

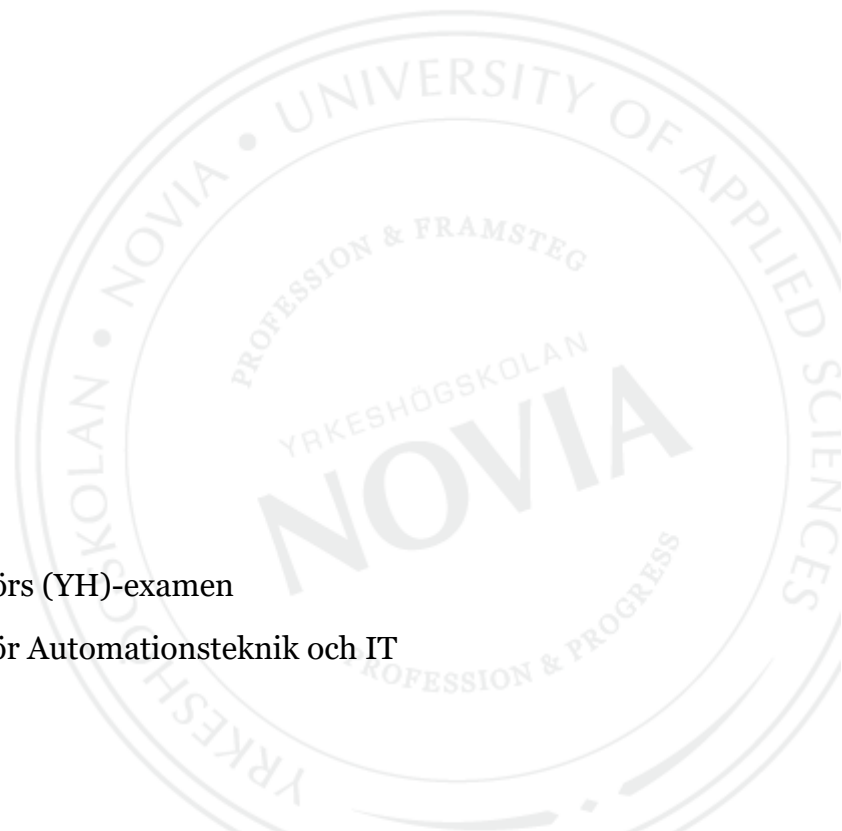
CNC teknik vid prototyp tillverkning och massproduktion

Peter Linney

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT

Raseborg 2016



EXAMENSARBETE

Författare: Peter Linney

Utbildningsprogram och ort: Automationsteknik och IT, Raseborg

Inriktning: Datorstödd tillverkning

Handledare: Håkan Bjurström

Titel: CNC teknik vid prototyp tillverkning och massproduktion

Datum: 16.04.2016 Sidantal: 28

Abstrakt

Syftet med examensarbetet är att undersöka de viktigaste komponenterna i en CNC maskin, dess användning, uppbyggnad samt möjligheter och begränsningar. I examensarbetet behandlas de delar som bygger upp en normal CNC maskin, från skillnaden på stegmotorer och AC/DC motorer, rälssystem samt G-koden som styr maskinen. I arbetet görs också jämförelser mellan hobby/hemma maskiner och industriella standarder för de högre kraven som finns.

I arbetet beskrivs CAD (eng. computer-aided design) och CAM (eng. computer-aided manufacturing) som är byggstenarna för att skapa nya produkter och tillverkning med hjälp av datorn. Arbetet ger också en överblick över historien och bakgrunden till hur CNC industrin växte fram.

Masstillverkning och prototyp tillverkning är områden som CNC bearbetning länge har varit framgångsrika med. Nu när 3D-skrivare har blivit vanligare har det öppnat upp möjligheter för båda. Detta examensarbete tar upp fördelar och nackdelar med båda teknikerna. Arbetet är helt teoretiskt men innehåller svar från en serie intervjuer med industriexperter från olika fält i Finland.

Språk: Svenska

Nyckelord: CNC, 3D-skrivare, masstillverkning, prototyper, G-kod.

BACHELOR'S THESIS

Author: Peter Linney

Degree program: Automation and IT, Raseborg

Specialization: Computer-aided manufacturing

Supervisor: Håkan Bjurström

Title: CNC Machines and Their Application for Mass Production and Prototype Manufacturing

Date: 16th April 2016 Number of pages: 28

Summary

The aim of this thesis is to investigate the different parts that make up a CNC machine, its field of use, construction and the possibilities and limitations of the technology. The thesis will view the difference components that are part of a normal CNC machine, such as the difference between stepper and AC/DC motors, linear rails and G-code. Comparisons will also be made throughout this work between hobby grade machines and industrial machines with higher demands.

The thesis will also touch on CAD (computer-aided design) and CAM (computer-aided manufacturing) that make up the backbone of the creation new product and production methods with the help of the computer. There will also be a part on the history and past of the CNC industry and how it came to grow.

Mass production and prototype manufacturing are areas where CNC manufacturing has always been strong. Now that 3D-printers have become more commonplace, it has opened opportunities in both fields. For this thesis, a series of interviews has been conducted with industry experts from different fields in Finland.

Language: Swedish Key words: CNC, 3D-printers, mass production, prototypes, G-code.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	1
1.1	Syfte och mål	1
2	Historia.....	1
3	Användningsområden	4
3.1	Metalltillverkning.....	4
3.2	Subtraktiv tillverkning	4
3.3	Additiv tillverkning.....	5
3.4	Andra användningar	5
4	Hårdvara.....	6
4.1	Steg och servo motorer	6
4.1.1	Stegmotorer	6
4.1.2	DC-motorer och borstlösa AC-motorer	7
4.1.3	Servomotorer eller stegmotorer för CNC.....	8
4.2	Linjär rörelse.....	9
4.2.1	Kulskruvar och ledskruvar	9
4.2.2	Kuggstångsstyrning	9
4.2.3	Linjär motor	10
4.2.4	Bälten och kuggar	10
4.2.5	Kälkar och ledstänger	10
4.2.6	Backlash	11
4.3	Fler axlad rörelse med robotarmar	11
4.4	Verktyg	11
4.5	Rörelse med X, Y och Z-axeln.....	12
4.5.1	Axlar utöver X, Y och Z.....	12
4.6	Den kontrollerade punkten	13
4.7	Home	13
4.8	Work origin.....	13
5	Mjukvara.....	15
5.1	Arbetsflöde för CNC tillverkning i datorn.....	15
5.2	Fil format	17
5.3	2½D	17
5.4	G-kod.....	17
6	CNC bearbetning och 3DP för masstillverkning.....	20

7	CNC bearbetning och 3DP för prototyper.....	20
8	Sammanfattning.....	23
9	Källor.....	24
10	Figurkällor och tabellkällor	26
11	Intervju frågor.....	27

1 Inledning

CNC (computer numerical control) bearbetning är ett brett ämne med många användningsområden, medan det kan syfta på allt från små maskiner som fräser ut delar i trä till stora industrirobotar med plasmaskärare så kommer vi här att främst se på CNC additiv och subtraktiv tillverkning.

3D-skivare (eng. 3D-printers, 3DP) är också en form av CNC och vi kommer att jämföra det med CNC bearbetningsmaskiner och se om de har en plats i massproduktion eller prototyp tillverkning.

Eftersom CNC är ett så brett ämne kommer vi också att jämföra billigare hobbylösningar med olika typer av mera industriellt riktade maskiner. Oberoende av om det är för hobby eller proffsbruk finns det hårdvara för CNC maskiner som passar in någonstans, från motorerna som driver hela maskinen till mjukvaran som styr dem.

CAD (computer-aided design) och CAM (computer-aided manufacturing) är livsnödvändiga verktyg att behärska för skapande av nya produkter och produktion. Jag kommer se på en kort genomgång av arbetsflödet för CAD och CAM, samt se på G-koden som styr de flesta CNC maskiner.

1.1 Syfte och mål

Syftet är att få en överblick av de olika möjligheterna vid utnyttjande av CNC teknik för olika ändamål inom både hobby och industri syften. Ett mål är också att se på skillnaden på CNC bearbetning och de nyligen populära 3D-skrivarna för massproduktion och prototyp tillverkning.

