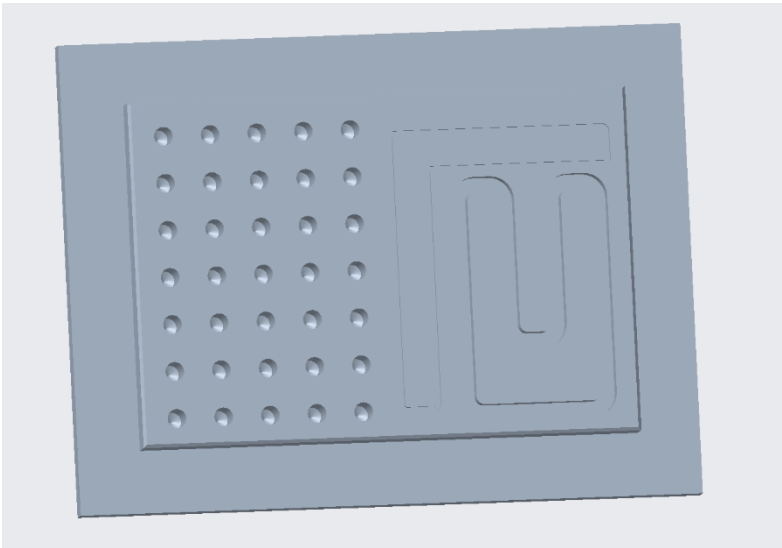
Jaakko Hyle

## Sisälllys

1	Johdanto.....	3
2	Käyttöjärjestelmä.....	4
2.1	Uuden ohjelman aloitus .....	4
2.2	Alavalikko.....	5
3	Koneen valinta ja kappaleen asetus oikeaan kulmaan .....	6
3.1	Koneen valinta .....	6
3.2	Kappaleen kääntö.....	7
4	Koneistuksen perusvaiheet.....	9
4.1	Aihion määrittäminen.....	9
4.2	Taso ja muotojyrsintä .....	10
4.2.1	Face.....	10
4.2.2	Contour .....	17
4.3	Uran tai taskun jyrsintä .....	24
4.4	Viisteytys.....	30
4.5	Poraus.....	33
5	Lopetus.....	37

## 1 Johdanto

Ohjekirjassa tehdään yksinkertainen rakenneteräksestä valmistettu jysintäkappale.



Ohjekirjassa käydään läpi työstömenetelmät erittäin yksinkertaisesti. Jos haluat nähdä tarkemmin kerrottuja ohjeita vaiheista, voit painaa ?-kuvakkeesta help-valikon auki lähes kaikissa vaiheissa. Ohjekirjassa käydyt menetelmät eivät ole myöskään ainoat oikeat menetelmät, mutta mielestäni helpoimmat menetelmät oppia ilman aikaisempaa kokemusta ohjelmoinnista.

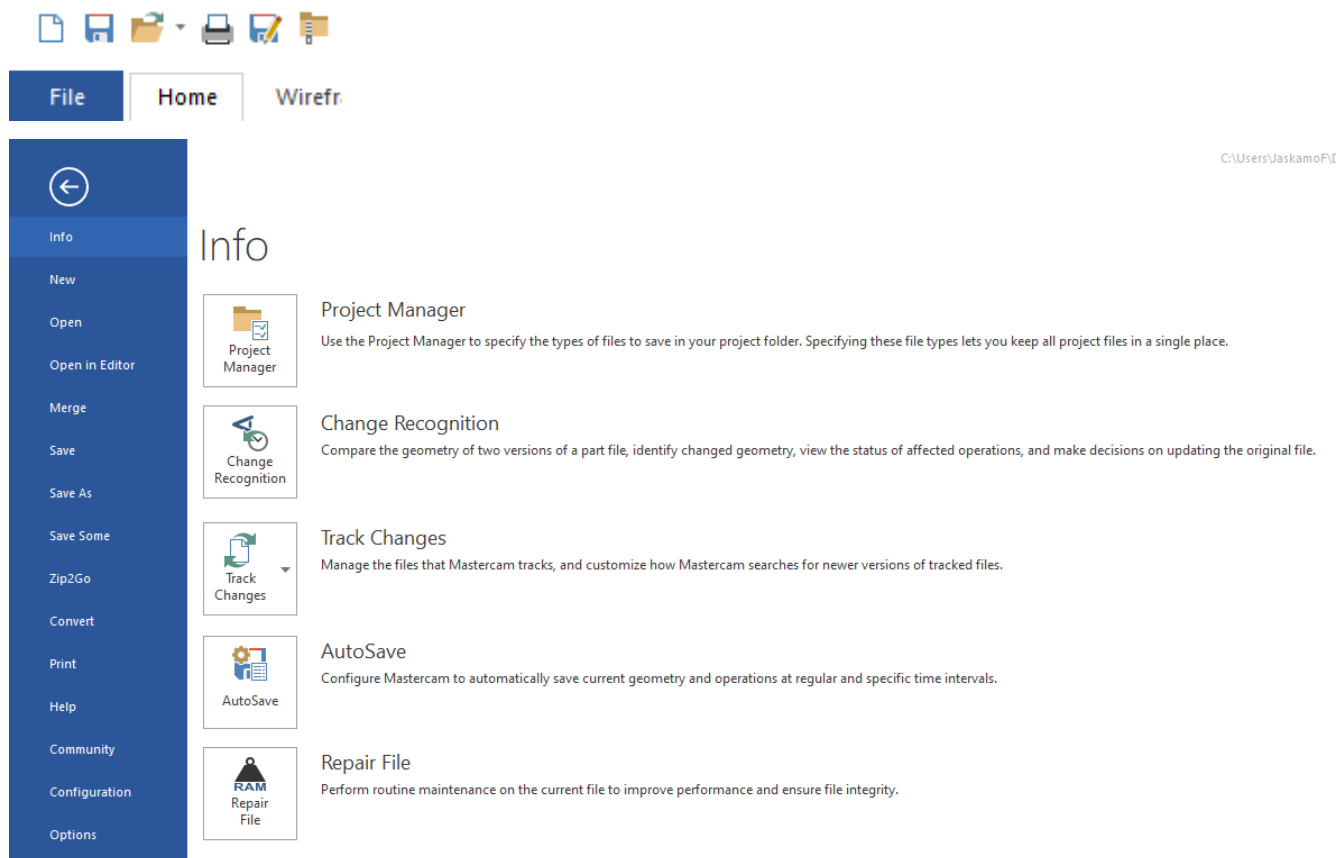


## 2 Käyttöjärjestelmä

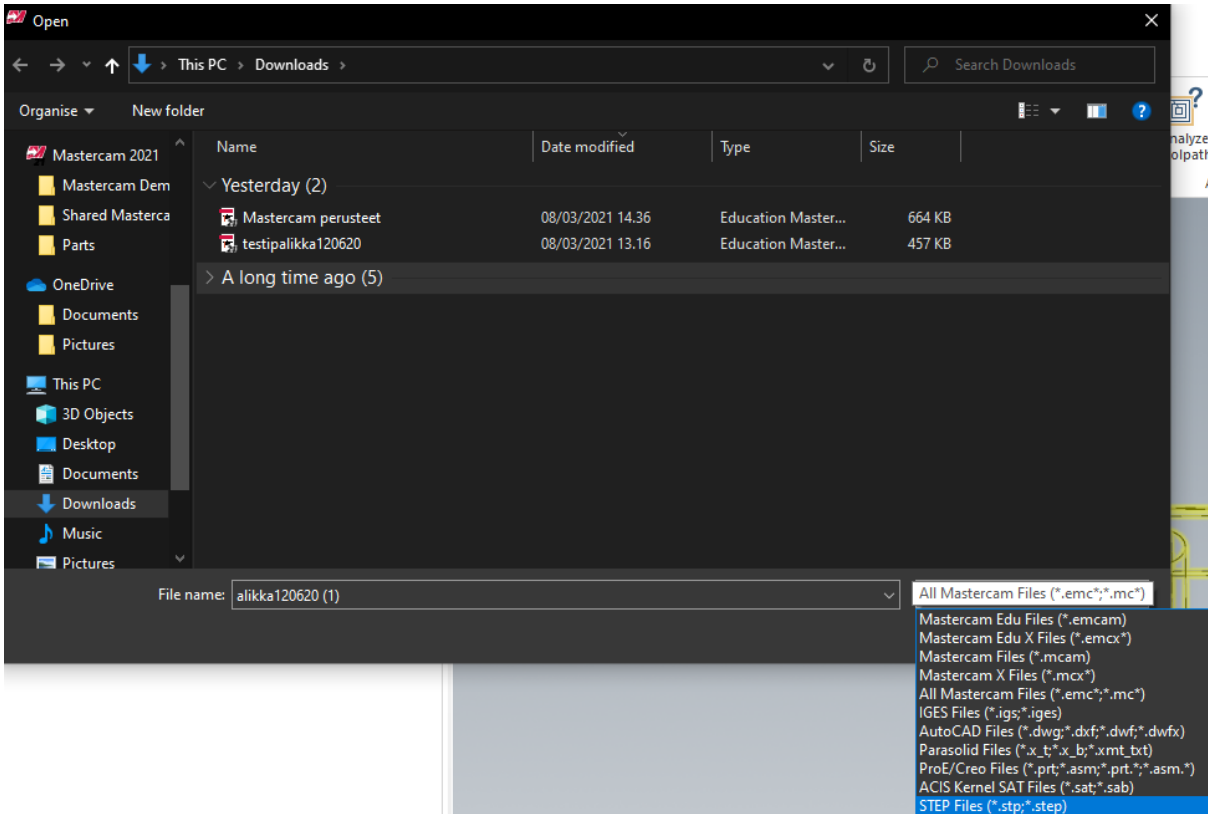
Mastercamin käyttöliittymä on tuttu, jos on aikaisempaa kokemusta Creo:n käytöstä. Käymme kuitenkin nopeasti läpi tärkeimmät asiat, kuten ohjelman aloittamisen ja Mastercamin sisällä olevan alavalikon. Emme tässä vaiheessa käy läpi ylävalikossa olevia toimenpiteitä, vaan niistä käydään läpi peruskappaleen ohjelmointiin tarpeelliset itse ohjelmoinnin opetuksessa.

### 2.1 Uuden ohjelman aloitus

Uuden ohjelman tekeminen aloitetaan File-valikosta valitsemalla joko new tai avaamalla aikaisemmin tehty ohjelmitava kappale, ohjekirja seuraa Creo:ssa tehtyä kappaletta, joka on tallennettu stp-muotoon. Ohjelma pystyy myös avaamaan suoraan prt- ja asm-tiedostoja, mutta huomasiin itse niissä olevan ongelmia, joten suosittelen tiedostojen tallentamista stp-muotoon.



Avataksesi stp-tiedoston, paina open, computer, browse, etsi kansio minkä sisällä haluamasi kappale on ja valitse oikealla alakulmassa olevasta pudotusvalikosta stp/step



## 2.2 Alavalikko

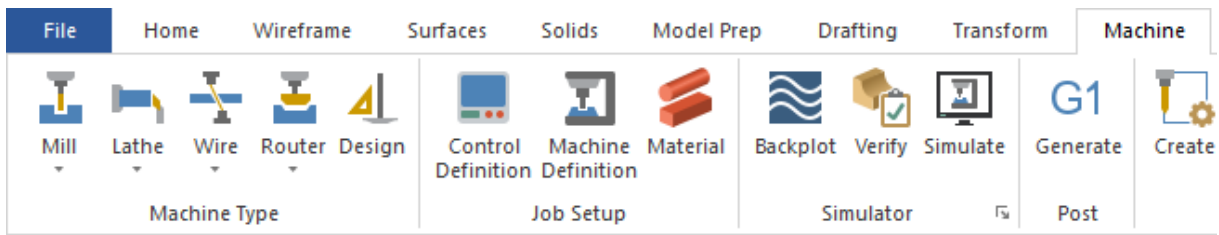
Vasemmassa alakulmassa on valikko, josta löytyy toolpaths, jonne kaikki ohjelmassa olevat työstövaiheet tulevat, solids, jossa on kaikki auki olevat kappaleet, planes, josta valitaan xyz-akseleiden suunta ja levels-valikko, josta pystyy piiloittamaan kaikki ohjelmassa olevat kappaleet ja valitsemaan mihin kappaleeseen milläkin hetkellä haluaa tehdä muutoksia. Näitä valikkoja tullaan käymään tarkemmin läpi ohjelmointivaiheessa.



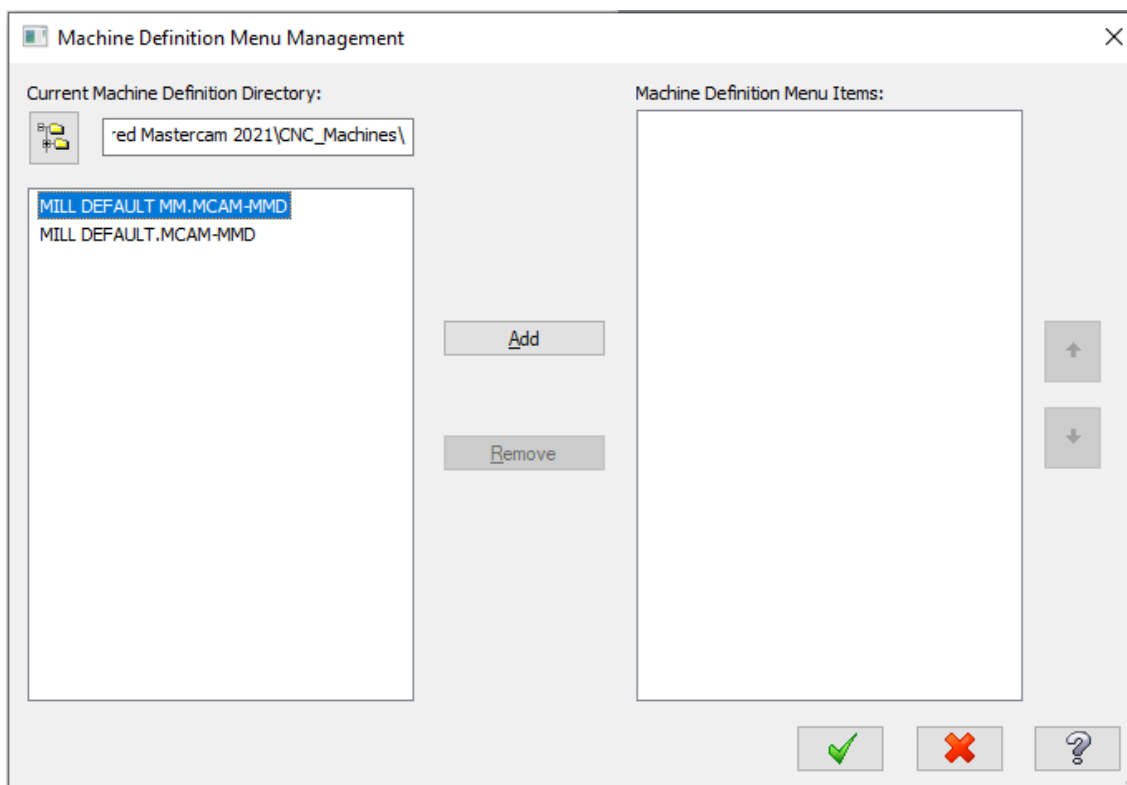
### 3 Koneen valinta ja kappaleen asetus oikeaan kulmaan

#### 3.1 Koneen valinta

Valitakseksi koneen jolle teet ohjelmointia, paina yläreunassa olevaa machine-osiota

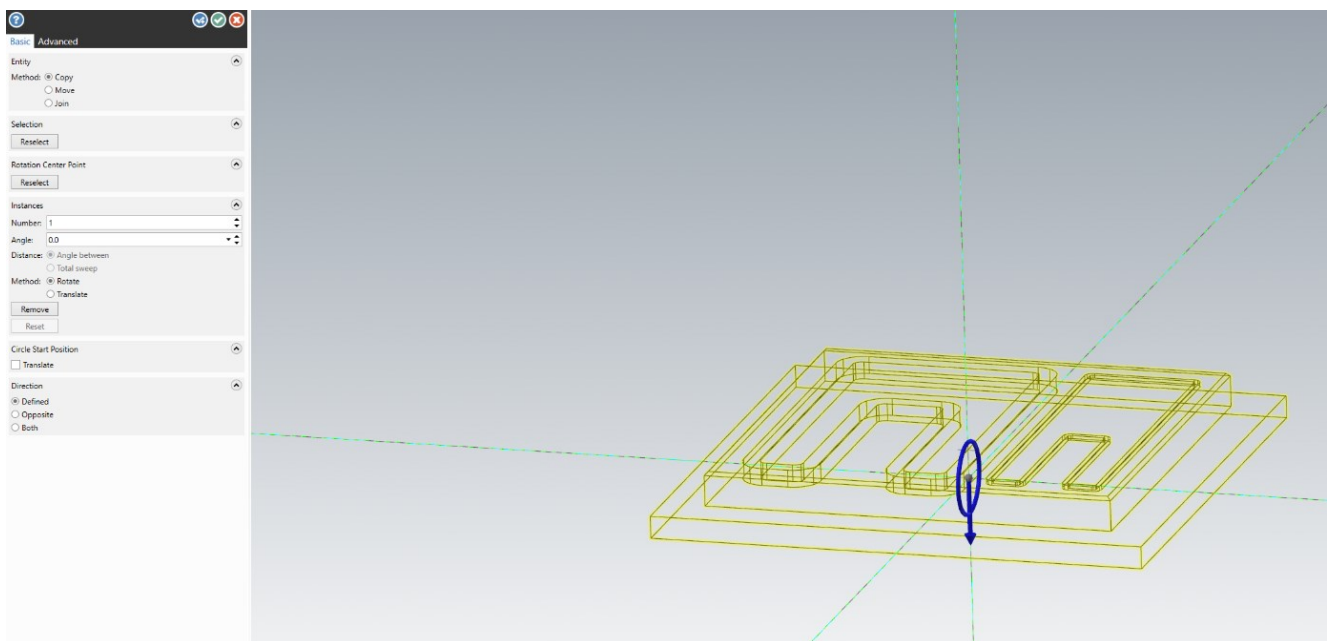


Tämän jälkeen valitse mill ja paina manage list -näppäintä. Avatussa listassa on kaksi perusvaihtoehtoa: default, joka käyttää tuumia sekä default mm joka käyttää millimetrejä. Ohjekirjassa käytämme default mm -koneetta. Valitse tämä painamalla sitä ja painamalla ok oikealla alakulmassa olevasta vihreästä näppäimestä. Tämän jälkeen avaa mill-valikko uudelleen ja valitse default machine. Tämä ottaa käyttöön valitun peruskoneen, joka tässä tilanteessa käyttää millimetrejä.



## 3.2 Kappaleen kääntö

Jyrsin toimii xyz-akseleilla, jossa z-akseli on pystysuora akseli, joten ohjelmointia varten haluamme että z-akseli suuntautuu alhaalta ylöspäin. Jos kappale on mallinnettu väärälle akselille, voimme kääntää sen siten, että z-akselin suunta on oikea. Tehdäksesi tämän, valitse kappale, valitse transform-valikosta rotate ja käänä kappale tätä käyttäen oikeaan asentoon.



Rotate-valikossa yksittäistä mallia kääntäessä on kaksi vaihtoehtoa. Copy, joka luo uuden kopion kappaleesta valitulla käänöllä ja move, joka kääntää alkuperäistä kappaletta.

Esimerkkikappaleessa z-akseli osoittaa käyttäjää kohti, joten käänämme kappaletta 90 astetta.

Kappaleen kääntö tapahtuu x-akselilla, joten saatat joutua vaihtamaan current-tason tilanteeseen sopivaksi, tasojen vaihto tapahtuu vasemmalla alhaalla olevasta valikosta planes-osiosta valitsemalla eri tason current-tasoksi klikkaamalla sen kohdalla olevaa ruutua c-valikossa.

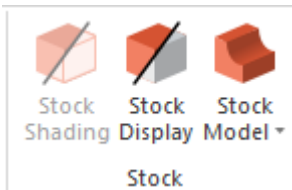




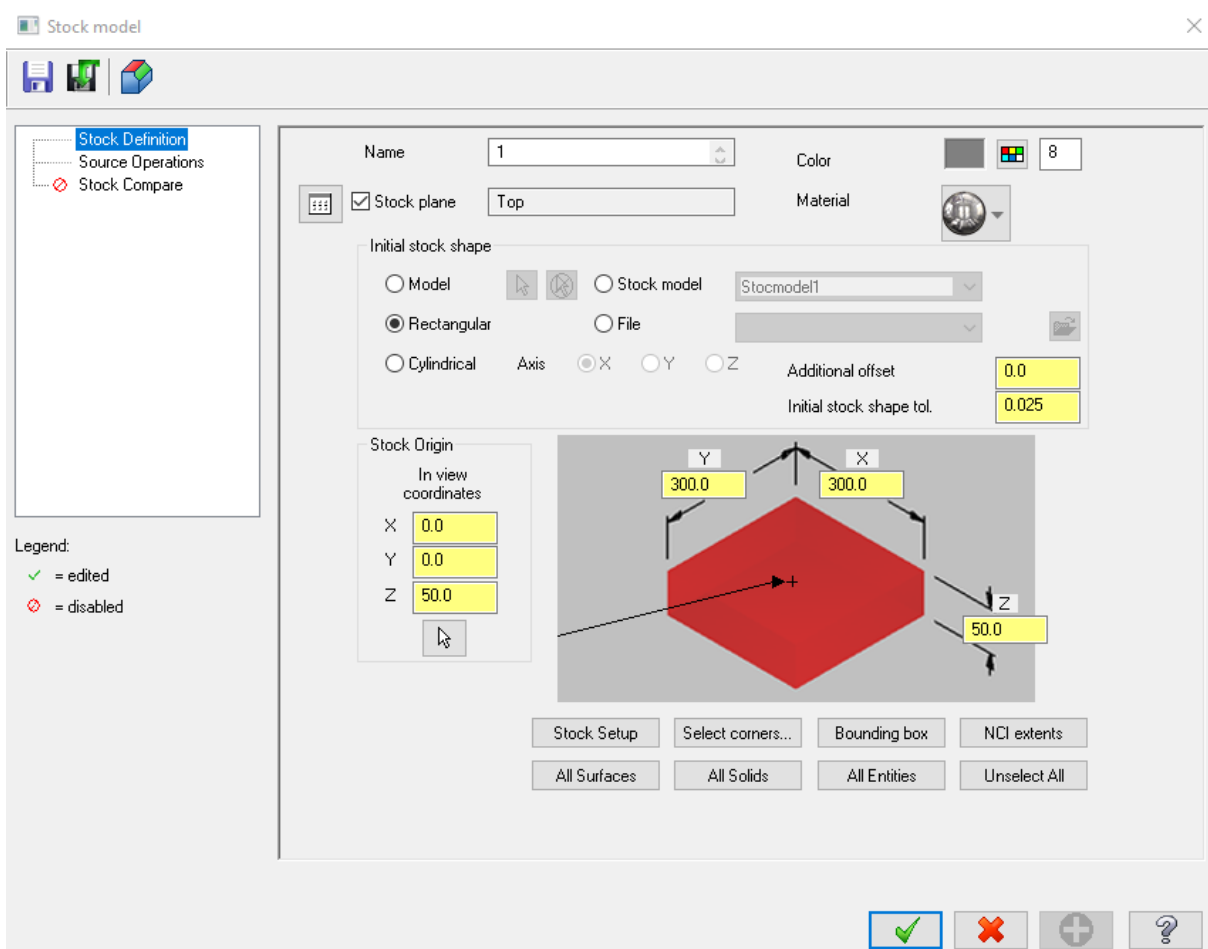
## 4 Koneistuksen perusvaiheet

### 4.1 Aihion määrittäminen

Aihio määritetään toolpath-välilehdestä painamalla stock model -näppäintä.



