CNC – Teknik

Svarv

INDUSTRI

Liber

Thomas Aspegren • Bo-Erling Lindén

CNC – Teknik
CNC – svarv

Thomas Aspegren, Bo-Erling Linden

Liber

ISBN 978-91-47-08501–9
© 2011 Thomas Aspegren, Bo-Erling Lindén och Liber AB

Redaktion Sture Sahlström
Formgivning Bitte Granlund/Happy Book
Omslag Pelle Tillybs/Resultat Grafisk Produktion
Faktor Adam Dahl

Bildlista

Dormer: 153–156, 176

EMCO (Cencema): 15, 27

Illustrator: 7–10, 14–17, 20, 32, 33, 35, 38, 39, 58, 69, 71, 74, 76, 82, 83, 86, 87, 92, 93, 98–101, 105, 108, 126, 130, 132 136, 142, 145, 149, 154, 158, 160, 162, 165, 172, 174, 178, 180, 186, 187, 192, 195,

Infocar: 11–13, 22–25, 30, 31 34, 35, 38, 40–42, 44, 45, 58–61, 63, 64, 70–72, 74–77, 82–101, 103–105, 107, 108, 111–113, 118, 120, 125–128, 130–132, 136, 140–142, 145, 147–149, 152–154, 158–160, 162, 165–167, 169–174, 177–180, 183–187, 190–198, 200, 202

Magnus Skoog: 43, 184

Mikael Rönnberg: 122

Sandvik Coromant: 18, 34, 46, 49, 51–53, 62, 68, 73, 110, 111, 114–119, 121, 125, 137–140, 166–169, 175, 176, 181–183, 188, 189, 196

Thomas Aspegren: omslagsbilden, 12, 19, 28, 29, 34, 55, 68, 181

Utdrag från WinNC: 41, 42, 47–49, 78, 79, 106, 109, 134, 141, 143, 144, 160, 163, 164, 179

Första upplagan
1

Repro Resultat Grafisk Produktion
Tryck Kina 2011

Kopieringsförbud
Detta verk är skyddat av upphovsrättslagen. Kopiering, utöver lärarens rätt att kopiera för undervisningsbruk enligt BONUS-avtal, är för¬bjuden. BONUS-avtal tecknas mellan upphovsrättsorganisationer och huvudman för utbildningsanordnare, t ex kommuner/universitet.
Den som bryter mot lagen om upphovsrätt kan åtalas av allmän åklagare och dömas till böter eller fängelse i upp till två år samt bli skyldig erlägga ersättning till upphovsman/rättsinnehavare.

Liber AB, 113 98 Stockholm
tfn 08-690 92 00
www.liber.se
kundservice tfn 08-690 93 30, fax 90-690 93 01
e-post: kundservice.liberab@liber.se

Förord

CNC-teknik – en nödvändighet inom skärande bearbetning

CNC-program kan skapas manuellt eller med moderna CAM-program. Även om programmen tas fram med hjälp av CAM-programmering fordras grundläggande kunskaper inom CNC-teknik för att förstå och korrigera i ett bearbetningsprogram. CNC-teknik tillsammans med aktuell kännedom om skärteknik är nödvändiga kunskaper för att bli en framgångsrik operatör.

Vi som har skrivit boken har arbetat inom skolvärlden, såväl i gymnasieskolan som i vuxenutbildningen och har anpassat exempel och övningar till den kunskapsnivå som är nödvändig för att arbeta med CNC-tekniken Dessutom har vi arbetat med utbildningar till såväl lärare som yrkesverksamma inom industrin i området CNC-teknik.

Boken är skriven för att den ska kunna användas såväl i din undervisning och som ett uppslagsverk där du ska kunna hitta lösningar på specifika problem inom grundläggande CNC-teknik för svarvning.

Övningar, programmeringsförslag, och instruktioner finns på Libers plustjänst.

Författarna

Thomas Aspegren och Bo-Erling Lindén

Innehåll

Förord 1

Om läromedlet 7

Exempel och övningsuppgifter 7

CNC– Vad är det? 8

Vad gör en CNC-operatör? 8

Arbetsuppgifter 9

Förutsättningar för CNC 10

Två styrsystem 10

Kort om programmering 12

CNC-svarven 14

Bädd och stativ 14

Huvudspindeln 15

Uppspänning 16

Maskinens kapsling 16

Säkerhet och miljö 17

Arbetsskador 17

Elsäkerhet 17

Ordning och reda 17

Maskinens skyddsdetaljer 18

Skyddsutrustning 19

Grunderna för CNC-programmering 20

Ritningen 20

Påverkan 21

Väginformation 22

Koordinatsystem 23

Blanketter och maskinmanualer 27

Programmering 29

Positionsangivelser 31

Information innan programmering 32

Uppspänning av arbetsstycket 32

Verktygsval 34

Mätning 35

Programstruktur 35

Verktygsbyte 36

Programmeringsföljd 37

Arbeta strukturerat 37

Tempoföljd 37

Programmering i tio punkter 38

Kortfattad beskrivning av punkt 1 – 10 40

1 Nollpunktsförflyttning 40

2 Begränsning av spindelvarvtalet 42

3 Verktygväxlingspunkt 44

4 Verktyg och inställningar 45

5 Skärdata 51

6 Positionering 58

7 Programmering för bearbetning 60

8 Positionering för verktygsbyte 64

9 Återupprepning av punkt 4 – 8 65

10 Programslut 66

Allmän svarvning 68

Verktygsval 68

Förslag till arbetsgång 69

Exempel 1 Fanuc Ansatssvarvning 74

Exempel 1 Siemens Ansatssvarvning 76

Programmering av faser och radier 81

Exempel 2 Fanuc Fasning 82

Exempel 2 Siemens Fasning 83

Vinkelprogrammering 84

Exempel 3 Fanuc Vinkelsvarvning 86

Exempel 3 Siemens Vinkelsvarvning 87

Exempel 4 Fanuc Allmän svarvning 92

Exempel 4 Siemens Allmän svarvning 93

Cirkulära rörelser 94

Exempel 5 Fanuc Cirkulär interpolering 90° 98
Exempel 6 Fanuc Cirkulär interpolering ej 90° 99
Exempel 5 Siemens Cirkulär interpolering 90° 100
Exempel 6 Siemens Cirkulär interpolering ej 90° 101
Längdsvarvningscykel 102
Exempel 7 Fanuc Grov- och finsvarvningscykel 105
Exempel 7 Siemens Grov- och finsvarvningscykel 108

Utvändig gängsvarvning 110
Gängsvarvning 110
Inmatningsmetoder 117
Skärhastighet vid gängning 121
Gängning – Checklista 123
Exempel 8 Fanuc Utvändig gängsvarvning 125
Exempel 8 Siemens Utvändig gängsvarvning 132

Borrning 137
Spiralborr 137
Vändskärsborr 139
Skärdata 140
Programmering 140
Exempel 9 Fanuc Borrning 142
Exempel 9 Siemens Borrning 145
Borrcykler 146
Exempel 10 Fanuc Borrning 149
Exempel 10 Siemens Borrning 152

Gängning med gängtapp 153
Metoder 153
Programmering 156
Exempel 11 Fanuc Gängning med tapp 158
Exempel 11 Siemens Gängning med tapp 162

Invändig svarvning 166
Verktyg 166
Svarvbommar 168
Kontrollista för invändig svarvning 169
Exempel 12 Fanuc Invändig svarvning 172
Exempel 12 Siemens Invändig svarvning 174

Invändig gängsvarvning 175
Allmänt 175
Programmering 176
Exempel 13 Fanuc Invändig gängsvarvning 178
Exempel 13 Siemens Invändig gängsvarvning 180

Av- och spårstickning 181
Avstickning 181
Exempel 14 Fanuc Avstickning 186
Exempel 14 Siemens Avstickning 187

Spårstickning och spårsvarvning 188
Metoder 188
Exempel 15 Fanuc Spårstickning 192
Exempel 15 Siemens Spårstickning 195
Spårsvarvningscykel 193
Insticksvarvning 196
Exempel 16 Fanuc Spårstickning 197
Exempel 16 Siemens Spårstickning 198
Exempel 16 Fanuc Avstickning med underprogram 200
Exempel 16 Siemens Avstickning med underprogram 202

Register 203

Om läromedlet

Läromedlet *CNC-teknik Svarv* består av denna faktabok samt en webbtjänst. Webbtjänsten innehåller instuderingsfrågor, videoinstruktioner och animeringar som beskriver de moment som faktaboken tar upp, till exempel:

- Nollpunktsinmätning
- Verktygslängdsuppmätning
- Spindelstart
- Programinknappning
- Simulering 2D och 3D
- Testkörning
- Automatikkörning

Webbtjänsten

Webbtjänsten beskriver arbetssättet för både Fanuc 21T och Siemens 810/840D. Den innehåller animationer och videoinspelningar som illustrerar funktioner och rörelser, så att du får en grundläggande förståelse för hur CNC-tekniken fungerar. Övningsexempel samt uppgifter för att verifiera kunskaperna finns också där.

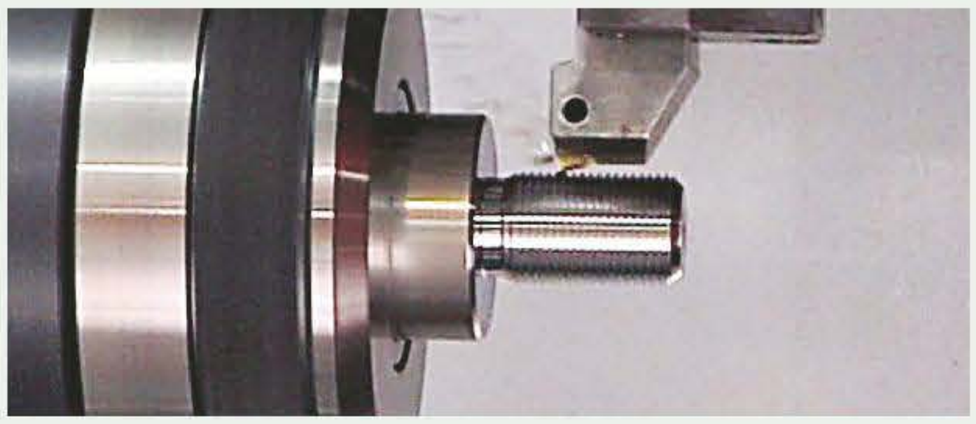
För åtkomst av tjänsten krävs en användarlicens som kan beställas på Liber.se

Exempel och övningsuppgifter

Till samtliga moment finns minst ett exempel som visar hur bearbetningen av en detalj kan programmeras. Exemplen är tagna från de ritningar på detaljer som finns i boken. Ritningarna är numrerade 1–24. Detaljerna är enkla och innehåller endast det moment som visas i det aktuella kapitlet. Programmeringsexemplen innehåller även upprepning av vanliga moment som exempelvis planing och längdsvarvning.

Tanken är att du i innehållsförteckningen ska kunna söka på ett moment, exempelvis borrning, och med hjälp av texten i kapitlet få den kunskap som behövs för att välja rätt metod och kunna programmera en enkel borrövning. Till varje huvudavsnitt finns det minst en övningsuppgift som är tänkt som ett kunskapstest. Programförslag finns i webbtjänsten CNC-Plus.

Tänk på att alltid anpassa verktyg och skärdata till de maskiner och material som används för övningarna.



Verktyg

Beskrivningar, bilder och skärdataråd kommer från Sandvikens utbildningsmaterial *Teknisk Guide*. Skärdata till övningarna kan hämtas från *Libers Verkstadshandbok*. Material som har använts vid dessa beräkningar är SS EN 11SMnPb30 (SS1914).

CNC– Vad är det?

Bokstäverna CNC är en förkortning av **C**omputer **N**umerical **C**ontrol. Betydelsen kan beskrivas med orden ”datorsystem för att styra verkstadsmaskiner i tillverkningsindustrin”. En CNC-operatör arbetar alltså med att tillverka detaljer i datorstyrda verktygsmaskiner.

Vad gör en CNC-operatör?

Ett av de yrken som finns inom industrisektorn är CNC-operatör. Yrket innebär att man utifrån en ritning programmerar och förbereder olika typer av datorstyrda maskiner. Till exempel en CNC-styrd svarv.

Därefter tillverkar man detaljer så att de får måtten och toleranserna som finns beskrivna på ritningen.

För att klara de moment som beskrivs ovan krävs kunskap och kompetens. Man måste känna till hur man hanterar maskinen och hur maskinens styrsystem fungerar. Logiskt tänkande är en annan viktig förmåga när man programmerar maskinens rörelser och kommandon. Det gäller att förstå och kunna beskriva hur man vill att maskinen ska röra sig. Beskrivningen görs med hjälp av styrsystemets programspråk.

Övriga viktiga områden för en CNC-operatör är skärteknik, materiallära och underhållsteknik. Skärtekniken beskriver hur man väljer verktygs- och bearbetningsparametrar. Materialläran ger grundläggande kunskaper om olika materials egenskaper.

Underhållstekniken handlar om hur maskiner och utrustning måste underhållas för att produktionen ska fortgå utan ovälkomna stopp.

Arbetsuppgifter

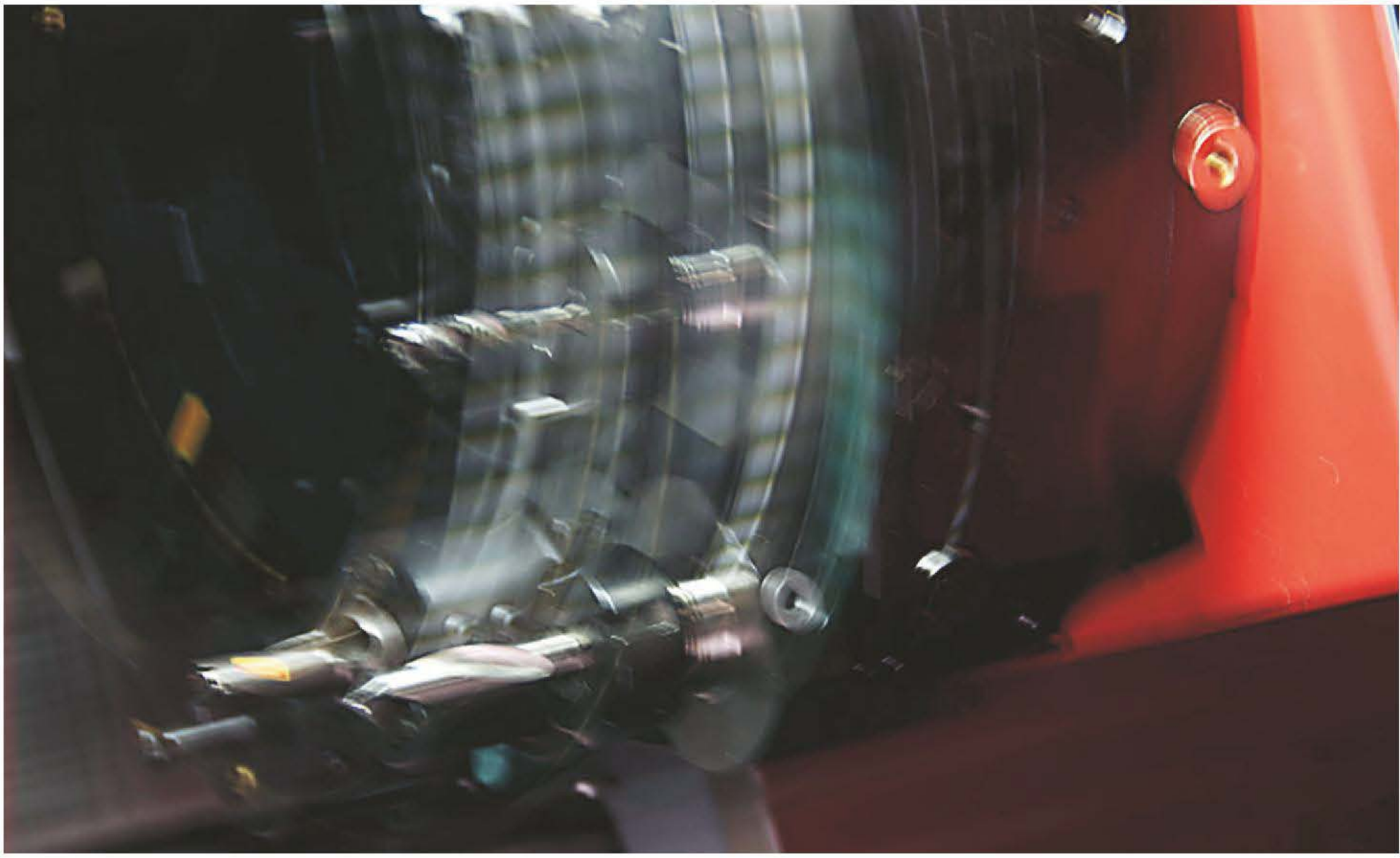
Arbetsuppgifterna för en CNC-operatör brukar variera mellan olika företag. I större företag är uppdelningen mellan olika arbetsmoment ofta mycket större. Där finns ibland särskild personal som sköter underhåll och kvalitetskontrollen. I mellanstora och små företag efterfrågas oftare en allsidig kunskap, det vill säga det krävs att CNC-operatören klarar alla uppgifter som krävs för tillverkningen.

Vidareutbildning

Maskiner och utrustning förändras snabbt. Därför behöver en operatör hela tiden följa utvecklingen. Det är viktigt att kunna förmedla och ta till sig ny information. I framtiden kommer det vara viktigt att exempelvis kunna ta till sig information från engelska manualer.

Framtiden

CNC-operatör är ett bristyrke, vilket innebär att efterfrågan på utbildad arbetskraft är mycket stor.



Förutsättningar för CNC

Innan vi går igenom hur man bygger upp program till en CNC-maskin så behöver vi titta på följande:

- Vilka styrsystem boken tar upp
- Maskinens uppbyggnad
- Säkerhet och miljö

Två styrsystem

Vi har valt att utgå från Fanuc 21T och Siemens 810/840D. Om du inte känner igen dig så kan det bero på att ditt styrsystem är någon variant av dessa.

Fanuc

I Fanuc finns en mängd olika varianter av styrsystem, från deras enklaste serie 0 (noll) upp till de senaste modellerna av styrsystemen i serie 3. Vissa av dem har ett interaktivt gränssnitt som kallas Manual Guide och innebär att programmeringen blir enklare och simuleringen tydligare.

Här i boken använder vi ett av de enklare styrsystemen, Fanuc 21. När vi visar exempel på programmering av styrsystem hänvisar vi till EMCO:s maskiner och deras programvara för utbytbara styrsystem. Programmering med Fanucs styrsystem kan göras med 3 olika kodlistor, nämligen A, B och C. Vi har använt oss av C-listan, vilket innebär att det kan förekomma vissa skillnader gentemot andra maskinfabrikat som använder sig av A- alternativt B-listan.