2 Historia

Den moderna CNC tillverkningen baserar sig på arbete som skedde på 1950 talet, när tekniken hade kommit så långt att det var tänkbart att använda elektroniska hjälpmedel för tillverkning. Fräsar, slipar och andra eldrivna bearbetningsverktyg hade funnits sedan slutet av 1890 talet men krävde en begåvad operatör och en mall för att kunna återskapa mekaniska delar med hög noggrannhet. Detta tog tid och det var inte vanligt att mindre företag hade råd

med dessa maskiner och även fast två operatörer hade samma ritningar så var det näst intill omöjligt att delen skulle bli identisk. (Brown, 2013, s. 7)

I början av 1900 talet fanns det ett stort krav på massproducerade noggranna delar. För att kunna tillverka mera och snabbare måste komponenterna ha en tillräckligt hög noggrannhet för att kunna bytas ut sinsemellan. Standarder för mått, toleranser och ritningar började också skapas för att kunna massproducera flera av färre olika delar samt för att då kunna skapa lättare utbytbara delar. Bil och vapenindustrin var två sektorer som efterfrågade och utvecklade tekniken mycket. Att kunna massproducera noggranna delar och få bort den mänskliga faktorn av ögonmått och handarbete var tillsammans med de nya servo- och stegmotorerna det nya målet för industrin. (Brown, 2013, s. 7)

John T. Parsons från Michigan, USA var den som hade idén år 1947 och sökte patentet först för att ha numerisk kontroll (eng. Numerical Control, NC) av en bearbetnings maskin. Parsons första maskin använde IBM hålkort för att manuellt ge koordinater till stegmotorerna i två axlar för att fräsa ut materialet. Han lyckades få en tolerans på 0.038 mm. Han visade ett koncept till Amerikanska flygvapnet (US Air Force) och tillsammans med Massachusetts Institute of Technology (MIT) ServoMechanism Laboratory skapade de ett projekt som skulle utveckla ett digitalt kontrollerat 3D servosystem. År 1952 hade de en fungerande produkt, men industrin var motvillig att adoptera den nya teknologin. (Makely, 2005)

Ett år senare ingick MIT samarbete med G&L och General Electronic Co. för att ta fram ett kontroll system som hette Numericord som skulle använda ett magnetiskt band som skulle kontrollera servomotorerna. Denna teknik gjorde det också möjligt att kontrollera en mängd olika typer av maskiner med NC. Den första NC maskinen för kommersiellt bruk presenterades på Chicago Machine Tool Show år 1955. Samtidigt höll G&L på att utveckla en 5-axlad fräs som de lanserade 1957. Ett år senare kom Kearney & Trecker Corp. med en NC maskin med automatiskt utbytbara brett. (Makely, 2005)

Nu när data om hur kostnads effektiva system är och hur numeriskt kontrollerade maskiner kunde minska kostnader och bearbetningstid samt öka utfallet blev ledande industriföretag som Boeing Co. intresserade. Och med ökat intresse ökade också utvecklingstakten; NC fick sitt största hopp när integrerade kretsar med noggrannare elektronisk styrning ersatte vacuumtuberna som hade använts tidigare. (Makely, 2005)

Tiden för att programmera ett kör program till ett hålkort eller magnetremsa kunde lätt överstiga 50 gånger tiden det tog för att köra programmet, det var ett hinder för att få en större acceptans för NC produktion. År 1956 blev en matematiker från MIT, Douglas Ross, bemyndigad att ta fram ett lättare och mera användarvänligt sätt att kommunicera och programmera NC maskinerna. Systemet han skapade hette Automatically Programmed Tool (APT). Han utgick från principen att människan är smart men långsam och att datorn är dum men snabb. Han skapade ett system där en användare utan någon programmeringskunskap kunde kommunicera med maskinen i lättförstådda engelska termer. APT hade en sån framgång att det blev den amerikanska standarden för programmering av NC maskiner år 1974 och internationell standard 1978. (Farnum, 2005a)

Flerstegsoperationer, att måsta byta maskin eller verktyg i produktionen av en komponent, är tidskrävande, ineffektivt och kostsamt. Specialbyggda maskiner för att köra en del kan hjälpa men är inte anpassade för dagens Just In Time (JiT) inriktade produktion med små beställningar. Dagens maskiner kretsar kring svarvning och fräsning i samarbete med att göra så många eller alla operationer vid en fastspänning av produkten. Med uppenbarelsen av NC och CNC programmering kunde man börja ta steg mot en mera flexibel och mångfaldig bearbetning. En svarv kunde tidigare endast skapa objekt och föremål med runda former och inte förrän begränsningen och justeringen av svarvens riktning och hastighet i förhållande till C-axeln (se kapitel 4.5 och 4.5.1) kontrollerades med hjälp av programmering kunde detta ändras. Ernie Hollenbacher jobbade för Monarch och arbetade tidigt med att förbättra flexibiliteten för NC maskiner och har sagt att: *”Man får ingenting gjort under den tiden man förbereder arbete, oberoende man är en lite snickare eller en stor användare av verktygsmaskiner så är alltid målet att ta delen av maskinen och skicka iväg den till kunden”*. Fler axlade svarvar som kan byta fastsättning och kommer med en mängd olika verktyg har blivit attraktiva på grund av deras flexibilitet i JiT produktion. (Farnum, 2005b)

Datorstödd design (Computer-aided design, CAD) och datorstödd tillverkning (Computer-aided manufacturing, CAM) har utvecklats i samma takt som NC och CNC maskinerna. *Elementa* som skrevs av greken Euklides 300 år f.Kr. lägger grunden till de geometriska riktlinjerna och reglerna som följs av alla CAD och CAM program i dag. 1952 var det Parsons och MIT som lade grunden för NC programmering med långsamma och tidskrävande manuell programmering på hålkort och magnetremsor, Amerikanska flygvapnet och militären skulle senare ta upp manteln för att utveckla CNC, där datorn skapade den numeriska koden. Det första kommersiella CAD programmet, PRONTO, utvecklades av Patrik Hanratty år 1957 och han kallas därför fadern till CAD/CAM.

PRONTO och program som skulle följa baserades på att mata in all data via ett tangentbord som var en långsam process. Ivan Sutherland studerade vid MIT när han skapade Sketchpad som del av sin filosofie doktors avhandling. Sketchpad tog ett enormt hopp framåt för CAD. Det tillät användaren att rita och manipulera objektet på datorn genom att rita rakt på skärmen men en så kallad ”ljuspenna”. Sutherland krediteras också därför ha använt det första grafiska användargränssnittet (eng. Graphical User Interface, GUI). Under den följande tiden skapade Citroën och Renault för bilindustrin i Frankrike mera komplicerade 3D program för att kunna få bättre kontroll över kurvande former, detta lade vägen för kraftigare 3D program som skulle följa. Tillgången till billigare mikrodataor under 1970 talet och utvecklingen av UNIX arbetsstationer under 1980 talet gjorde att allt flera företag kunde utnyttja CAD/CAM. I dag är det nästintill otänkbart att driva ny produktion utan dessa hjälpmedel att kommunicera med CNC maskiner. (Farnum, 2005c)

3 Användningsområden

3.1 Metalltillverkning

Tillverkningen av tunna skivor i olika typer av metall som stål och aluminium är vanlig och välanpassad för massproduktion. Metallen kan bearbetas av ett program som operatören har skapat från antingen en 2D eller 3D ritning. Hål kan slås i alla tänkbara storlekar och även formning av plåten kan göras med stansar för att skapa höjningar, sänkningar eller krokar. Delar kan formas eller skäras ut ur plåten med hjälp av laser, plasmaskärning eller svetsas. Delar från plåten kan i modernare maskiner bockas, böjas och formas direkt i samma maskin, i en skild CNC maskin eller i en manuell pressbreak maskin. (Lynch)

3.2 Subtraktiv tillverkning

Med subtraktiv tillverkning menas att man utgår från ett större arbetsstycke som man bearbetar bort material ifrån för att få den önskade formen. Detta kan ske i en mängd olika material, vanliga material är metall, plast och trä.