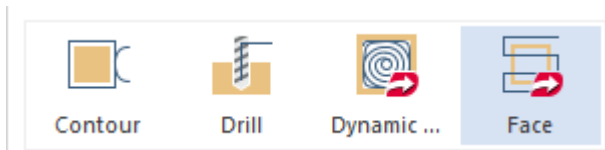
Tämä avaa valikon jossa määritetään aihion mitat xyz-suunnissa, muodon toleranssi sekä aihion sijainti koordinaatistossa. Aihion voi myös halutessaan exportata stl-tiedostona.



## 4.2 Taso ja muotojyrsintä

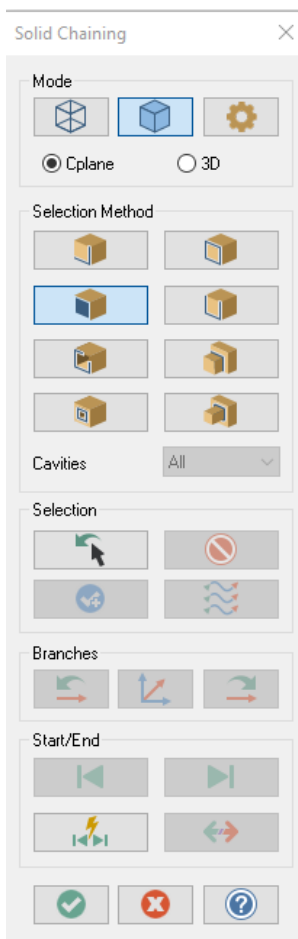
### 4.2.1 Face

Aloittaaksesi tasojyrsinnän valitse toolpath-valikon vasemmasta yläreunasta face.

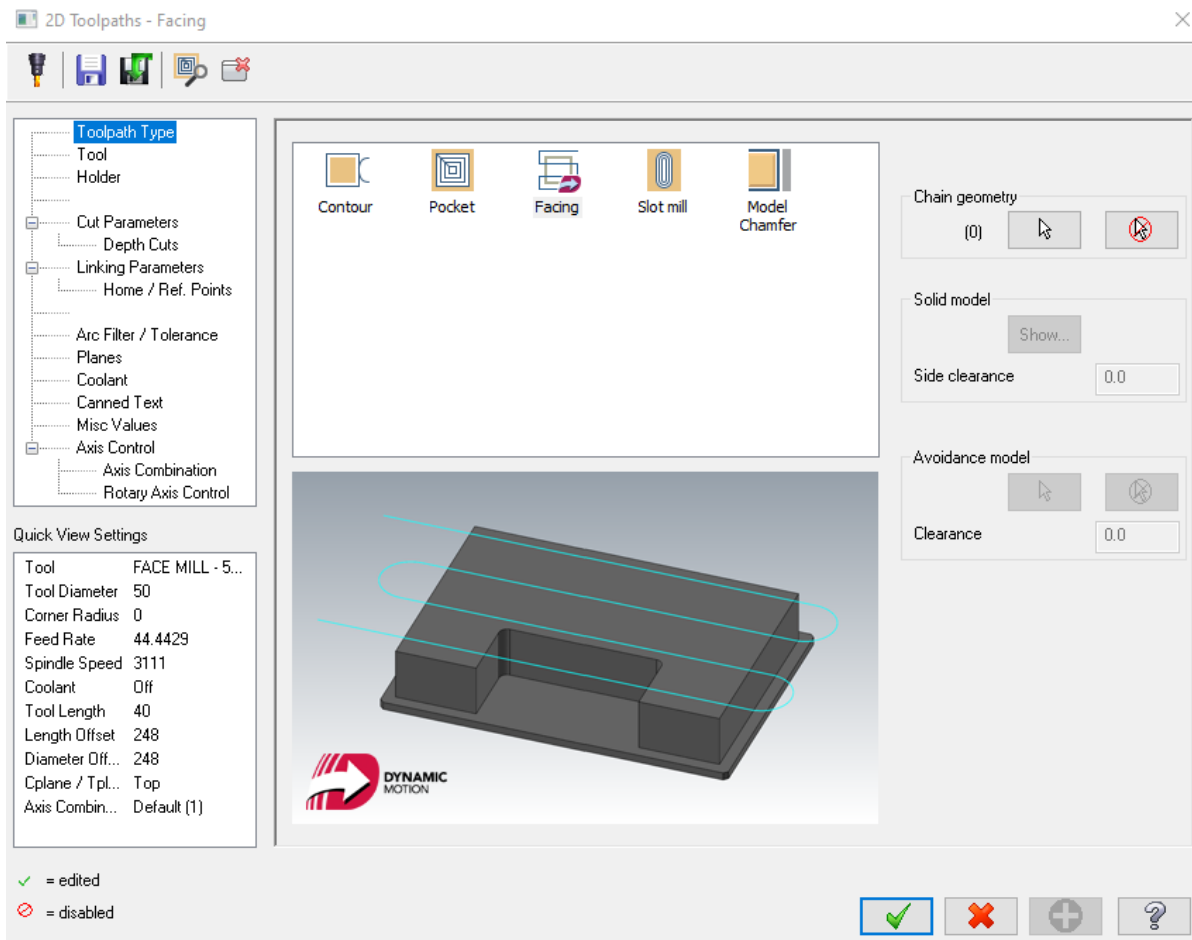


Tämä avaa chaining-valikon. Tasojyrsintää varten käytetään solids-valikosta face-vaihtoehtoa.

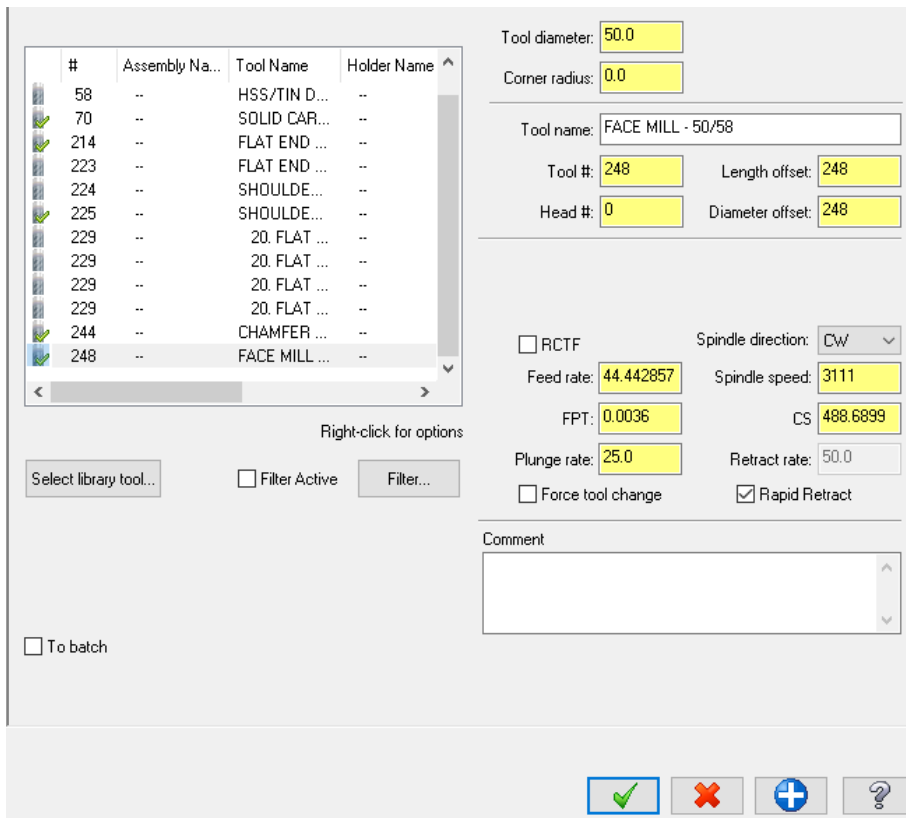
Koko kappaleen laajuista tasojyrsintää tehdessä ei valita aluetta, vaan painetaan suoraan vihreätä hyväksy-näppäintä, joka tekee tasojyrsinnän automaattisesti aihion ulkomittojen mukaan jos aihio on valittu properties-stock -setupin kautta.



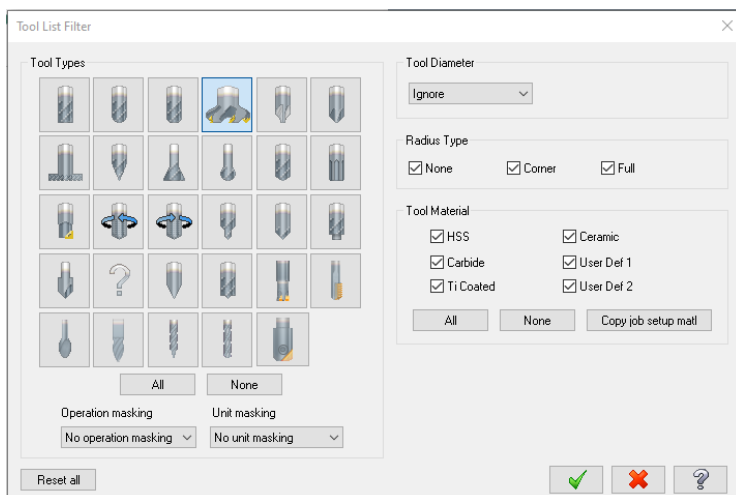
Hyväksy-näppäimen painaminen avaa työstöradan muokkausvalikon, jossa valitaan työkalu, työkalun pidin sekä työstyökierron määritelmät.



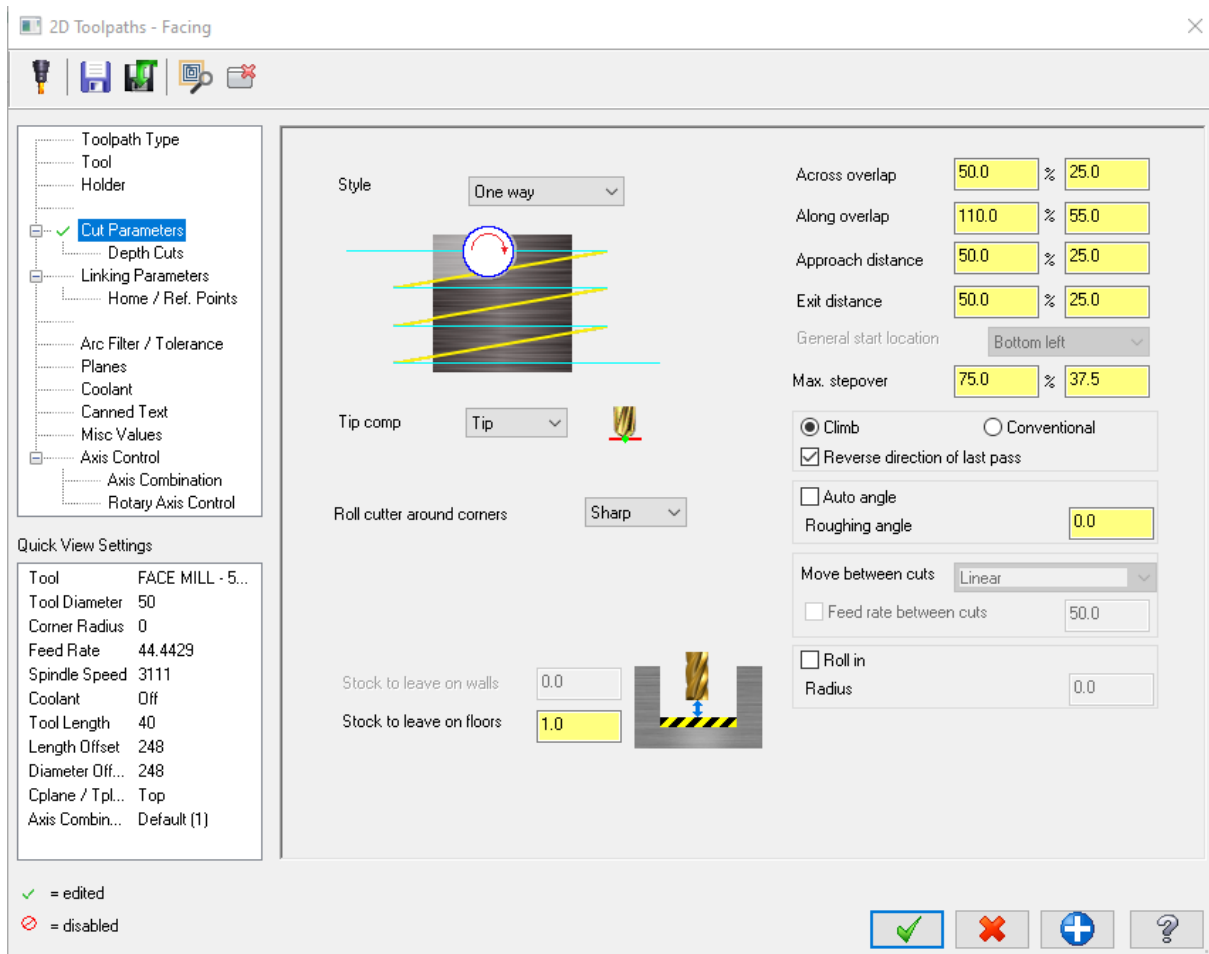
Ensimmäinen huomioitava asia valikossa on työkalun valinta. Ohjekirjassa käytämme Mastercamin itse antamia työkaluja sekä niille annettuja työstöarvoja, mutta konepajalla valinnat rajoittuvat saatavilla olevien työkalujen mukaan.



Jos haluat tarkentaa valikossa näkyviä työkaluja, voit käydä muokkamaassa kriteerejä tool filter -valikosta.



Cut parameters -osio määrittää, miten työstökierron x- ja y-suunta toteutuvat. Valikosta voi valita työstöliikkeen tyylin, (esim. zigzag ja yksisuuntainen työstö) kärjen kompensoinnin, kulmien tarkkuuden, lähestymisetäisyyden, poistumisetäisyyden, lastujen etäisyyden toisistaan sekä jäljelle jäävän materiaalin viimeistelyä varten



Depth cuts -valikosta valitaan, että ajetaanko koko syvyys yhdellä lastulla ja jos kierto ajetaan useammalla lastulla, niin lastunsyvyys sekä viimeistelylastujen määrä. Depth cuts -valikosta voi myös valita vaihtoehdon, jossa työkalu pysyy alhaalla lastujen välillä.

Depth cuts

Max rough step:

# Finish cuts:

Finish step:

Keep tool down

Subprogram

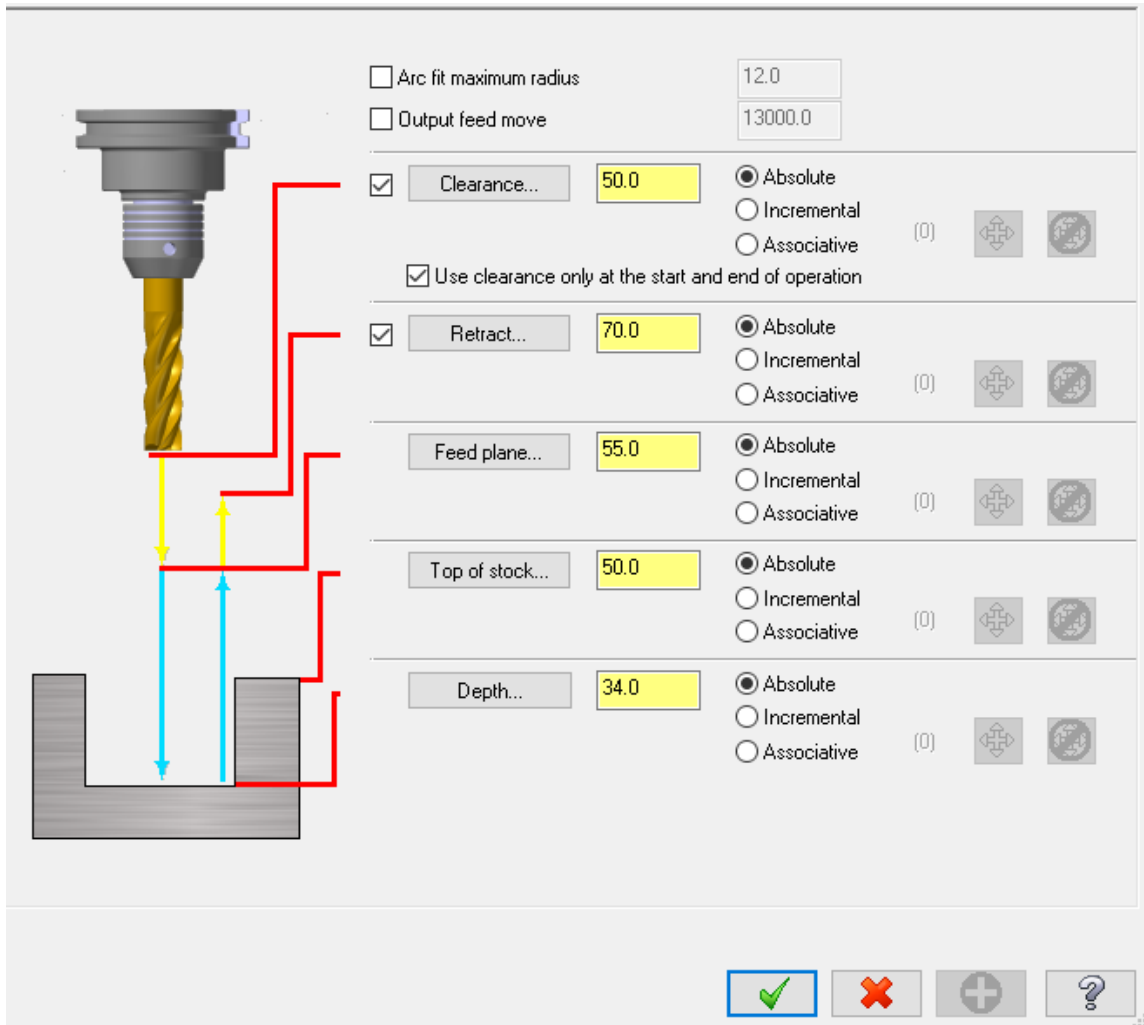
Absolute  Incremental

Depth cut direction

Step down  Step up

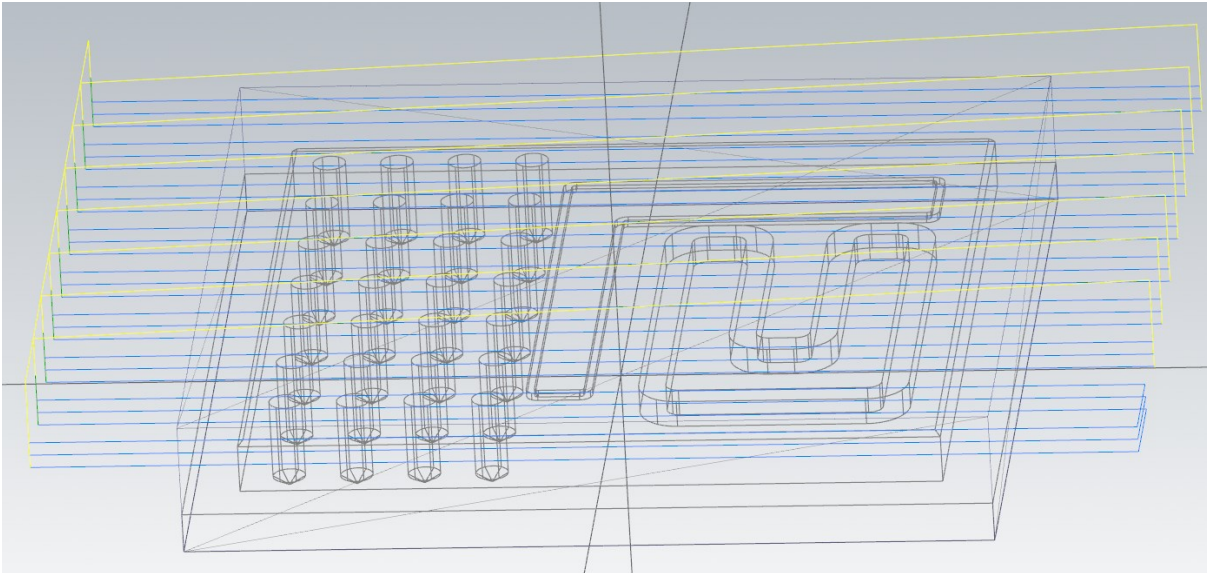
Undercut (undercut tool only)

Linking parameters -valikossa määritetään työstökierron z-suuntaiset vaihtoehdot. Valikossa on varoetäisyys, ulosvetomitta, syöttökierron aloituskorkeus, aihion korkeus, ja syöttökierron syvyys. Ohjekirjassa käytämme kaikissa näissä valintana absolute, koska mallin z0 on mallin pohjassa, jonka vuoksi absolute tekee työstön mitoitukselta erittäin helppoa.



Muita huimoitavia työstökierron valikossa olevia asioita ovat toleranssit, lastuamisnesteen käyttö, sekä referenssipisteet.

Seuraamalla aikaisempien osioiden kuvissa olevia valintoja saamme tehtyä yksinkertaisen tasojiyrsinän mallikappaleeseen.



Työstökiertoa voi katsoa tarkemmin painamalla hiiren oikealla näppäimellä toolpath-tekstiä, joka avaa simulaation josta näkee esim. työstökierron keston.

Mastercam Simulator C:\Users\UaskamoF\Downloads\Mastercam perusteet.emcam

File Home View Verify

Backplot Verify Simulation Mode

NC Stop Conditions Playback

Tool Components

Toolpath Stock Wireframe Machine

Tool Initial Stock Gnomon Machine Housing

Workpiece Fixtures Axes

Visibility

Operations Toolpath Demonstration Tools

Move Info

- Move ID: 121 of 147
- Elapsed Time: 3h 36min 33.52s
- Machine: 5\_SAXGEN\_VMCT1
- Move Type: Rapid Linear Move
- Operation Name: Facing
- Operation Number: ID: 7 (1 of 1)
- Tool Number: #248 - FACE MILL
- Tool Orientation: 0.000; 0.000; 1.000
- Tool Tip Position: 205.000; 37.500; 7
- Axis Values:

Toolpath Info

- Feed Length: 11542.499
- Feed Time: 4h 26min 1.92s
- Rapid Length: 10616.181
- Rapid Time: 50.97s
- Total Length: 22158.679
- Total Time: 4h 26min 52.88s
- Min/Max X: -205.000 / 205.000
- Min/Max Y: -149.998 / 149.998
- Min/Max Z: 35.000 / 70.000

Verbose

- Coolant: Off
- Compensation: Computer

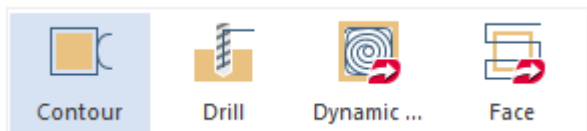
Move Info Collision Report

Enhancing Model 100%

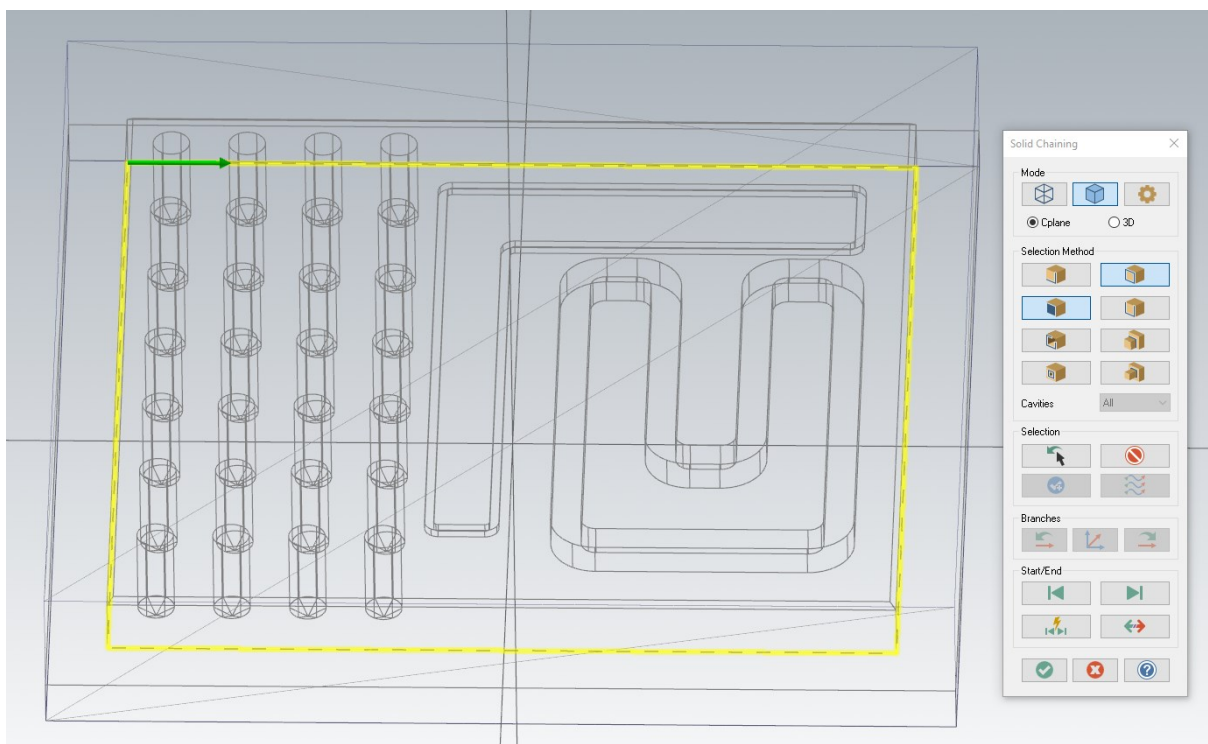


## 4.2.2 Contour

Kappaleen ulkomuodon tekemiseksi käytämme contour-menetelmää. Aloittaaksesi tämän valitse contour vasemmasta yläkulmasta.