Fanuc styrsystem

Gr		Lista			Funktion
		A	B	C	
0	+	G04	G04	G04	Väntetid
	+	G10	G10	G10	Datainställning TILL
	+	G11	G11	G11	Datainställning FRÅN
	+	G28	G28	G28	Återgång till referenspunkten
	+	G70	G70	G72	Finsvarvningscykel
	+	G71	G71	G73	Kontursvarvningscykel - axiell
	+	G72	G72	G74	Kontursvarvningscykel – radiell
	+	G73	G73	G75	Mönsterupprepning
	+	G74	G74	G76	Instickscykel i Z-led, djupborrningscykel i Z-led
	+	G75	G75	G77	Instickscykel i X-led, djupborrningscykel i X-led
	+	G76	G76	G78	Gängsvarvningscykel
	+	G50	G92	G92	Varvtalsbegränsning, Koordinatinställning
1	-	G00	G00	G00	Positionering med snabbförflyttning
		G01	G01	G01	Linjär interpolering
		G02	G02	G02	Cirkulär interpolering- medurs
		G03	G03	G03	Cirkulär interpolering-moturs
		G90	G77	G20	Längdsvarvningscykel
		G92	G78	G21	Gängskärningscykel
		G94	G79	G24	Plansvarvningscykel
		G32	G33	G33	Gängskärning (med enkelblock)
2		G96	G96	G96	Konstant skärhastighet
	-	G97	G97	G97	Konstant spindelhastighet
3	-	x	G90	G90	Absolut programmering
		x	G91	G91	Inkremental programmering
5		G98	G94	G94	Matning i millimeter per minut
	-	G99	G95	G95	Matning i millimeter per varv
6		G20	G20	G70	Programmering i tum
	-	G21	G21	G71	Programmering i millimeter
7	-	G40	G40	G40	Urkoppling av nosradiekompensering
		G41	G41	G41	Nosradiekompensering på vänster sida
		G42	G42	G42	Nosradiekompensering på höger sida
10	-	G80	G80	G80	Urkoppling av cykel (G83-G85)
		G83	G83	G83	Borrcykel med urspåning
		G84	G84	G84	Gängtappscykel
		G85	G85	G85	Brotschningscykel
11	-	x	G98	G98	Återgång till startplan
		X	G99	G99	Återgång till återgångsplan
16		G17	G17	G17	Planval XY
	-	G18	G18	G18	Planval ZX
		G19	G19	G19	Planval YZ

- Aktiva vid uppstart

+ Blockvis verksam

G-koder för Fanuc styrsystem, lista A, B och C

Siemens

För programmeringen av Siemens styrsystem använder vi oss av Siemens 810/840D. Att vi benämner systemet både 810D och 840D har att göra med att programmeringen är lika för båda dessa styrsystem. Skillnaden är att 840D kan användas till mer avancerade maskiner.

Även Siemens har ett system liknande Fanucs Manual Guide, det vill säga med ett interaktivt förfarande vid inknappningen. Det heter Shopturn. Båda systemen är uppbyggda på liknande sätt med möjlighet att välja programspråk. Man kan välja att programmera med ISO-koder eller med Shopturns programspråk. När styrsystemen har båda programspråken installerade förändras bildskärmens gränssnitt (utseende).

Siemens styrsystem

Kort om programmering

ISO-programmering

I boken beskriver vi programmering i maskiner med styrsystem i grundutförande. Programmeringen sker med koder för olika funktioner. Den här typen av programmering kallas ISO-programmering och innebär att man programmerar varje rörelse med koordinatangivelser (X och Z) samt anger G-kommando för olika programfunktioner och M-funktioner for de olika hjälpfunktionerna. Fördelen med detta sätt är man kan programmera så att maskinen endast utför de rörelser som är nödvändiga för bearbetningen.

G-funktioner: Benämns G-funktioner, vilket står för att det är en förberedande funktion, det vill säga som anger hur styrsystemet ska arbeta exempelvis med snabbförflyttning, linjärt, cirkulärt eller med väntetid.

M-funktioner: M-funktioner är hjälpfunktioner till bearbetningen. Vanliga sådana funktioner är exempelvis, spindelstart och spindelstopp.

Vi tar även upp de vanligaste cyklerna i de båda styrsystemen, det vill säga längdsvarvnings-, gängsvarvnings-, borr- och spårsvarvningscyklerna. Även övriga funktioner används, till exempel F, S, och T samt funktioner som förenklar programmeringen, till exempel R, C, CHR och RND.

Den stora fördelen med ISO-programmering är att man programmerar exakt vilka rörelser maskiner ska utföra. Eftersom inga extra rörelser utförs, används metoden när många detaljer ska tillverkas och bearbetningstiden har stor ekonomisk betydelse.

ISO

Internationell Organization for Standardization, är ett internationellt standardiseringsorgan som arbetar inom alla områden utom det elektrotekniska.

Med ISO-programmering menas att man programmerar styrsystemet på ett sätt som är internationellt standardiserat.

M-koder för Fanuc och Siemens

M-kod	Funktion
M00	Programmerbart stopp
M01	Villkorligt stopp
M02	Slut på huvudprogram
M03	Spindelstart – medurs
M04	Spindelstart – moturs
M05	Spindelstopp
M08	Skärvätska TILL
M09	Skärvätska FRÅN
M17	Slut på underprogram (gäller endast för Siemens)
M20	Pinolrör - TILLBAKA
M21	Pinolrör – FRAM
M25	Öppna chuck
M26	Stäng chuck
M30	Slut på huvudprogram med återgång till programstart
M71	Renblåsning TILL
M72	Renblåsning FRÅN
M98	Anrop av underprogram (gäller endast för Fanuc)
M99	Slut på underprogram Gäller endast för Fanuc)

Avvikelser från ISO 6983/1

De koder och funktioner som beskrivs i den här boken är de koder som används vid programmering av styrsystemen Fanuc 21T och Siemens 810/840D. Observera att styrsystemen inte exakt följer den kodbeskrivning som används i ISO 6983/1 (International Standardization Organization).

Siemens använder sig av det tyska DIN-systemet för programuppbyggnad, men eftersom ISO-och DIN-systemen ligger mycket nära varandra har det blivit ett talesätt att man programmerar med ISO-koder. Inget av de båda styrsystemens koder följer helt ISO-standarden och därför bör man alltid kontrollera koderna i maskinfabrikanternas handböcker. I fortsättningen använder vi begreppet ISO-programmering.

Jämför koderna som visas i ISO-listan vid Fanuc tidigare i boken med utdraget från DIN-kodlistan som visas här. Som du ser har många av koderna samma betydelse men i några fall avviker betydelsen från varandra, exempelvis har koden G99 olika betydelse i A- och C-listan.

G-koder för Siemens 810/840D

G-kod	Funktion
G00	Positionering med snabbförflyttning
G01	Linjär interpåolering med programmerad matning
G02	Cirkulär interpolering – medurs
G03	Cirkulär interpolering – moturs
G04	Väntetid
G09	Exakt stopp – ej modal
G17	Planval XY
G18	Planval XZ
G19	Planval YZ
G25	Varvtalsbegränsning – minsta varvtal
G26	Varvtalsbegränsning – högsta varvtal
G33	Gängskärning i enkelblock med konstant stigning
G40	Urkoppling av nosradiekompenseringen
G41	Nosradiekompensering PÅ – till vänster om konturen
G42	Nosradiekompensering PÅ –till höger om konturen
G53	Blockvist bortval av nollpunktsförflyttningen
G54-G57	Nollpunktsförflyttning 1-4
G60	Exakt stopp - modal
G63	Gängning med tapp – flytande hållare
G64	Kurvlinjestyrning med hastighetsreducering
G70	Programmering i tum
G71	Programmering i millimeter
G90	Absolut programmering
G91	Inkremental programmering
G94	Matning i millimeter per minut
G95	Matning i millimeter per varv, konstant spindelhastighet
G96	Konstant skärhastighet TILL
G97	Konstant skärhastighet FRÅN
	Borr- och gängtappscykler
CYCLE83	Djupborrningscykel
CYCLE84	Gängtappscykel med fast hållare
CYCLE840	Gängtappscykel med flytande hållare
	Svarvcykler
CYCLE93	Spårsvarvningscykel
CYCLE95	Svarvcykel
CYCLE98	Gängsvarvningscykel

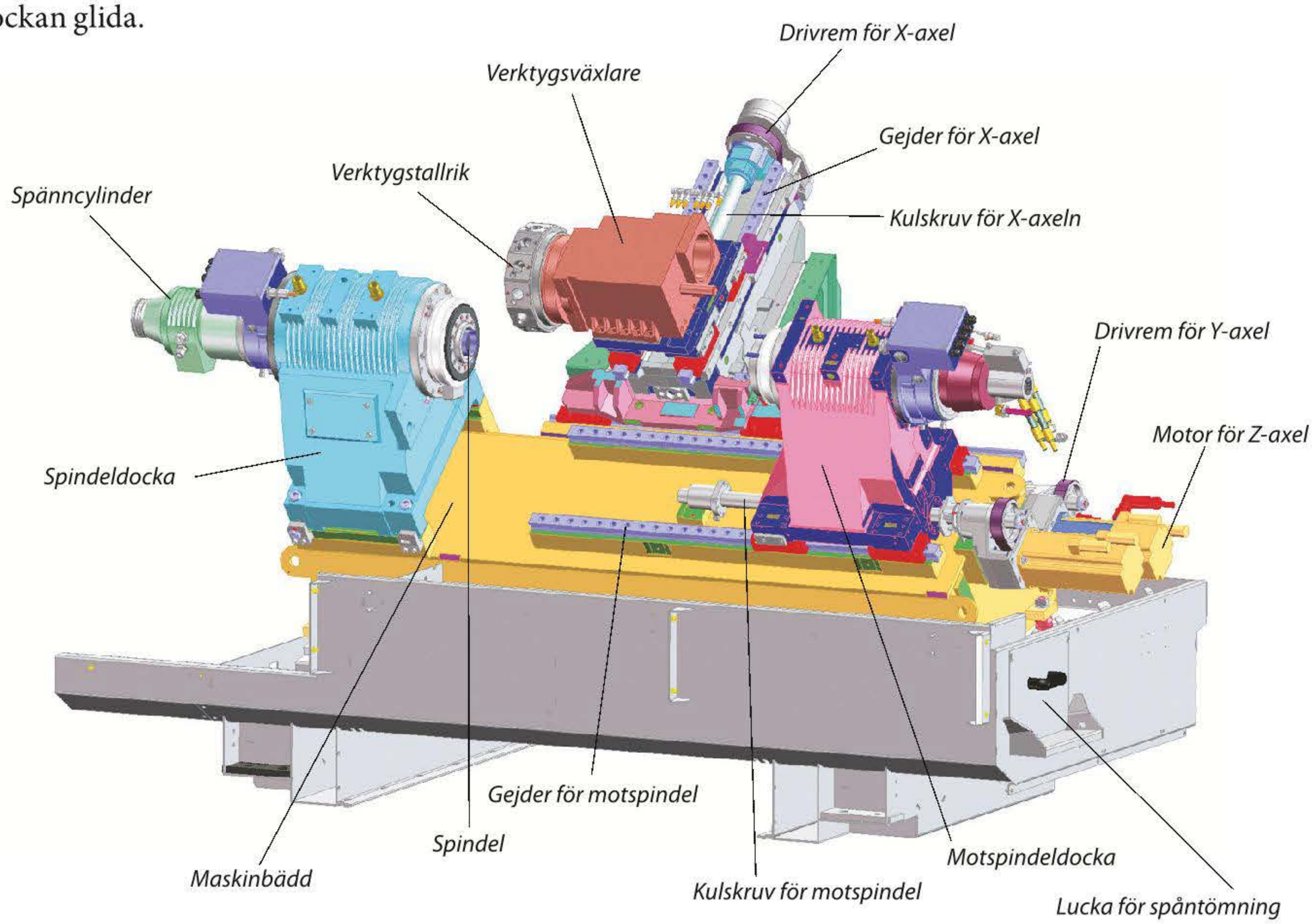
CNC-svarven

I en CNC-styrd svarv måste man kontinuerligt kunna tillverka detaljer utan efterjustering. Viktiga egenskaper hos en CNC-svarv är alltså positions- och repetitionsnoggrannheten.

Bädd och stativ

Maskinens bädd brukar v ara utformad i gjutgods, eftersom det materialet har dämpande egenskaper. Bäddens lutning är vanligen 45 eller 60 grader och monteras på en stabilt svetsad underbädd. Det förekommer också kompletta bäddar i polymerbetong som har en mycket hög förmåga att dämpa vibrationer.

De båda rätstyrningarna, som består av symmetriska stållinjaler, är antingen skruvade eller limmade fast i bädden. På dessa parallella linjaler ska verktygsrevolvern och dubbdockan glida.



Huvudspindeln

Man kan säga att huvudspindeln är maskinens ”hjärta”. Den är monterad på ett separat stativ i direkt anslutning till bädden.

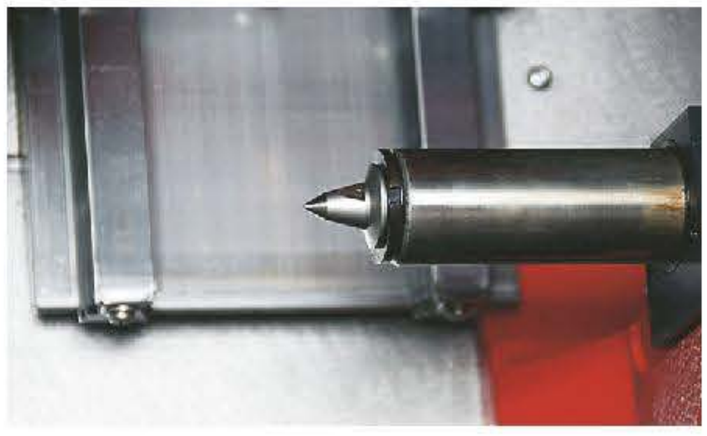
Det är viktigt att:

- Varvtalsområdet och motoreffekten är tillräckliga.
- Spindeln kan rotera med konstant varvtal, oberoende av belastningen.
- Acceleration till programmerat varvtal samt retardation (återgång) till stillastående kan ske mycket snabbt.
- Steglös spindelvarvsreglering finns vid konstant skärhastighet.
- Ljud- och vibrationsnivån är låg.
- Den har lång livslängd och kräver lite underhåll.

Uppspänning

På **verktygsrevolvern** finns platser (stationer) som är avsedda för olika fastspänningsdon, där man monterar de utvalda skärverktygen. Verktygsrevolvern monteras på den tvärställda maskinsliden.

Dubbdockan används vid ”uppstyrning” av längre bearbetningsdetaljer. Den förflyttas glidande på de båda rätstyrningarna.



Svarvchuckar spänner fast arbetsstycket med hydraulisk (olja) eller pneumatisk (luft) spännkraft.

Maskinens kapsling

Styrpanelen är ett styrskåp som innehåller manöverpaneler för **betjäning, övervakning och programmering**. Styrpanelen är antingen fast monterad i maskinens kapslade yttre stativ eller frihängande på en rörlig arm.

Maskinens kapsling består av ett plåthölje med skjutbar glasad betjäningsdörr. På maskinens baksida finns vanligen de omfattande el- och elektronikutrustade kopplingsskåpen.

Säkerhet och miljö

Arbetsskador

En CNC-maskin är oftast helt inbyggd med plåtar och specialutformat glas. Man kan därför tro att det inte finns några säkerhetsrisker med dessa maskiner. De risker som ändå finns rör materialhantering och verktygsuppsättning där tunga lyft, skär- och klämskador kan orsaka problem. Dessutom är kringutrustningen inte lika inbyggd som CNC-maskinen, och då gäller särskild försiktighet. Flera risker finns i samband med materialhanteringen. Arbetsskador kan uppstå då man ska lägga i stänger i stångmagasinet, hantera detaljerna manuellt, eller när skärvätskor och oljor kommer i kontakt med huden. Även ljudnivån kan i vissa fall orsaka problem. Alla dessa säkerhetsrisker måste elimineras. Detta görs med hjälp av personlig skyddsutrustning, fasta säkerhetsanpassade rutiner samt information och kunskap om var säkerhetsriskerna finns. Rutinerna varierar från företag till företag.

Elsäkerhet

I maskinen finns ett antal elektriska komponenter med spänningar från 24 Volt till 380 Volt. Om man inte har nödvändig kunskap ska man inte öppna dörrarna till något elskåp, eftersom det kan innebära stor personfara. Vid elektriska fel ska man därför alltid tillkalla en servicetekniker, som har nödvändiga elektriska kunskaper.

Ordning och reda

Att hålla god ordning på sin arbetsplats är viktigt. Det finns flera orsaker till det. Mätverkktyg måste hanteras och förvaras på ett sådant sätt att skador inte uppstår på dem. Skador kan nämligen förändra mätresultatet. Även andra verktyg ska placeras på bestämda platser, så att de lätt finns till hands när de ska användas. Det får inte ligga skräp och annat material runt omkring, som inte används för maskinens bruk. Oljor och skärvätskor ska torkas upp samt spånor sopas upp

för att minimera halk- och snubbelrisken. Spånor i bearbetningsrummet kan orsaka problem när de tas bort om man inte använder handskar och annan utrustning som skyddar händer och armar.

Maskinens skyddsdetaljer

I nyare maskiner är det inte möjligt att göra en bearbetning eller att starta spindeln med dörren öppen till bearbetningsrummet. Tyvärr är detta möjligt i vissa äldre maskiner. I dessa maskiner gäller det att ha noggranna rutiner. Operatören ska försäkra sig om att han eller hon förstår rutinerna och konsekvenserna om de inte följs. Det förekommer till exempel att personal kopplar ur givare för säkerhetsdetaljer för att slippa göra något moment som kan upplevas som arbetsamt eller tidskrävande. Dessutom är det inte säkert att alla är medvetna om att säkerhetsutrustningen är frånkopplad, vilket ytterligare ökar riskerna. Försäkra dig därför om att samtliga skydd på maskinen används, att dörren till bearbetningsrummet är stängd och att du har den säkerhetsutrustning som behövs för arbetet.

Miljö

De miljöpåverkande faktorer som man som CNC-operatör främst kommer i kontakt med är skärvätskor och skäroljor.

Skärvätskors funktion

Skärvätskans huvuduppgift är att *kyla, smörja och transportera bort metallspånor* som bildas vid skärande bearbetning. Man delar in skärvätskorna i två grupper; de är antingen *vattenblandbara* eller *inte vattenblandbara*.