Hit hör maskiner som svarvar, borrar, fräser liksom vässnings maskiner och alla metoder som mekaniskt kan manipulera bort material. Detta var alla arbetsmetoder som brukade skötas av operatörer för hand men nu kan samtliga arbetsuppgifter skötas med hjälp av CNC och ge ett genomsnittligare jämnare och noggrannare resultat. (Kehemani, 2009)

Hit hör också gnistbearbetning (electrical discharge machining, EDM) där verktyget har formen av hålet eller urgröpningen den ska skapa eller i form av en tråd som går genom materialet. Verktyget eller tråden belastas med el som pulserar snabbt och bränner (eroderar) bort små mängder material. (Raghav, G., Kadam, B.S. & Kumar, M., 2013) EDM är en mindre känd metod men en stor del av produktionen av EDM far till verktyg och stansar för resten av industri tillverkning. (Lynch)

3.3 Additiv tillverkning

Additiv tillverkning skiljer sig från subtraktiv tillverkning genom att börja från noll och lägga till material istället för att ta bort från ett arbetsstycke. Framsteg inom 3DP de senaste åren har gjort att många flera företag och privat personer kan använda och har råd med additivtillverkning. Detta är också hjälpt av att det nu finns en mängd CAD/CAM program som är billiga eller gratis som är relativt kapabla och lättanvända. Materialen som används sträcker sig från billigare plaster som ABS och Nylon till metaller som stål och titan. Smycketillverkare kan även laga delar av silver och guld med hjälp av 3DP. (Skogberg, 2014, s. 2-8, 15-17)

3.4 Andra användningar

Tunga och repetitiva uppgifter ges ofta till robotar och andra maskiner. Många plockningsjobb ges till maskiner då de kan göra det snabbare, t.ex. för att plocka och dosera medicin. Lagertidning och organisering sker också ofta med robotar då de kan röra sig snabbare än en truck och lyfta tyngre föremål än människor gör för hand. (Hess, 2009, s. 196-197)

Lödning av kretskort i allt annat är små serier är också normalt, när det är exakt samma rörelser som skall göras med hög precision många gånger är det bra för en robot att sköta. I motsats till att göra samma sak om och om igen kan datorn också få tänka ut bästa sättet att lösa problem, t.ex. att 3D-skanna ett objekt och samtidigt skapa en datormodell där alla vinklar och ytor av objektet är definierade. (Hess, 2009, s. 196-197)

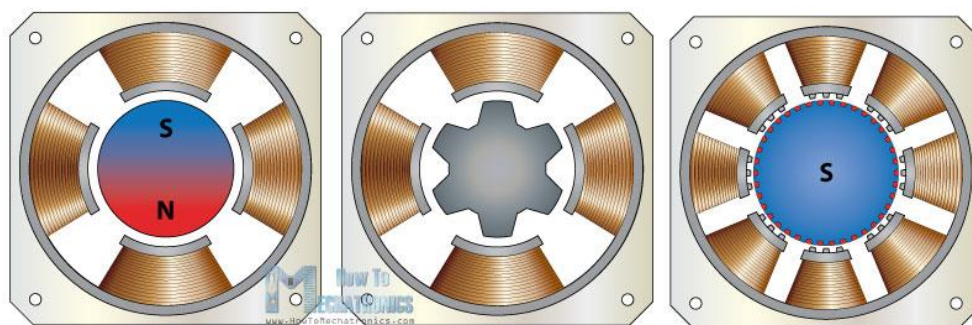
4 Hårdvara

4.1 Steg och servo motorer

4.1.1 Stegmotorer

Vanligen använda i mindre CNC maskiner och en mängd industriella maskiner när precision och låg kostnad är viktigt (Tormach Inc). Stegmotorer är borstlösa DC-motorer som kan rotera i mycket små steg och eftersom man har så stor kontroll över dem i rörelsen så krävs det inte några extra externa sensorer för att veta positionen av motorn. Den rörliga rotorn av stegmotorn är permanent magnetiskt polariserad, ibland med många nord och sydpoler på samma enhet. Rotorn är omringad av jämt placerade spolar. Spolarna belastas och magnetiseras så att den södra ändan av rotorn dras till dem. När spolarna magnetiseras i tur och ordning så följer rotorn efter och vi får en jämn rörelse i rotorn. (Nedelkovski, 2015)

Om spolarna är tätare placerade kring rotorn kan man uppnå en högre upplösning i stegen och om två av spolarna bredvid varandra magnetiseras samtidigt så får man ytterligare ett halvt steg där emellan. Eftersom två av spolarna drar tillsammans på samma sydpol på rotorn så ger det ett högre vridmoment. För att uppnå ännu högre resolution så ger man en gradvis högre och lägre spänning till spolarna som är bredvid varandra i mycket små steg så att rörelsen mellan spolarna för rotorn blir extremt jämn och fin. Detta kallas ”microstepping” och är den vanligaste formen av rörelse för stegmotorer. (Nedelkovski, 2015)



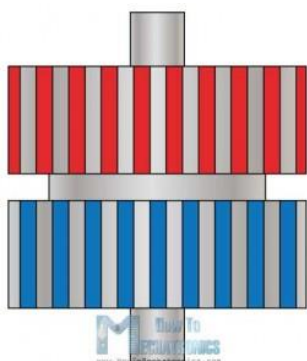
Figur 1: Stegmotorer, vrån vänster: PM-, VR- och Hybrid-motor

Det finns tre typer av steg motorer:

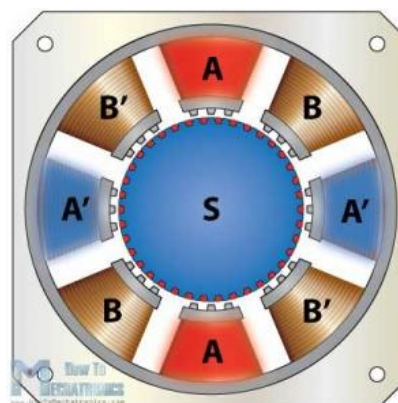
PM-motor (eng. Permanently Magnetic stepper motor): Har en permanent magnetiserad rotor som drivs när det skapas en motsatt polaritet i de omgivande spolarna. (Nedelkovski, 2015)

VR-motor (eng. Variable Reluctant stepper motor): Har en rotor av järn som inte är magnetiserad. Tänderna på rotorn är offset from spolarna och när de aktiveras så dras rotorns tänder alltid så att det är så litet mellanrum som möjligt mellan rotorn och de aktiverade spolarna. (Nedelkovski, 2015)

Hybridmotor (eng. Hybrid Synchronous motor): Hybridmotorn är en combination av PM- och VR-motorn. Rotorn består av två delar som har motsatt polaritet men tänder (se figur 2). Här brukar vanligen finnas åtta spolarna som också har tänder. De är ordnade i fyra par, två av de paren magnetiseras åt gången. Två av spolarna har som magnetiseras har en positiv laddning och två har negativ så de drar de olika delarna av rotorn till sig. I figur 3 ser vi hur A och A' har sina tänder i linje med den motsvarande delen på rotorn och B och B' är ut linje. Med hjälp av "microstepping" får man här en jämn och stark rörelse. (Nedelkovski, 2015)



Figur 2: Hybridmotorns rotor sett ovanifrån.



Figur 3: Hybridmotorn med A/A' spolarna aktiverade.

4.1.2 DC-motorer och borstlösa AC-motorer

DC-motorn består av två delar, en yttre permanent magnetiserad stator och rotorn som har en kärna av järn omgiven av spolarna. "Borstarna" i motorn är de som för likströmmen till spolarna. Den yttre statorn har åtminstone en nordpol och en sydpol. Rörelsen och drivkraften kommer från att spolarna magnetiseras med den motsatta polariteten till statorn och blir tryckt från den; när spolarna har roterat till följande pol byts polariteten i spolen så att den trycks ifrån den polen. (Dirjish, 2012)

Borstlösa AC-motorer fungerar på ett liknande sätt men dess konstruktion är ombytt. Här har vi rotorn som den permanenta magneten och den yttre delen har spolarna som ändrar polaritet för att driva fram rotorn. Medans det finns borstlösa DC-motorer så ser de sällan användning. (National Instruments, 2014)

Motorer med borstar är pålitliga, klarar hårda miljöer bra och är relativt billiga. De är även lätta att styra och om de inte behöver ha en variabel hastighet så kräver de ingen styrning alls. Dock så kräver de regelbunden service för att byta borstarna som slits ut. Med ökad hastighet så går även vridmomentet ner. (Dirjish, 2012)

Borstlösa motorer har högre upplösning i sin rörelse, kräver mindre eller ingen service, är mindre i storlek, effektivare, hastigheten är högre och vridmomentet vid högre hastighet är mycket bättre. De är dock dyrare, har högre strömförbrukning och kräver controller och sensorer som kan kosta lika mycket som själva motorn. Även mjukvaran som styr dem är dyr och komplicerad. (Dirjish, 2012)

Motorer med borstar är mest sedda inom hobbybruk och man brukar ofta klassa alla servomotorer under samma tak, men skillnaden är så stor att det inte är rätt att göra så. Standard för stora industriella och kommersiella CNC maskiner är borstlösa AC-motorer. (Tormach Inc.)