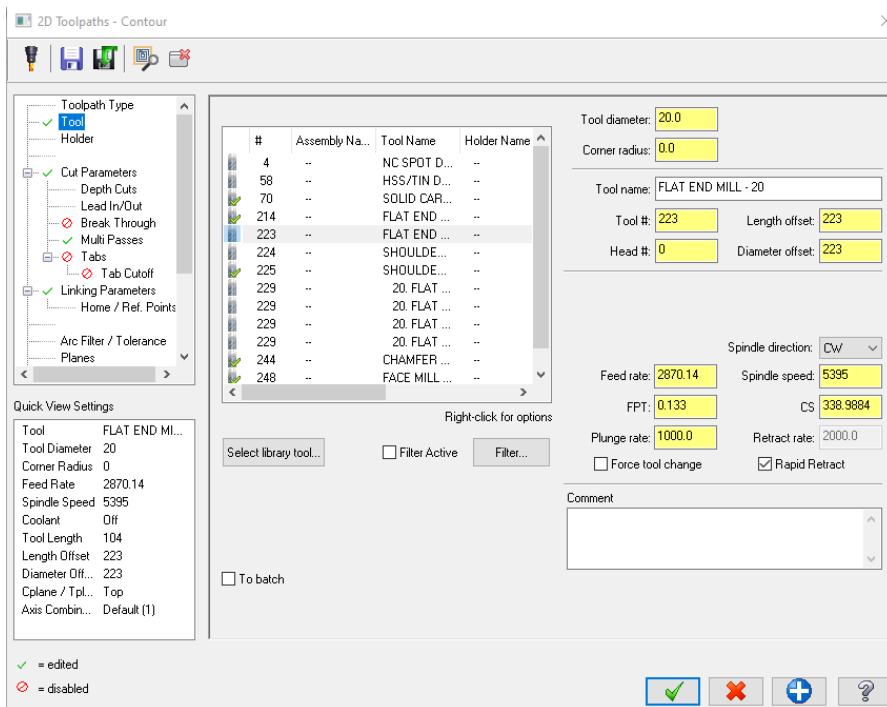


Contourin työstörataa valitessa käytämme solid-valikon loop- ja face-valintaa ja valitsemme muodon sisäreunan.



Hyväksy-näppäimen painaminen avaa saman toolpaths-valikon kuin contour, mutta valikossa on muutama uusi alavalikko contouria varten.

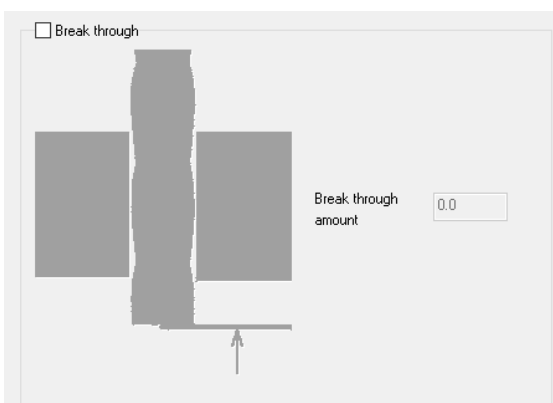
Työkaluna käytämme jälleen Mastercamin itse antamaa terää ja työstöarvoja.



Ensimmäisenä uutena valikkona on lead in/out, joka määrittää työkalun materiaalin sisäänajon. Eri vaihtoehtojen vaikutuksen voit katsoa valikon keskellä olevasta radasta.



Toisena valikkona on break through, jolla määritetään kuinka paljon terä menee läpi kappaleen pohjasta.



Kolmantena valikkona on multi passes, josta voimme määrittää montako rataa kierrossa on ja kuinka suuri väli radoilla on. Tämä mahdollistaa sen, että esim. kappaleen kulmiin ei jää materiaalia, joihin terän halkaisija ei yhdellä radalla riittäisi.

Multi Passes

Rough

Number

Spacing

Finish

Number

Spacing

Spring passes

Apply to all finish passes

Override Feed Speed

Feed rate

Spindle speed

Finish passes

All depths

Add between

Per number of

Keep tool down

Machine finish passes after roughing all contours

Machine spring passes after finishing all contours

Multi pass order

By contour

By pass

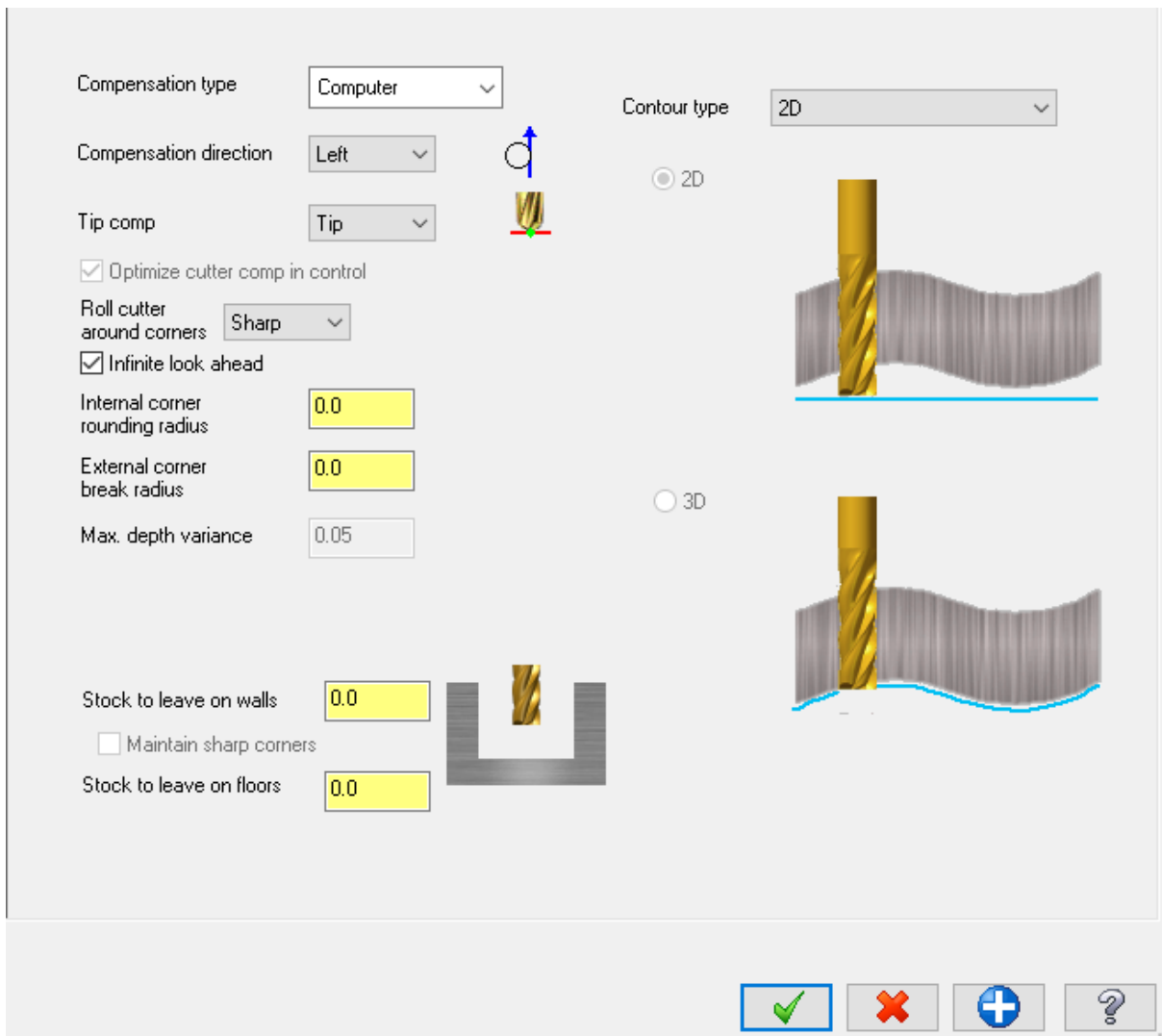
Rough pass cut direction

One way

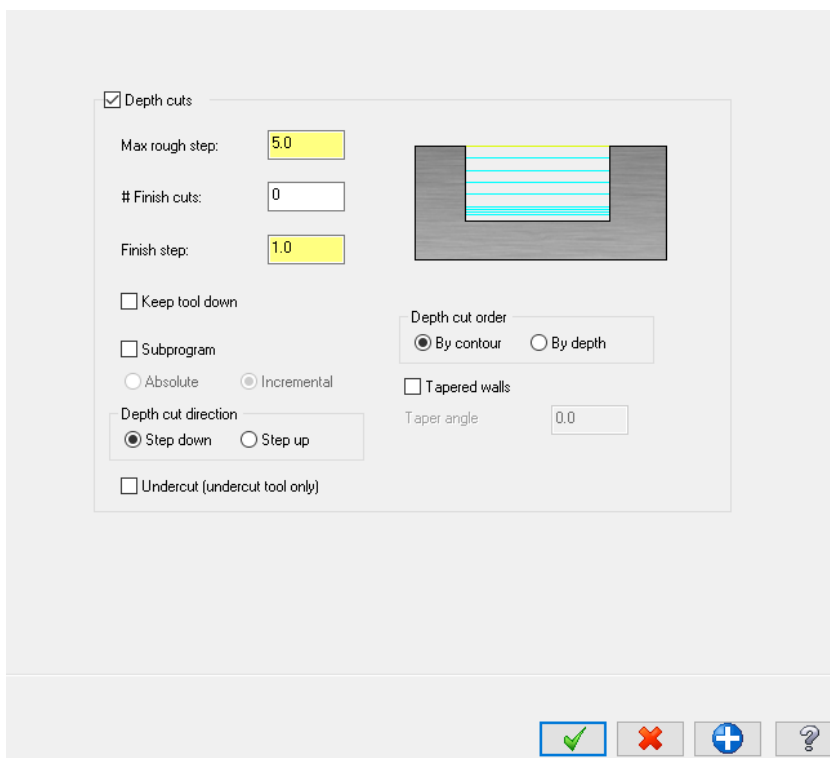
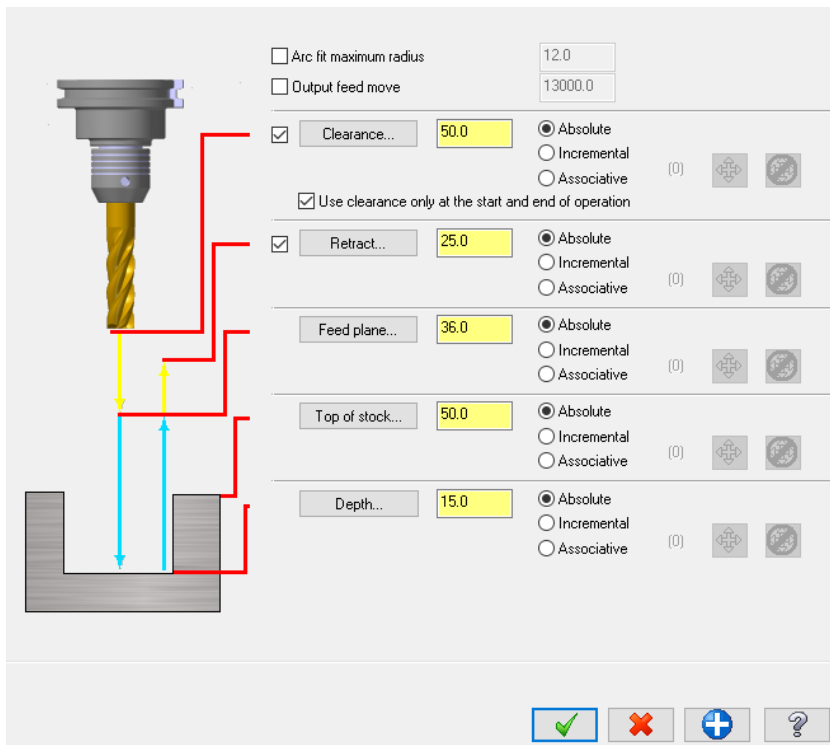
Zigzag

Ylimääräisenä valikkona on myös tabs, jossa pystyy määrittämään siltoja kappaleiden välille, jos tekee useampaa kappaletta samaan aikaan samasta aiheesta.

Cut parameters -valikossa on myös oikeassa yläkulmassa contour type -valikko, jonka avulla teemme myöhemmin viisteytyksen kappaleen terävään kulmaan. Valikossa voi myös face-kierrosta poiketen valita sekä pohjaan että seinään jäävän materiaalin määrän, sisä/ulkokulmien säteen ja pyöristyksen (external corner break radius).

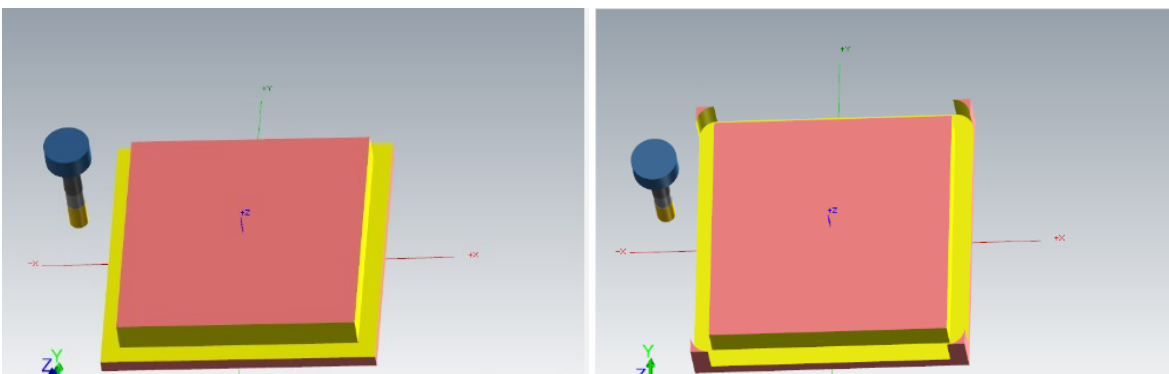
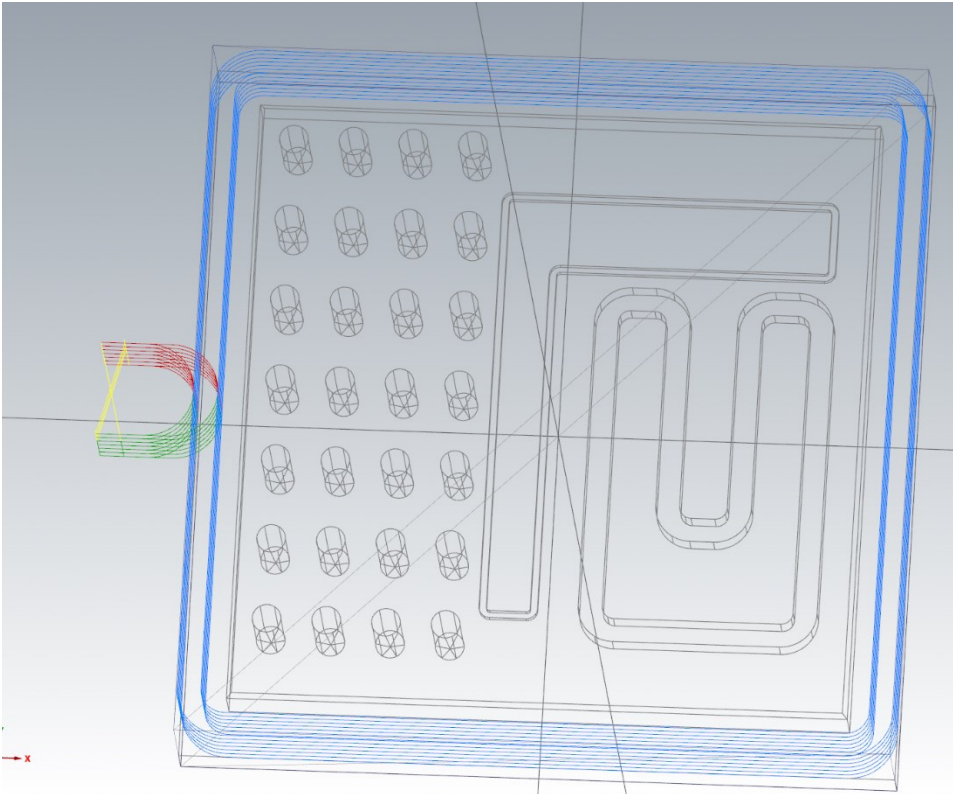


Linkin parameters- ja depth cuts -valikot ovat samat kuin face-työstökierrossa.



Näillä annetuilla arvoilla saamme ajettua esimerkkikappaleen ulkomuodot.

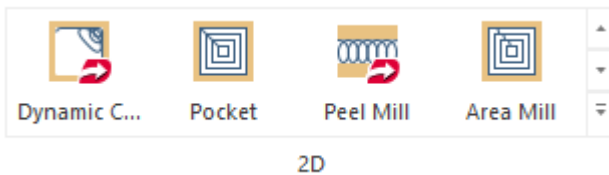
Kuvan vasemmalla voimme nähdä lead in/out -valikon tekemän sisäänsyöttöliikkeen.



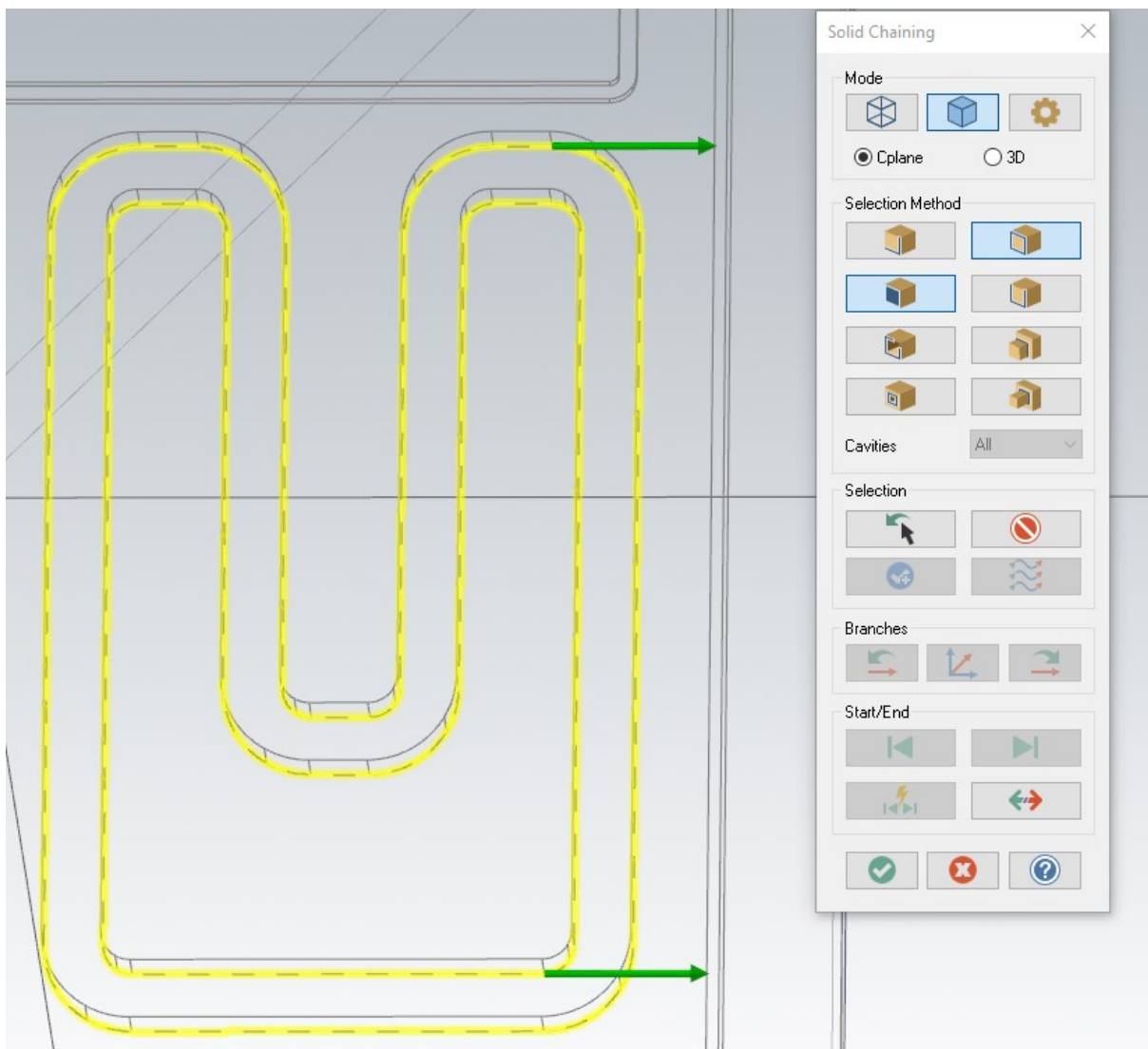
Huomioitavaa on se, että yhdellä radalla ajettaessa näillä terävalinnoilla jäisi kappaleen kulmiin materiaalia.

### 4.3 Uran tai taskun jysintä

Uran- tai taskunjysintä aloitetaan vasemmalla ylhäällä olevasta valikosta painamalla pocket-vaihtoehtoa



Toiminnon rata valitaan käyttämällä solid-valikon face- ja loop-vaihtoehtoja ja painamalla uran/taskun pohjaa





Tämän jälkeen aukeaa tuttu valikko, jossa uusia valintoja ovat entry motion sekä finishing.

Ensimmäiseksi valitaan taas työkalu.

#	Assembly Na...	Tool Name	Holder Name
4	--	NC SPOT D...	--
58	--	HSS/TIN D...	--
70	--	SOLID CAR...	--
214	--	FLAT END ...	--
223	--	FLAT END ...	--
224	--	SHOULDE...	--
225	--	SHOULDE...	--
229	--	20. FLAT ...	--
229	--	20. FLAT ...	--
229	--	20. FLAT ...	--
229	--	20. FLAT ...	--
244	--	CHAMFER ...	--
249	--	FACE MILL	--

Right-click for options

Select library tool...  Filter Active Filter...