Hantering av skärvätskor

Använd skrivna rutiner för hanteringen av skärvätskan vid inköp, förvaring, blandning, kontroll samt byte och rengöring. Vid blandning mellan koncentrat och vatten, får detta inte ske ”på måfå eller känn” utan föreskriven doseringsmängd ska följas. Efter hand avdunstar en viss mängd av vattnet man spär ut med och det måste då ersättas. Om skärvätskan inte regelbundet byts ut, bildas bakterier och svamp i skärvätsketanken.

Vätskorna kan orsaka problem vid hudkontakt, varför man bör minimera direktkontakten med dem. Vissa människor får hudeksem vid kontakt med skärvätskor. Tyvärr är det svårt att helt undvika kontakt med dem, men man ska då vara noga med:

- att använda avsedda nitrilgummiklädda skyddshandskar
- att inte ha smutsiga trasor eller trassel i fickorna
- att byta arbetskläder ofta
- hygienen, att tvätta sig ordentligt med tvål
- att använda hudkräm för att motverka uttorkning av huden.

I många fall anges att vissa skärvätskor är miljövänliga och kan hällas direkt i avloppet efter slutanvändning. I så fall måste det finnas reningsanläggningar för skärvätskan. Men när det inte finns kan man absolut inte hälla ut dem direkt, eftersom läckolja och andra föroreningar har runnit ned i vätskan under den tid som den använts. Även spånorna kan innehålla stora mängder miljöfarligt avfall. Centrifugering av spånor kan användas vid återvinning av skäroljan.

Undvikande av skärvätska

Dagens värmetåligare skärverktyg gör det ofta möjligt att bearbeta utan skärvätska, alltså genom torrbearbetning eller med minimalsmörjning. Vid minimalsmörjning blandas olja och luft som då bildar en imma runt själva bearbetningen. Denna bearbetning passar främst vid lättare bearbetning i mjuka material som mässing och gjutjärn.

Skyddsutrustning

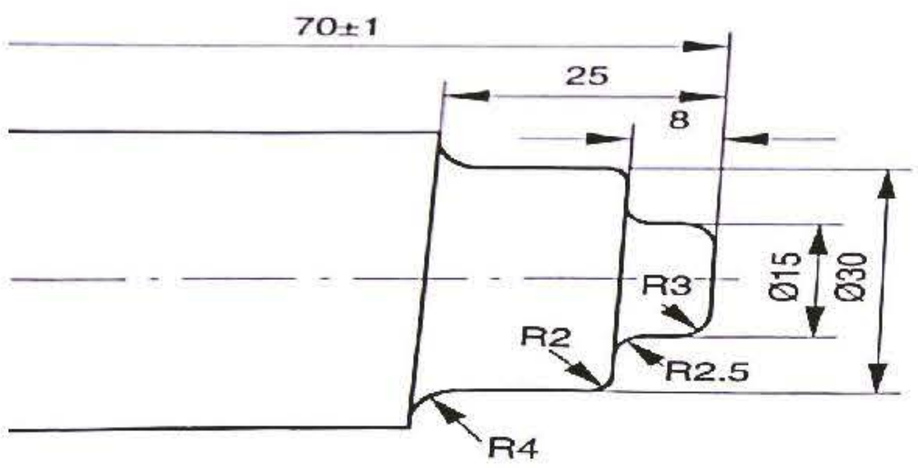
Lämplig skyddsutrustning varierar mycket beroende på bearbetningstyp, antal maskiner, lokal, ljudnivå etc. Nedanstående skyddsutrustning är lämplig i all verkstadsmiljö och därför även för CNC-bearbetning.

- Arbetskläder, overall eller liknande.
- Skyddsskor med stålhätta.
- Hörselskydd.
- Handskar vid hantering av material.

Grunderna för CNC-programmering

Ritningen

När man gör ett program för en CNC-maskin utgår man ifrån en detaljritning *(bild)* som visar bland annat vilket material, antal, vilka mått, toleranser och vilken ytjämnhet som gäller för tillverkningen. Alla dessa faktorer påverkar hur bearbetningen av detaljen ska utföras. Materialet påverkar till exempel val av verktyg, varvtal och matning. Ytjämnheten bestämmer tillsammans med matningen vilken nosradie som verktygsspetsen ska ha. Det är därför mycket viktigt att man bestämmer exakt vilka förutsättningar som gäller för den programmering som ska göras.



Tillv antal Manuf. No	Antal No	Rad nr Line No	Det nr Item No	Benämning Title Exempel 5	Material SS1914	Beteckning el. ritn. Designation or Dwg.No
Ritad Drawn	Kontr Check	Beräkn Ing Stress Eng	Godkänd Approved	Tolerans där annat ej anges SS-ISO 2768-1 Tolerance unless spec acc to SS-ISO 2768-1 Fin Fine ☐ Medel Medium ☒ Grov Coarse ☐ Mycket grov Very Coarse ☐ SMS723 (DIN 8570) Klass Class A ☐ Klass Class B ☐ Klass Class C ☐		Skala - Scale 1:1
						Format Size A4
TA	BOL			Ytjämnhet enl Surface finish acc. to SS 672, Ra – µm.		Order nr - Order No
TANC TANC-KONSULT				Grundbok i CNC-TEKNIK Cirkulär interpolering		Ritning nr - Dwg No 8 / Rev

Tolerans

Detaljens tolerans finns alltid med på ritningen. Tolerans innebär en tillåten avvikelse från det utsatta måttet. Ibland finns måttet utsatt på själva ritningen med exakta mått, exempelvis ± 0.1 eller med ISO-toleranser, exempelvis H7. Generell tolerans är också utsatt på ritningen och beskrivs med orden ”*Tolerans där annat ej anges enligt ISO 2768-1 medel*” eller ”*ytjämnhet enlig SS 672 Ra3.2*”. Det betyder att alla mått som inte har specifika toleransangivelser för bearbetningen ska utföras så att dessa krav uppfylls på den färdiga detaljen. Annars kan det ledas till att de tillverkade detaljerna måste kasseras, vilket oftast medför stora ekonomiska kostnader samt problem med leveranstider. Det kan i sin tur innebära att företaget mister jobbet och /eller tvingas betala skadestånd (vite) för utebliven leverans. Kontrollera därför alltid på ritningen vilka förutsättningar som gäller. De flesta toleranskraven finns beskrivna i ”*Verkstadshandboken*”.

Tolerans

Med tolerans menas vilket måttområde den färdiga produkten ska finnas inom.

Material

På ritningen beskrivs detaljens material. Det kan till exempel vara aluminium, mässing eller stål. SS-numret eller ISO-beteckningen på materialet anger dess sammansättning. Med hjälp av detta och skärdatafabrikanternas kataloger kan man få fram materialgrupper, som i sin tur används vid framtagningen av skärdata för bearbetningen. På ritningen anges också vilken dimension på utgångsmaterialet som ska användas.

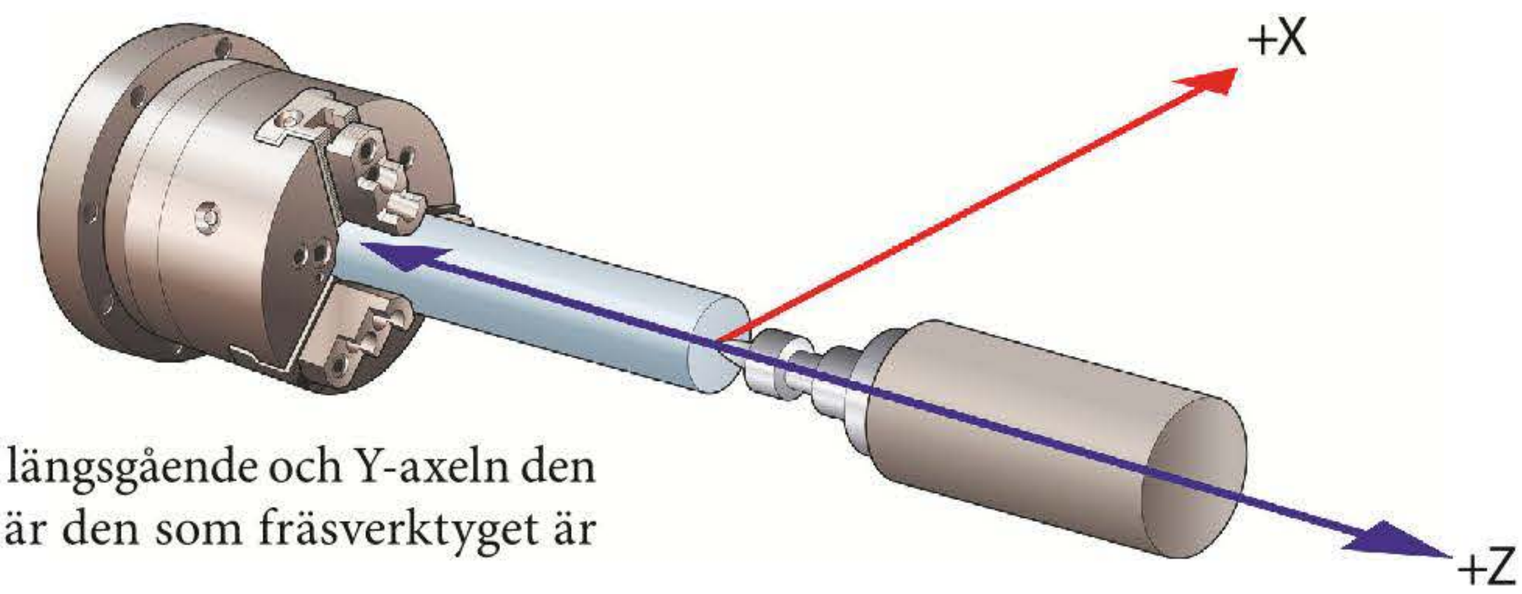
Påverkan

Innan man startar programmeringen av CNC-bearbetningen är det många saker som måste avgöras. Det kan till exempel vara val av maskin, verktyg, skärdata, skärvätska och hur man ska spänna upp detaljen. Många av faktorerna kan man som operatör inte bestämma, men man måste ändå ta hänsyn till vilka effekter de har på bearbetningen. Utförs bearbetningen i en maskin som inte är stabil måste skärdjup och matningar anpassas så att ritningens alla krav uppfylls. När verktygsfabrikanterna anger skärdatavärden så förutsätter de att bearbetningen utförs i en maskin som är stabil och utan glapp, samt att den kan klara de varvtal, skärdjup och matningar som anges.

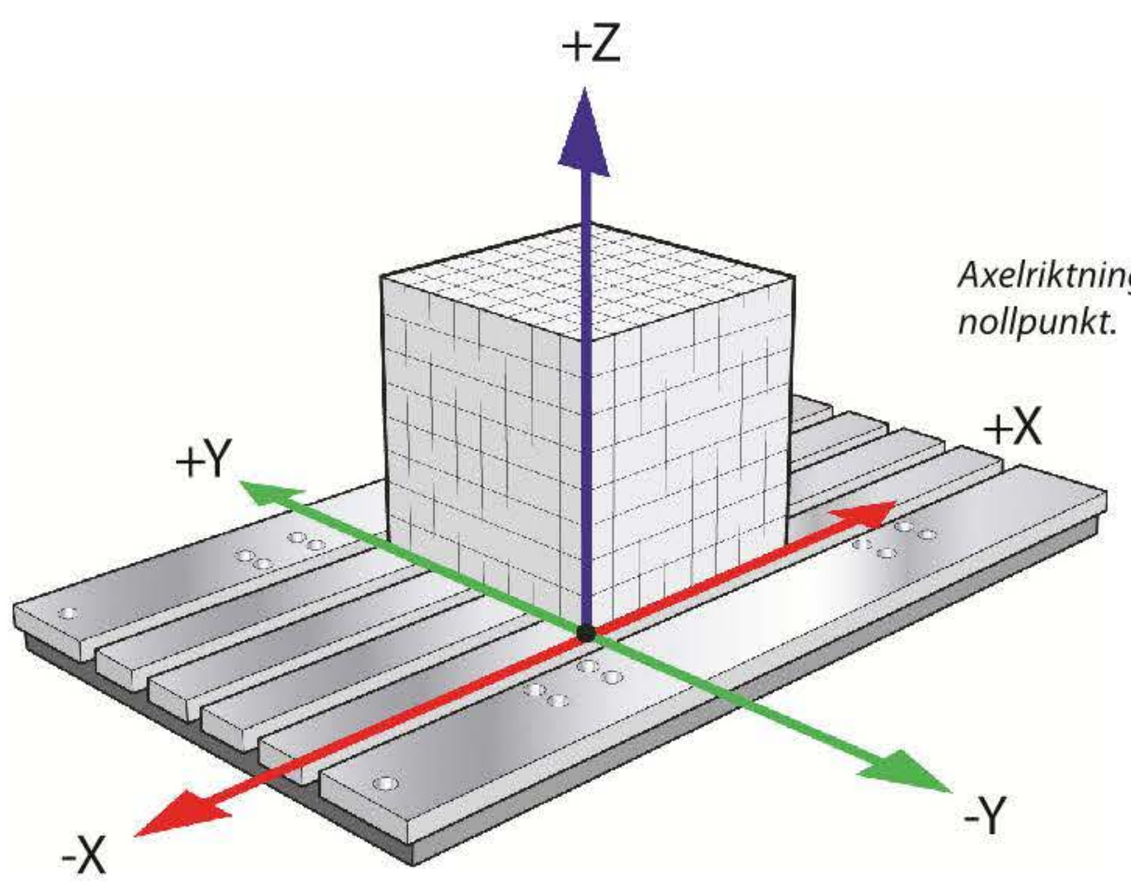
Väginformation

Positionering i enklare CNC-maskiner görs med hjäp av ett 2- alternativt 3-axligt linjärt koordinatsystem, *se figurer*. Med en axel avses en rörelseriktning som verktyget rör sig längs med (eller omkring). Det 2-axliga koordinatsystemet används i svarvar medan det 3-axliga används i fräsmaskiner. Både svarvar och fräsmaskiner har i många fall flera axlar, och maskinerna kallas då för fleroperationssvarv respektive fleroperationsfräsmaskin. Axelriktningarna är standardiserade enligt ISO och anges med kodbokstäverna X, Y och Z. Axelbenämningarna i en svarv är X för den radiella rörelsen och Z för den rörelse som sker axiellt.

Axelriktningar i en svarv från detaljens nollpunkt.



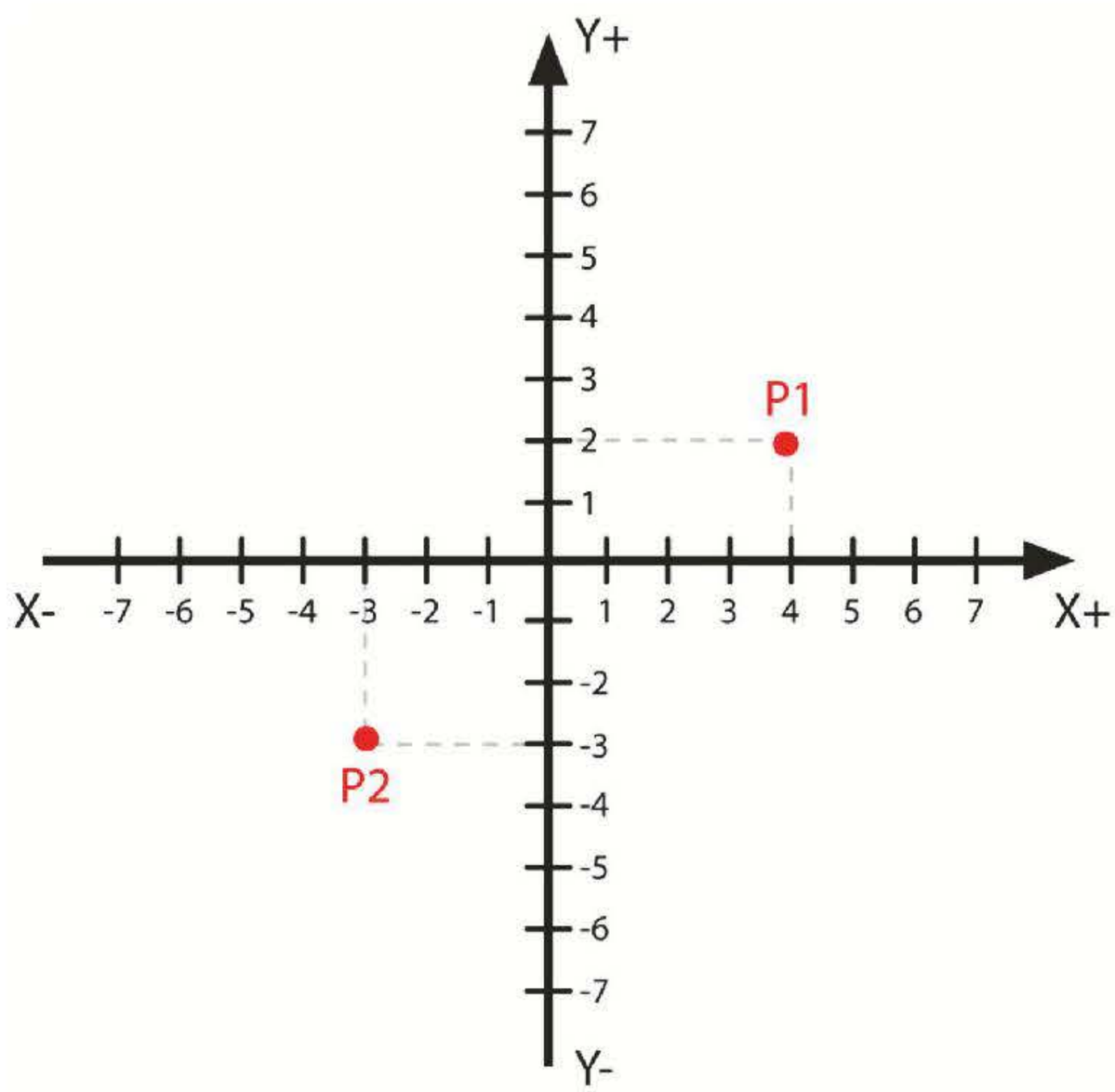
I en fräsmaskin är X-axeln den längsgående och Y-axeln den tvärgående rörelsen. Z-axeln är den som fräsverktyget är placerad på.