4.1.3 Servomotorer eller stegmotorer för CNC

Positioneringen av stegmotorer sker i steg, om t.ex. den ska röra sig 1000 steg i en riktning så ger kretsen kommandot för 1000 steg för motor att ta. Men stegmotorn har inget sätt att veta sin egentliga position under drift. Så om stegmotorn förlorar sin position p.g.a. att något objekt kommer i vägen eller vridmomentet blir för litet så går positionen som krävs för arbetsstycket förlorat och delen kanske måste kasseras och göras på nytt. Stegmotorn ser också stora förluster i vridmoment vid högre varvtal. (ART, 2009)

Borstlösa servomotorer använder sig av ett helt styrsystem för att behålla sin position. Den läser hela tiden av sin egentliga position med hjälp av en ”encoder” och kan räkna ut hur mycket vridmoment och hastighet som behövs för att behålla sin styrning. Vid fel eller förhinder kan motorn även stänga av sig själv och de andra komponenterna för att förhindra skada till arbetsstycket eller de övriga komponenterna. (ART, 2009)

Stegmotorer är billigare, mera tillgängliga och lättare att jobba med. Så för hobby bruk, som ett läromedel och i mindre maskiner som inte kommer utsättas för stor belastning är stegmotorer ett bra val. Stegmotorer är också mindre i storlek men producerar mera värme. 3D-skrivare använder oftast stegmotorer för att det är ett lätt motstånd att jobba med. Likväl när det handlar om hobbymaskiner som hemmabyggda CNC maskiner är stegmotorer fördelaktiga.

Trots att servo motorer är dyrare är det ett naturligt val för industriproduktion. De är noggrannare, snabbare, tystare och vibrerar inte under drift. Stegmotorerna har få delar som slits och måste bytas ut medan servomotorn kan kräva kalibrering och att vissa sensorer som ”encodern” byts ut. Trots att servomotorer är mera komplicerade att styra så är även användningsområdet bredare tack vara en jämnare utspridning av vridmomentet och dess egenskap att arbeta i högre varvtal.

4.2 Linjär rörelse

För att få den roterande rörelsen från motorn till en linjär rörelse för att driva CNC maskinen i någondera riktningen finns det några alternativ.

4.2.1 Kulskruvar och ledskruvar

Kulskruvar och ledskruvar (eng. Ball screw and lead screw) tar den roterande rörelsen från en motor och skruvar på en gängad stång. På stången sitter ett kullager i fall av kulskruv (se figur 4) och en simplare mutter i fall av ledskruv som är förhindrar från att rotera kring sin egen axel. Då stången tvinnas av motorn blir då muttern tvingad till att färdas i gängornas riktning. Metoden funkar bäst över korta sträckor eftersom stången måste fästas i ändorna utan att kunna stödas på mitten. Om stången blir mycket lång blir den känslig för hastiga ryck och inbromsningar. Längder över 6 meter är opraktiskt. (Korane, 2010)



Figur 4: Genomskäring av en kulskruv

4.2.2 Kuggstångsstyrning

Kuggstångsstyrning (eng. rack and pinion) är simplare (se figur 5), här finns det ett kugghjul och en kuggstång. Längden på kuggstången kan vara så lång som den behövs, här finns inte

problem med stöd. Så kostnaden för långa uppsättningar är inte oresonliga. Det är dock viktigt att kuggarna hålls rena och väl smorda med olja eller vaselin. (Korane, 2010)



Figur 5: Kugghjulsstyrning

4.2.3 Linjär motor

Linjära motorer är borstlösa elmotorer som skapar sin egen linjära rörelse istället för en roterande rörelse. De är snabba, noggranna, har en lång livslängd och drivs tyst. Men en hög energiförbrukning skapar så mycket extra värme att de kan behöva sin egen kyl enhet. Systemet anses vara dyrt och används oftast bara då ingen av de andra metoderna skulle vara möjliga. (Korane, 2010)

4.2.4 Bälten och kuggar

Bälten och kuggar används överallt på CNC maskiner. De kan användas för att motorn inte kunde vara direkt bredvid axeln den skall driva eller för att manipulera utväxlingen av hastigheten och vridmomentet i axeln.

4.2.5 Kälkar och ledstänger

Parallellt med kulskrivar, ledskrivar och kuggstångsstyrning behöver det finnas stöd, de kan vara så enkla som en stång i plast eller metall eller en extremt noggrann metallprofil. Profilen eller stången har en glidande del på sig som endast kan röra sig i en riktning och den sitter fast i CNC maskinens rörliga delar som drivs av motorerna. Här gäller även regeln att större och noggrannare blir exponentiellt dyrare. En billig 3D-skrivare kan komma undan med att använda en simpel stång, medan en industriell CNC bearbetningsmaskin knappast använder annat än en tjock profil i metall för att få ett bra stöd över en lång sträcka. (Hess, 2009, s. 57-63)

4.2.6 Backlash

”Backlash” är en term som används för att benämna spel eller glapp i rörelser som kan orsaka fel och missformningar i arbetsstycket. Det uppstår vid hastig acceleration eller rikttningsbyte när det finns skador eller spel i de mekaniska delarna. Backlash kan uppstå i alla metoder men det finns både mjukvara och hårdvara som hjälper; ett sådant system kallas för ”Electronic Preloading”. (Korane, 2010)

4.3 Fler axlad rörelse med robotarmar

Robotarmar har använts länge inom industrin men har ännu inte funnit sig till rätta inom CNC bearbetning. Robotarmar har fördelen av att vara starka och ha lång räckvidd för att jobba från nästan alla vinklar på stora objekt. Men de saknar styvhet för att kunna ge en tillräckligt hög tolerans på material som är hårdare än aluminium. Det är även knepigt att kunna översätta CAD filer till robotens rörelser. (Anandan, 2013) Figur 6 visar en robot som fräser ut en stor skulptur i ett poröst material, ett passligt jobb för en robotarm.



Figur 6: Robotarm som fräser ut en stor skulptur.

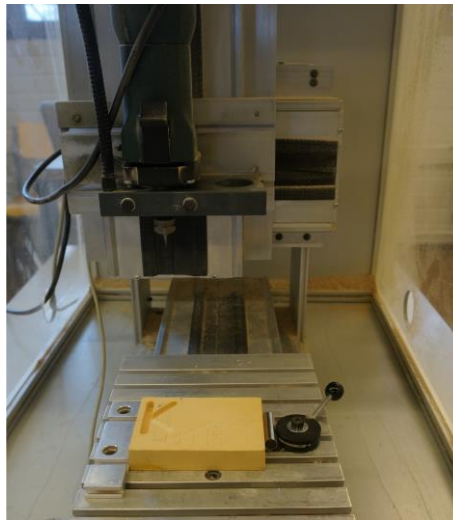
4.4 Verktyg

Det finns en hel uppsjö med verktyg som en CNC maskin kan använda, vilka verktyg som väljs beror på jobbet. Utrustning för svetsning, lödning och plockning är alla skilda instrument, men för CNC bearbetning finns det en mängd skärverktyg. Skärverktyg som tappar eller borrar är ofta utbytbara så att det går att växla mitt i ett program. De olika verktygen och funktionerna som en robot eller CNC maskin kan utföra är vad som ger dem en stor mångfald i olika uppgifter. (Hess, 2009, s. 203-206)

4.5 Rörelse med X, Y och Z-axeln

För att kunna röra sig i en 3D miljö måste det gå att manipulera rörelse i riktningar också kallad för axlar. För den horisontella rörelsen används X och Y, där X brukar beteckna rörelse i sidled och Y för rörelse som förs framåt och bakåt. Z används för vertikal rörelse.

Det finns flera sätt som rörelsen kan ske. Vanligaste på små maskiner är att själva spindeln/fräsen som förflyttar sig så att arbetsobjektet alltid är stilla. Det finns också CNC maskiner som istället har att X- och Y-axelns rörelse flytta på hela arbetsbordet med arbetsobjektet och spindeln rör sig endast på Z-axeln eller så kan all rörelse ske av arbetsbordet. (Bowman, 2013, s. 17-18) Figur 7 visar CNC fräsen som vi hade i skolan för undervisning. Det är en simpel maskin där arbetsbordet rör sig på Y-axeln och rörelsen i X och Z sköts av spindeln.



Figur 7: Yrkeshögskolan Novias CNC fräs som användes i undervisning.

4.5.1 Axlar utöver X, Y och Z.

I mera extrema fall finns det maskiner där både arbetsbordet och spindeln kan röra sig på 3- eller 4-axlar helt oberoende från varandra. Den roterande delen på en spindel/fräs där bearbetningsverktygen fästs brukar inte benämnas med en egen axel. Allt som kontrolleras där är hastighet som ställs in i G-koden (se kapitel 5.4). Men om hastigheten kan kontrolleras till en sådan grad att rotationen kan köras både medurs och moturs eller stå stilla, så kan den roterande delen ges en egen axel. (Hess, 2009, s. 191-193)

I fall det talas om en fjärde axel brukar det vara en rotationsrörelse istället för en linjärrörelse. I fall av en svarv så brukar C-axeln användas som roterar kring X- eller Y-axeln. Om en femte axel användes brukar det vara en till roterande axel eller en extra vridpunkt på axeln

som spindeln/fräsen är på. Detta kräver dock betydligt mera komplicerad mjukvara att kontrollera än för vanliga 3-axlade maskiner. (Hess, 2009, s. 191-193) I figur 8 finns en avancerad 5-axlad CNC svarv som kan skapa betydligt mera komplicerade delar än en 3-axlad.