To batch

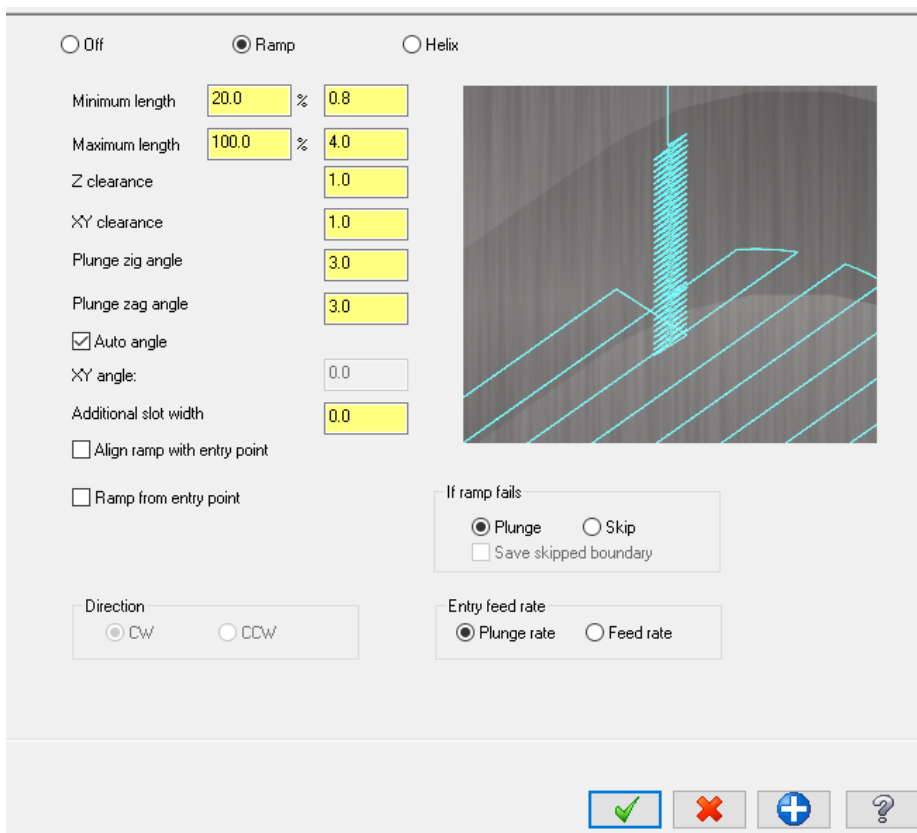
Tool diameter: 4.0  
Corner radius: 0.0  
Tool name: FLAT END MILL - 4  
Tool #: 214 Length offset: 214  
Head #: 0 Diameter offset: 214

RCTF Spindle direction: Cw  
Feed rate: 3540.1896 Spindle speed: 26578  
FPT: 0.0333 CS 333.9994  
Plunge rate: 1000.0 Retract rate: 2000.0  
 Force tool change  Rapid Retract

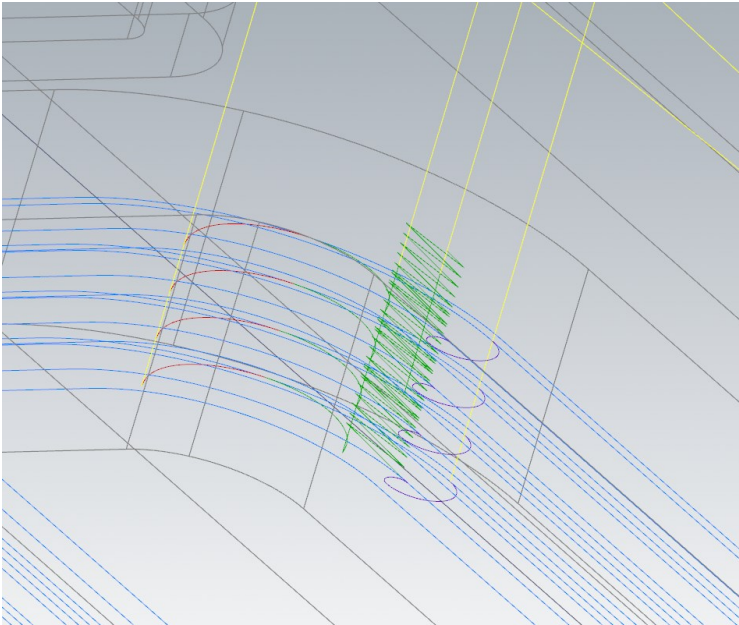
Comment

✓ ✗ + ?

Jos työkalu on tasapäinen tappijyrsin, sillä ei voi ajaa suoraan alaspäin kappaleeseen. Tämän takia seuraavaksi valitaan entry motion -valikosta sopiva sisäänajomenetelmä. Mallissa käytämme ramp-ajoa.



Ramp-ajon valinnoissa on itse ramp-liikkeen mitat sekä muodon seiniin ja lattiaan jätettävä materiaali viimeistelyä varten. Jos kappaleen rataa tarkkaillessa huomaa että sisäänajoliikettä ei tapahdu, se johtuu yleensä siitä, että ramp-liikkeen mitat ovat joko liian suuret tai jäljelle jäävää materiaalia on liian vähän.



Radassa näkyvä ramp-liike 1.

Finishing-valikosta määritetään viimeistelylastun välit sekä lastujen määrä.

Finish

Passes:  Spacing:  Spring passes:  Cutter compensation:

Override Feed Speed:  Feed rate:   Spindle speed:

Finish outer boundary  Optimize cutter comp in control

Start finish pass at closest entity  Machine finish passes only at final depth

Keep tool down  Machine finish passes after roughing all pockets

Thin wall

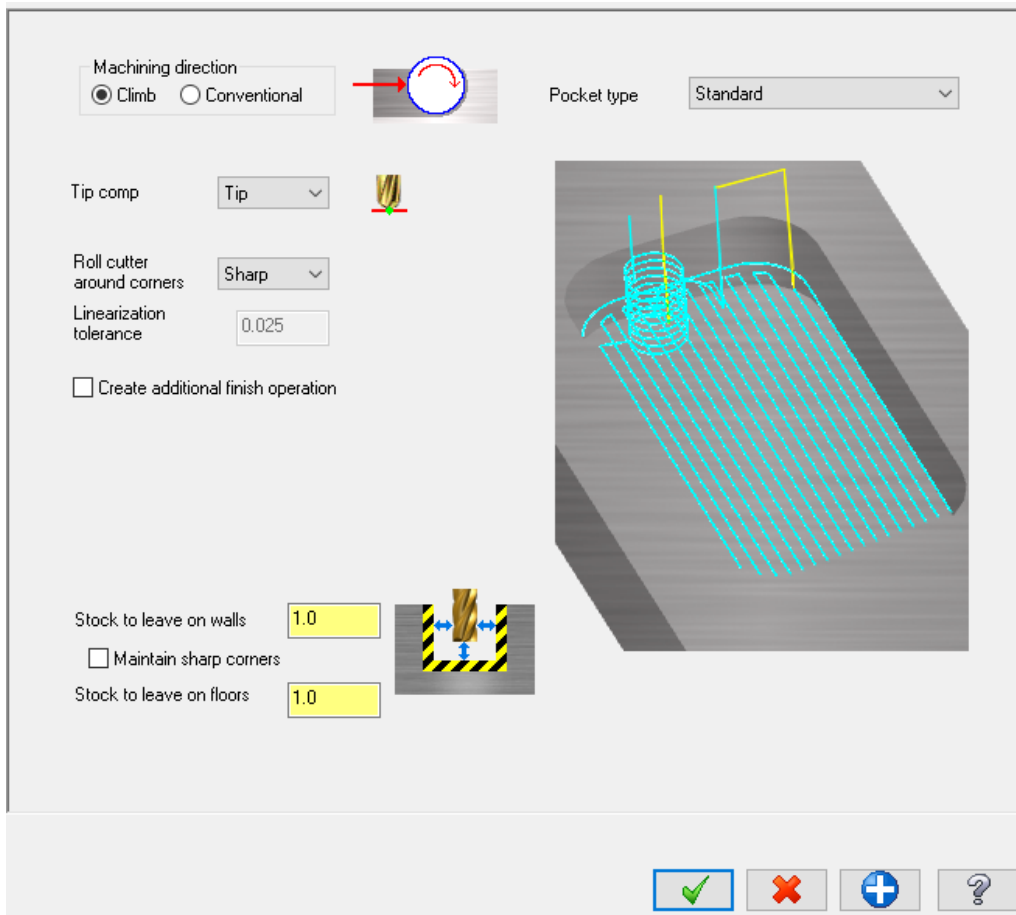
Z finish passes per rough depth cut

Max calculated finish step

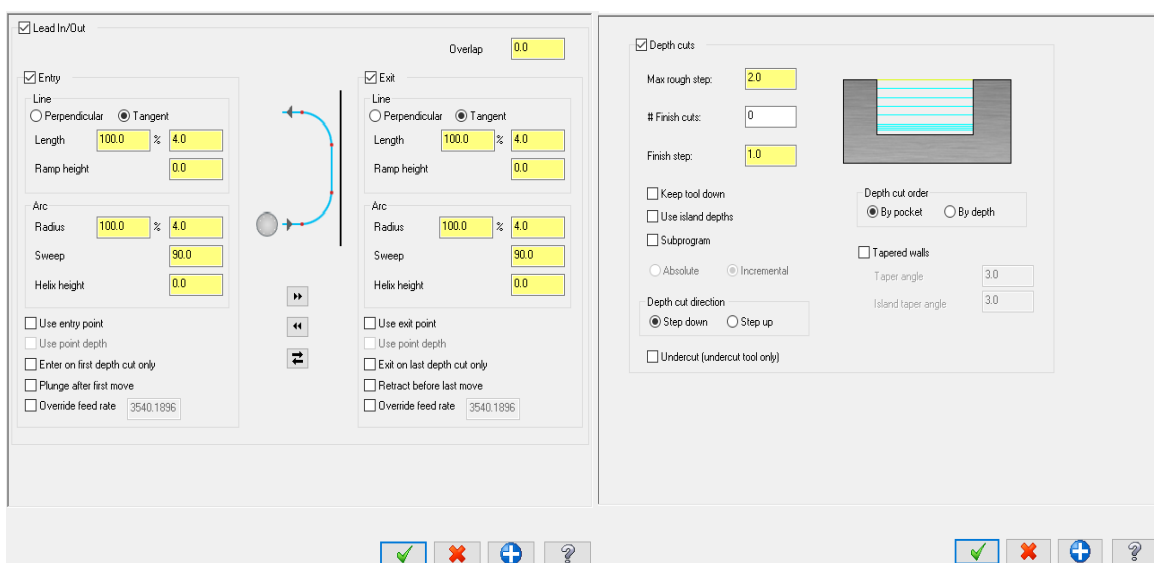
Max rough stepdown from Depth Cuts

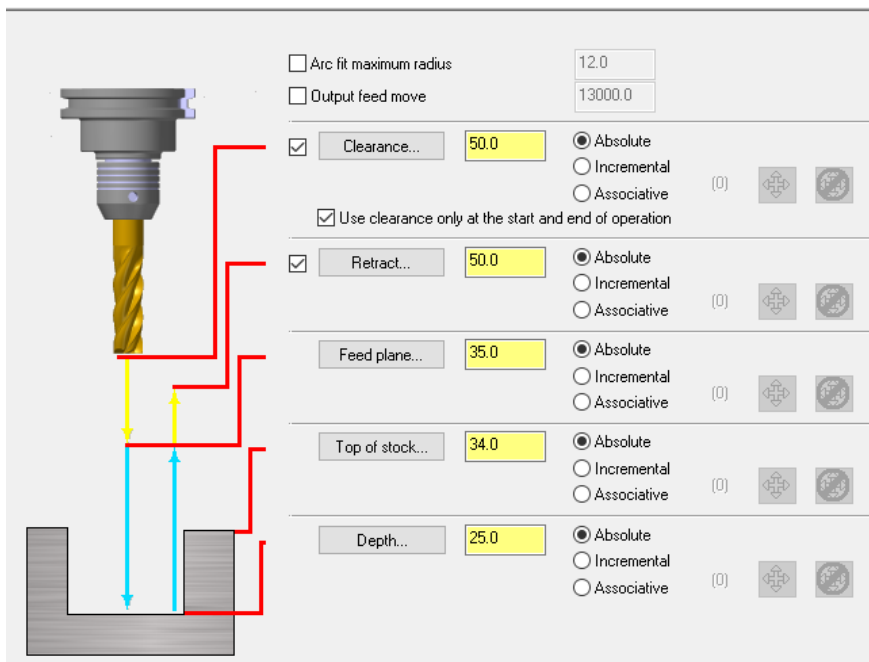
Finish direction:  Climb  Conventional

Cutting parameters -valikossa uuten asetuksena on taskun tyyppi, josta voi valita joko suljetun (standard) tai avonaisen taskun.

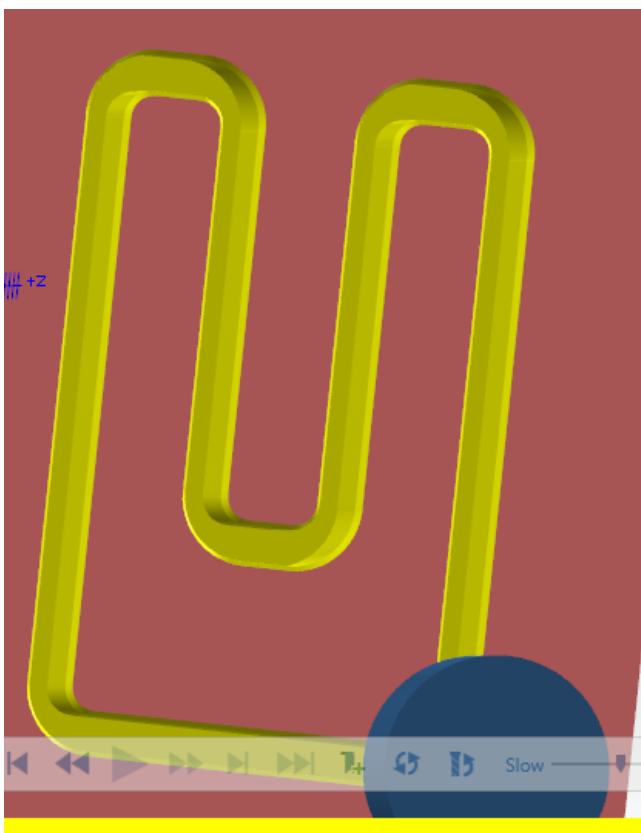


Lead in/out, depth cuts, break through sekä linking parameters -valikot ovat samat kuin aikaisemmissakin toimenpiteissä.



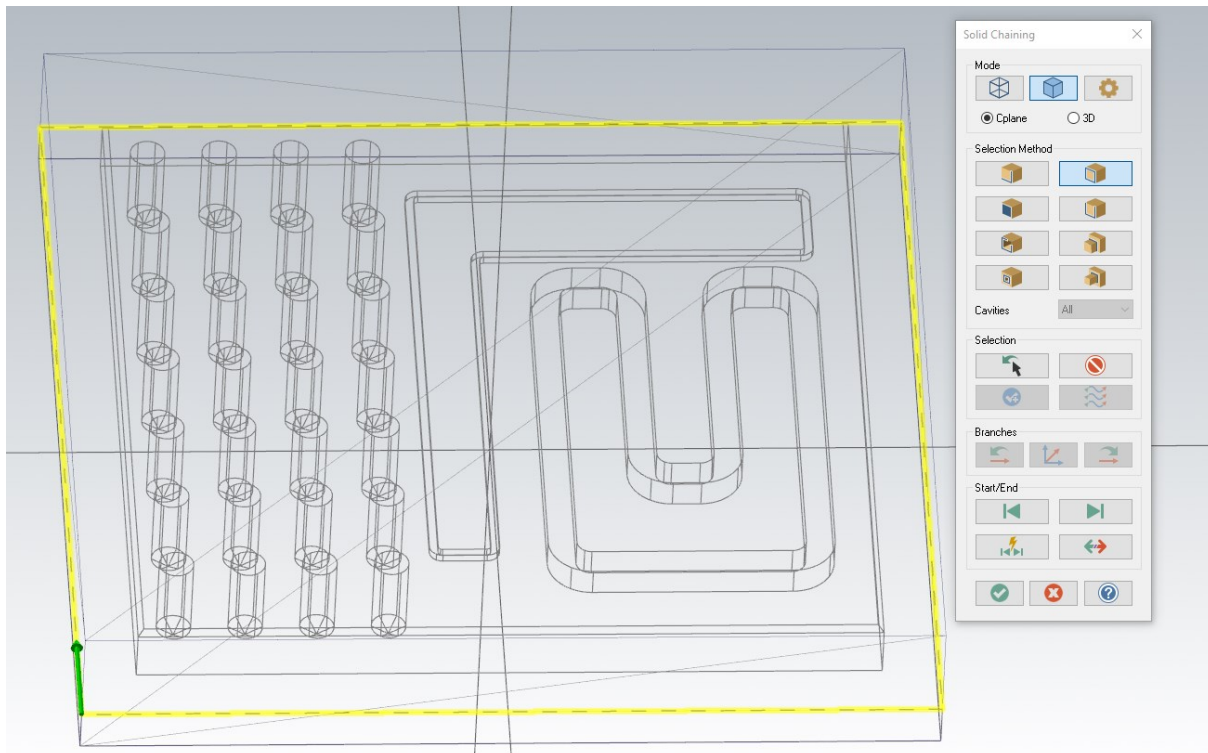


Näillä asetuksilla saamme tehtyä mallikappaleen 10mm levyisen uran. Myös pienempi 3mm ura valmistetaan samalla menetelmällä.

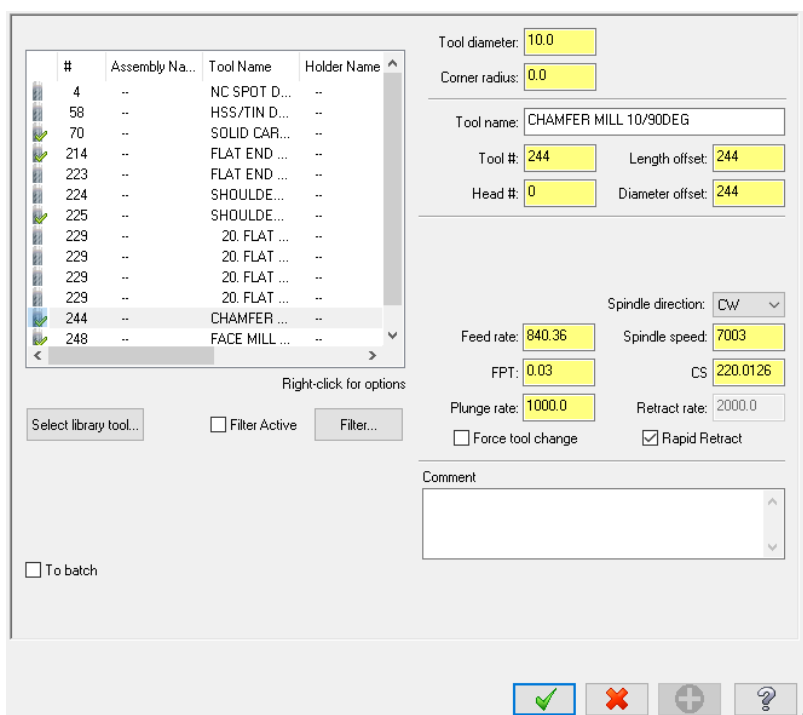


## 4.4 Viisteytys

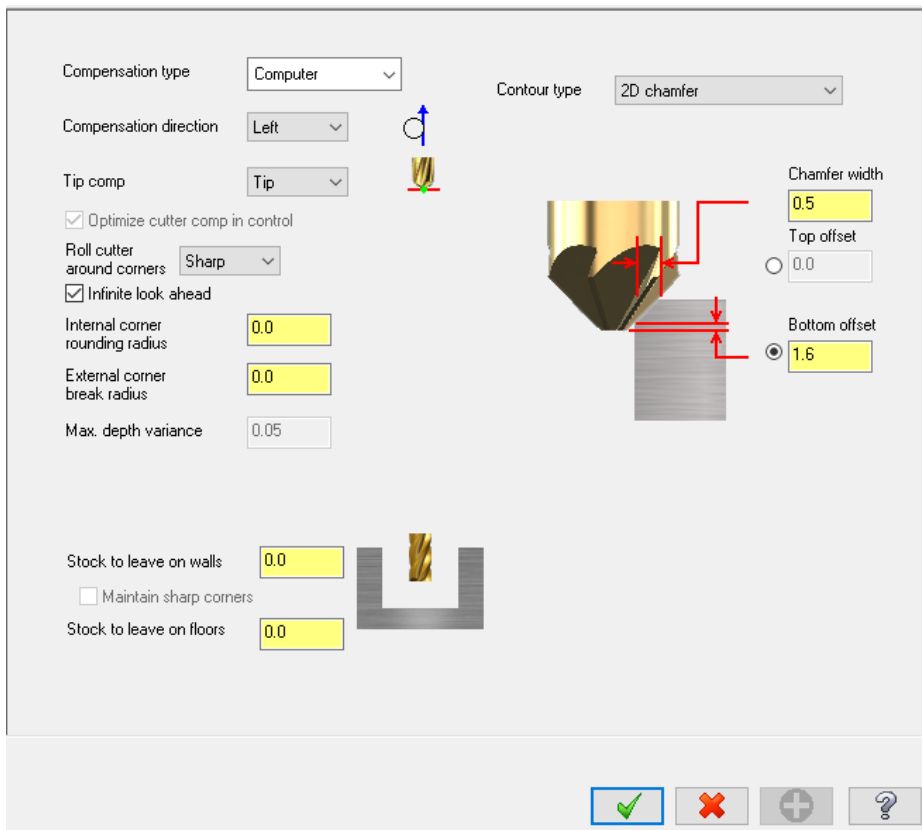
Viisteytys toteutuu contour-valikon kautta. Valitse solid loop -vaihtoehdolla kappaleen terävä kulma, johon haluat viisteen.



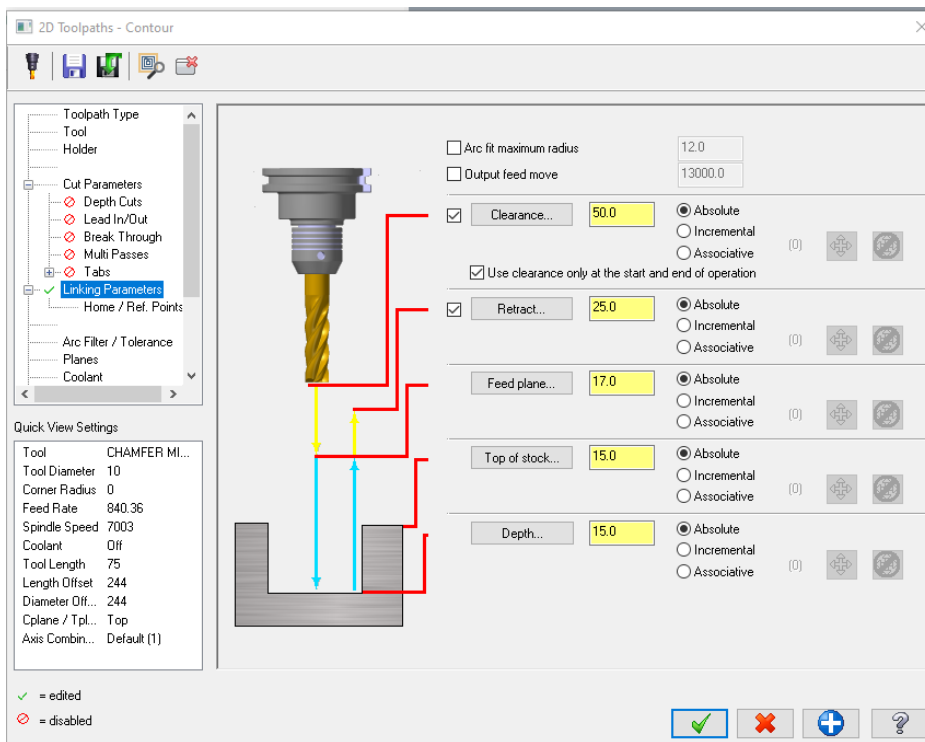
Tämän jälkeen valitse viisteytykseen soveltuva työkalu.