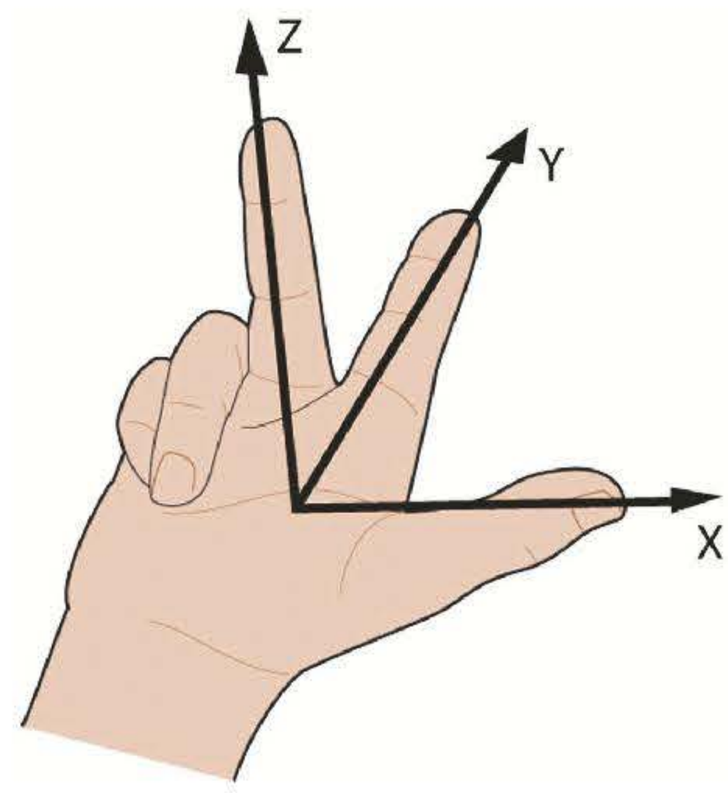
Axelriktningar i en fräsmaskin från detaljens nollpunkt.

Koordinatsystem

Det koordinatsystem som vi använder består av en x-axel (horisontell) och en y-axel (vertikal) som skär varandra vinkelrätt. Skärningspunkten kallas origo. För att få en tredimensionell representation lägger man till en z-axel vinkelrätt mot x, y-planet på ett sådant sätt att systemet blir högerorienterat.



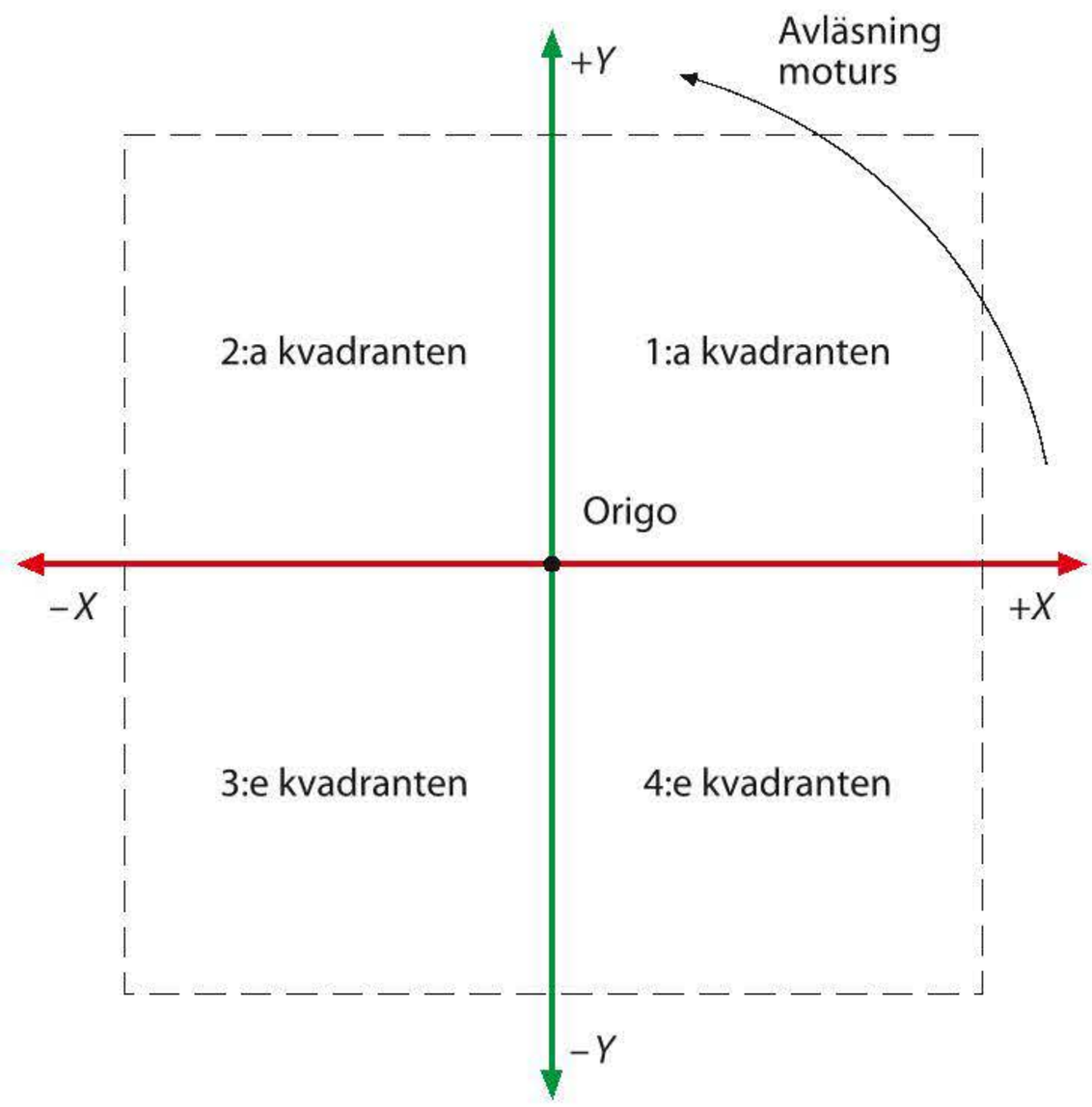
2-axligt koordinatsystem.



Högerhanden som hjälpmedel för att komma ihåg axelriktningarna. Tummen i X-, pekfingern i Y- och långfingern i Z-riktning.

Det brukar orienteras så att x, y-planet är vågrätt och z-axeln pekar rakt uppåt. Genom att välja en enhetslängd, i vårt fall millimeter, och markera dessa längs axlarna definierar man ett rutnät. Koordinaterna för en viss punkt är tal som anger hur långt ut på axeln den närmaste motsvarande punkten på respektive axel befinner sig. I det tvådimensionella fallet anger man först talet för punkten på x-axeln, sedan talet för närmaste punkt på y-axeln. Punkt 1 i bilden får på detta sätt koordinaterna Y4 och X2 (4, 2). Punkt 2 får koordinaterna Y-3 och X-3 (-3-3).

Ett tvådimensionellt koordinatsystem har fyra kvadranter: första, andra, tredje och fjärde kvadrant.



Koordinatsystemets uppdelning med två axlar är:

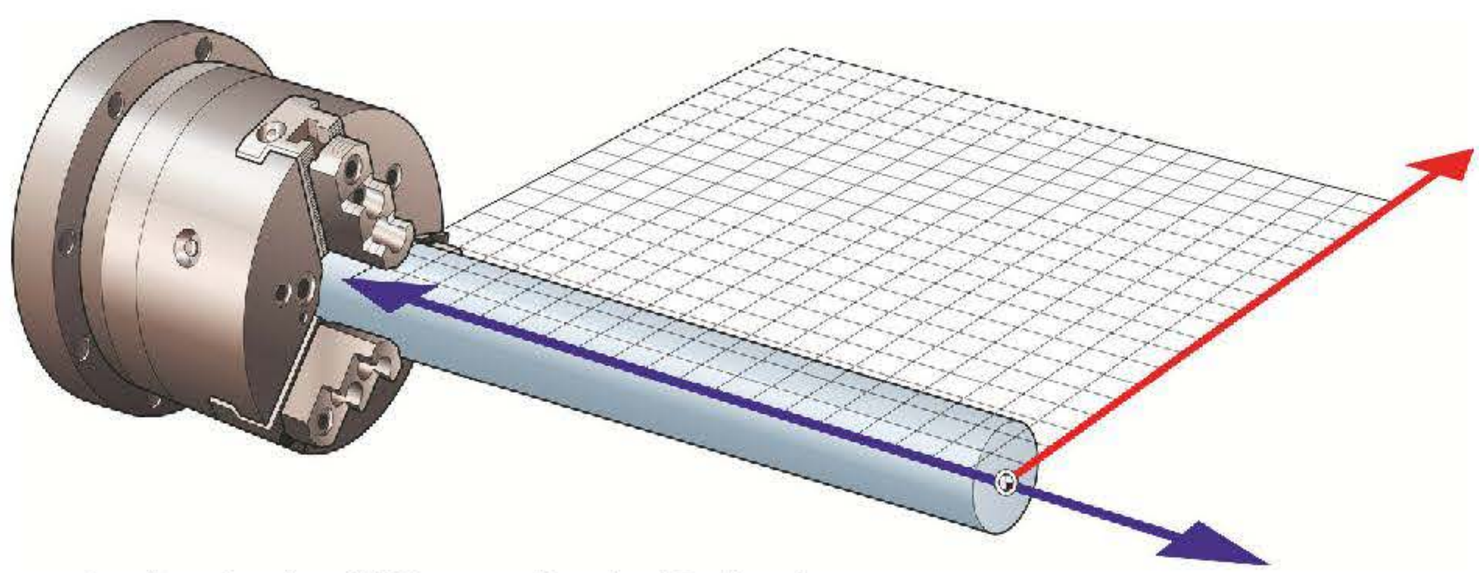
1:a kvadranten = X- och Y-värden positiva

2:a kvadranten = X-värdet negativt, Y-värdet positivt

3:e kvadranten = X- och Y-värden negativa

4:e kvadranten = X-värdet positivt, Y-värdet negativt

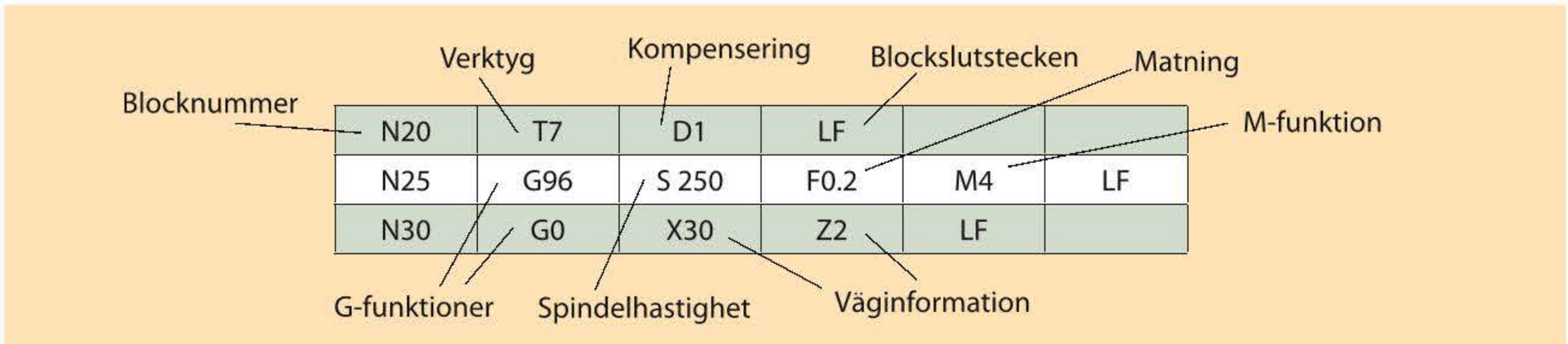
I de CNC-svarvar som vi använder oss av i boken sker i princip all bearbetning i första och andra kvadranten det vill säga med positiva X-positioner. Enda undantaget är vid avstickning av material.



Bearbetning i en CNC-svarv görs ofta i 2:a kvadranten.

Uttryck

När man läser manualer och instruktioner används ofta ett yrkesspråk som är viktigt att förstå. Man behöver också lära sig innebörden av vissa engelska ord som används för en del tangenttryckningar, exempelvis RESET (återställning) och EOB (End Of Block= blockslut/radslut). Viktiga ord som används är exempelvis block, adress och ord.



N30
Blocknumrering med tillhörande löpande blocknummer. Blocknumreringen används mestadels för att vid eventuella felmeddelanden i programmet snabbt hitta i vilken blockrad som programfelet finns. I äldre styrsystem måste varje programrad ha ett blocknummer. Numreringen angavs ofta i dessa fall med 10-numrering för att det skulle finnas möjlighet att infoga nya blockrader vid exempelvis programkorrigeringar. Det flesta nya styrsystem behöver ingen blocknumrering. I Siemens 810/840D läggs blocknumreringen till efter själva programinskrivningen om man så vill, och blocknumreringen kan då fritt väljas med exempelvis stegen 1,5 eller 10. I Fanuc används blocknumreringen för att beskriva var en konturbeskrivning börjar och slutar. Konturbörjan kan då programmeras med blocknummer 1 och kontursslutet med blocknummer 2. För övrigt behövs ingen numrering annat än för att lättare hitta i programmet.

G96
Benämns G-funktioner, vilket står för att det är en förberedande funktion, som anger hur styrsystemet ska arbeta, exempelvis med snabbförflyttning, linjärt, cirkulärt eller med väntetid. Koden är 2-siffrig men i de fall första siffran är en nolla kan den utelämnas. Det finns en ISO-norm för G-funktionerna, men man bör titta i respektive styrsystems manual för att vara säker på att använda rätt kod vid programmeringen. Flera G-koder kan programmeras i samma blockrad.

X30
X-tecknet tillsammans med ett siffervärde beskriver en väginformation som i en svarv anger en förflyttning i radiell riktning. Förflyttningen kan programmeras med såväl positiva som negativa värden (-). Vid förflyttning i positiv riktning skrivs vanligen inte plustecknet ut.

Z2
Z-tecknet tillsammans med ett siffervärde beskriver en väginformation som i en svarv anger en förflyttning i axiell riktning. Förflyttningen kan programmeras med såväl positiva som negativa värden (-). Vid förflyttning i positiv riktning skrivs vanligen inte plustecknet ut.

F0.2
Bokstaven F innebär programmering av matningshastigheten. Beroende på vilken matningstyp som har programmerats kan matningen anges i millimeter per varv eller millimeter per minut. I en svarv används oftast millimeter per varv.

S250
Bokstaven S tillsammans med ett siffervärde beskriver vilken skärhastighet i meter per minut eller spindelvarvtal i varv per minut som används. Vilken av dessa som är aktuell beskrivs av en av G-kod som programmeras i samma rad eller i tidigare blockrad. Vanligast är att de programmeras i samma blockrad, exempelvis G96 S250.

M4
M-funktioner är hjälpfunktioner till bearbetningen. Vanliga sådana funktioner är M-koder för exempelvis spindelstart och spindelstopp. De anges vanligen med två siffror men vid mera komplicerade maskiner räcker inte detta till så därför finns även M-funktioner som beskrivs med tre siffror.

T2
Med bokstaven T tillsammans med ett siffervärde programmeras verktygsanrop. Siffervärdet anger den plats som verktyget är uppsatt på i verktygsrevolvern. Tillsammans med detta programmeras även den plats i verktygsregistret som verktygslängderna är inskrivna i. Detta görs på olika sätt i olika styrsystem. I Fanuc anges det med ytterligare två siffror, exempelvis T0202. I Siemens anges det med ett D-värde, exempelvis D1

Blockslut - LF eller ;
Tecken som används för blockslut i Siemens och Fanuc. LF eller ; innebär att blockraden är slut. Markören för inknappning av ny rad flyttas då till nästa rad för inläsning av ett nytt block.

Block

Med **block** menas den information som behövs för att ett visst arbetsmoment ska kunna utföras. Den informationen utgör normalt en rad i programmet. Blocken eller raderna kan numreras, ibland görs det med automatik - ibland inte. De flesta styrsystem klarar sig utan blocknummer, men vid felsökning eller sökning i programmet kan de vara till stor hjälp. Blocknumreringen brukar oftast bestå av ett ord som börjar med en så kallad adressbokstav, till exempel N15. Varje block eller rad avslutas med ett tecken för radslut. Det kan vara olika för olika styrsystem. I Fanuc anges det med EOB, det vill säga **E**nd **O**f **B**lock och i Siemens med LF för **L**ine **F**eed.

Adress

Adress är ett tecken för identifiering. Z och M är exempel på adresser.

Ord

Ord är en grupp av tecken som består av adress, eventuellt förtecken (+ eller -) och ett siffervärde, exempelvis Z-12 eller M3.

Detaljprogram

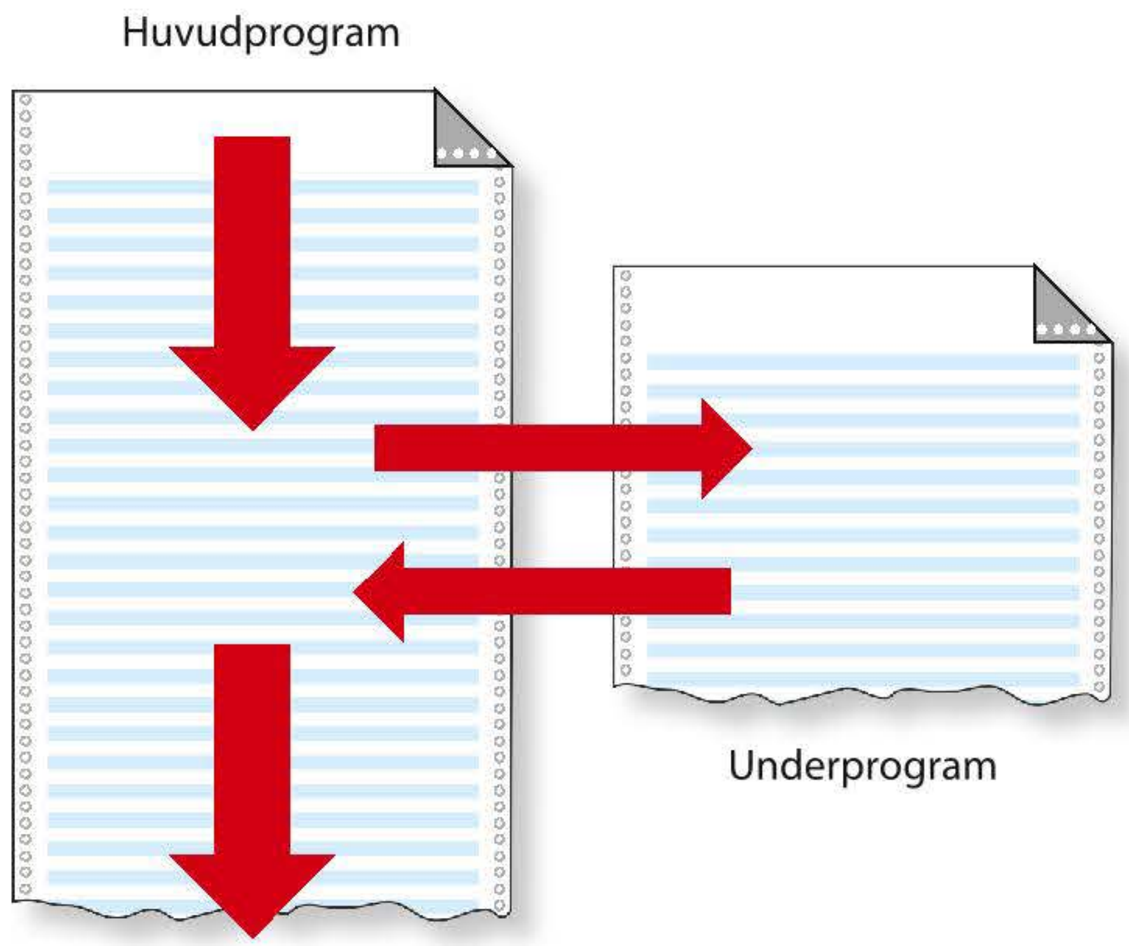
Detaljprogram, eller **huvudprogram** som det ibland kallas, avser vanligen ett komplett program som är framtaget för en viss detalj och innehåller den information som behövs för detta. Detaljprogrammet består av ett antal block och kan innehålla underprogram.