Figur 8: 5-axlad CNC fräs/svarv från Mazak.

4.6 Den kontrollerade punkten

Med den kontrollerade punkten (eng. the controlled point, CP) menar man ändan och centrum av spindelns brett. Så om en borrar är i spindeln skulle det vara spetsen av borrar (se figur 9). Det är den här punkten som CNC maskiner använder som bas för rörelse. Om maskinen får instruktioner att flytta sig 30 mm på X-axeln så är det CP som ska röra sig 30 mm. CP bör alltid ha värden för tre koordinater (X, Y och Z) för att kunna röra sig i det tredimensionella rummet. Om man bara ger två värden för koordinater så betyder det att all bearbetning sker på samma plan. (Bowman, 2013, s. 17-19)

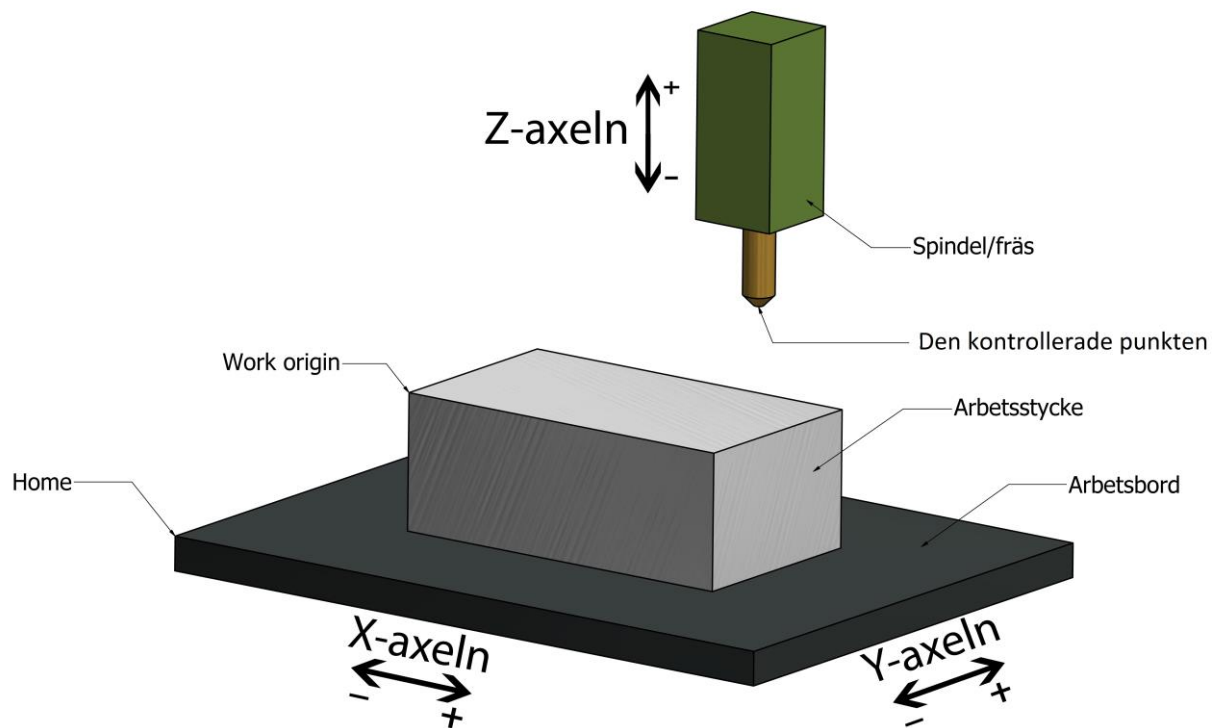
4.7 Home

Home (sv. Hem läge) är då alla koordinater för CP är noll, alltså X0, Y0, Z0. Denna punkt kommer vanligen färdigt på fabriksstillverkade CNC maskiner men måste lagas själv på hemmabyggda maskiner. Home används som utgångspunkt samt kalibreringspunkt för maskinen och alla absoluta koordinater ges från home.

4.8 Work origin

Work origin (WO) är en punkt på arbetsstycket som används som utgångspunkt vid varje unik bearbetning. Den bestäms på förhand i CAM programmet. Det går inte att använda samma WO för olika arbeten eftersom storleken och fastsättningspositionen troligen inte

kommer vara samma för flera arbeten. Om utgångsmaterialet är en kub brukar WO för X och Y sättas i den främre, övre, vänstra delen av arbetsstycket (se figur 9). Då kommer den största delen av arbetet att ske på den positiva axeln av X och Y, Z kommer då vara i den översta delen av arbetsstycket. Det kan vara lätt att se var WO bör vara och den kan också vara lätt att sätta den om toleranserna med ögon mått duger för det arbetet. Dock för arbeten som kräver mera noggrannhet så finns vissa verktyg som kan hjälpa. Det finns "wiglers", en lös hängande stav som skall centreras bredvid arbetsstycket. Mera avancerade lösningar kan vara med laser eller med hjälp av ett optiskt instrument som fästs i spindeln och liknar ett mikroskop. Det finns även elektroniska avkännare (eng. Electronic Edge Finder) som har en lampa som börjar lysa när den kommer i kontakt med metall. Dessa exempel är för manuell sökning där operatören gör justeringar i små steg tills givaren är exakt på rätt plats. För industriella maskiner finns det automatiska system som motsvarar de ovannämnda. (Bowman, 2013, s. 20-27) Vanliga positioner för WO, home och CP visas i figur 9 nedan.



Figur 9: Skiss över en simpel CNC fräs med ett arbetsstycke och benämning på vissa punkter och axlar.

5 Mjukvara

5.1 Arbetsflöde för CNC tillverkning i datorn

Det finns en romantisk idé om att en skiss på baksida av ett kuvert kan ges till en dator för att skapa en bearbetad del. Den här idén saknar hur som helst några steg. Man kan dela in stegen i tre stadie: idé, mjukvara och arbete. (Bowman, 2013, s. 9)

Idéstadiet är då skissen på baksidan av kuvertet tar form och blir så långt planerat att man har någon information att ge till dator och mjukvaran i form av ett CAD program.

Mjukvaran kan ytterligare delas in i två delar, CAD (eng. computer-aided design) och CAM (eng. computer-aided manufacturing). CAD kan göras i 2D i fall av att det skall tillverkas av en platt plåt som t.ex. ska stansas eller skäras ut med laser eller i 3D för att fräsas ut. (Bowman, 2013, s. 9)

Det finns en mängd olika 3D CAD program att använda, som program med licensavgifter på flera hundra eller tusentals euro per år som SolidWorks, AutoDesk Inventor och CATIA. Även billiga och gratis 3D-modelleringsprogram som FreeCAD eller SketchUp finns för hobbybruk och utbildningssyfte.

För att CNC maskinen främst använder G-kod för sina rörelser används CAM program som en brygga mellan CAD filen och CNC maskinen. CAD filen laddas in i CAM programmet och därefter bestäms rörelsen CNC maskin måste ta. I fall av subtraktiv tillverkning ta bort material och i form av additiv tillverkning (som t.ex. 3D-printning) hur och var material måste läggas till. G-kod är uppbyggd av enkla textkommandon som maskinen läser av rad för rad (se kapitel 5.4). CAM programmet ger all den information som CNC maskinen behöver, från all rörelse, hastighet och höjd till vilka verktyg som skall användas. CAM programmet använder 3D-modellen för att själv tänka ut den bästa processen för maskinen att ta och det är sen upp till operatören att granska programmet och se till att det gör rätt och göra manuella ändringar om det krävs. De flesta CAM program har en visuell simulering av G-koden. Där kan operatören se den exakta rutten som CNC maskinen kommer ta för att få den färdiga delen med all bearbetning och verktygsbyten. Det finns också fristående program som kan simulera G-kod om det CAM program som används inte har det eller om koden inte är genererad automatiskt utan är skriven för hand.

Det finns ännu ett steg att ta innan produkten kan börja bearbetas. Varje CNC maskin har även mjukvara som ska styra motorerna. CNC maskinens mjukvara använder koden som är

genererad av CAM programmet för att ge instruktioner till motorerna. Exempel på sådana program är Mach3 CNC (för Windows datorer) och LinuxCNC (för Linux baserade Ubuntu datorer). Oberoende om man har stegmotorer eller servomotorer så är det ingen skillnad. I CNC maskinens dator brukar det också gå att göra en visuell simulering av hela programmet. Här kan man se med de exakta dimensionerna som CNC maskinen har att det inte sker någon kollision eller andra oönskade effekter. (Bowman, 2013, s.12-13) Figur 10 demonstrerar vilka jobb som sköts av en mänsklig operatör och vilka uppgifter som datorn utför.