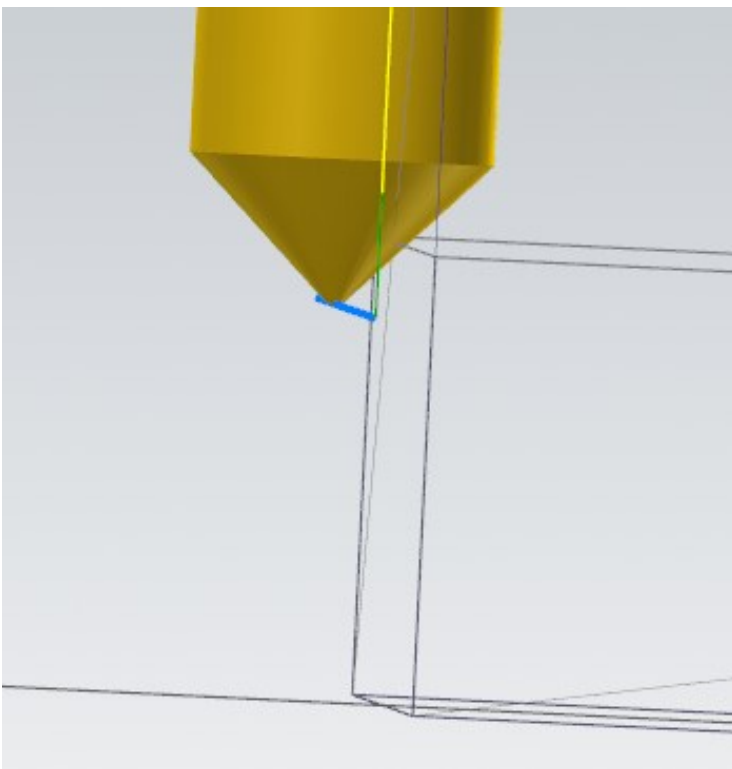
Contour-valikossa cut parameters -osiossa täytyy contour type: 2D vaihtaa contour type 2D chamferiin. Tässä valikossa voi määrittellä viisteen mitat.



Tämän jälkeen ainoa valikko, jota käytetään on linking parameters, jossa määritetään radan korkeus/syvyys.



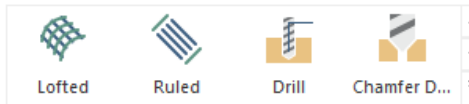
Näillä asetuksilla saamme viisteytettyä mallikappaleen alareunassa olevan terävän kulman.



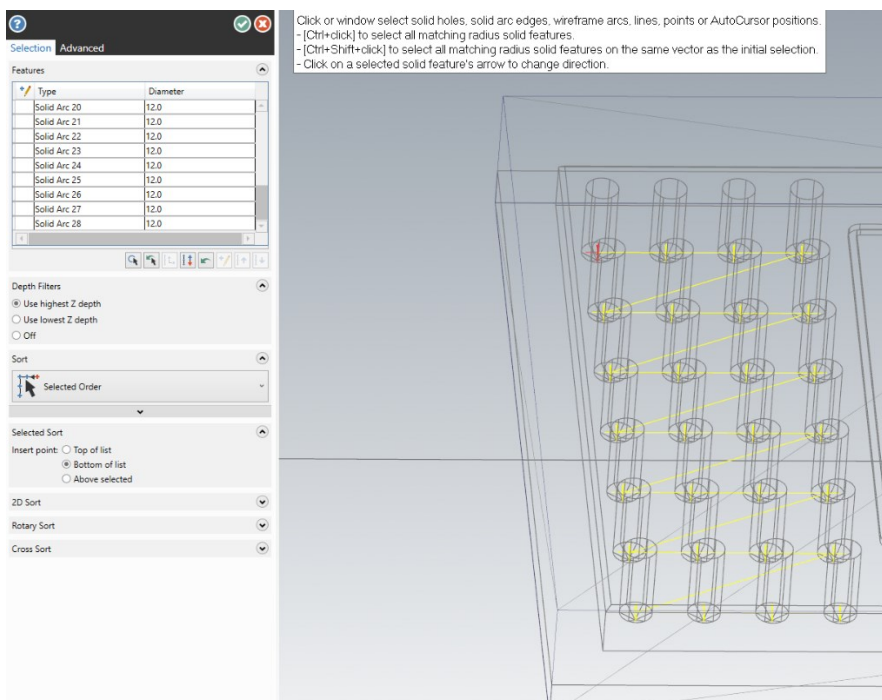


## 4.5 Poraus

Poraus suoritetaan vasemmassa yläkulmassa olevalla drill-toimenpiteellä



Drill-toiminto avaa valikon jossa valitaan toimenpiteessä porattavat reiät.



Teräksi valitaan sopiva pora.

#	Assembly Na...	Tool Name	Holder Name
4	--	NC SPOT D...	--
58	--	HSS/TIN D...	--
70	--	SOLID CAR...	--
214	--	FLAT END ...	--
223	--	FLAT END ...	--
224	--	SHOULDE...	--
225	--	SHOULDE...	--
229	--	20. FLAT ...	--
229	--	20. FLAT ...	--
229	--	20. FLAT ...	--
229	--	20. FLAT ...	--
244	--	CHAMFER ...	--
248	--	FACE MILL ...	--

Right-click for options

Select library tool...  Filter Active

To batch

Tool diameter: 12.0  
 Corner radius: 0.0  
 Tool name: SOLID CARBIDE DRILL 5xDc - 12.0  
 Tool #: 70 Length offset: 70  
 Head #: 0 Diameter offset: 70

Spindle direction: CW  
 Feed rate: 265.2 Spindle speed: 2652  
 FPT: 0.1 CS 99.9811  
 Plunge rate: 1000.0 Retract rate: 2000.0  
 Force tool change  Rapid Retract

Comment

To batch

Cut parameters -valikosta valitaan toimintoon sopiva porausasetus

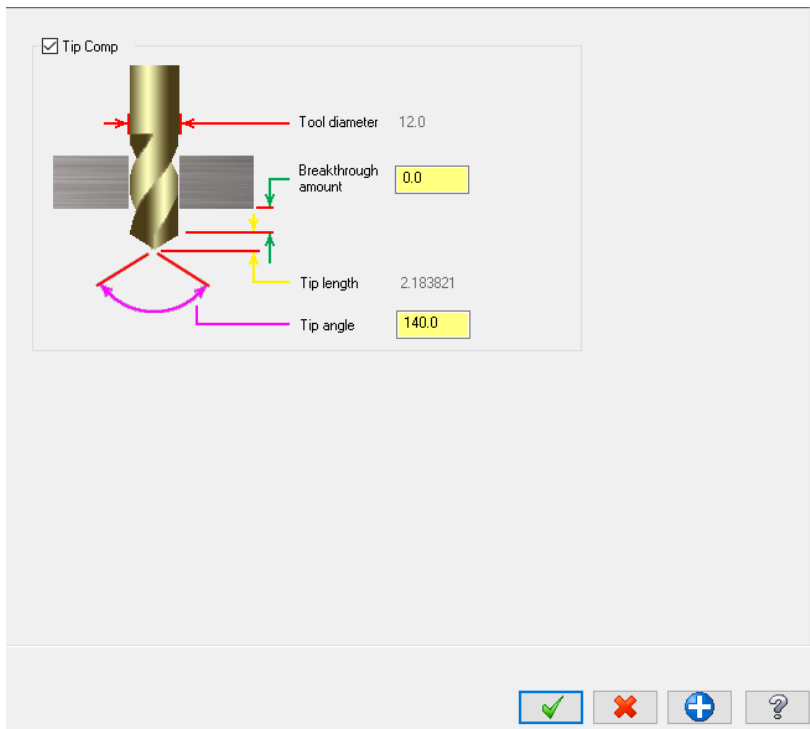
Cycle:

Peck: 4.0  
 Subsequent peck: 0.0  
 Peck clearance: 0.0  
 Retract amount: 0.0  
 Dwell: 0.0  
 Shift: 0.0

Apply custom drill parameters

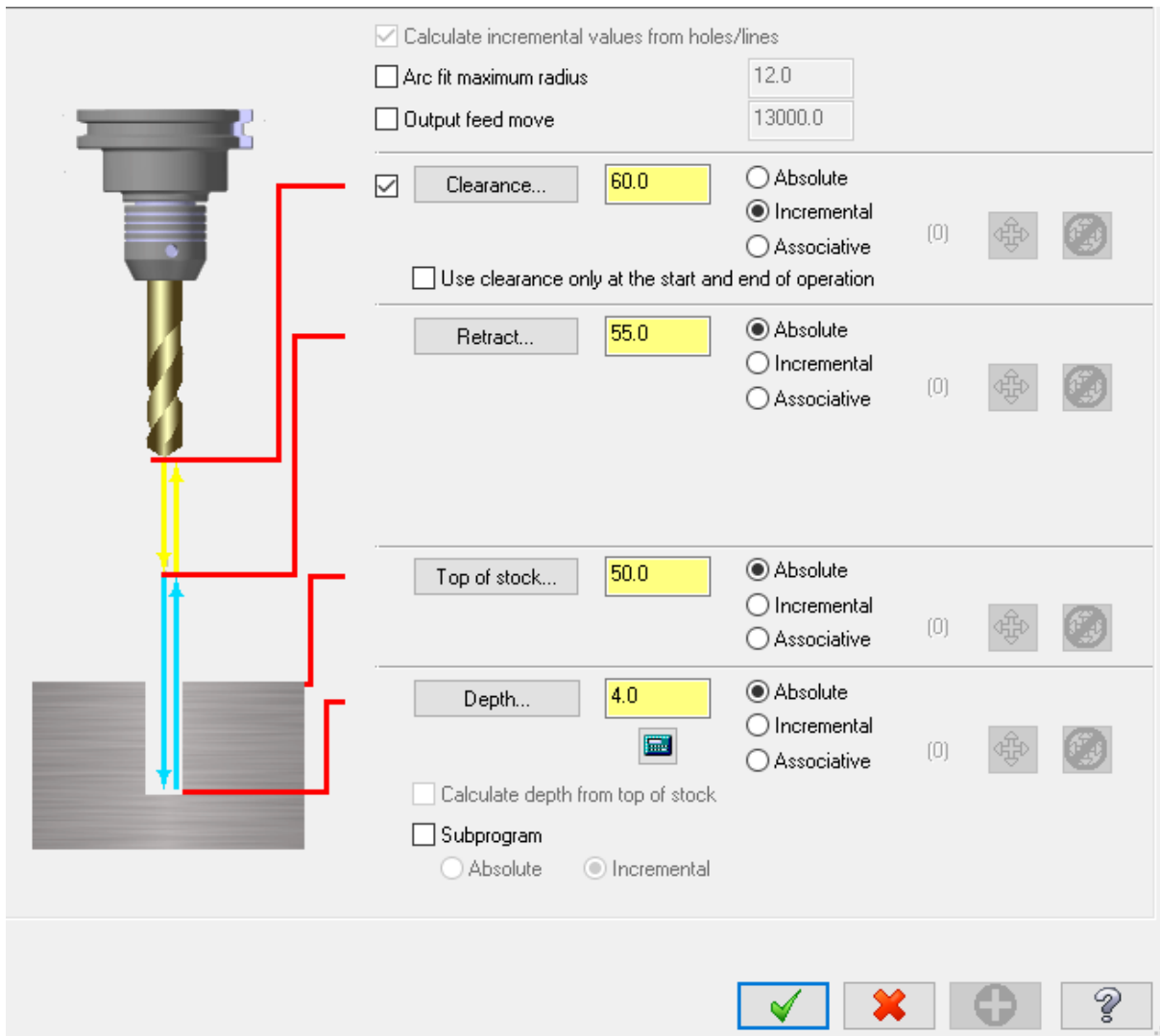
2-Drill parameter #1	0.0	2-Drill parameter #6	0.0
2-Drill parameter #2	0.0	2-Drill parameter #7	0.0
2-Drill parameter #3	0.0	2-Drill parameter #8	0.0
2-Drill parameter #4	0.0	2-Drill parameter #9	0.0
2-Drill parameter #5	0.0	2-Drill parameter #10	0.0

Tip comp -valikosta säädetään poran kärjen kulma ja läpiporatessa läpimenon syvyys.

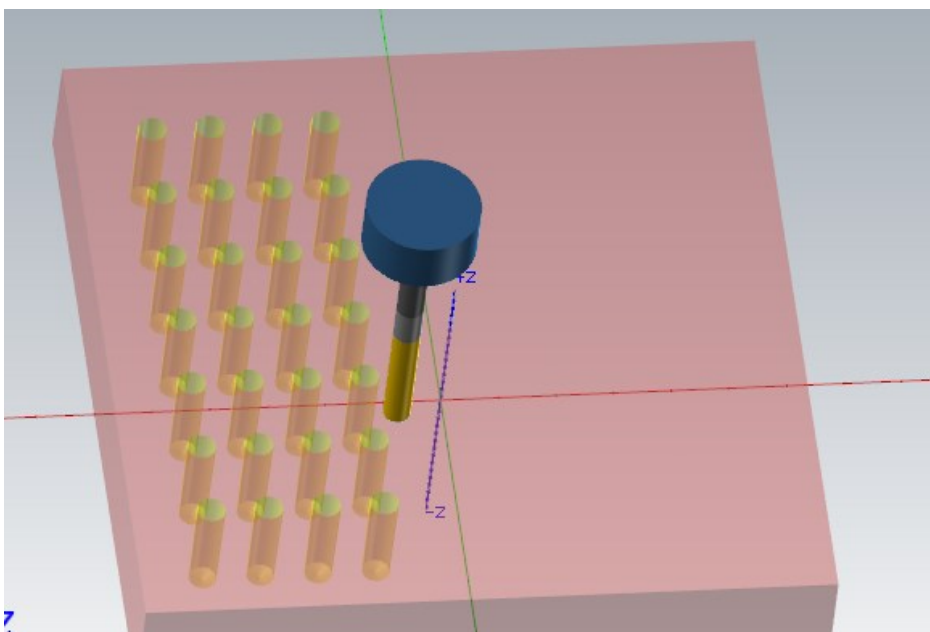


Lopuksi linking parameters -valikosta määritellään porauksen syvyys.

**HUOM! Porauksen syvyys on poran terän kärki porauksen syvimmässä kohdassa!**



Näillä asetuksilla saamme porattua mallikappaleessa olevat 12 milliset reiät.



## 5 Lopetus

Näillä ohjeilla pystyy valmistamaan mallikappaleen tapaisen yksinkertaisen jysinkappaleen. Jos ohjeesta puuttuu jotain tai haluat muuten tarkempaa tietoa tietyistä toimenpiteistä, älä unohda erittäin kätevää help-toimintoa, jonka saa auki painamalla ?-näppäintä lähes jokaisessa vaiheessa.



**Oikeaa kappaletta ohjelmoidessa älä**  
**unohda ottaa huomioon saatavilla olevia**  
**työkaluja ja niille tarkoitettuja**  
**työstöarvoja.**

**Liite 2: Mastercam Perusteet Sorvaus**



Mastercam perusteet sorvaus

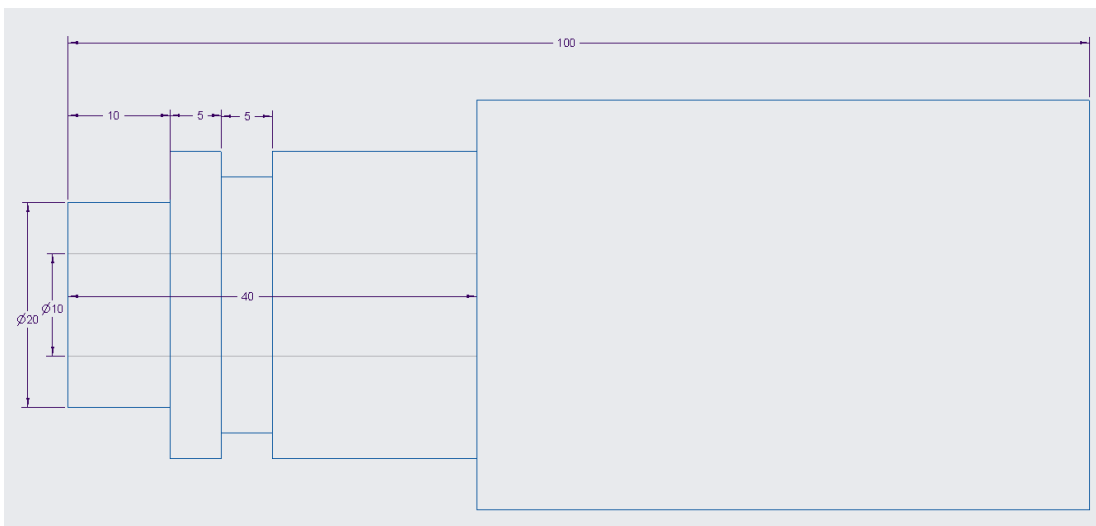
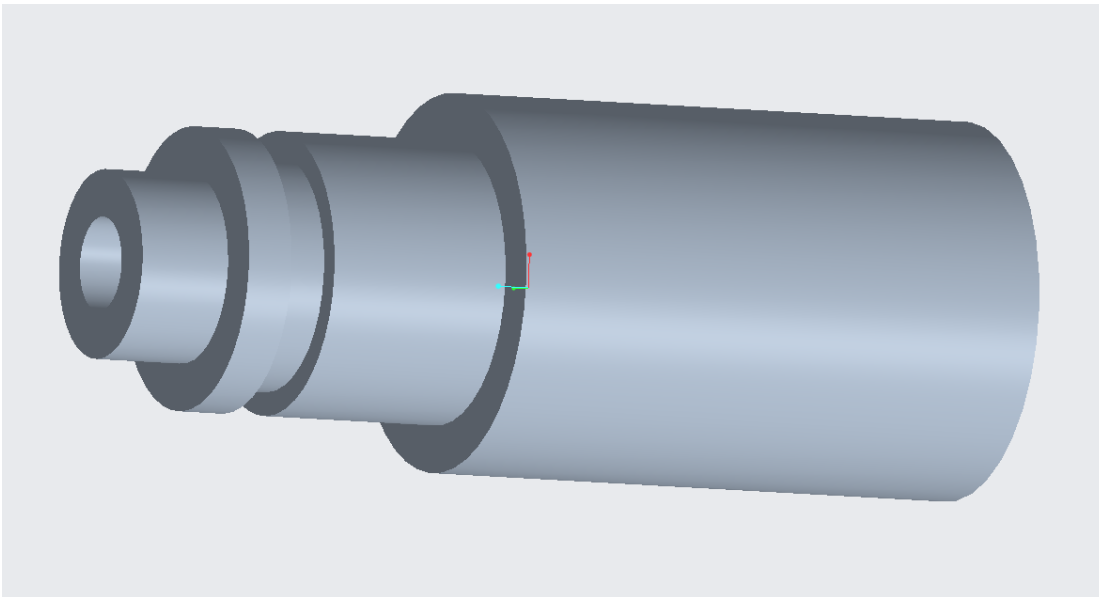
Jaakko Hyle

## Sisälllys

1	Johdanto.....	3
2	Käyttöjärjestelmä.....	4
2.1	Uuden ohjelman aloitus .....	4
2.2	Alavalikko.....	5
3	Koneen valinta ja kappaleen asetus oikeaan kulmaan .....	6
3.1	Koneen valinta .....	6
3.2	Kappaleen kääntö.....	7
4	Aihion määrittäminen ja koneistuksen perusvaiheet .....	8
4.1	Aihion määrittäminen.....	8
4.2	Otsapinnan tasaus .....	9
4.3	Rouhintaa .....	12
4.4	Viimeistely .....	16
4.5	Uranpisto .....	19
4.6	Poraus.....	22
5	Lopetus.....	24

## 1 Johdanto

Ohjekirjassa tehdään ohjelma seuraavalle S355-rakenneteräksestä valmistetulle yksinkertaiselle sorvauskappaleelle.



Ohjekirjassa käymme työstömenetelmät erittäin yksinkertaisesti läpi. Jos haluat nähdä tarkemmin kerrottuja ohjeita vaiheista, voit painaa ?-kuvakkeesta help-valikon auki lähes kaikissa vaiheissa. Ohjekirjassa käydyt menetelmät eivät myöskään ole ainoat oikeat menetelmät, mutta mielestäni helpoimmat menetelmät oppia ilman aikaisempaa kokemusta ohjelmoinnista.