Underprogram

Ett **underprogram** anropas av huvudprogrammet och används ofta för att underlätta programmeringen av återkommande rörelser eller moment. Underprogram kan utföras flera gånger och i flera nivåer.

Även bearbetningscyklerna i Fanuc och i Siemens är exempel på underprogram. Ett underprogram kan avslutas på olika sätt beroende på vilket styrsystem man har.

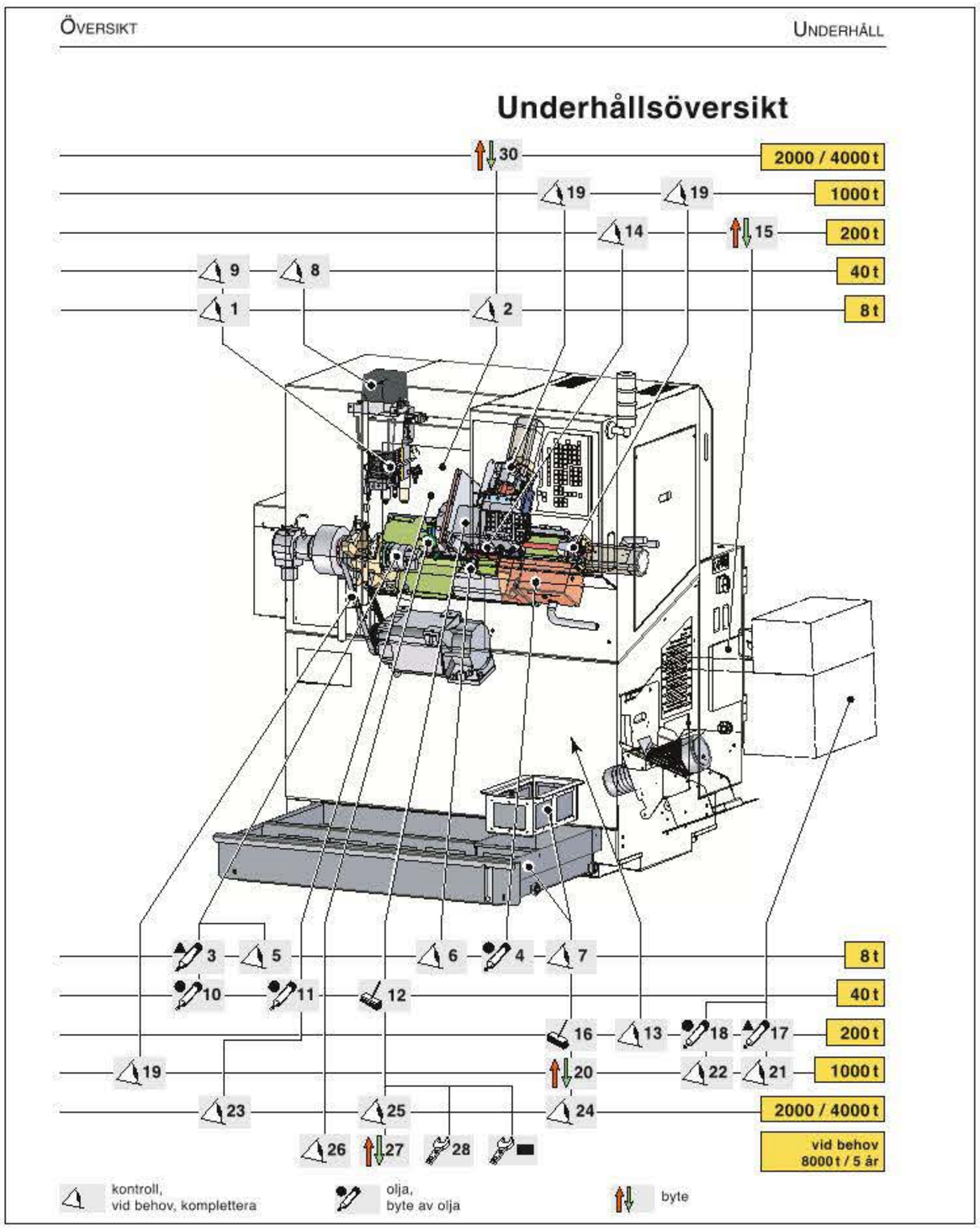
När hela underprogrammet har genomarbetats vid körningen återgår programkörningen till huvudprogrammet. Programexempel med underprogram finns längre fram i boken.



Blanketter och maskinmanualer

Maskinmanual

Maskinmanualen är mycket viktig för en CNC-operatör. Där finns beskrivet vad som är speciellt för maskinen, så som tangentfunktioner och tekniska data, exempelvis maximala varvtal och matningar. I manualen beskrivs också bearbetningsområde, verktygssystem och dimensioner för hållare samt längd, vikt och placering. Av manualen framgår också maskinkonfigurationen. Det kan röra användningen av manuell chuck eller automatisk invändig eller utvändig fastspänning.



Sida ur maskinmanual – Grafisk underhållsöversikt.

Maskintillverkaren använder sig ibland av specifika hjälpfunktioner, det vill säga M-koder, för inställningar av exempelvis chuck, pinol och dubbdocka. Montering och inställning av olika typer av chuckar, detaljhämtare och inkoppling av extern utrustning är andra saker som förklaras i manualen. En viktig del ägnas åt hur underhållet på maskinen ska utföras, var smörjställen sitter, vilka smörjmedelsfabrikat som ska användas och ISO-beteckningarna för dessa, tidsintervaller samt övrig skötsel av maskinen.

Blanketter

Det finns ett antal olika blanketter som används för framtagning av data för bearbetning och programmering samt inställning av maskinen. Exempel på sådana blanketter är tidsstudier, ställblad, beredningsblad, programmeringsblad med mera. Utformningen av blanketterna varierar från företag till företag.

Programblad

Sida nr.	1		
Detaljnamn	Exempel 1 - Ansatssvarvning	Ritningsnummer	
Detaljnr.		1	
Programnummer	Exempel_1	Namn	Sture Sahlström

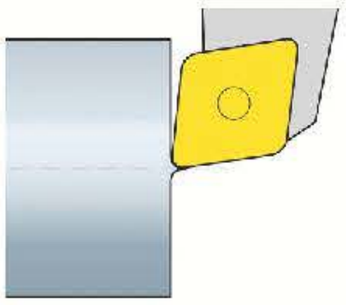
Blocknr.	Kommando	Beskrivning
N5	G54	Nollpunktsförflyttning
N10	G26 S3500	Varvtalsbegränsning till 3500 varv/minut
N15	G00 G53 X200 Z300 D0	Förflyttning till verktygsväxlingsposition
N20	T1 D1	Verktygsanrop med kompensering D1
N25	G96 S250 F0.25 M4	Skärdatablock med spindelstart-moturs
N30	G00 X44 Z0	Positionering för planing
N35	G01 X-2	Planing till X-2 med matning F.025
N40	G00 X36 Z2	Positionering för längdsvarning - Ø36
N45	G01 Z-24.9	Längdsvarvning med matning F0.25
N50	X40	Plansvarvning till Ø40 med matning F0.25
N55	G00 G53 X240 Z00 D0	Förflyttning till verktygsväxlingsposition
N60	T3 D1	Verktygsanrop - byte för finbearbetning
N65	G96 S315 F0.13 M4	Ny skärdata för finbearbetningen
N70	G00 X35 Z2	Positionering för finbearbetningsskär
N75	G01 Z-25	Axiell finbearbetning med matning F0.13
N80	X40	Radiell finbearbetning
N85	G00 G53 X240 Z300 D0	Förflyttning till verktygsväxlingsposition
N90	M30	Programslut

Man kan även använda sig av en blankett för programmeringen när denna utförs manuellt, det vill säga då programmet först skrivs på ett papper och sedan skrivs in via dator eller styrsystem.

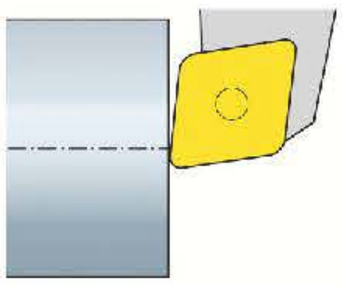
Programmeringsblanketterna kan du hitta i Plustjänsten som hör till utbildningspaketet. Där kan man skriva ut blanketter som fylls i manuellt. Det är då viktigt att skriva tydligt så att inga feltolkningar görs när de sedan skrivs in i styrsystemet.

Programmering

Origo, det vill säga skärningspunkten för de båda axlarna, programmeras med X0 och Z0. Förflyttning i X-led programmeras alltid i en svarv med diametermått. I de allra flesta fall sker också all bearbetning på den positiva X-sidan, det vill säga med positiva positionsangivelser i programmet. Ett vanligt undantag är vid planing av en detalj där det ofta förekommer negativa X-värden, till exempel X-2. Anledningen till detta är att man måste svarva minst till verktygsskärets radiecentrum för att det inte ska bli en spets kvar efter planingen.



Vid planing till X0 blir det en tapp kvar, som är lika stor som radien på vändskäret.



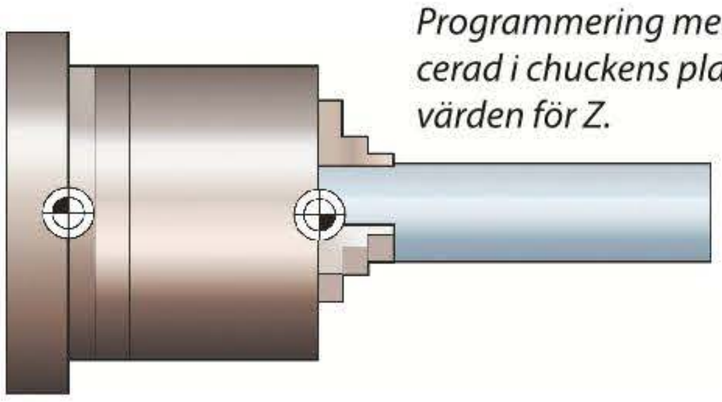
För att undvika en tapp görs planingen till en X minusposition som är minst lika stor som dubbla nosradien.

Vid programmering av Z-positioner däremot programmeras såväl positiva som negativa Z-värden. Hur värdena används beror på hur detaljens nollpunkt har placerats på detaljen, se de två följande exemplen.

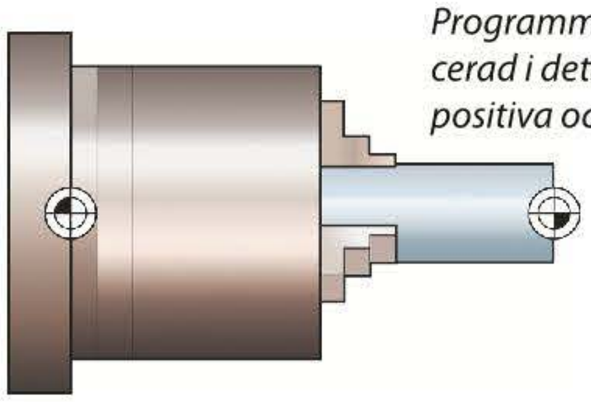
För att kunna översätta ritningar till koordinater krävs att CNC-operatören förstår hur talen är placerade i koordinatsystemet såväl i positiv som i negativ riktning.

Detaljens nollpunkt

Det är viktigt att veta hur man kan placera koordinatsystemets origo på detaljen, det vill säga detaljens nollpunkt. Operatören eller programmeraren väljer oftast att placera koordinatsystemets origo i arbetsstyckets framkant eller baksida, oberoende av hur detaljens mått är utsatta på ritningen. Genom att operatören alltid vet hur origo är placerad minskas risken för fel vid programmering och bearbetning.



Programmering med nollpunkten placerad i chuckens plan ger alltid positiva värden för Z.

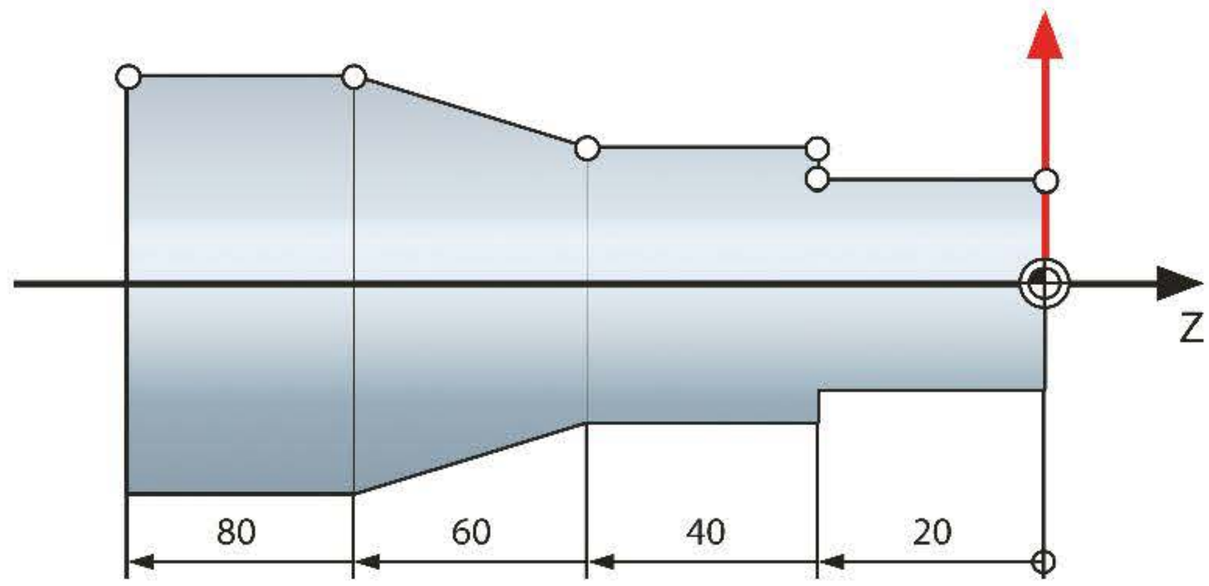


Programmering med nollpunkten placerad i detaljens främre plan ger både positiva och negativa värden.

Absolut programmering

Programmeringen av verktygsförflyttningen i maskinen kan göras på i huvudsak två olika sätt.

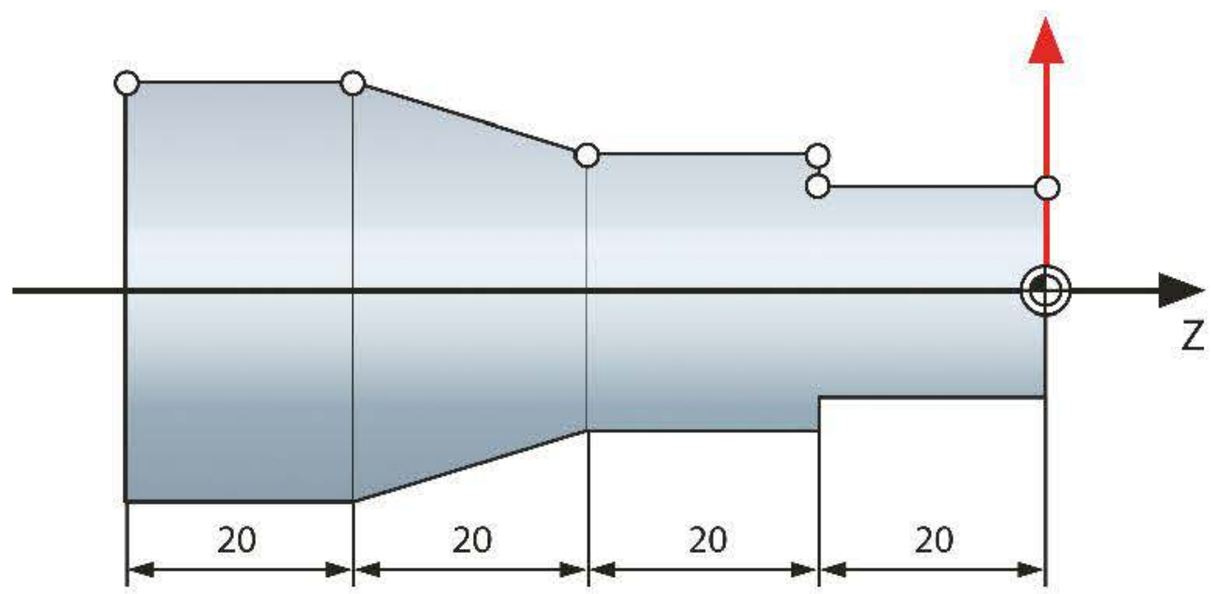
I de fall man anger positioner och förflyttningar i programmet med utgångspunkt från detaljens origo (nollpunkt) så kallas programmeringssättet **Absolut programmering**. Det är vanligast förekommande i CNC-tekniken. Det är också det programmeringssätt som är förvalt när CNC-maskinen startas upp. Programkoden för absolut programmering är G90. Positionerna i koordinatsystemet programmeras med X- och Z-värden.



Exempel med absolut programmering.

Inkremental programmering

Om man inte vill att positionerna ska utgå från detaljens nollpunkt som sker vid absolut programmering så använder man sig av **Inkremental programmering**" Det innebär att man i programmet endast skriver ut den förflyttning som ska göras ifrån den föregående punkten. Det inkrementala programmeringssättet används ibland när man beskriver var cirkelcentrum är placerat tillsammans med programmering av en cirkulär rörelse. Cirkelcentrumets position i förhållande till startpunkten beskrivs då med I och K-koordinater, som är en inkremental beskrivning av hur cirkelcentrumet är placerat, och adresserna används inte i något annat fall.