Figur 10: Diagram över arbetsflödet vid skapning av ett program och var människan och datorn är inblandade.

Det är även möjligt att hoppa över både CAD och CAM delen genom att skriva egen G-kod manuellt. Detta är kanske bara praktiskt för utbildnings syfte för att lära sig förstå och kunna göra ändringar i G-kod eftersom även relativt korta program kan bestå av flera tusentals rader av kod. Men det är ändå viktigt att kunna och förstå manuell G-kods skrift, för att göra en liten manuell ändring i programmet är betydligt snabbare än att göra om hela CAM processen. (Lunch, 2010)

5.2 Fil format

AutoCAD var tidigt på marknaden för 2D och 3D ritning och modellering. De skapade filformaten DWG som i dag ses som en standard för att kommunicera mellan CAD och CAM program. AutoCAD skapade också DXF (the Drawing eXchange Format). Om ett program inte har ett bra stöd för dessa format är det sannolikt att det inte kommer vara ett lyckat program på den kommersiella marknaden. STL är också ett vanligt format som CAD program skapar. STL filen är en matematisk uträkning av ytan på 3D objektet. Vissa mera avancerade CAM program kan ta en bild (t.ex. jpeg filer) och skapa G-kod direkt för ristning eller gravering på en platt yta. (Hess, 2009, s. 148-150)

5.3 2½D

Additiv tillverkning som 3DP sätter inte några begränsningar på formen av ett objekt, bara storleken av arbetsområdet begränsar formen. Så i fall av additiv tillverkning är fullskalig 3D-modellering OK. Men för subtraktiv bearbetning har man ytterligare några begränsningar. Här måste det beaktas att objektet måste hållas fast. I fallet av CNC fräsning så måste en yta klämmas eller gängas fast och i svarvning måste en ända av stängen kunna fästas i chucken. 2½D är ett 3D objekt som har en sida utan detaljer. Den sidan bevaras blank för att kunna fästa objektet. Om den sidan ändå behöver detaljer måste arbete göras i två steg. För objekt som skall ha detaljer på alla sidor kan fastsättningen snabbt bli komplicerad om det inte finns plana sidor. CNC maskiner är mycket beroende av att arbetsobjektet är fastspänt med exakt samma orientering som när arbetet planerades i CAM programmet.

5.4 G-kod

Varje CNC maskin kräver en styrenhet. För industriella maskiner kan det vara en inbyggd dator med tillverkarens egen mjukvara på men för hemma och hobbybruk är det troligen en vanlig PC med Windows eller Linux som operativ system. Styrenheten tolkar NC-programmet skapat i CAD mjukvaran och ger instruktioner till motorerna i CNC maskinen. Programmet består av satser av kod som styrenheten läser av i tur och ordning. Varje sats består av ett eller flera ord. Orden är uppbyggda med en adress som betecknas med en bokstav och en sifferdel som ger detaljerna för kommandot. Tillsammans bildar de en funktions kod, kan också kallas för ett kommando. Det är inte nödvändigt att alltid skriva ut alla kommandon. Om ett kommando ges så behålls det alltid tills det att ett nytt kommando ges (se Tabell 1 för exempel). (Ansaharju & Maaranen, 2000, s. 485)

Tabell 1: En liten del av ett program och dess funktioner för en svarv.

N10	G50	X150	Z50	S2400	← Sats (N10 G50 X150 Z50 S2400)
N20	G00	T0202	M41		← Satsnummer (N20)
N30	G96	S120	M04		← G-kod (G96)
N40	G42	G00	X52	Z10	← Adressbokstav (G)
N50	G01		Z1	F3	← Nummerdel (01)
N60			Z-49.9	F0.2	
N70		X58			
N80		X62	Z-53		
N90	G00		Z1		
N100		X42			
N110	G01		Z-19.9		
N120		X46			
N130		X52	Z-39.9		
N140	G00		Z1		

NC-programmet brukar ibland kallas kort för G-kod och medan G-koden är en del av satsen i programmet så finns de även många flera typer av kod.

Vanliga adresser i NC-programmet är t.ex. N-kod, M-kod, G-kod och T-kod.

N-kod betecknar satsens nummer, kan säga att det är radnumret i programmet. Den är dock inte helt nödvändig men rekommenderas dock för att det är bra för operatören att kunna se i vilket skede av programmet som de befinner sig i. Det är vanligt att sätta nummerdelen med hela tiotal mellanrum, t.ex. N10, N20, N30. Då är det möjligt att lägga till egen kod efteråt utan att behöva ändra på resten av koden. N-koden kan inte överskrida fyra tecken i sifferdelen. (Ansaharju & Maaranen, 2000, s. 488)

M-koden styr start och stopp funktionerna för NC-maskinens verktyg och styrning. Adressen M åtföljs av två siffror som bestämmer dess funktion. Det kan inte finnas mera än en M-kod i en sats. I tabell 1 ovan, i sats N30 finns kommandot M04 det betyder: Start av spindeln i riktning moturs. (Ansaharju & Maaranen, 2000, s. 489)

T-koden sköter om verktygs växling. Adressen T åtföljs av två par med siffror, det första anger från vilken station verktyget ska tas och den andra anger dess verktygskompensation. I tabell 1 i sats N20 ges kommandot T0202. Det betyder att ett verktyg hämtas från station 02 och får verktygskompensation 02. Båda dessa värden är inmatade i NC-maskinens styrdator på förhand. Det går också att göra manuella verktygs byten mitt i programmet genom att använda M06 kommandot. (Ansaharju & Maaranen, 2000, s. 489-490)

G-koden bestämmer funktionssättet för verktygsmaskinen. T.ex. rörelsen som verktyget ska ta, om rörelsen är linjär, cirkulär eller om måtten ges i millimeter eller tum, listan över olika kommandon är lång. Adressen G efterföljs av en eller två siffror som bestämmer dess funktion. (Ansaharju & Maaranen, 2000, s. 491)

Andra vanliga adresser är:

- O - Programmets nummer
- X, Y, Z - Axlar för huvudrörelsen (absolut programmering)
- U, V, W - Övriga rörelseaxlar i samma riktning som axlarna för huvudrörelserna
- A, B, C - Rotationsaxlarna omkring axlarna för huvudrörelserna
- I, J, K - Hjälpxaxlar (t.ex. gör att bestämma en cirkel bågens utgångspunkt och mitt punkt)
- R - Cirkelbågens radie
- S - Skärhastighet eller rotationshastighet
- F - Matning
- H, D - Adresser för verktygskorrigeraren

Tabell 2: En detaljerad beskrivning över händelseförloppet av samma kod som i Tabell 1.

N10	G50	X150	Z50	S2400	Max rotations hastighet (G50) sätts till 2400 RPM (S2400). Förflyttas till X150, Z50.
N20	G00	T0202	M41		Positionering (G00) för att byta verktyg (T0202), verktyg 02 väljs med verktygskompensering 02. Spindelns rotations hastighets sätts i första växeln (M41).
N30	G96	S120	M04		Sätter en konstant rotationshastighet (G96) på 120 RPM (S120).
N40	G42	G00	X52	Z10	Radiekompensering vänster/höger (G42, värde bestämt på förhand). Positioneras (G00) till X52, Z10.
N50	G01		Z1	F3	Linjär förflyttning (G01) till position Z1. Matnings sätt till 3 mm/r (F3).
N60			Z-49.9	F0.2	Linjär förflyttning till Z-49.9. Matningshastigheten sätts till 0.2 mm/r.
N70		X58			Linjär för flyttning till X58.
N80		X62	Z-53		Linjär förflyttning till X62, Z-53.
N90	G00		Z1		Positionering till Z1.
N100		X42			Positionering till X42.
N110	G01		Z-19.9		Linjär förflyttning till Z-19.9.
N120		X46			Linjär förflyttning till X46.
N130		X52	Z-39.9		Linjär förflyttning till X52, Z-39.9.
N140	G00		Z1		Positionering till Z1.