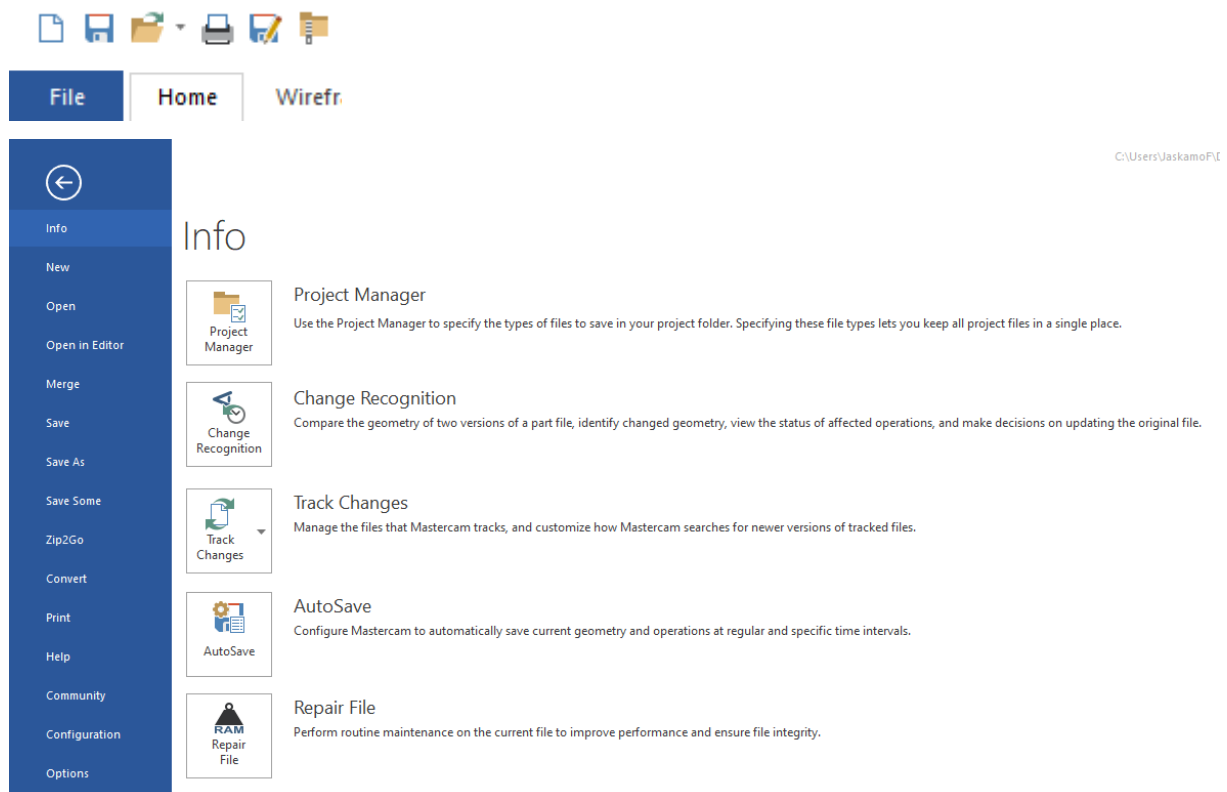


## 2 Käyttöjärjestelmä

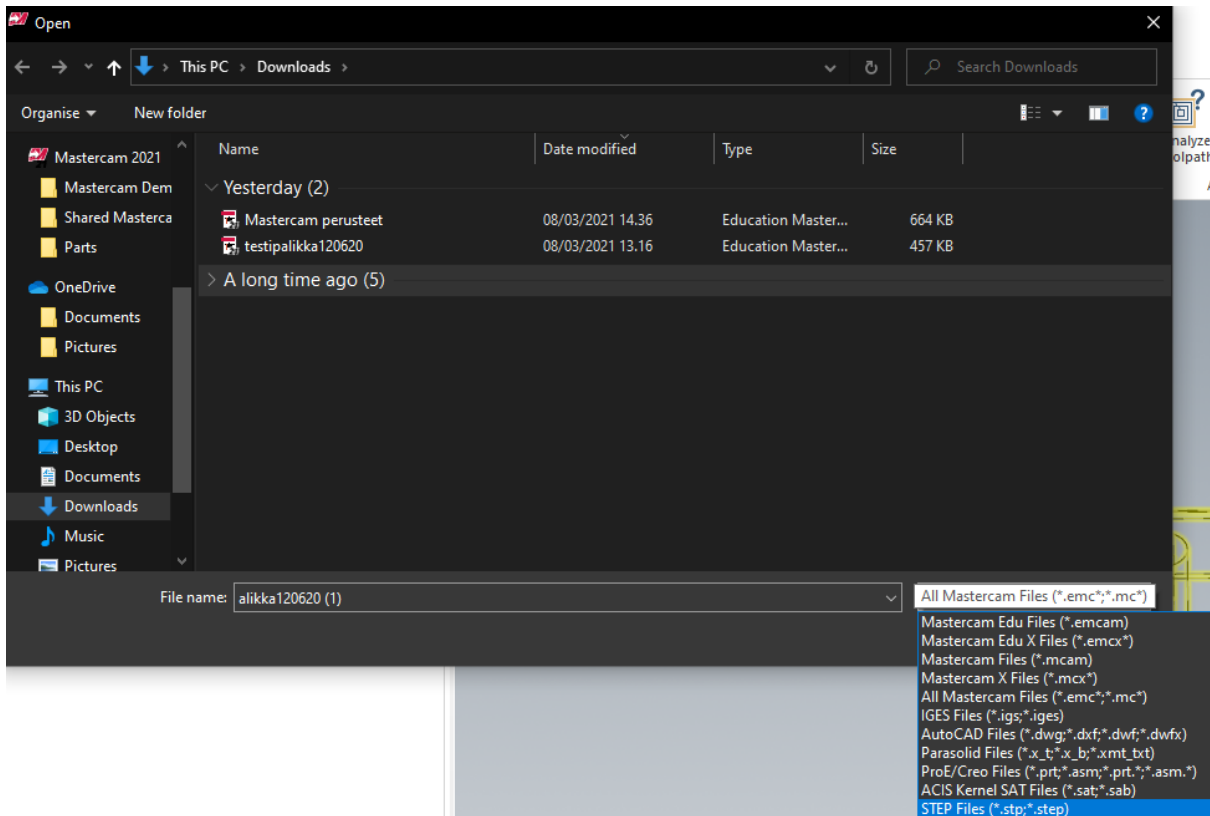
Mastercamin käyttöliittymä on tuttu, jos on aikaisempaa kokemusta Creo:n käytöstä. Käymme kuitenkin nopeasti läpi tärkeimmät asiat, kuten ohjelman aloittamisen ja Mastercamin sisällä olevan alavalikon. Emme tässä vaiheessa käy läpi ylävalikossa olevia toimenpiteitä, vaan niistä käydään läpi peruskappaleen ohjelmointiin tarpeelliset itse ohjelmoinnin opetuksessa.

### 2.1 Uuden ohjelman aloitus

Uuden ohjelman tekeminen aloitetaan file-valikosta valitsemalla joko new tai avaamalla aikaisemmin tehty ohjelmitava kappale. Ohjekirja seuraa Creo:ssa tehtyä kappaletta, joka on tallennettu stp-muotoon. Ohjelma pystyy myös avaamaan suoraan prt- ja asm-tiedostoja, mutta huomasi itse niissä olevan ongelmia, joten suosittelen tiedostojen tallentamista stp-muotoon.



Avataksesi stp-tiedoston, paina open, computer, browse, etsi kansio minkä sisällä haluamasi kappale on ja valitse oikealla alakulmassa olevasta pudotusvalikosta stp/step.



## 2.2 Alavalikko

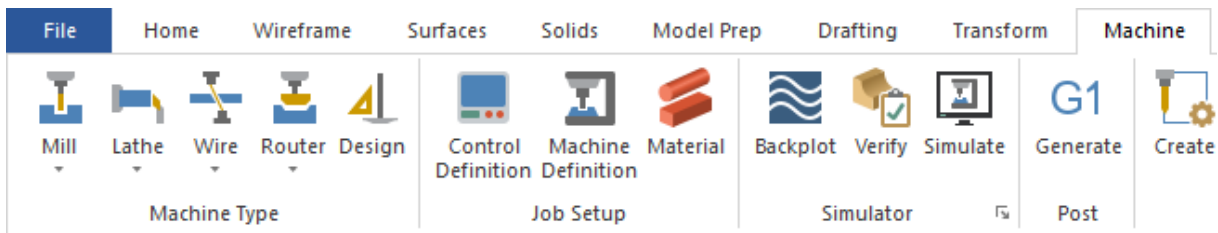
Vasemmassa alakulmassa on valikko, josta löytyy toolpaths, jonne kaikki ohjelmassa olevat työstövaiheet tulevat, solids, jossa on kaikki auki olevat kappaleet, planes, josta valitaan xyz-akseleiden suunta ja levels-valikko, josta pystyy piiloittamaan kaikki ohjelmassa olevat kappaleet ja valitsemaan mihin kappaleeseen milläkin hetkellä haluaa tehdä muutoksia. Näitä valikkoja käydään tarkemmin läpi ohjelmointivaiheessa.



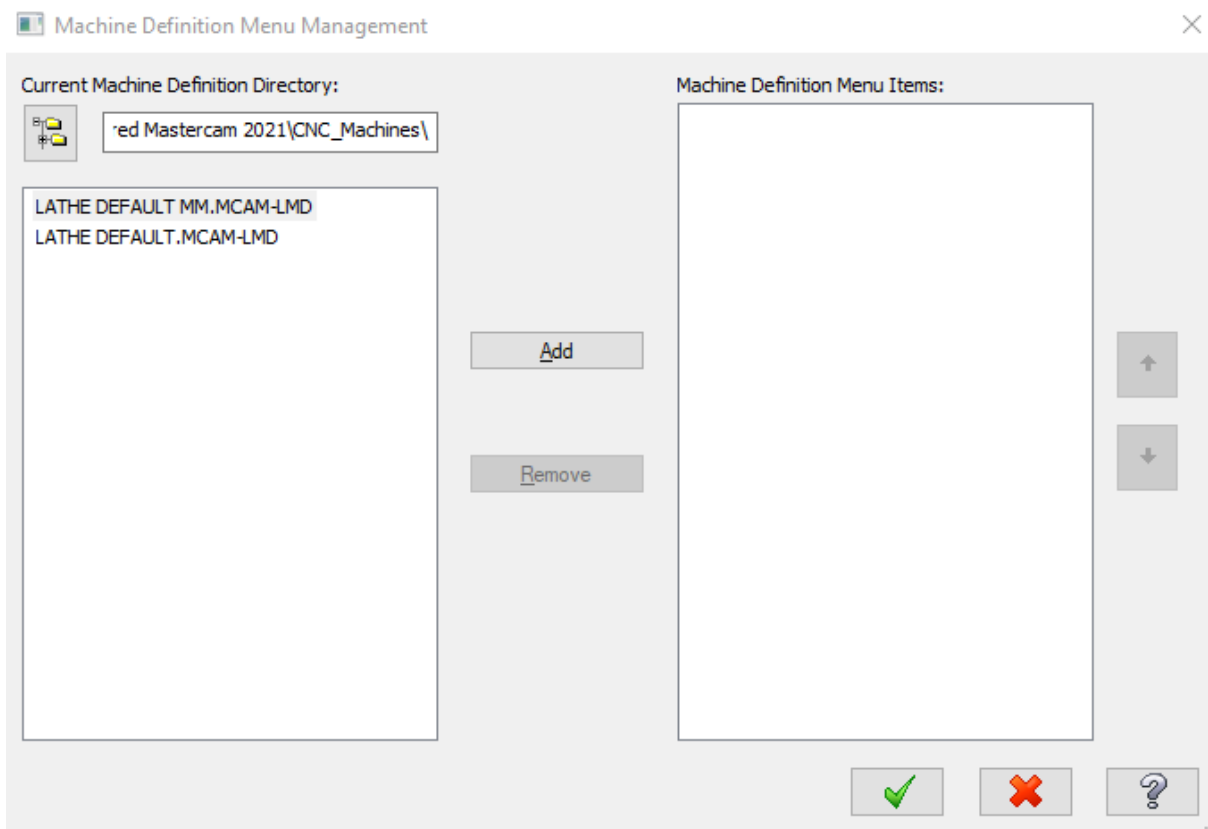
### 3 Koneen valinta ja kappaleen asetus oikeaan kulmaan

#### 3.1 Koneen valinta

Valitakseksi koneen jolle teet ohjelmointia, paina yläreunassa olevaa machine-osiota

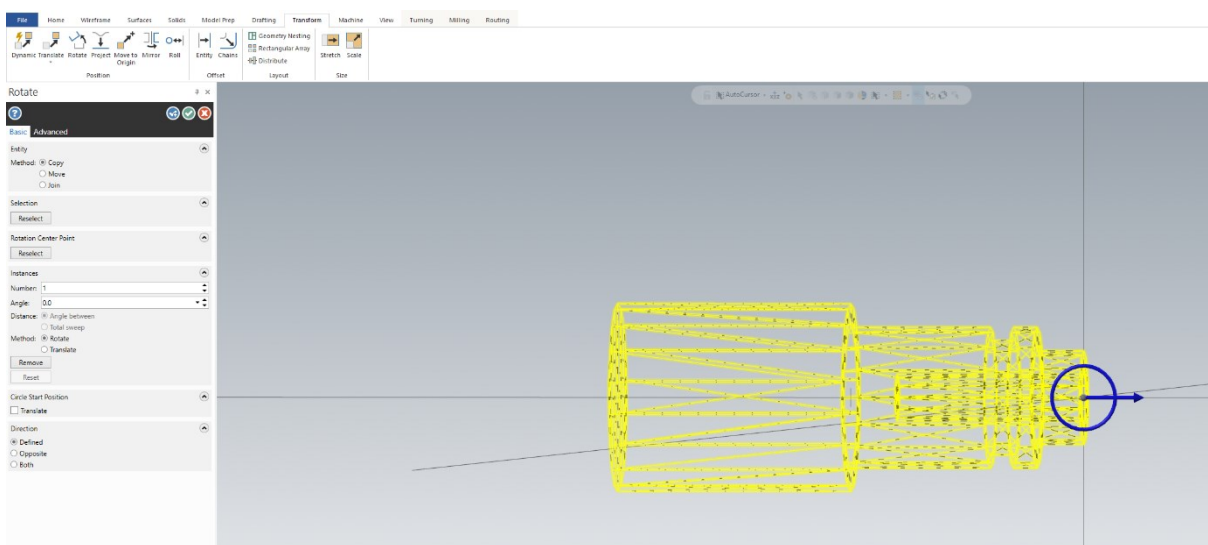


Tämän jälkeen valitse lathe ja paina manage list -näppäintä. Avatussa listassa on kaksi perus vaihtoehtoa: default, joka käyttää tuumia sekä default mm joka käyttää millimetrejä. Ohjekirjassa käytämme default mm konetta. Valitse tämä painamalla sitä ja painamalla ok oikealla alakulmassa olevasta vihreästä näppäimestä. Tämän jälkeen avaa lathe-valikko uudelleen, ja valitse default machine. Tämä ottaa käyttöön valitun peruskoneen, joka tässä tilanteessa käyttää millimetrejä.

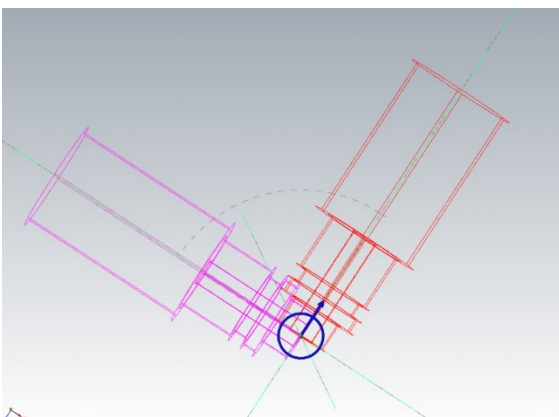


### 3.2 Kappaleen kääntö

Sorvi toimii xyz-koordinaatistossa, jossa z-akseli on vaakasuora akseli. Ohjelmointia varten haluamme että z-akseli suuntautuu vasemmalta oikealle. Jos kappale on mallinnettu väärälle akselille, voimme kääntää sen siten, että z-akselin suunta on oikea. Tehdäksesi tämän, valitse kappale, valitse transform-valikosta rotate ja käännä kappale tätä käyttäen oikeaan asentoon. Ota huomioon, että kappaleen tulisi olla z-akselilla käyttäessä +D+Z-koordinaatistoa planes-valikosta.



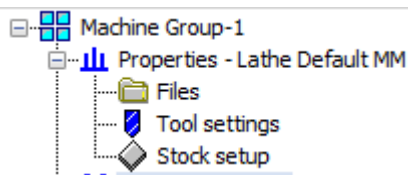
Rotate-valikossa yksittäistä mallia kääntäessä on kaksi vaihtoehtoa. Copy, joka luo uuden kopion kappaleesta valitulla käännöllä ja move, joka kääntää alkuperäistä kappaletta. Mallikappale on mallinnettu väärälle akselille, joten se pitää kääntää.



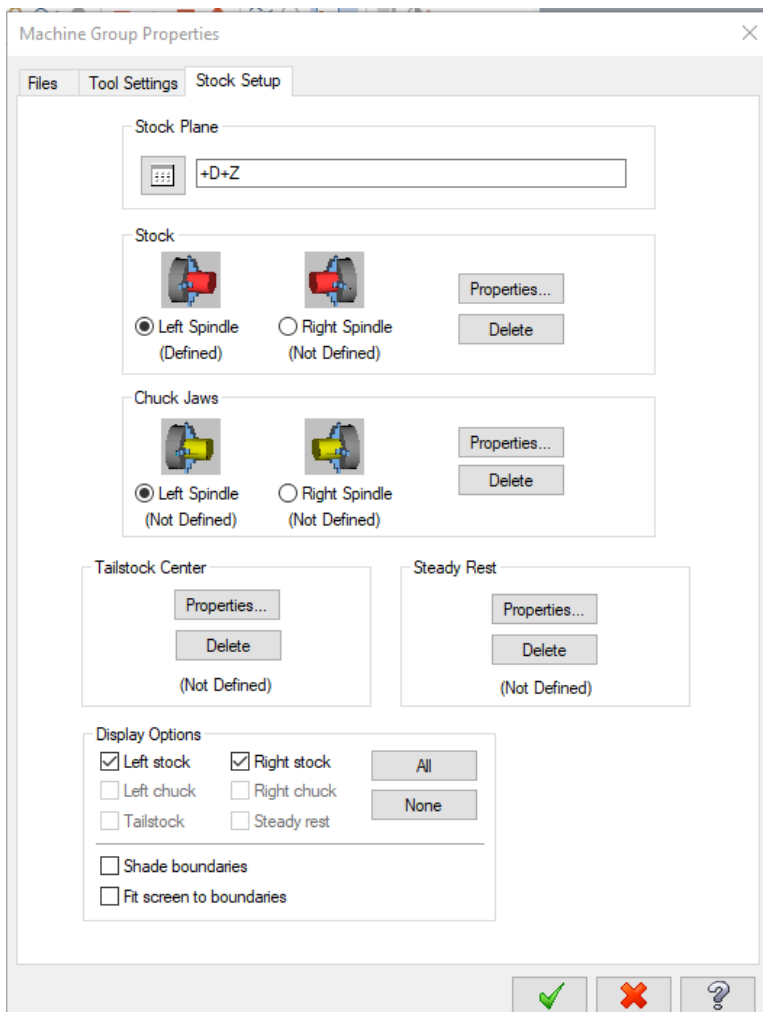
## 4 Aihion määrittäminen ja koneistuksen perusvaiheet

### 4.1 Aihion määrittäminen

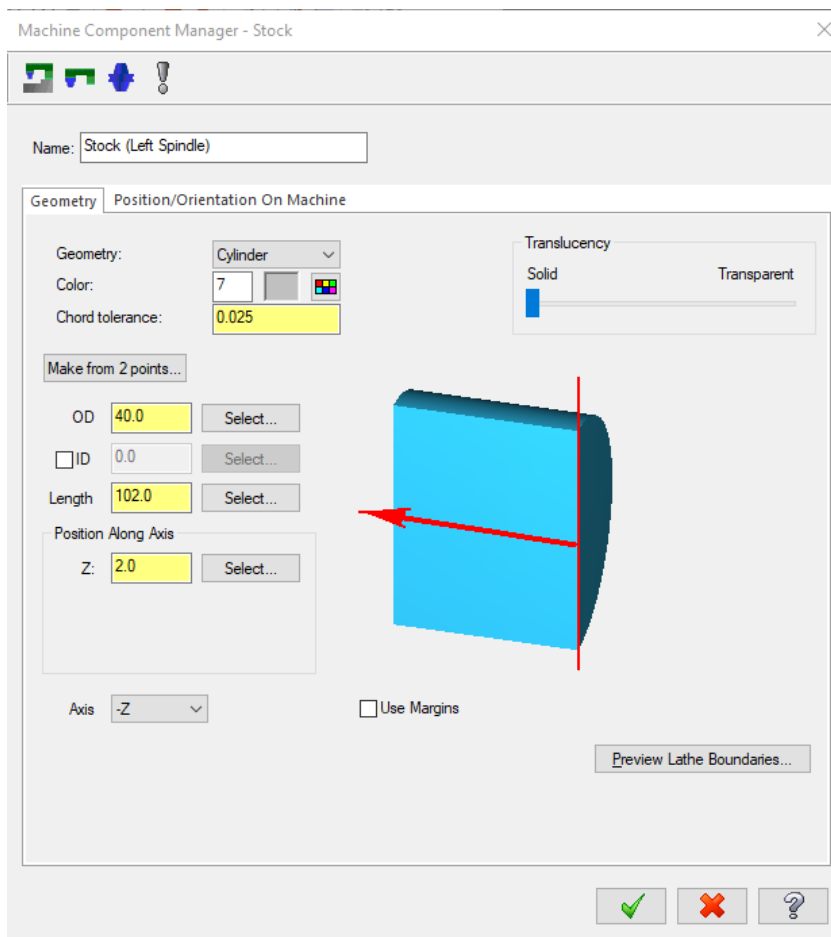
Koneen valinnan jälkeen voit määrittää aihion toolpaths-sivulta machine group-valikosta painamalla stock setup -valikon auki.



Tämä avaa valikon, josta itse aihion mittoja pystyy muuttamaan painamalla properties-kohtaa stock-osion oikealta puolelta. Aihion sijainti koordinaatistolla määritetty stock plane -valikosta.



Valikosta pystyy muokkamaan aihion halkaisijaa (OD), pituutta (length) ja aihion sijaintia z-akselin 0-pisteen suhteen (Position along axis).



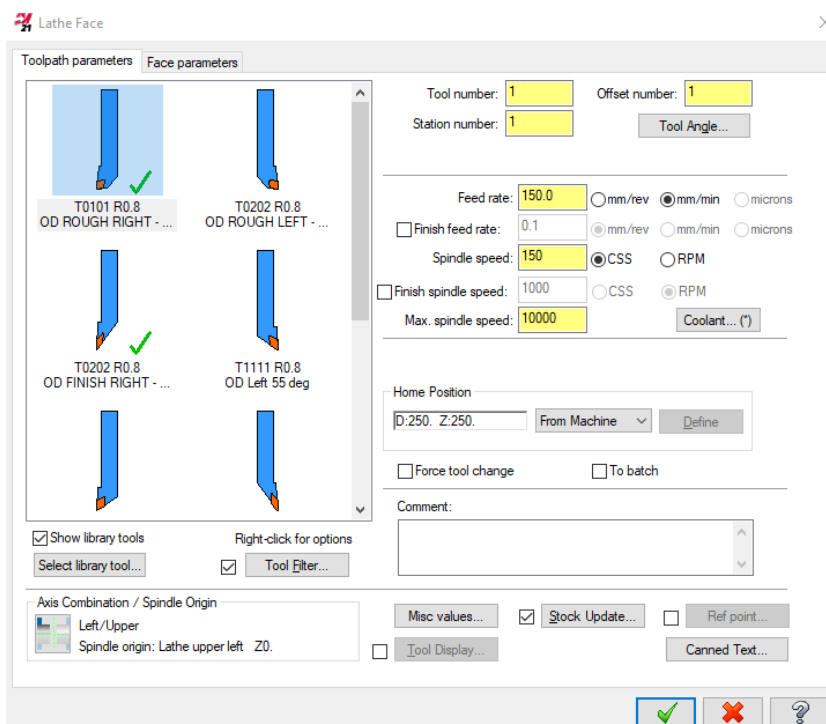
Mallikappale on valmistettu halkaisijaltaan 40 mm paksusta tangosta, jonka pituus on 102 mm. Jotta saamme tehtyä otsapinnan tasauksen, laitamme akseliin hieman työstövaraa.