Exempel med inkremental programmering.

I såväl Fanuc som Siemens finns möjlighet att blanda absoluta och inkrementala koordinater i samma blockrad. I Fanuc anges detta med förflyttningens värde tillsammans med adressen U eller W. Adress U anger en inkremental förflyttning i X-riktning och W anger en inkremental förflyttning i Z-riktning.

För Siemens programmeras motsvarande inkrementala förflyttningar med X=IC(..) och Z=IC(..) där förflyttningens storlek programmeras inom parantesen. IC anger i detta fall en förkortning av de engelska orden **I**ncremental **C**oordinates.

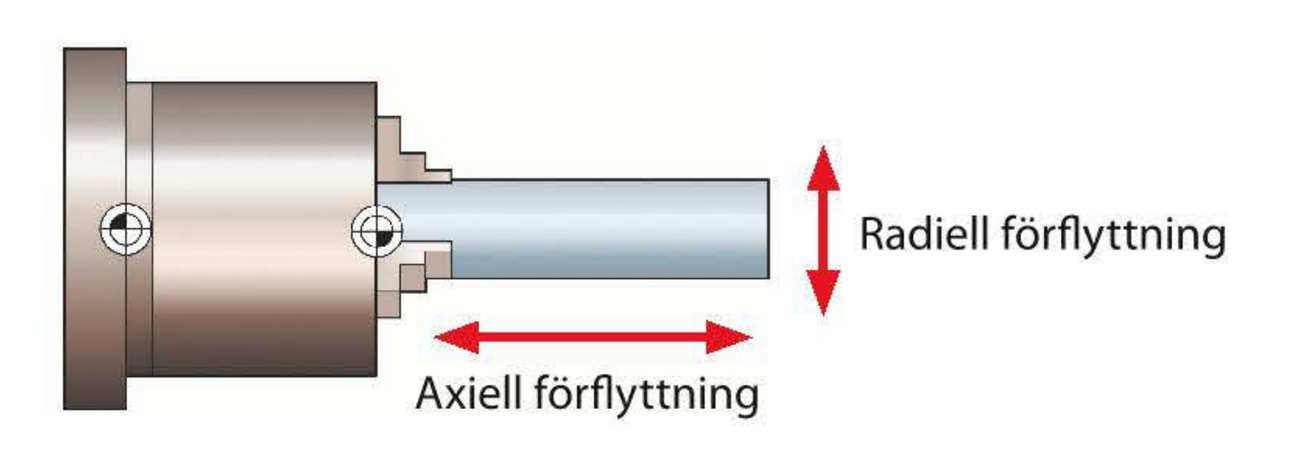
I den här bokens exempel kommer vi att placera detaljens nollpunkt i dess framkant, det vill säga så att all bearbetning i materialet kommer att utföras med negativa Z-värden.

Positionsangivelser

Tillsammans med adresserna X och Z skrivs positionen in i programmet. Rörelseriktningen beskrivs med förtecken (+ eller -). Vanligen anges inte positivt förtecken (+) i programmering för vägbeskrivningen, det vill säga när inget tecken är angivet är det ett positivt förflyttningsvärde.

Radiell förflyttning

Rörelseförflyttning eller positionering för svarvning i X-led är alltid den riktning som är riktad radiellt mot arbetsstycket och *anges alltid med diametermått*. Centrum på spindelnosen eller detaljen har X-positionen 0.



Axiell förflyttning

Rörelser/positioneringar i axiell riktning, det vill säga från eller mot chucken, programmeras med Z. Riktningen på koordinatangivelsen beror på hur detaljens nollpunkt är placerad. Är den placerad i detaljens framkant görs all bearbetning i detaljen med negativa Z-värden. Är den däremot placerad i detaljens bakkant närmast chucken görs bearbetningen med positiva Z-värden,

Information innan programmering

Följande faktorer bör vara bestämda innan man börjar skriva ett program för bearbetningen. Givetvis kan man även göra det i annan ordning men vid programmering bör man ha en struktur så att man själv vet att alla funktioner/instruktioner finns med i programmet.

- Nollpunktsförflyttningen ska vara bestämd och värden för detta ska vara införda i nollpunktsregistret.
- Verktygen ska vara uppsatta i maskinen och verktygslängderna inskrivna i verktygsregistret.
- Typ av ämne, exempelvis stång eller färdigkapat ämne.
- Uppspänning av råämnet.
- Ytjämnhetskrav och toleranskrav.
- Lämpliga startvärden för skärhastigheter och matningar.

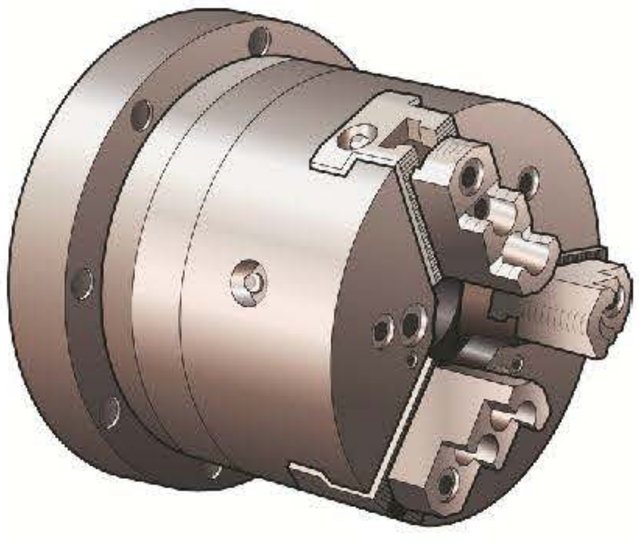
Värden för nollpunktsförflyttning och verktygslängder kan göras efter programmeringen, men det är viktigt att ha en struktur på arbetsgången så att inga moment missas innan testkörning och bearbetning.

Uppspänning av arbetsstycket

Uppspänningen av detaljerna beror på vilken typ av material arbetsstycket består av. Ofta görs bearbetningen från en stång som kan vara upp till 6 meter lång och matas fram genom ett stångmagasin, som styr upp stången fram till spindelröret på svarven.

Stångmagasin för frammatning av material

I dessa fall kan man använda en så kallad 3-backschuck med hårda (härdade) backar med slipade gripspår som spänner om detaljen med stor kraft. Dessa backar används om hela ytan på detaljen ska bearbetas och eventuella ”spännmärken” försvinner i nästa bearbetningstempo, eller om de inte har någon betydelse.



Kraftspännchuck med härdade backar.

Om den yta som chucken spänner över inte ska svarvas ytterligare kan man använda en chuck med hylsor (hylschuck) eller en 3-backschuck med **mjuka** backar. Mjuka backar är ohärdade stålbackar som kan svarvas till samma diameter som arbetsstycket, och de ger därför inga gripmärken på den färdiga detaljen.

Hylschuck

Metodval

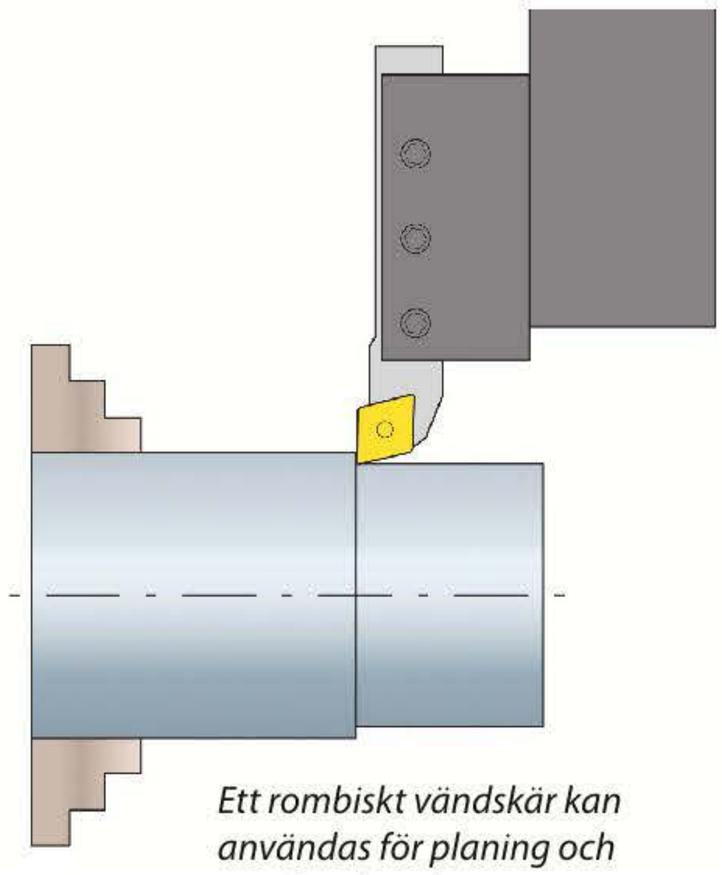
Vid bearbetning av ett litet antal detaljer kan man spänna upp ett arbetsstycke som är längre än den färdiga detaljen och efter svarvning ”sticka” av den i rätt mått med ett avsticksstål.

Nackdelen med det är att ”restbiten” oftast inte kan användas till något utan måste kasseras. Metodvalet avgörs ofta av vilket antal detaljer som ska bearbetas samt vilken utrustning som finns till maskinen.

Verktygsval

Verktygsval – allmän svarvning

När man väljer verktyg vid svarvning så avgörs det i första hand av om det är grov- eller finsvarvning som ska utföras.



Ett rombiskt vändskär kan användas för planing och grovbearbetning.

Grovsvarvning

Grovsvarvning handlar oftast om att ta bort material på så kort tid som möjligt. Man måste dock alltid tänka på maskinens stabilitet och uppspänning när man väljer verktyg. I skärdatafabrikanternas handböcker och *Verkstadshandboken* kan man se vilka typer av verktyg som används för olika svarvtempon.

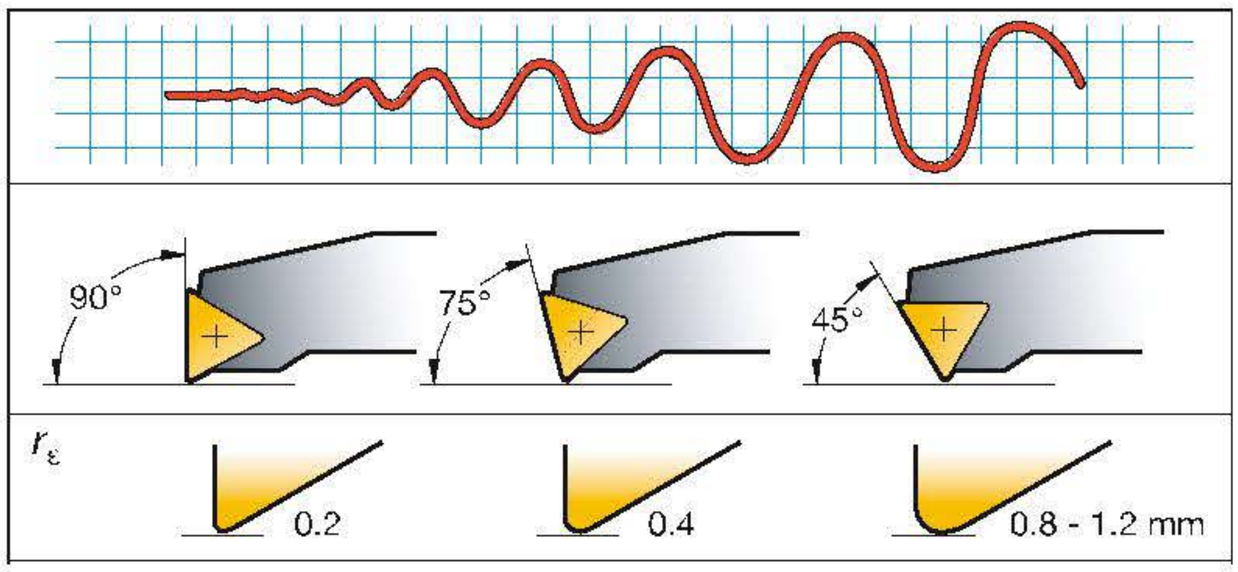
Vid grovsvarvning lämnas en finbearbetningsmån kvar, för finsvarvning till färdigt mått. Storleken på detta material varierar beroende på hur skärverktyget är utformat. I X-riktning brukar man lämna mellan 0.5 – 1 mm och i Z-riktning 0.05-0-1 mm i finbearbetningsmån.

Vändskär

Det mesta av grov- och finbearbetningen för den typ av bearbetning som beskrivits här görs med skärverktyg av hårdmetall där själva skärplattan är utbytbar, så kallade *vändskär*. Namnet kommer från att plattan kan vändas så att flera skärspetsar kan användas på varje vändskär. Antalet skärspetsar beror på om skärplattan är enkelsidig eller dubbelsidig.

Vändskären finns också med olika radier i själva skärspetsen. Nosradien som den kallas finns i standardiserade utföranden där de vanligaste inom grov- och finbearbetning är 0.4 och 0.8 millimeters nosradie.

Nosradiens storlek har betydelse för bearbetningen exempelvis där risken för vibrationer är en faktor som måste tas hänsyn till.

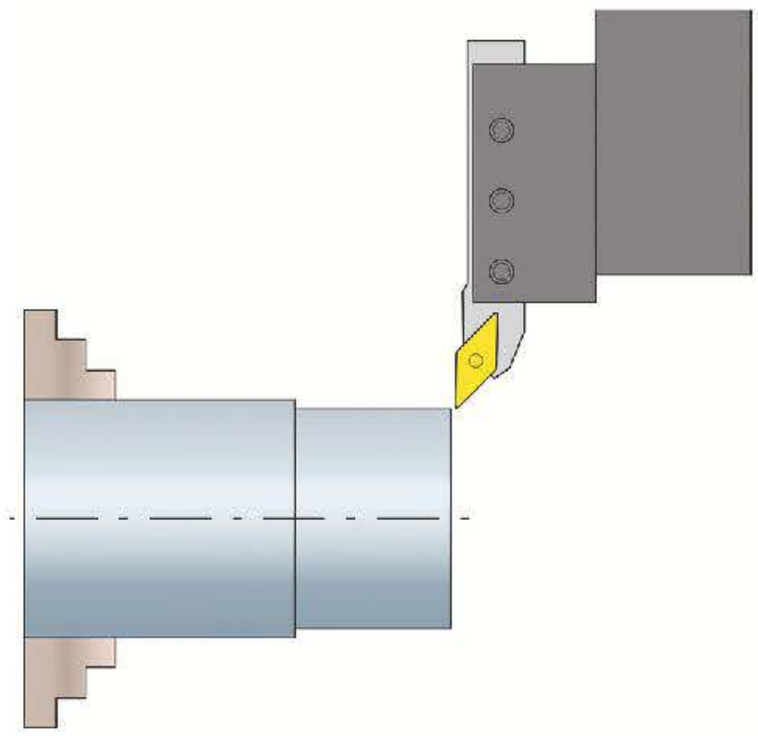


Mindre risk för vibrationer *Ökad risk för vibrationer*

Finsvarvning

Finsvarvning innebär att ytan bearbetas med ytterligare ett verktyg efter grovsvarvningen. Skärdjup och matning anpassas för detta tempo, så att rätt tolerans och ytjämnhet uppnås.

Jämfört med grovsvarvningen utförs finbearbetningen vanligen med skärverktyg med annan ställvinkel, det vill säga med verktyg som är något spetsigare och med positivare skärvinklar. Dessa skärverktyg är avsedda för mindre skärdjup, och rekommendationerna för skärhastighet och matning i kombination med nosradien ger önskad ytjämnhet på detaljen.



Skärdata

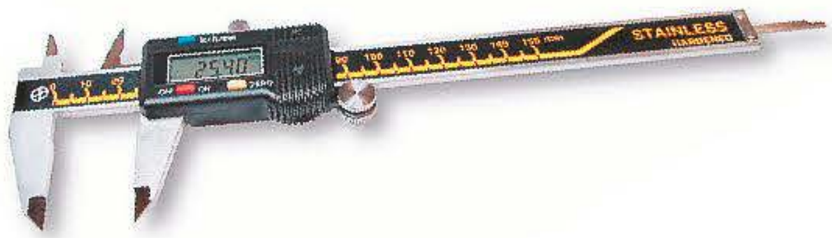
När verktygsvalet är gjort kan du ta fram all skärdata för samtliga verktyg till bearbetningen. Använd handböckernas rekommendationer som startvärden vid programmeringen. Tänk på att materialet på detaljen som ska svarvas är direkt avgörande för all bearbetning. Skärdatafabrikanterna har i sina kataloger noggranna anvisningar för skärhastigheter, matningar samt korrigeringar för olika faktorer. Efter testkörning kan du förändra värdena så de anpassas till din bearbetning.

Mätningar f_n mm/varv, max

Ytjämnhet		Nosradie r_c mm	
Ra µm	**H µm**	**0,4**	**0,8**
0,4	2,2	0,06	0,08
0,8	4	0,08	0,11
1,6	8	0,11	0,16
3,2	12,5	0,16	0,23
6,3	25	0,22	0,32
8	32	0,25	0,35
12,5	50	0,32	0,44
16	63	0,36	0,50
25	100	0,45	0,63

Mätning

Du ska välja en mätmetod som uppfyller de toleranskrav som finns på ritningen. Räcker skjutmått, mikrometer eller krävs någon annan mätmetod? Det viktigaste är att mätverktyget kan mäta de mått och toleranser som anges på ritningen. Man använder dock inte en mikrometer för att mäta mått med toleranser på exempelvis 1 mm.



Programstruktur

Programmeringen bör vara strukturerad så att även en operatör som inte skrivit programmet kan hitta i det vid en eventuell felsökning. Det finns färdiga programmeringsblanketter, som man kan använda, men i dem saknas ofta kolumner för specifika alternativ eller så kommer de i fel ordning vid inskrivningen. Därför kan vanligt rutat papper ofta vara ett bra alternativ.

Verktygsbyte

Verktygsbyte till verktyg som är placerat på plats nummer 2 i verktygsrevolvern kan programmeras exempelvis på följande sätt:

Fanuc

N…	
N… G28 U0 W0	*Frånkörning till "säker" verktygsbytesposition*
N… (===== GROVBEARB.)	*Informationsrad*
N… T0202 (SKRUBBSTAAL)	*Verktygsanrop*
N… G96 S300 F0.25 M4	*Skärdatablock samt spindelstart*
N… G0 X… Z …	*Positionering för bearbetning*
N…	

Siemens

N…	
N… G0 G53 X240 Z300 D0	*Frånkörning till "säker" verktygsbytesposition*
N… ; =======GROVBEARB.	*Informationsrad*
N… T2 D1 ; SKRUBBSTAAL	*Verktygsanrop*
N… G96 S300 F0.25 M4	*Skärdatablock samt spindelstart*
N… G0 X… Z …	*Positionering för bearbetning*
N…	

Informationstext

Förklarande text kan göras i båda styrsystemen. I Fanuc sätts texten inom parentes och i Siemens efter ett semikolon (;) i blocket. Se de båda programexemplen här ovan. Förklarande texter eller informationsrader gör det lättare att korrigera eller felsöka i programmet.