6 CNC bearbetning och 3DP för masstillverkning

För masstillverkning kommer CNC bearbetning alltid att finnas med eftersom CNC bearbetningen oftast är snabbast. Med hjälp av CNC bearbetning kan man även uppnå högre precision och en jämnare yta på slutprodukten. I stora serier så lönade det sig också med CNC bearbetning istället för 3DP. Med 3DP kan man dock i vissa fall göra jobbet lättare eftersom komplicerade delar som tillverkas med CNC bearbetning kan kräva att gå igenom flera olika maskiner och bearbetning metoder. (Mårtenson, 2016)

3DP är långt från att vara ett stort alternativ för masstillverkning. Om det inte rör sig om mindre mängder, 200-2000 stycken komplicerade delar kan det löna sig med 3DP. Desto mera komplicerade delarna är desto mera lönar det sig att se på 3DP som ett alternativ. Företag som 3D Systems har 3D-skrivare som är specialtillverkade för ändamålet av masstillverkning. (Kontio, 2016) Samma jämförelse kan göras med CNC bearbetning och formsprutning. Eftersom priser på ett formsprutningsverktyg kan vara upp mot 40 000 € till 100 000 € så måste det då vara en stor beställning på delar som bör finnas för att formsprutning skall löna sig. (Sandqvist, 2016)

I speciella syften så kommer CNC bearbetning alltid att finnas kvar. Många delar i aluminium är det bara praktiskt att tillverka på detta sätt eller rostfritt stål och titan till läkemedelsindustri är svårt att ersättas med annat än CNC bearbetning. (Mårtenson, 2016)

3DP i metall finns i dagsläget men är dyrt. Det har dock mycket bra styrka, nästan lika bra som en CNC bearbetad del. 3DP kan spara mycket material med hjälp av unikt lätta och formade delar. Ofta måste de delarna få sin yta bearbetad efter att de är utskrivna. (Kountio, 2016) I smyckesindustrin förekommer kanske oftast 3DP i metall.

7 CNC bearbetning och 3DP för prototyper

3DP har fördelen av att kunna tillverka komplicerade delar lättare än med CNC fräsning eller svarvning. En del som kanske skulle kräva en 5-axlad CNC fräs skulle en 3D-skrivare ha lätt att tillverka. Dock kommer det säkert att dröja 30-50 år innan tekniken tar över traditionell bearbetning för det syftet. (Sandqvist, 2016)

3DP är nu så billigt och snabbt att det har för många fördelar att inte ta en prototyp. Det hjälper designern och försäljarna att lättare kunna framföra egenskaperna som deras produkt har. Men det kan bli dyrt för små företag att spendera hundratals euro på prototyper som inte

kommer leda till en försäljning, med det finns inget bättre sätt att försäkra kunden om att produkten är bra som att kunna hålla den i handen. (Peltola, 2016)

I dagsläget kan man säga att det nästan är nödvändigt för ett företag som har ny produktion att ha tillgång till en 3D-skrivare. En 3D-skrivare kan medföra en fördel jämt emot andra företag som är tvungna att vänta en lång tid på att få en prototyp gjord med CNC bearbetning från en extern firma. Formgivare kan ha nytta av 3DP på flera olika sätt, de kan tillverka stora delar i mindre skala. Förutom prototyper så är det också möjligt att skapa utrustning som företagen kan behöva så som jigggar till produktion. Kort sagt så tillåter en 3D-skrivare ett företag att testa produkter och prototyper på en eller två dagar till en bråkdel av vad det skulle kosta att göra desamma med CNC bearbetning. Priset på 3D-skrivare är inte helt orimliga i dagsläget, dock kan priset på materialet springa iväg ifall många större objekt lagas ofta. (Kontio, 2016)

Det är inte alltid nödvändigt att göra prototyper av alla produkter, t.ex. verktygen för extruderad profil är så lätta att laga att det kan vara billigare att ta ett verktyg istället för en prototyp av komponenten som skall extruderas. (Peltola, 2016)

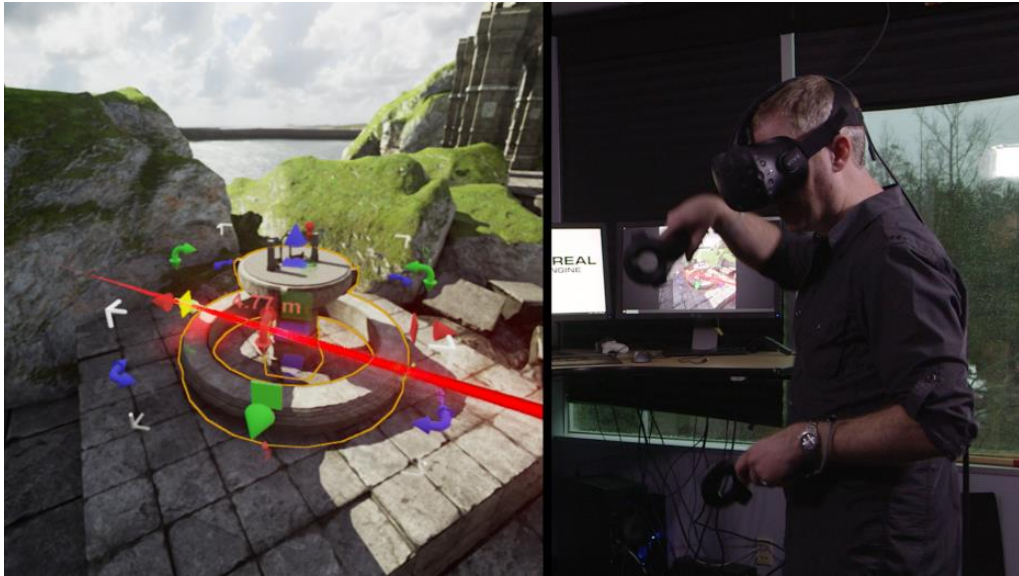
Fördelar och nackdelar med CNC bearbetning mot 3DP är liknande som för massproduktion. Material som används med CNC maskiner brukar ha bra fysiska egenskaper, de kan vara starka och flexibla. Ytan på CNC bearbetning kan också vara betydligt bättre när den kan få en högpolering direkt i maskinen medan 3DP objekt ofta har svårt att bli av med de små kanterna som uppstår från de olika lagren. Om produkten tas från ett externt företag så spelar tiden det tar för att tillverka produkten inte så stor roll utan transporttiden är viktigare. (Peltola, 2016)

Produkter från Kina kan ha ett rykte av att vara billiga, men de har kommit långt på vägen till kvalitet. Eftersom det mer eller mindre är samma CNC bearbetningsmaskiner som används i Kina som i Europa så är det inte stor skillnad på kvaliteten. Även frakt tiden med flyg behöver inte heller vara längre än 1 eller 2 dagar så är skillnaden inte där heller så stor som att ta närmare ifrån. Många företag väljer också att ta verktyg till t.ex. formsprutning från Kina, då kan det också löna sig att ta prototypen från samma ställe för att försäkra en bättre slutprodukt. (Peltola, 2016)

Tidigare måste prototyper göras för hand eftersom 3D-skrivare inte var lika välutvecklade som idag och CNC bearbetnings maskiner var svårare att operera. Det berodde på att 3D-filerna som fanns var dåliga och svåra för maskinerna och CAM programmen att förstå. Det

var först i slutet av 90-talet som en gemensam och fungerande standard hade adopterats av de flesta tillverkare. Det enda sättet att egentligen få en prototyp snabbare är att själv ha en maskin on-site på företaget. (Peltola, 2016)

För framtiden så kan Virtual Reality (VR) vara en stor sak, där skulle man både kunna skapa och demonstrera en produkt i 3D och själv kunna manipulera objekt virtuellt rakt framför ögonen. (Peltola, 2016)



Figur 11: En man (till höger) manipulerar ett 3D objekt (till vänster) i VR med hjälp av handstyrare direkt i en 3D miljö.

Det finns även nya maskiner som kombinerar 3DP och CNC bearbetning. Som DMG MORI nya LASERTEC 65 3D, en 5-axlad CNC maskin som först använder 3DP för att bygga upp objektet i metall för att sedan bearbeta ytorna, skapa hål och detaljer med fräsar och borrar. En sådan maskin skulle öppna möjligheter att få de bästa av båda världar i form av formgivning och styrka. (DMG MORI)



Figur 12: En CNC bearbetning/3DP kombimaskin från DMG MORI. I bilden bygger den upp lager av metall med hjälp av en laser.

8 Sammanfattning

CNC bearbetning kanske är en dyr hobby som bara passar entusiaster, men nu när 3D-skrivare har blivit allt billigare och populärare är det även möjligt för vem som helst att ha någon form av CNC hemma.

För massproduktion har 3DP ännu långt att ta sig. Metoden öppnar dock upp möjligheter och formgivning som annars skulle kräva en många gånger dyrare CNC bearbetningsmaskin. CNC bearbetning är ännu så etablerat att det kommer ta länge för 3DP att ta sig till en liknande nivå av kvalitet och kvantitet.

För prototyper så öppnar 3DP dörren för vilket företag som helst att kunna skapa prototyper on-site i företaget för en mera rimlig summa pengar. Kvaliteten på vissa typer av plast som kan skapas med en 3DP är bred och finner ofta ett syfte som passar tillfället. För metall när styrka och värmeledning ännu krävs för många produkter kommer dock CNC bearbetning ännu att vara den dominerande metoden. Men för att kunna se och hålla i sin nya produkt relativt snabbt och billigt är 3DP ett viktigt verktyg för många företag.