## 4.2 Otsapinnan tasaus

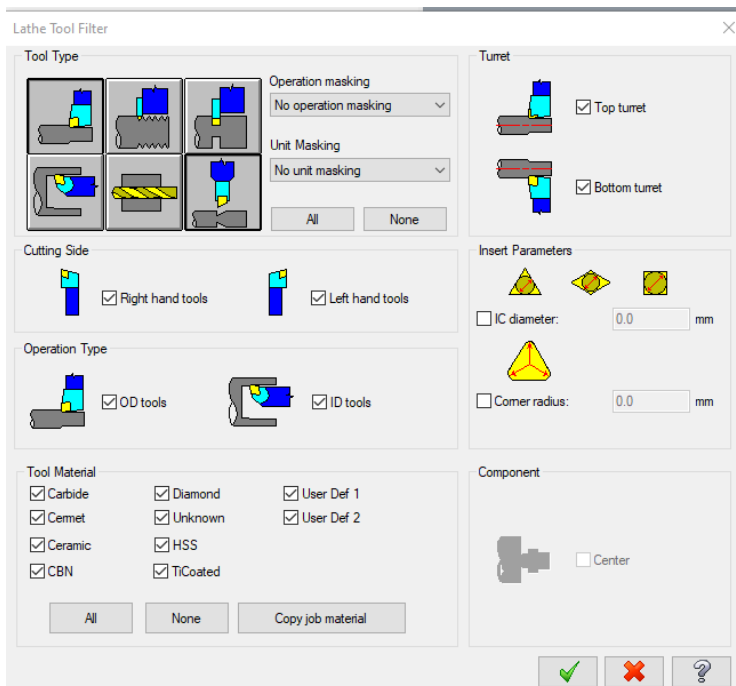
Otsapinnan tasaus tapahtuu face-toiminnolla machine-valikosta



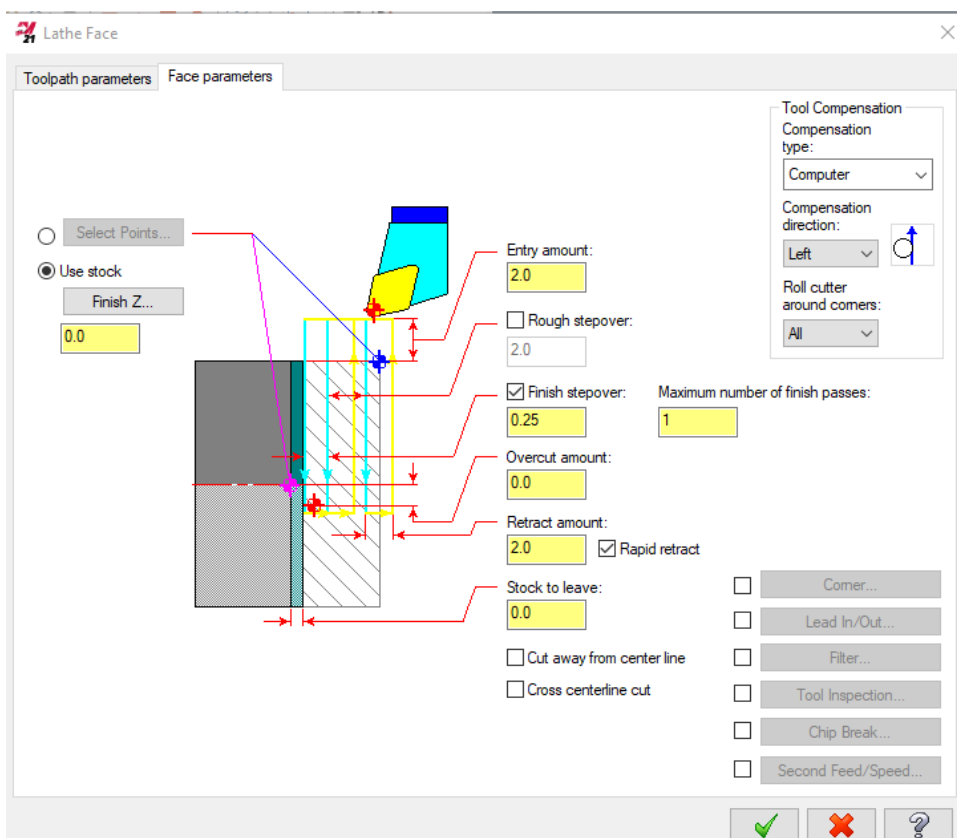
Kun painat face-näppäintä, ohjelma avaa automaattisesti terävalintaikkunan, josta voit valita tietokoneen katalogissa olevista teristä työstöön soveltuvan terän. Ohjekirjan ohjelmassa käytetään Mastercamilta itse saatuja katalogeja, mutta terät valikoidaan saatavuuden perusteella. Terävalikossa valitaan myös työkalunumero sekä syöttöarvot. Valikossa on myös stock update -valinta, jonka avulla näet aihiossa työstön aiheuttavat muutokset.



Jos haluat tarkentaa valikossa näkyviä työkaluja, voit käydä muokkamaassa kriteerejä tool filter -valikosta.



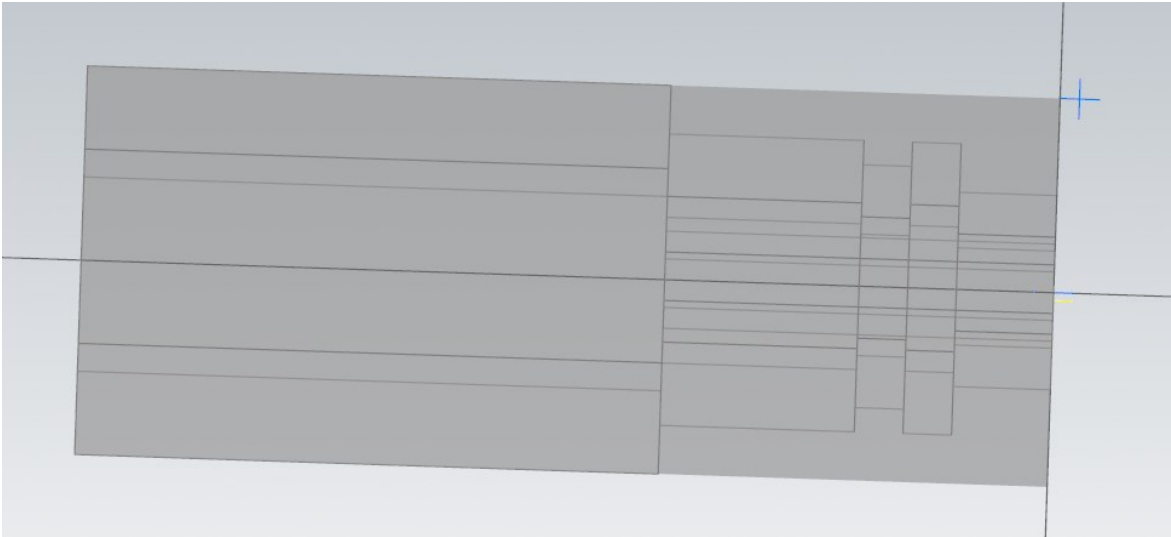
Yläpalkissa on myös välilehtenä itse otsapinnan ajon parametrit. Tästä valikosta löytyvät viimeistelyvara, lastun syvyys, viimesytelykiertojen määrä ja kappaleesta pois päin menevän liikkeen suuruus.





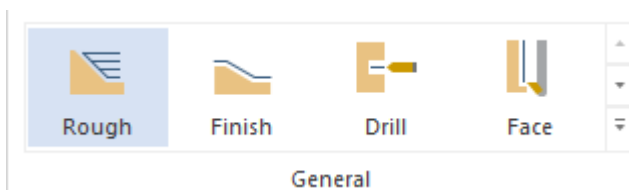
Jos aihio on siirretty 2 mm yli lopullisen kappaleen stock setupissa, voi otsapinnan ajossa käyttää use stock-vaihtoehtoa ja laittaa stock to leave -kohdan nolllaksi.

Valmiin työstökierroksen tuloksen näkee aihioon tapahtuneista muutoksista ja radan voi tarkistaa painamalla backplot-näppäintä työstövaiheen valinna jälkeen.

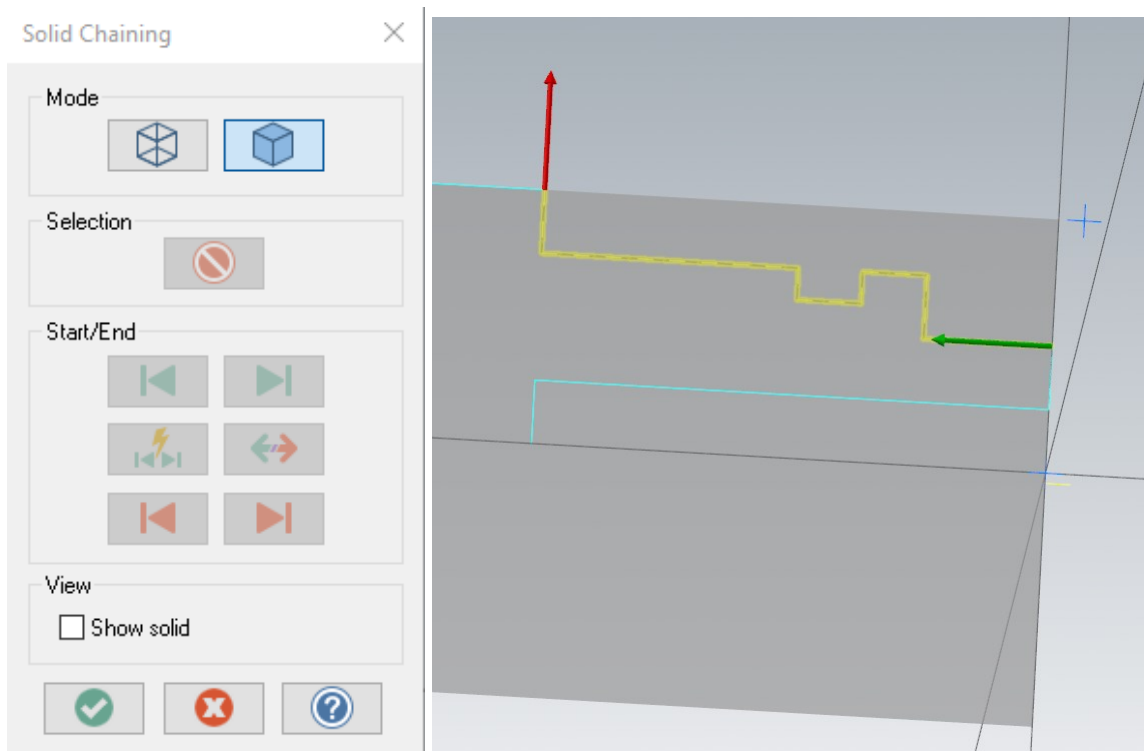


### 4.3 Rouhinta

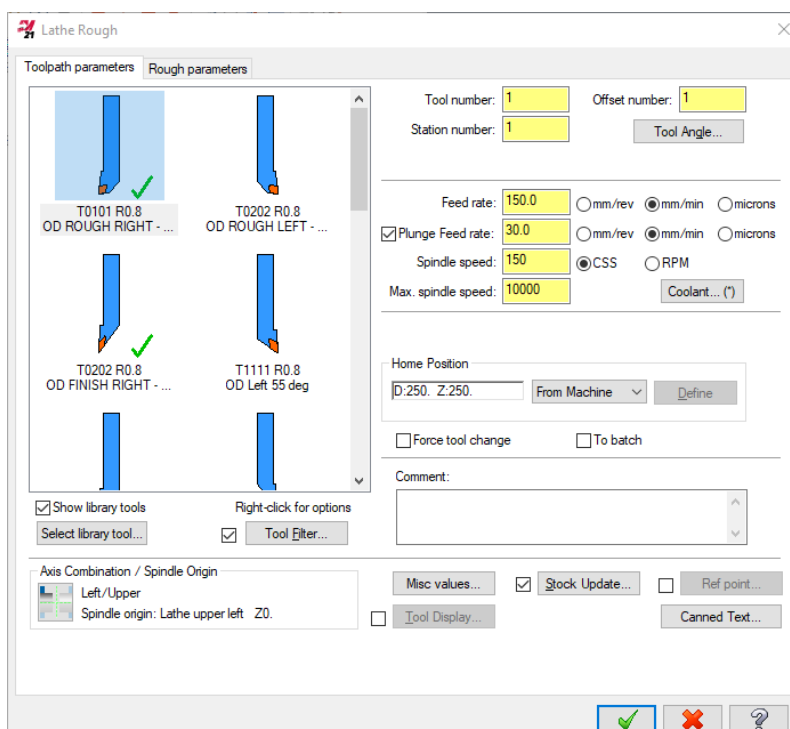
Rouhinta tapahtuu rough-toimenpiteellä machine-valikosta



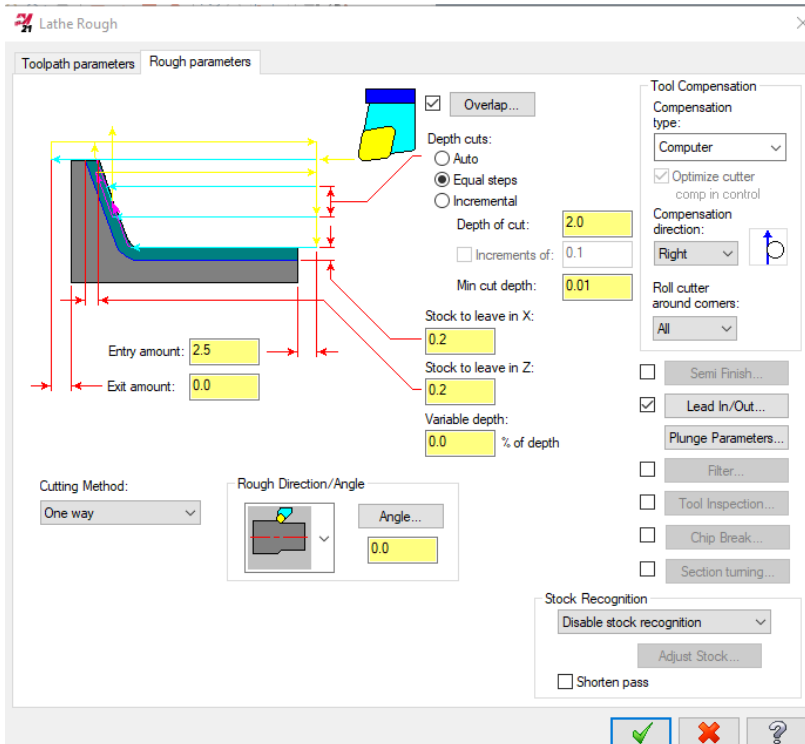
Tämä avaa chaining-valikon, jossa määritetään työstökierroksen rata. Valitse solid chaining, jonka jälkeen valitse työstökierroksen alkuviiva ja loppuviiva.



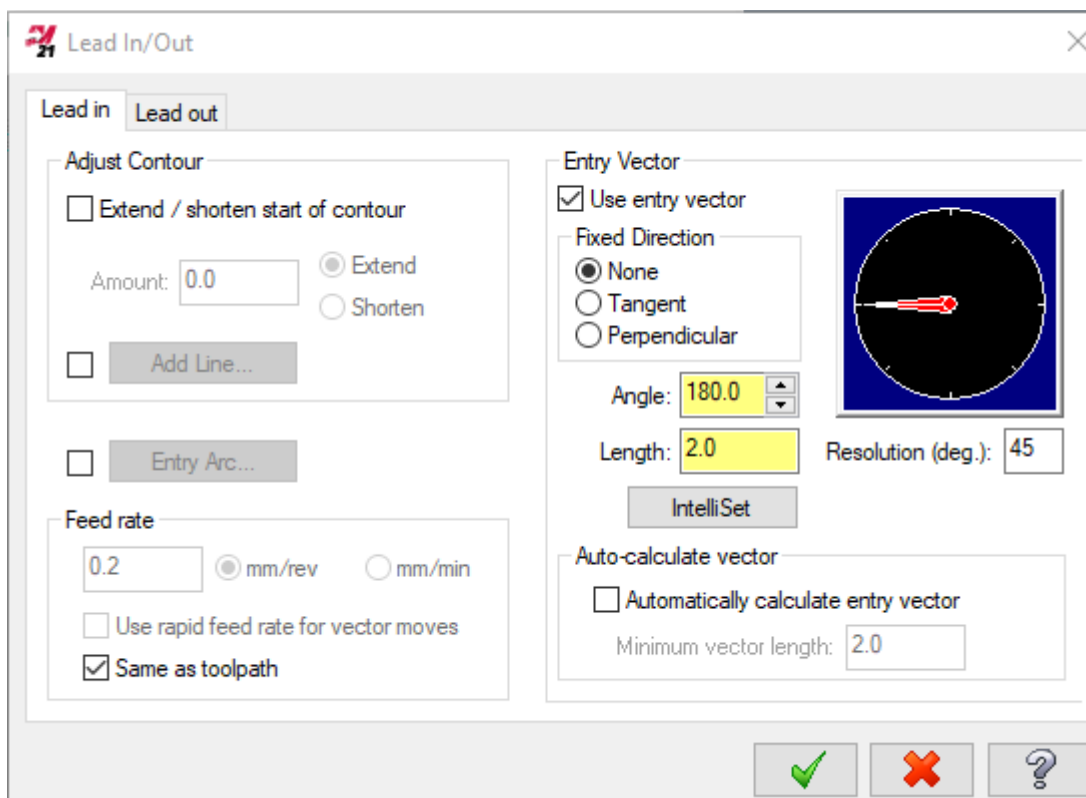
Kun painat vihreää hyväksy-näppäintä, ohjelma avaa työkaluvalikon. Työkaluvalikko toimii samalla tavalla kuin aikaisemmassakin työvaiheessa. Työkaluvalikon oikealla puolella on rough parameters -valikko, josta valitaan työstökierron parametrit.



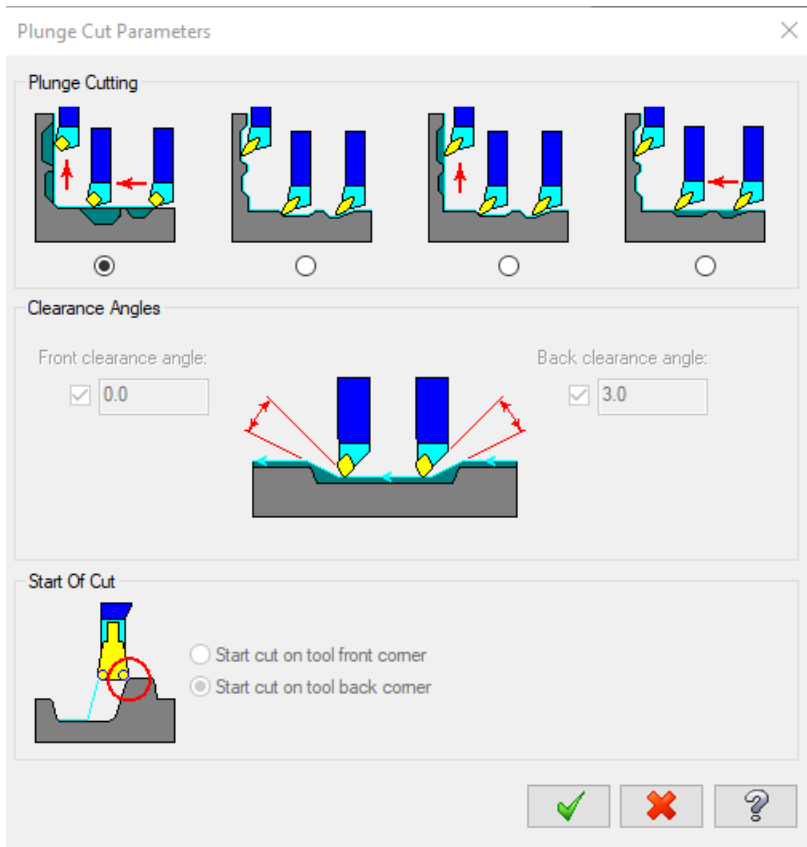
Rough parameters -valikossa määritetään lastunsyvyys, turvaetäisyydet ja viimeistelyä varten jätettävä aihion määrä.



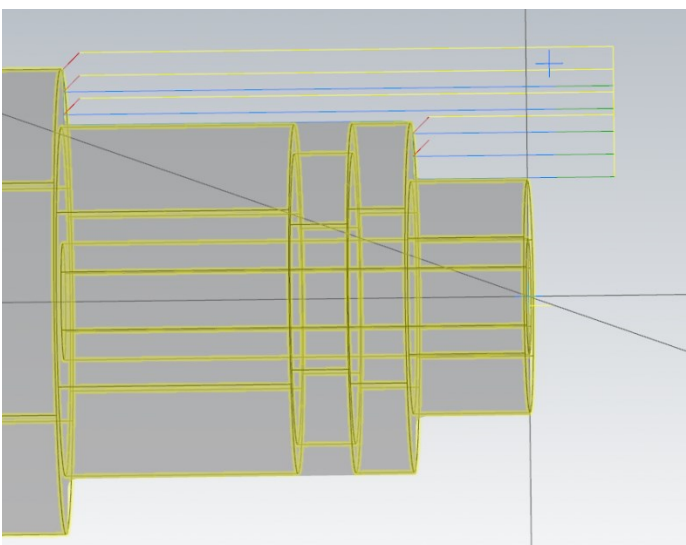
Lead in/out -valikosta pystyy tarkentamaan työstökierrossa terän sisään ja ulos ajon.



Jos kappaleessa on uria, joissa ei ole jyrkät reunat, pystyy plunge parameters -valikosta määrittämään ajetaanko ne rouhinnalla vai ei.



Työstöradan tuloksen näkee jälleen aihion muutoksesta ja työstörataa voi tarkemmin katsoa backplot-toiminnolla.

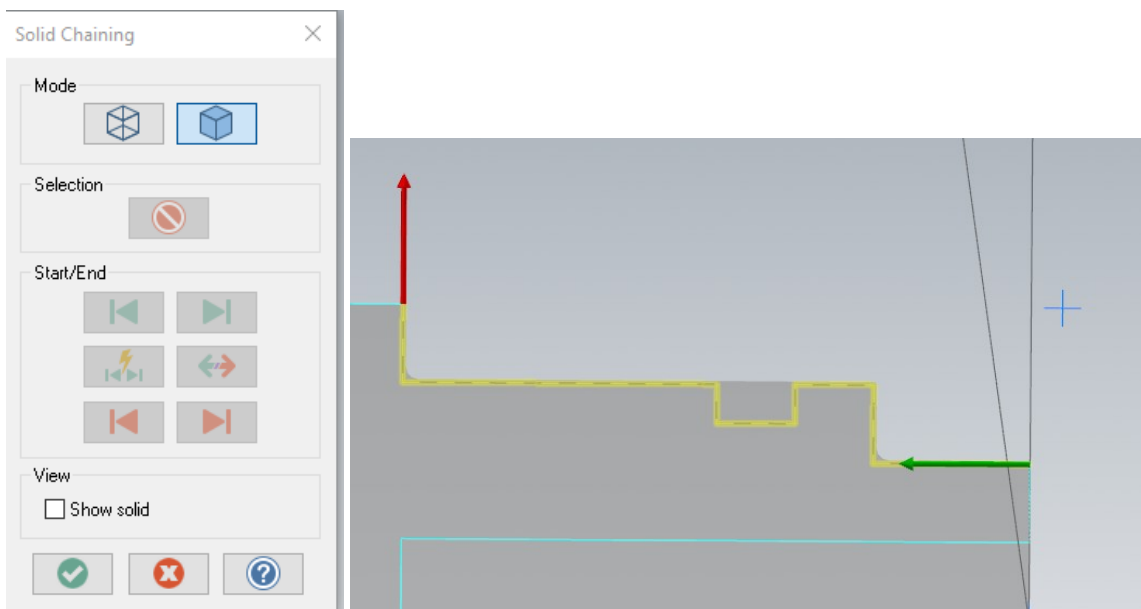


## 4.4 Viimeistely

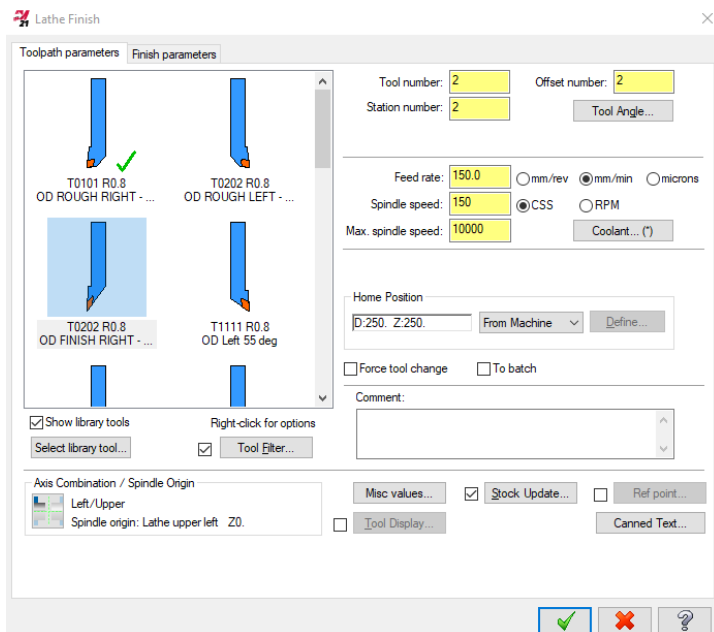
Viimeistely tapahtuu finish-valinnalla



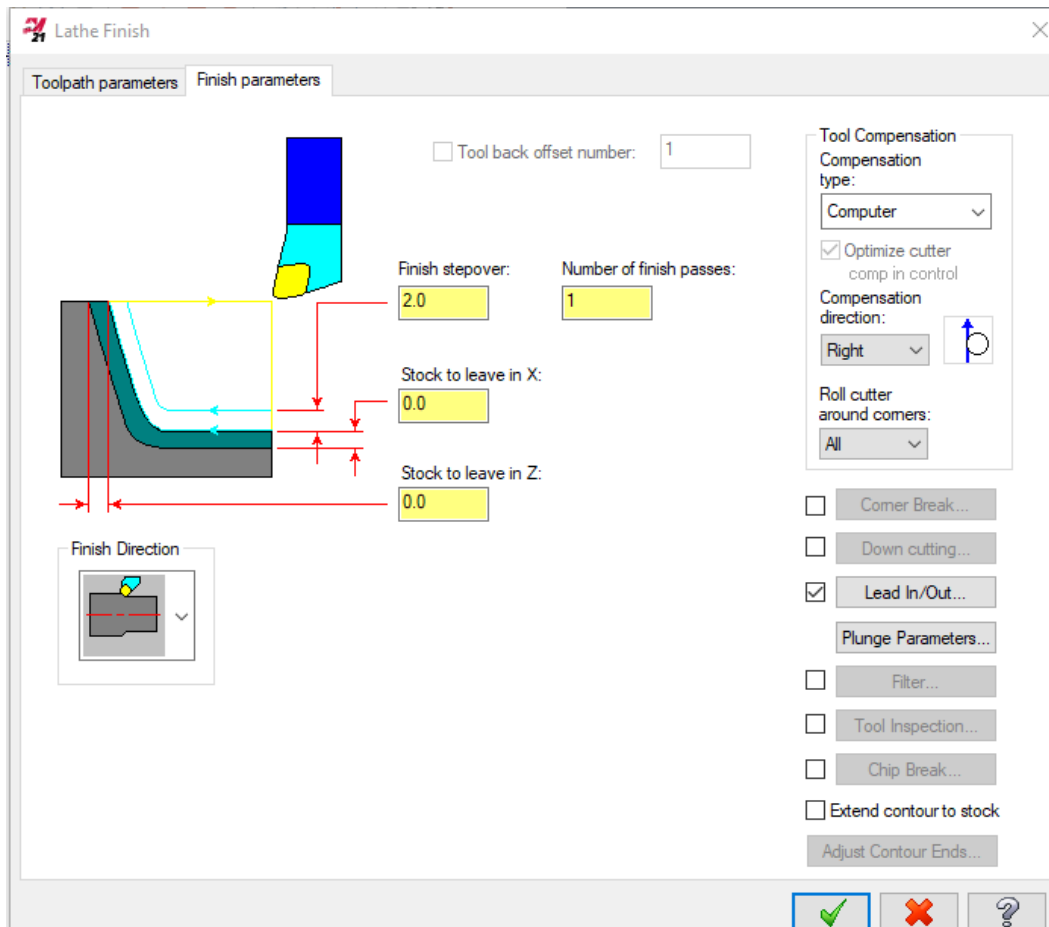
Työstöraitojen valinta toimii samalla tavalla kuin rouhinnassakin.