Koderna i blocken bör vara strukturerade så att man själv och kollegor vet var de finns exempelvis:

N… G0 G41 G64 X12 Z0 M8

Det vill säga: Börja med att skriva in G-koderna, gärna i nummerordning och därefter X- och Z-position samt därefter eventuella hjälpfunktioner.

Programmeringsföljd

Arbeta strukturerat

Vid programmering av ett bearbetningsprogram är det viktigt att arbeta strukturerat så att alla nödvändiga moment kommer med.

Tempoföljd

Vid tillverkning av en detalj i såväl en vanlig konventionell svarv som i en CNC-maskin måste man bestämma hur och i vilken ordning de olika svarvtempona ska göras. Börja med att dela upp hela bearbetningen i olika tempo, till exempel:

Tempo 1	Planing.
Tempo 2	Grovsvarvning utvändigt.
Tempo 3	Borrning av hål.
Tempo 4	Invändig grovsvarvning.
Tempo 5	Invändig finsvarvning.
Tempo 6	Utvändig finsvarning.

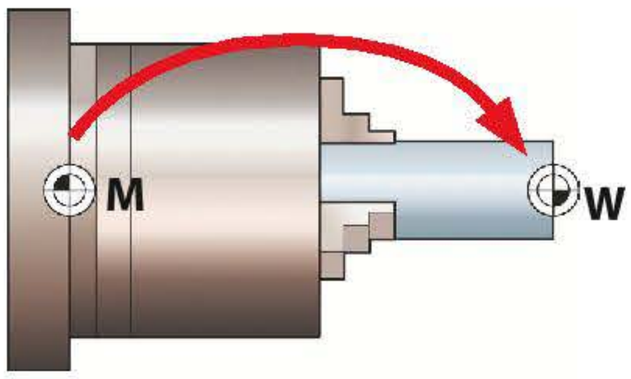
Lägg märke till att all grovsvarvning sker först. Detta på grund av risken för att detaljen vid grov bearbetning kan ändra läge i fastspänningen.

När operationsföljden är bestämd så kan du välja verktyg till varje tempo. Fyll i en verktygslista med placering i verktygsrevolvern och beräkna skärdata för varje verktyg.

Programmering i tio punkter

De olika stegen vid programmeringen kan sammanfattas i 10 punkter.

1. Nollpunktsförflyttning. Skriv in koderna för placering av detaljens nollpunkt. Kod för Siemens är exempelvis G54 . I Fanuc flyttas nollpunkten efter inskrivning av värde i Work Shift-registret.



M = Maskinens nollpunkt
W = Detaljens nollpunkt

2. Varvtalsbegränsning. Skriv in koden för varvtalsbegränsning. Kod för Fanuc är G92 och Sxxxx. Kod för Siemens är G26 Sxxxx, alternativt LIMS=xxxx.

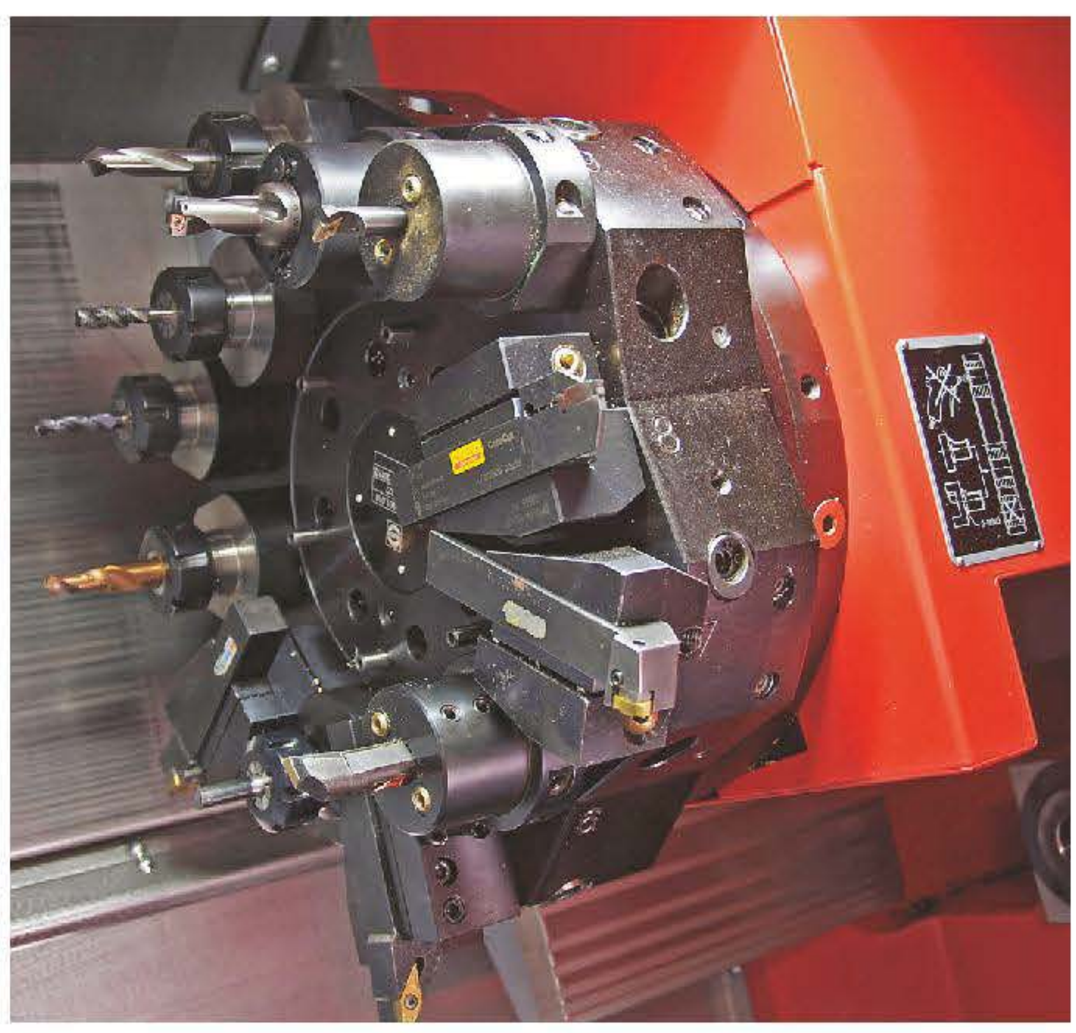
3. Verktygsväxlingspunkt. Verktyget ska förflyttas till en verktygsväxlingspunkt vid byte till annat verktyg. Programmera alltid förflyttningen av verktygen till en ”säker” plats så att varken verktyg eller material skadas vid växlingen. Kod för Fanuc kan vara G28 U0 W0. Kod för Siemens kan se ut på följande vis: G0 G53 X240 Z300 D0.

Fanuc

Punkt 1 Programmeras ej finns förberett
Punkt 2 N5 G92 S3500
Punkt 3 N10 G28 U0 W0
Punkt 4 N15 T0303
Punkt 5 N20 G96 S300 F0.25 M04
Punkt 6 N25 G00 X44 Z0
Punkt 7 N30 G01 X-2 (All bearbetning med det här verktyget slutförs).
Om nytt verktyg ska användas sker ny verktygsväxling enligt punkt 3, blir nu punkt 8
Punkt 8 N... G28 U0 W0
Punkt 9 Efter verktygsväxling upprepas punkterna 5–8 men med nya X- och Z- värden.
Punkt 10 N... M30 (programslut)

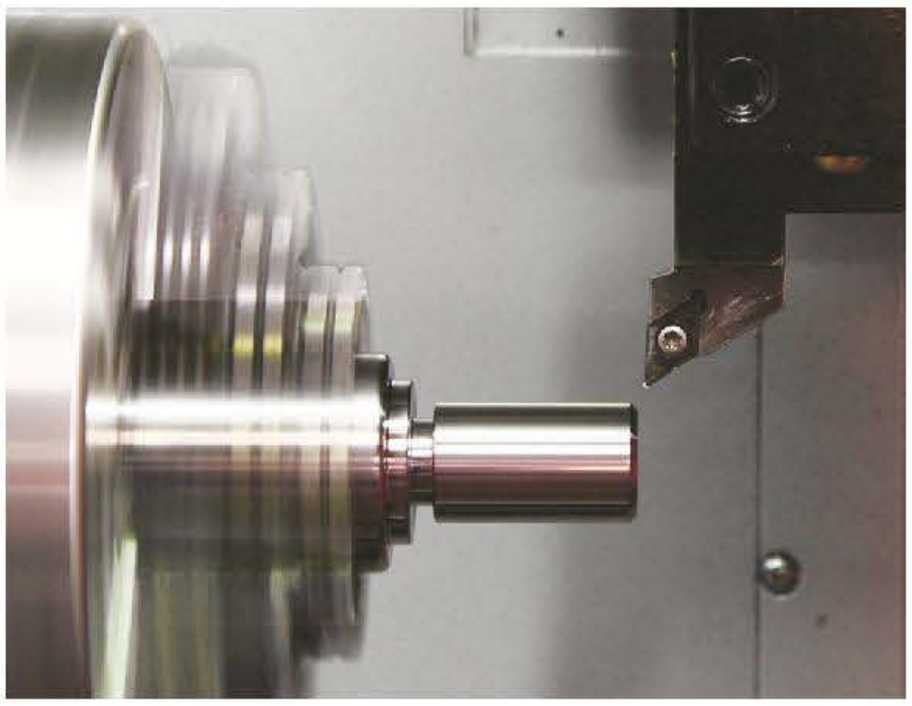
4. Verktygsanrop. Programmera in ett verktygsanrop så att verktyget växlas fram. Ange också i vilket verktygsregister som verktygslängderna finns lagrade. Kod för Fanuc kan vara T0101 och för Siemens T1 D1.

5. Skärdatablock med rotationsstart. Nästa steg är att programmera skärhastighet alternativt varvtal, matning samt spindelstart och eventuell skärvätsketillförsel. Block för skärdata för Fanuc och Siemens är exempelvis G96 S300 F0.25 M4.



Verktygsrevolver

6. Positionering. Nu programmeras första snabbförflyttningen (G00) av det aktiva verktyget till en position utanför detaljen. Från denna position bearbetar sedan verktyget materialet. Kod för Fanuc och Siemens är exempelvis G0 X44 Z0.



Positionering med finsvarvningsstål.

7. Bearbetning. All bearbetning som ska göras med det aktiva verktyget utförs. Bearbetningen följer den operationsbeskrivning som du gjort. Kod för Fanuc och Siemens kan se ut på följande vis G1 X-2.

8. Positionering för verktygsbyte. Programmera en snabbförflyttning till en ”säker” verktygsväxlingsplats. Se punkt 3.

9. Efter detta **upprepas steg 4–8,** det vill säga från verktygsanrop till positionering för verktygsbyte. Steg 4–8 upprepas det antal gånger som man har kallat på olika verktyg i programmet.

10. Programslut. Till sist programmeras koden för programslut, det vill säga M30.

Ordningsföljden kan i vissa fall ändras eller läggas ihop i en blockrad. I början av din utbildning kan du använda mallen för att försäkra dig om att alla programmeringsmoment kommer med. Längre fram i utbildningen kan andra moment tillföras i mallen.

Siemens

Punkt 1 N5 G54

Punkt 2 N10 G26 S3500

Punkt 3 N15 G00 G53 X240 Z300 D0

Punkt 4 N20 T3 D1

Punkt 5 N25 G96 S300 F0.25 M04

Punkt 6 N30 G00 X44 Z0

Punkt 7 N35 G01 X-2 (All bearbetning med det här verktyget slutförs). Om nytt verktyg ska användas sker ny verktygsväxling enligt punkt 3, blir nu punkt 8

Punkt 8 N... G00 G53 X240 Z300 D0

Punkt 9 Efter verktygsväxling upprepas punkterna 5–8 men med nya X- och Z-värden.

Punkt 10 N... M30 (programslut)

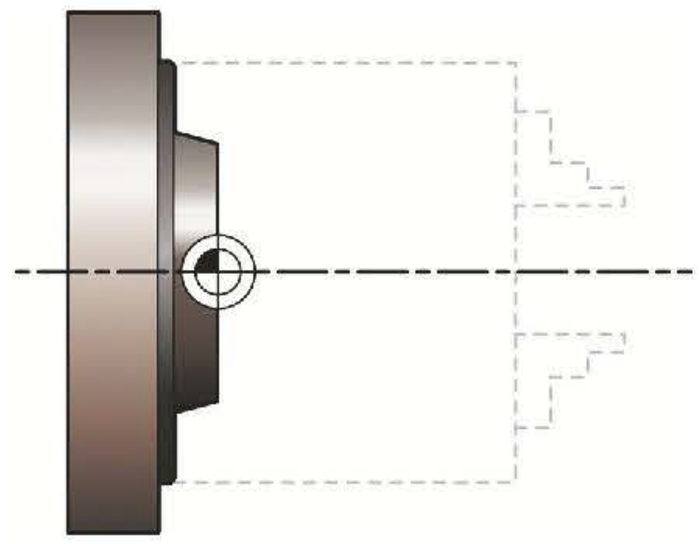
Kortfattad beskrivning av punkt 1 – 10

1 Nollpunktsförflyttning

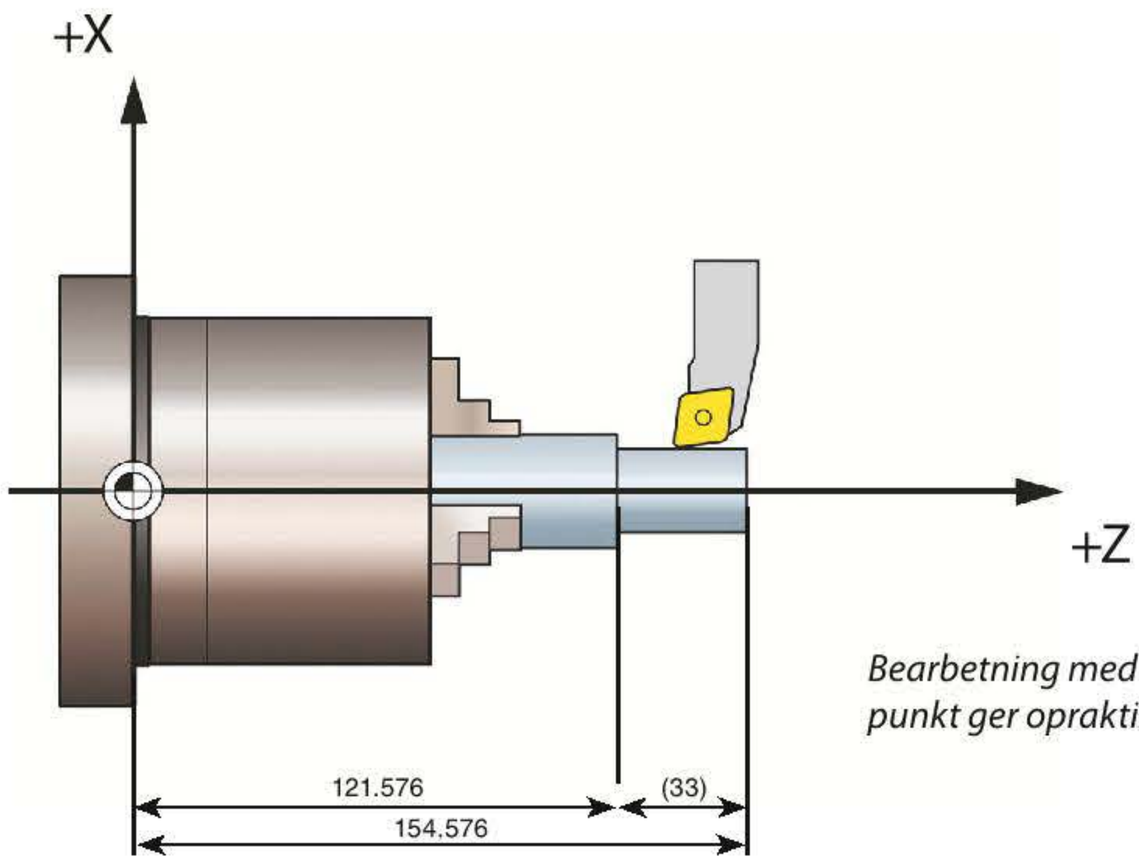
Den viktigaste positionen på en CNC-svarv är maskinens *nollpunk*t. Det är den position som alla andra positioner utgår ifrån. Maskinens nollpunkt är placerad i centrum och på spindelnosen.

Maskinens nollpunkt är bestämd av maskintillverkaren och är inte flyttbar.

När man placerar ett koordinatsystem i den punkten så ser axelriktningarna ut som figuren visar.



Maskinens nollpunkt ligger i spindelnosen.

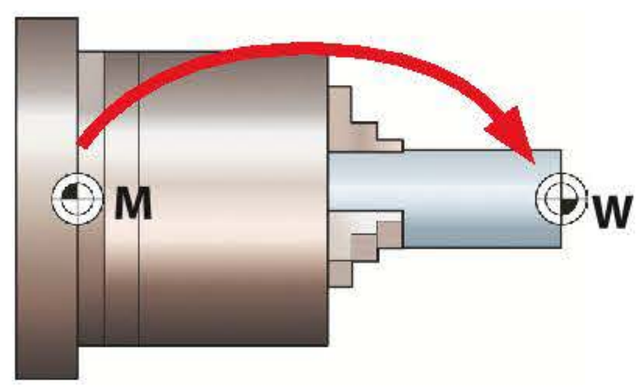


Bearbetning med utgångspunkt från maskinens nollpunkt ger opraktiska programmeringsmått i Z-riktning.

I den här boken behandlar vi bara X- och Z-axeln för svarvar. I mera avancerade maskiner kan det finnas många fler axlar, exempelvis C och Y som används för positionering av spindeln samt för fräsning i svarven. Det är emellertid opraktiskt att programmera med alla förflyttningar utgående från maskinens nollpunkt. Därför görs en förflyttning av koordinatsystemet till ett ställe där det är enklare att programmera de Z-positioner som behövs vid bearbetningen. Den här förflyttningen av koordinatsystemet kallas *nollpunktsförflyttning* och kan göras på två olika sätt: genom att anropa en kod i programmet eller genom att skriva in förflyttningens värde i ett register. Det senare kallas vanligen *nollpunktsregister*. Ofta görs en kombination av dessa genom att värden skrivs in i registren och värdet anropas genom en kod i programmet.