9 Källor

Advanced Robotic Technology (ART), 2009, *Stepper or Servo* (video), [Online]

<http://www.advancedrobotic.com/video.html> [Hämtad: 27.01.2016].

Anandan, T.M., 2013, *Why Robots Are Taking It Off*, [Online]

http://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Why-Robots-Are-Taking-It-Off/content_id/4502 [Hämtad: 29.01.2016].

Ansaharju, T. & Maaranen, K., 2000, *Maskinell Bearbetning*, Helsingfors: Opetushallitus, sid 485, 488-491.

Bowman (Dr), M., 2013, *CNC Milling in the workshop*, Ramsbury: The Crowood Press Ltd., sid 9, 11-13, 17-27.

Dirjish, M., 2012, What's *The Difference Between Brush DC and Brushless DC Motors?*,

[Online] <http://electronicdesign.com/datasheet/what-s-difference-between-brush-dc-and-brushless-dc-motors-pdf-download> [Hämtad: 26.01.2016].

DMG MORI, *LASERTEC 65 3D*, [online]

<http://us.dmgmori.com/products/lasertec/lasertec-additivemanufacturing/lasertec-65-3d> [Hämtad: 18.04.2016]

Farnum, G., 2005a, Upping Input Speed: automating NC, *Cutting Tool Engineering*, 2005 august, Volume 57, Number 8.

Farnum, G., 2005b, Minimizing Movement: multitasking, *Cutting Tool Engineering*, 2005 august, Volume 57, Number 8.

Farnum, G., 2005c, Father Figures: development of CAD/CAM, *Cutting Tool Engineering*, 2005 august, Volume 57, Number 8.

Hess, E., (2009), *The CNC cookbook: An Introduction to the Creation and Operation of Computer Controlled Mills, Router Tables, Lathes, and More*, Scited publications, sid 57-63, 148-150, 196-197, 203-206.

Kehemani, H., 2009. *Applications of the CNC Machine* [Online]

<http://www.brightengineering.com/manufacturing-technology/55980-applications-of-the-cnc-machines/> [Hämtad: 18.01.2016].

Kontio, J., APIWorks, från personlig kommunikation via e-mail den 04.03.2016, se kapitel 11 för intervju frågor.

Korane, K., 2010, *Comparing Performance and Efficiency of Linear Motors, Ball Screws, and Rack-and-Pinion Drives*, [Online] <http://machinedesign.com/archive/comparing-performance-and-efficiency-linear-motors-ball-screws-and-rack-and-pinion-drives> [Hämtad: 29.01.2016].

Lynch, M., *What is CNC?* [Online] <http://www.cncci.com/resources/articles/what%20is%20cnc.htm> [Hämtad: 18.01.2016].

Lynch, M., 2010, *Where Programmers Should Know G Code*, [Online] <http://www.mmsonline.com/columns/when-programmers-should-know-g-code>, [Hämtad: 3.2.2016].

Makely, W., 2005, 50 years of technological development, *Cutting Tool Engineering*, 2005 august, Volume 57, Number 8.

Mårtenson, M., Soumen EDM, från personlig kommunikation via e-mail den 03.03.2016, se kapitel 11 för intervju frågor.

National Instruments, 2014, *What are the differences between brushed and brushless servo motors?*, [Online] <http://digital.ni.com/public.nsf/allkb/1AFBCCE31476BD89862567D6007CA66D> [Hämtad: 26.01.2016].

Nedelkovski, D., 2015, *Stepper Motor – How It Works*, [Online] <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/stepper-motor/> [Hämtad: 19.01.2016].

Peltola, M., designer vid Lival, från muntlig personlig kommunikation den 10.03.2016, se kapitel 11 för intervju frågor.

Raghav, G., Kadam, B.S. & Kumar, M., 2013, Optimization of Material Removal Rate in Electric Discharge Machining Using Mild Steel, *International Journal of Emerging Science and Engineering*, Volume-1, Issue-7, May 2013.

Sandqvist, F., Co-founder av CNC Design Finland, från personlig kommunikation via e-mail den 03.03.2016, se kapitel 10 för intervju frågor.

Skogberg, G., 2014, *3D Printning – möjligheter och begränsningar*, Raseborg: Examensarbete för ingenjör (YH)-examen, Utbildningsprogrammet för Automationsteknik och IT, s 2-8., 15-18.

Tormach Inc., *Small CNC buyer's guide*, [Online]

http://www.tormach.com/cnc_buyers_guide_engineering.html [Hämtad: 19.01.2016].

10 Figurkällor och tabellkällor

Fig 1, Stegmotorer, <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/stepper-motor/> [Hämtad: 22.01.2016]

Fig 2, Hybridstegmotor ovanifrån, <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/stepper-motor/> [Hämtad: 22.01.2016]

Fig 3, Hybridstegmotor framifrån, <http://howtomechatronics.com/how-it-works/electrical-engineering/stepper-motor/> [Hämtad: 22.01.2016]

Fig. 4, Ball Screw, [Online] <http://www.ee.co.za/article/screw-driven-versus-belt-driven-rodless-actuators.html> [Hämtad: 29.01.2016]

Fig. 5, Rack and Pinion, [Online] <http://www.technocnc.com/cnc-router-construction-features/lc-cnc-router.htm> [Hämtad: 29.01.2016]

Fig. 6, Robot arm från YouTube video, [Online] <https://www.youtube.com/watch?v=UwzwbO5rs> [Hämtad: 29.01.2016]

Fig. 7, Bild på Yrkeshögskolan Novia i Ekenäs, Finland CNC fräs, bild tagen själv.

Fig. 8, 5-Axlad CNC fräs från Mazak, [online] <https://www.mazakusa.com/machines/process/multi-tasking/> [Hämtad: 15.03.2016]

Fig. 9: Egen bild gjord i Photoshop på en simpel CNC fräs.

Fig. 10, Arbetsflöde, eget diagram.

Fig. 11: [Online] <http://venturebeat.com/2016/02/04/epic-games-lets-you-design-your-game-inside-vr-with-new-edition-of-unreal-engine-editor/> [Hämtad: 11.03.2016]

Fig. 12: En CNC bearbetning/3DP kombimaskin från DMG MORI, [Online]

<http://us.dmgmori.com/products/lasertec/lasertec-additivemanufacturing/lasertec-65-3d>

[Hämtad: 18.04.2016]

Tabell 1: Egen tabell av G-kod för en svarv med namnen på de olika funktionerna markerat.

Tabell 2: Egen tabell av G-kod för en svarv med en detaljerad beskrivning av händelseförloppet i koden.

11 Intervju frågor

Till Sandqvist:

1. Kommer CNC bearbetning (fräsning, svarvning) för prototyper och produktion inte vara relevant länge till med tanke på hur snabbt 3DP tekniken går framåt och hur populärt det blivit?
2. Vad är de största fördelar/nackdelar med CNC bearbetning i jämförelse med 3DP?
3. Hur rimligt är 3DP som metod för massproduktion?
4. För vilka typer av produkter skulle det löna sig att se på CNC bearbetning som ett alternativ istället för andra massproduktions metoder som gjutning eller formsprutning?

Till Mårtenson:

1. Kommer CNC bearbetning (fräsning, svarvning) för prototyper och produktion inte vara relevant länge till med tanke på hur snabbt 3D-printing tekniken går framåt och hur populärt det blivit?
2. Vad är de största fördelar/nackdelar med CNC bearbetning i jämförelse med 3D-printing?
3. För vilka typer av produkter skulle det löna sig att se på CNC bearbetning som ett alternativ istället för andra massproduktions metoder som gjutning eller formsprutning?
4. Ser du kommande framsteg inom CNC bearbetning?

Till Kontio:

1. Är det nödvändigt för ett företag att ha en 3D-skrivare?

2. Vad skulle behöva hända för att 3DP skulle bli ett bra alternativ för massproduktion eller är det redan passligt för massproduktion?
3. Kommer 3DP i metall någonsin kunna ersätta CNC bearbetning i metall?
4. Vad är några fördelar och nackdelar med 3DP i jämförelse med CNC bearbetning?

Till Peltola:

1. Är prototyper nödvändigt att ta för varje projekt?
2. I vilket skede av utvecklingen av en ny produkt tar man en prototyp?
3. Vinns det ett tillfälle när det är bättre eller billigare att ta en färdig produktionsverktyg istället för en prototyp?
4. Är det alltid en kostnads och tids fråga att ta prototyper från Kina?
5. Om prototypen är i plast, finns det en skillnad på CNC bearbetade delar och 3DP delar?
6. Vilka material är de mest användbara för prototyper?
7. Hur länge måste man vänta för att få en prototyp levererad och hur stor är skillnaden på Finland, Europa och Kina?