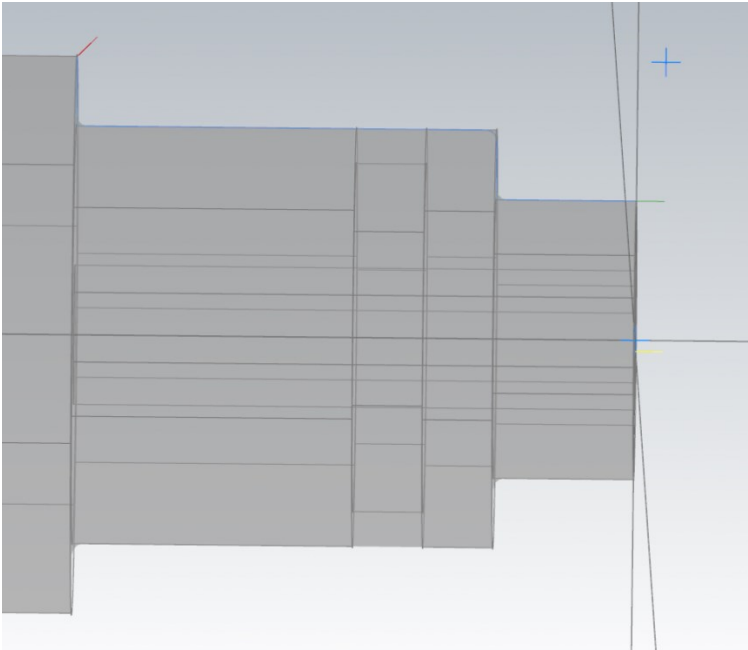
Työkaluvalikko toimii myös samalla tavalla kuin aikasemmissakin työstövaiheissa.



Finish parameters -valikossa valitaan lastun syvyys, viimeistelykiertojen määrä sekä jäljelle jäävä aihion materiaali. Valikosta löytyy myös samat lead in/out- ja plunge parameters -osiot kuin rouhinnasta.

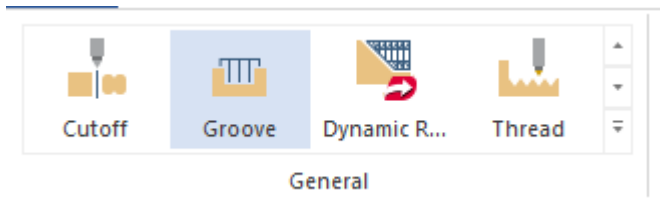


Tuloksen näkee jälleen aiheista ja työstörataa pystyy tarkemmin katsomaan backplotista.

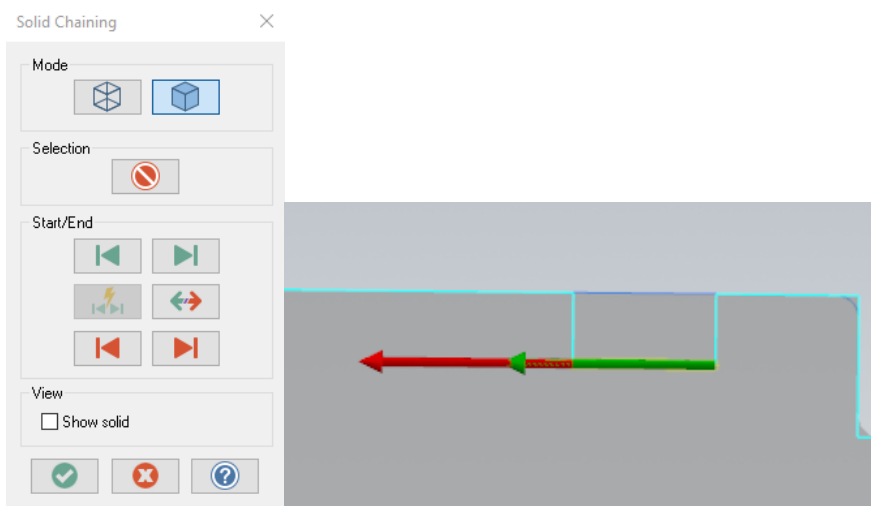


## 4.5 Uranpisto

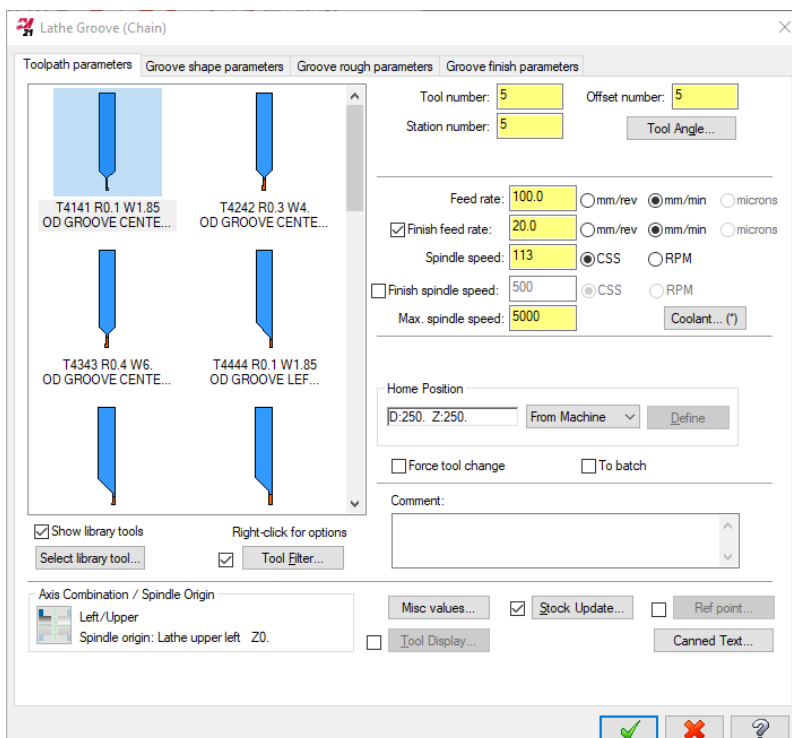
Uranpisto tapahtuu groove-toiminnolla



Valitse solid chaining ja uran pohja.

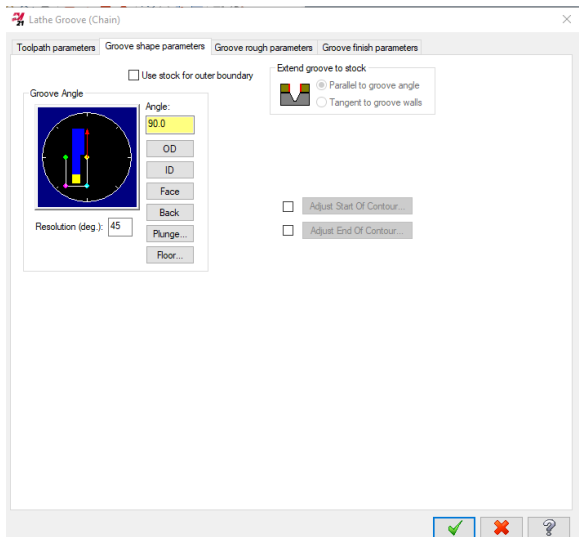


Työkaluvalikko on jälleen samanlainen.

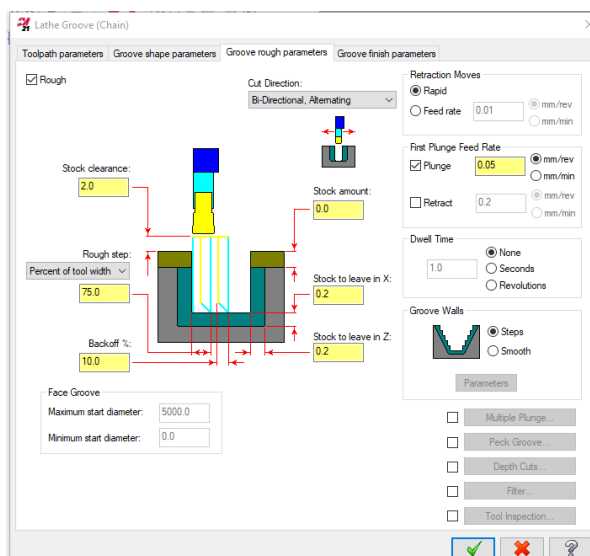




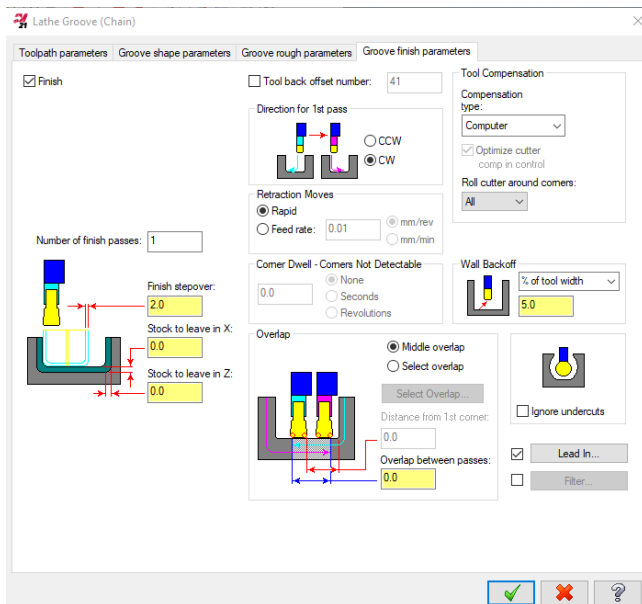
Groove shape parameters -valikosta pystyy valitsemaan eri uratyyppejä.



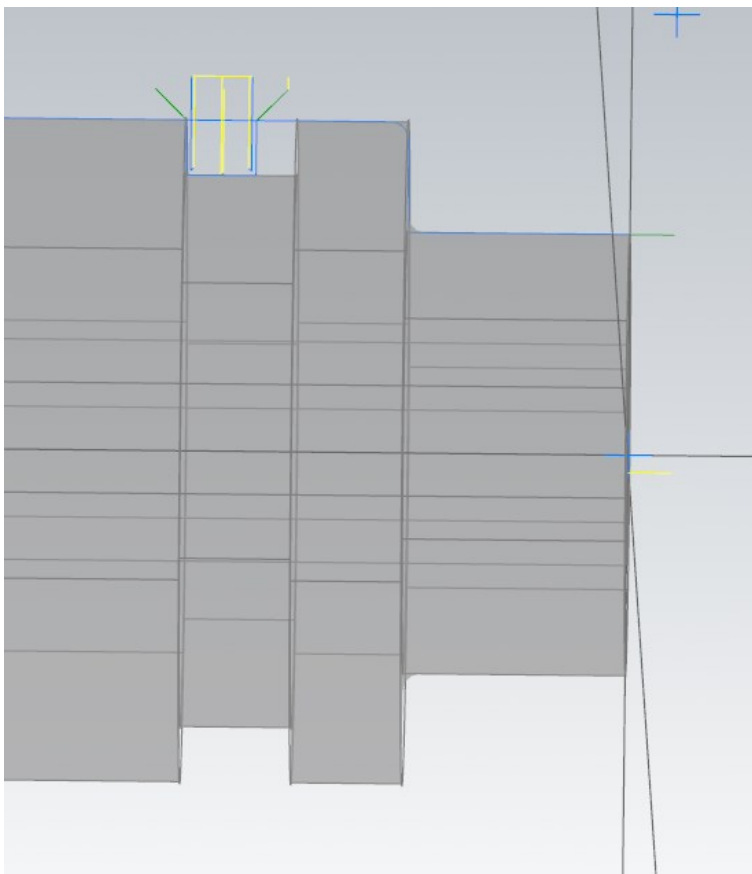
Groove rough parameters -valikosta määritetään viimeistelyä edeltävien lastujen arvot.



Groove finish parameters -valikosta määritetään viimeistelylastun arvon.

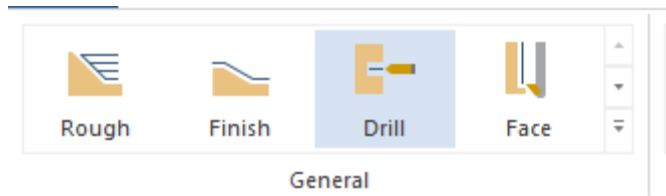


Tuloksen näkee jälleen aiheista ja työstörataa pystyy tarkemmin katsomaan backplotista.

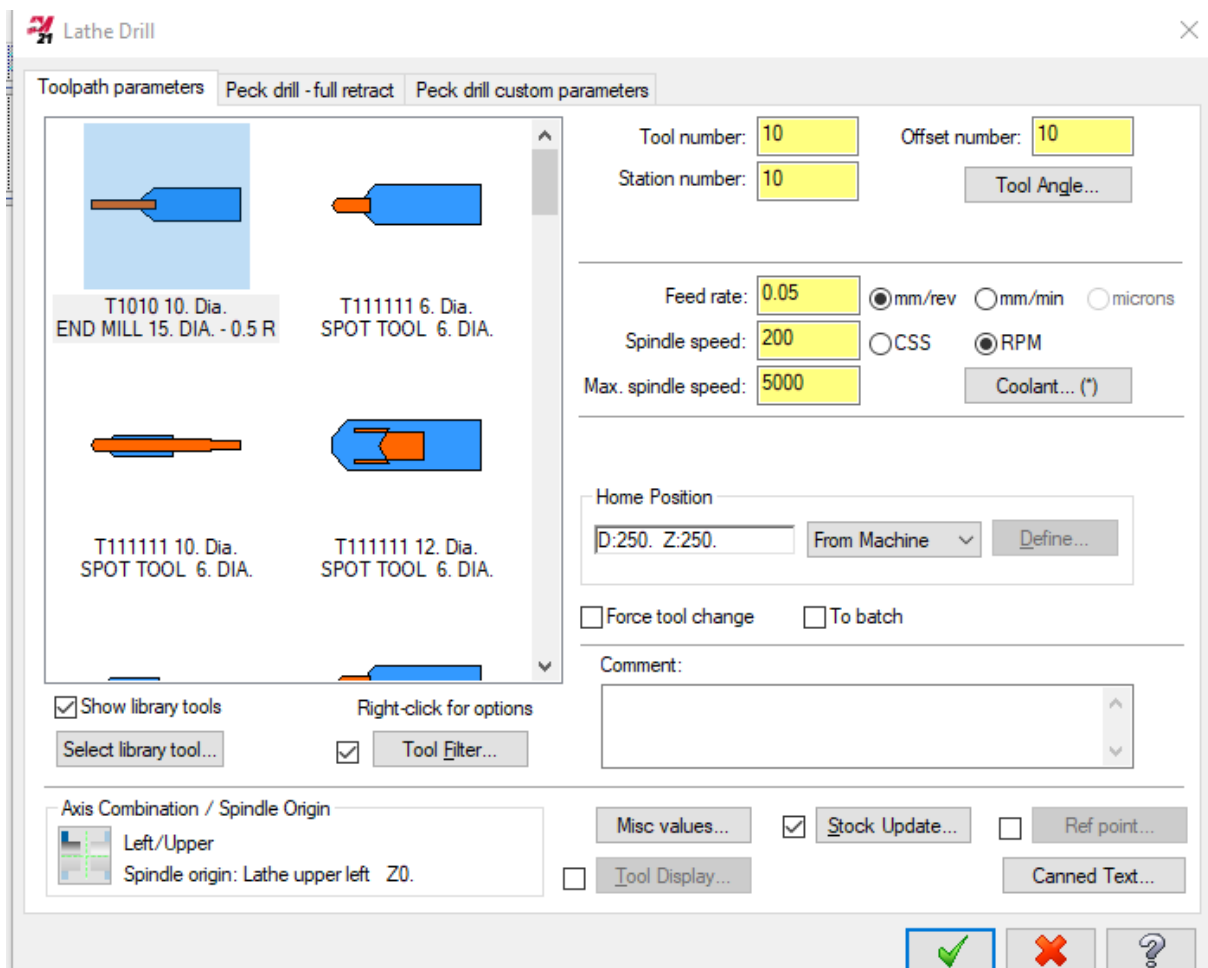


## 4.6 Poraus

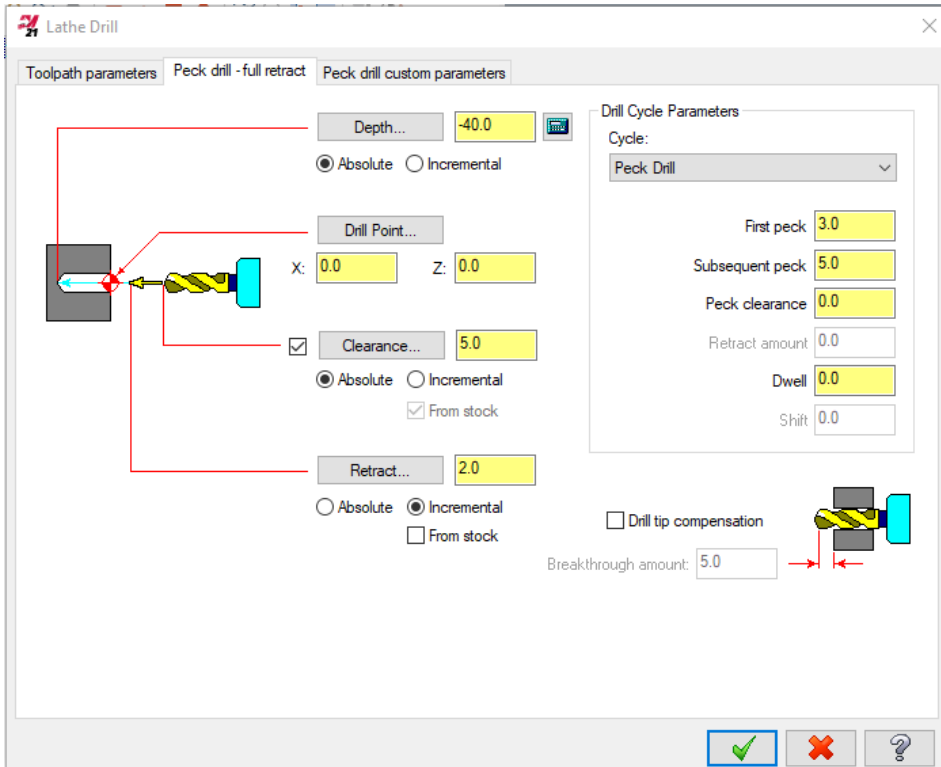
Poraus tapahtuu drill-toiminnolla, joka valitsee automaattisesti kappaleen keskipisteen



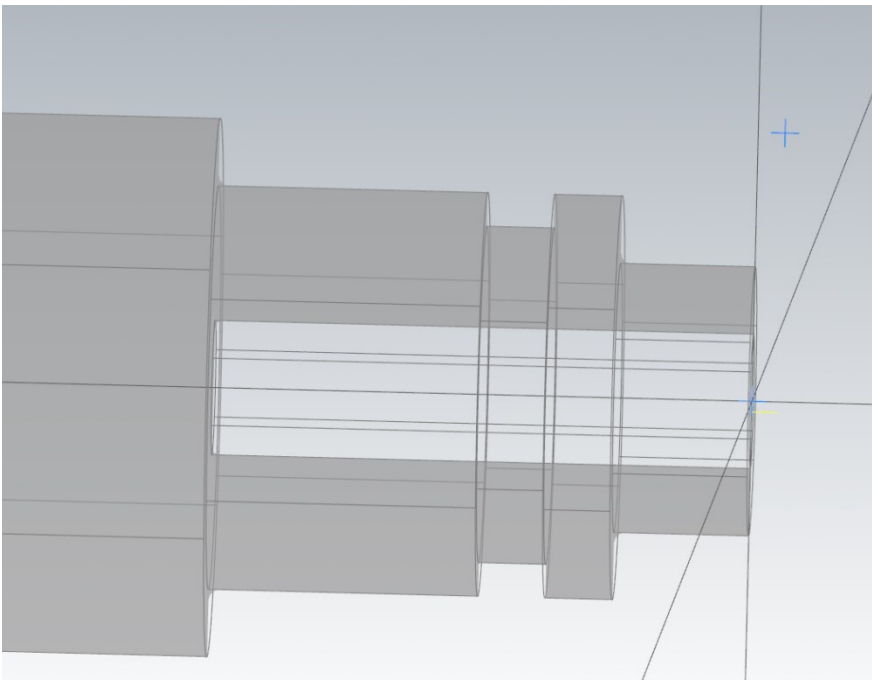
Työkaluvalikossa on sekä poria, että tappijyrsimiä. Mallikappaleessa on tasapohja, eli sen porauksessa täytyy käyttää tappijyrsintä.



Työkaluvalikon oikealta puolelta valitaan porauskierron tyyli ja arvot. Itse suosin peck drill -toimintoa terän keston parantamiseksi, mutta se on hitaampi poraustyyli kuin suoraan poraus.



Tuloksen näkee jälleen aiheista ja työstörataa pystyy tarkemmin katsomaan backplotista.



## 5 Lopetus

Näillä ohjeilla pystyy valmistamaan mallikappaleen tapaisen yksinkertaisen sorvikappaleen. Jos ohjeesta puuttuu jotain tai haluat muuten tarkempaa tietoa tietyistä toimenpiteistä, älä unohda erittäin kätevää help-toimintoa, jonka saa auki painamalla ?-näppäintä lähes jokaisessa vaiheessa.



**Oikeaa kappaletta ohjelmoidessa älä**  
**unohda ottaa huomioon saatavilla olevia**  
**työkaluja ja niille tarkoitettuja**  
**työstöarvoja.**