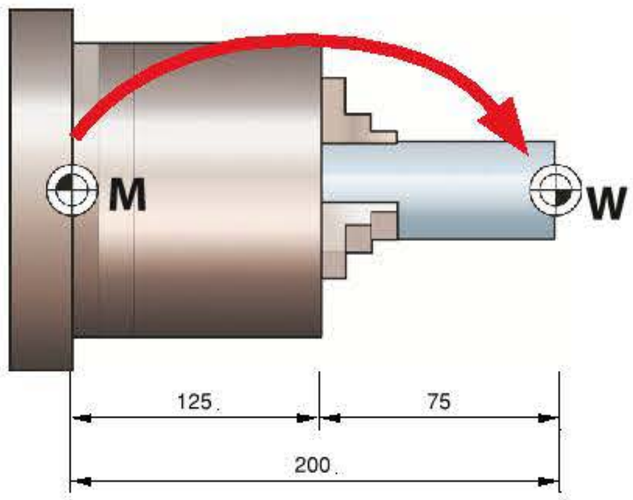
Efter nollpunktsförflyttningen är koordinatcentrum förflyttat ut till detaljens högra sida som figuren visar.

I registret finns utrymme för en eller flera förflyttningar beroende på vilket styrsystem som maskinen är utrustad med.



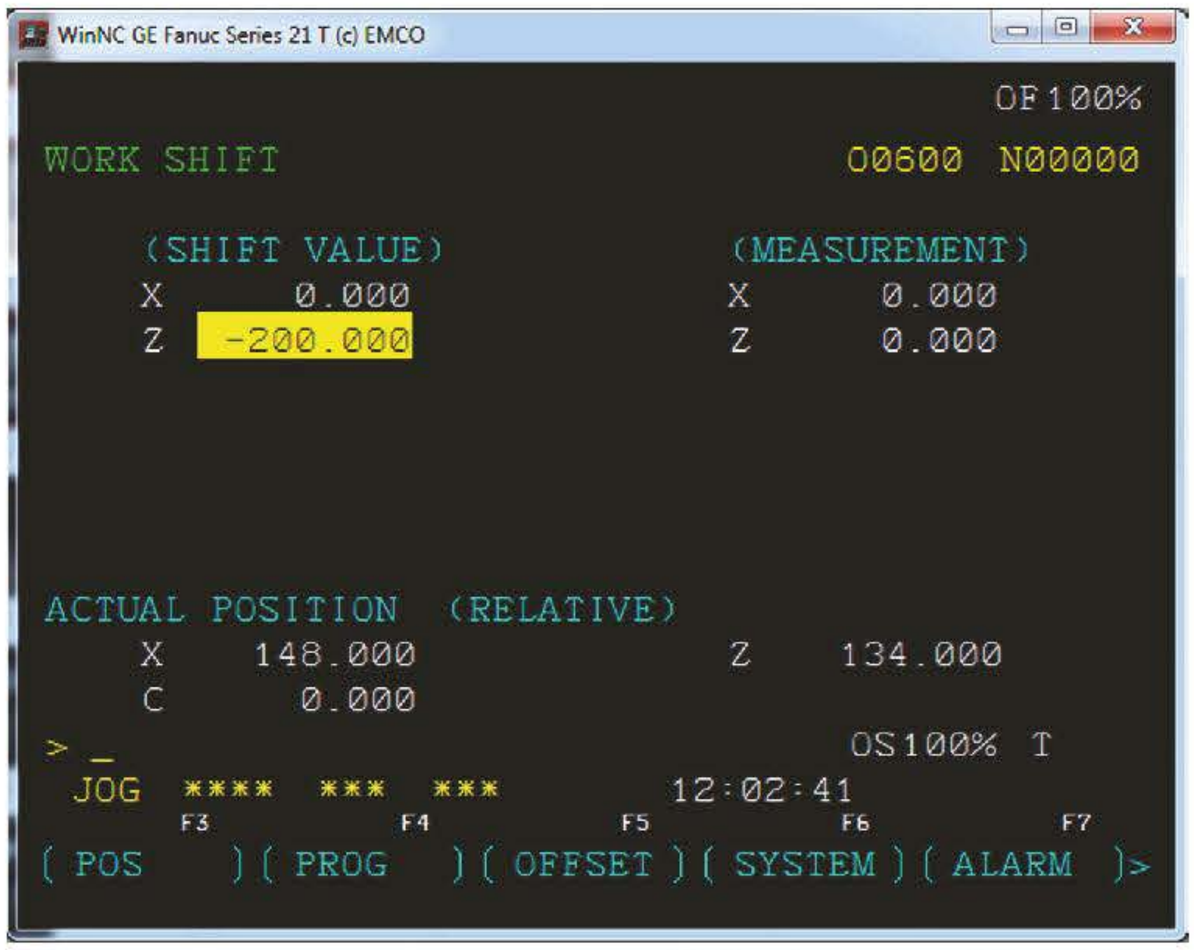
Nollpunktsförflyttning.
M = Maskinens nollpunkt
W = Detaljens nollpunkt

Fanuc



Man kan i Fanuc utföra nollpunktsförflyttningen på flera sätt. Det vanligaste är att man i nollpunktsregistret, som kallas WORK SHIFT, skriver in värdet (koordinaterna) dit man vill förflytta detaljens nollpunkt. Observera att i Fanuc anges avståndet från detaljens nollpunkt till maskinens nollpunkt med ett minusvärde (-), se figur.

Avståndet anges med ett negativt värde som skrivs in i registret. När man bekräftar värdet med Input-tangenten ändras positionssiffrorna på bildskärmen direkt. Nollpunktsförflyttningen behöver därför inte programmeras med någon kod i programmet.



Nollpunktsregister (Work Shift)

Ett annat sätt att utföra nollpunktsförflyttningen är att läsa in värdet till nollpunktsregistret (WORK SHIFT) med hjälp av koder i programmet. I dessa fall används koden för datainläsning (G10). Parametern P0 anger att inläsningen ska ske till nollpunktsregistret (Work Shift). Till slut anger man till vilken axel inläsningen ska ske och med vilket värde, exempelvis Z-145. En komplett inläsning kan se ut på följande vis.

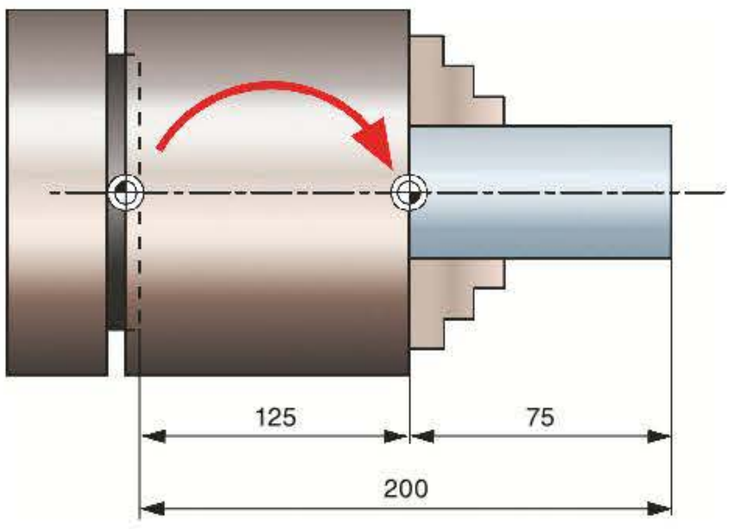
Exempel med nollpunktsinläsning

N5 G10 P0 Z-145

N10 …

Observera att när inläsningen är gjord så förändras positionsangivelserna på samma sätt som med den förra metoden, det vill säga alla positionsvärden visas utifrån den nya nollpunkten. Inläsningen av nollpunktsförflyttningen på det här viset bör därför ligga i början av programmet. Metoden är även lämplig att använda om man har behov av att flytta nollpunkten mitt i programmet.

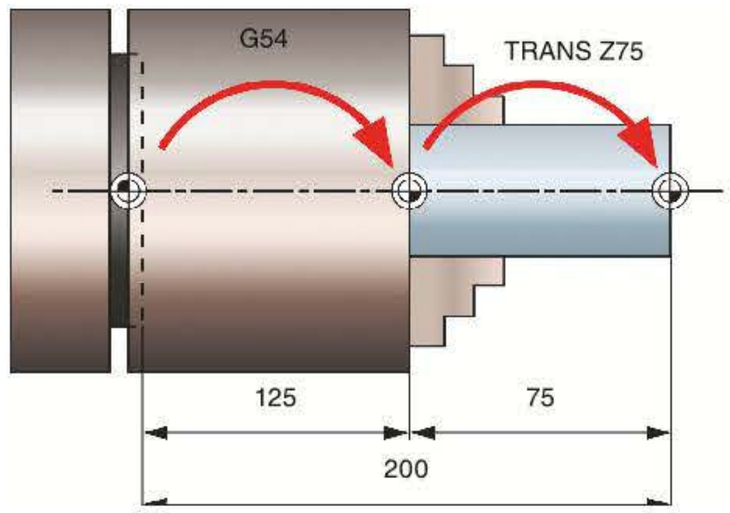
Siemens



För Siemens finns fyra fasta alternativ att flytta nollpunkten genom inskrivning av värden i nollpunktsregistret. Dessa värden hämtas fram genom programmering av koder/adresser i programmet. Dessa koder är G54, G55, G56 och G57.

Vid svarvning i 2-axliga (X och Z) svarvar är det vanligt att man placerar nollpunkten vid planet på chucken eller mot backarna.

För att underlätta programmeringen kan man i programmet göra ytterligare en nollpunktsförflyttning ut till detaljens högra ände, med hjälp av en förflyttning som programmeras med ordet TRANS. Vid programmeringen av positionerna innebär detta att alla Z-värden får ett negativt (–) värde när verktyget svarvar i materialet



Arbetsstyckets nollpunkt kan flyttas i två steg.

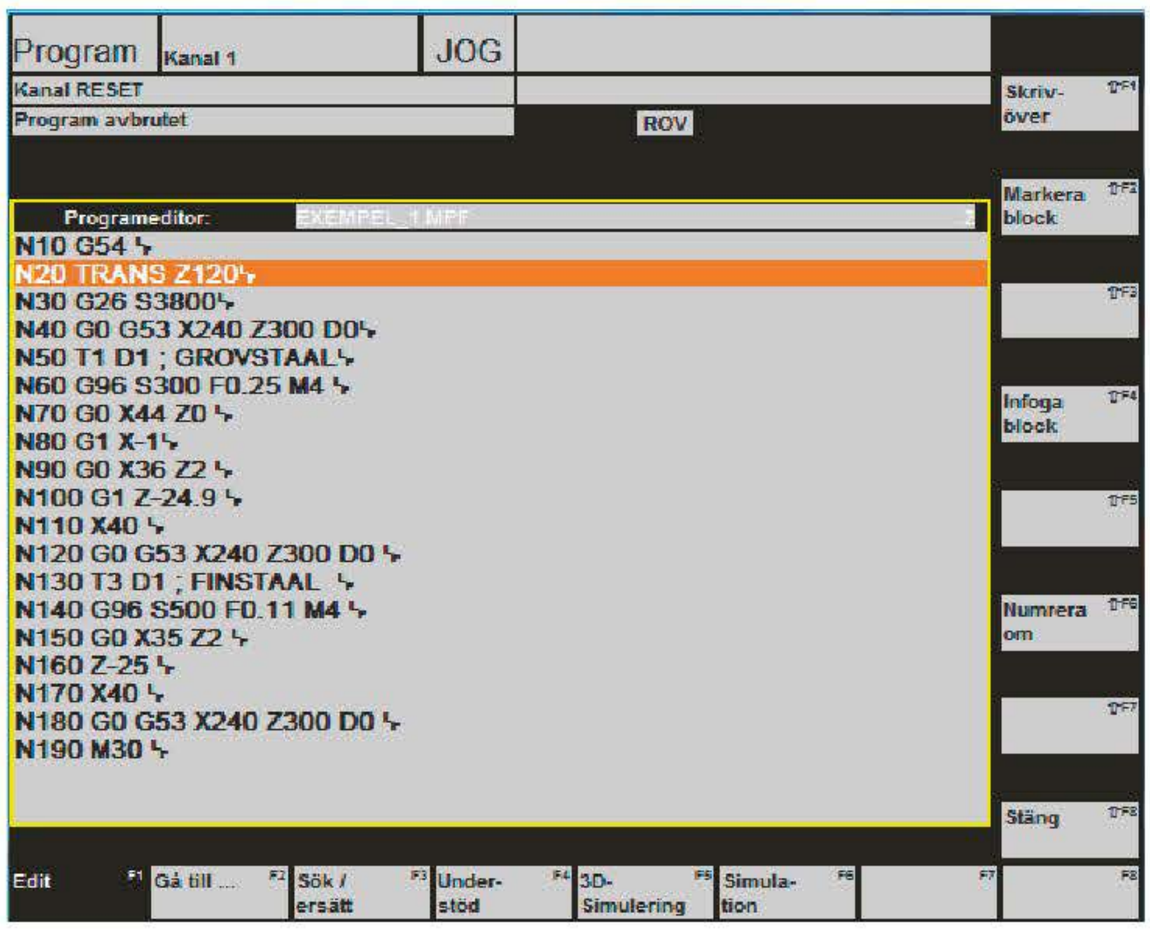
Med hjälp av G54 – G57 skulle man kunna göra den totala förflyttningen direkt, men nackdelen är att man då är tvungen att ändra i nollpunktsregistret för varje gång som detaljlängden ändras. Om man ändrar den med hjälp av TRANS samt ett Z-värde som anger förflyttningens storlek, så görs detta alltid i programmet. Därmed kan man alltid enkelt kontrollera detaljens utstick från chucken så att den stämmer med programmet.

Det är också lätt vid testkörning att med hjälp av ett större TRANS- värde i Z flytta detaljens nollpunkt, för att kunna kontrollera maskinens rörelser utan att riskera någon kollision.

N5 G54 [*nollpunktsförflyttning*]

N10 TRANS Z120 [*additiv nollpunktsförflyttning*]

N …



Programmering av storleken på additiv nollpunktsförflyttning görs i programmet

2 Begränsning av spindelvarvtalet

Vid programmering av bearbetningen i maskinen är det vanligt att man lägger in en begränsning av spindelvarvtalet i början av programmet. Detta görs för att förhindra att varvtalet kommer upp i maskinens maximala varvtal. Det kan till exempel inträffa vid planing med konstant skärhastighet, då diametern på den svarvade ytan närmar sig noll.

Centrifugalkraften som uppstår vid höga varvtal minskar chuckens spännkraft väsentligt, och detaljen hålls då inte längre fast på ett säkert sätt. Centrifugalkraften är samma kraft som verkar i centrifugen i tvättstugan eller vid bilkörningen med hög hastighet i kurvorna.

Av säkerhetsskäl får varvtalet aldrig bli högre än det varvtal som finns stämplat på framsidan av svarvchucken.

Begränsningen programmeras på olika sätt beroende på styrsystem. I Fanuc programmeras den med koden G92 samt ett varvtal, exempelvis S3500 medan det i Siemens programmeras med G26 S3500.

Programmering av varvtalsbegränsning, till exempel S3500 varv per minut, placeras lämpligen efter nollpunktsförflyttningen i programmet. I Fanuc anropas ingen nollpunktsförflyttning och därför kan varvtalsbegränsningen i detta läge ligga som första block i programmet

Chuckens maximala varvtal är angivet på framsidan.

Fanuc

N5 G92 S3500 [*Varvtalsbegränsning*]

N10 …

Siemens

N10 G54

N20 TRANS Z70

N30 G26 S3500 [*Varvtalsbegränsning*]

N …

I Siemens finns ytterligare ett alternativ, nämligen LIMS = 3500 (limit speed). Skillnaden i detta fall är att varvtalsbegränsningen bara gäller vid konstant skärhastighet. Det innebär att man kan programmera ett konstant varvtal (G95) överstigande 3500 varv, om det finns behov för detta vid någon annan operation i programmet.

N10 G54

N20 TRANS Z70

N30 LIMS=3500

N …

I en del maskiner måste man i första raderna (blocken) även ange G-koder som avslutar en del funktioner. Dessa funktioner kan i vissa fall vara aktiva även efter programslut, det vill säga efter omstart av programmet. Funktionerna är många gånger beroende av maskinfabrikanternas sätt att anpassa maskinen, och skiljer därför både mellan maskinfabrikant och mellan styrsystem.

3 Verktygsväxlingspunkt

Verktygsväxlingspunkt är den position i koordinatsystemet som axlarna förflyttas till innan verktygen växlas. Växlingspunkten varierar för olika typer av bearbetning. Man måste även ta hänsyn till risken att kollidera med arbetsstycket eller andra hinder Om ett stort antal detaljer ska tillverkas är varje sekunds extra förflyttningsväg av stor ekonomisk betydelse. Då utförs verktygsväxlingen så nära arbetsstycket som möjligt. Om det däremot rör sig om enstyckstillverkning eller om endast ett mindre antal detaljer ska tillverkas har förflyttningsvägen ofta ingen betydelse alls. Många gånger är det kanske till och med ekonomisk lönsamt att flytta verktyget direkt till en punkt där man vet att det är säkert att växla verktyg.

I utbildningssammanhang används säkra verktygsväxlingspositioner. Dessa ligger ofta på stort avstånd från bearbetningsstället.

Fanuc

Positioneringsblocket för verktygsväxlingen kan i Fanuc programmeras med en förflyttning till maskinens referenspunkt. Detta skrivs G28 U0 W0. Adresserna U och W är beteckning för inkrementala rörelser i X- respektive Z-riktning. Programmeringen innebär att positioneringen till referenspunkten görs utan mellanliggande rörelse i X- (U) och Z-riktning (W). Mellanliggande punkter kan exempelvis vara programmering av återrörelsen till verktygsväxlingspunkten, så att verktyget inte kolliderar med dubbröret, se exempel i figur.

Koden G28 innebär att förflyttningen görs med snabbtransport (G00) och att verktygsspetsen inte räknas med i positionsangivelsen, utan att förflyttningens position räknas till verktygets nollpunkt.

N5 G92 S3500

N10 G28 U0 W0 [*Förflyttning till verktygsväxlingspunkt*]

N …

De exempel som visas här ovan används i början av ett program. Vid positionering för verktygsväxling senare i programmet programmeras endast förflyttningsblocket.

Programmering till referenspunkten med G28 via mellanliggande positioner (U och W).

Absolut programmering

N …

N … G1 X-2

N … G28 X50 Z25

N …

Alternativ

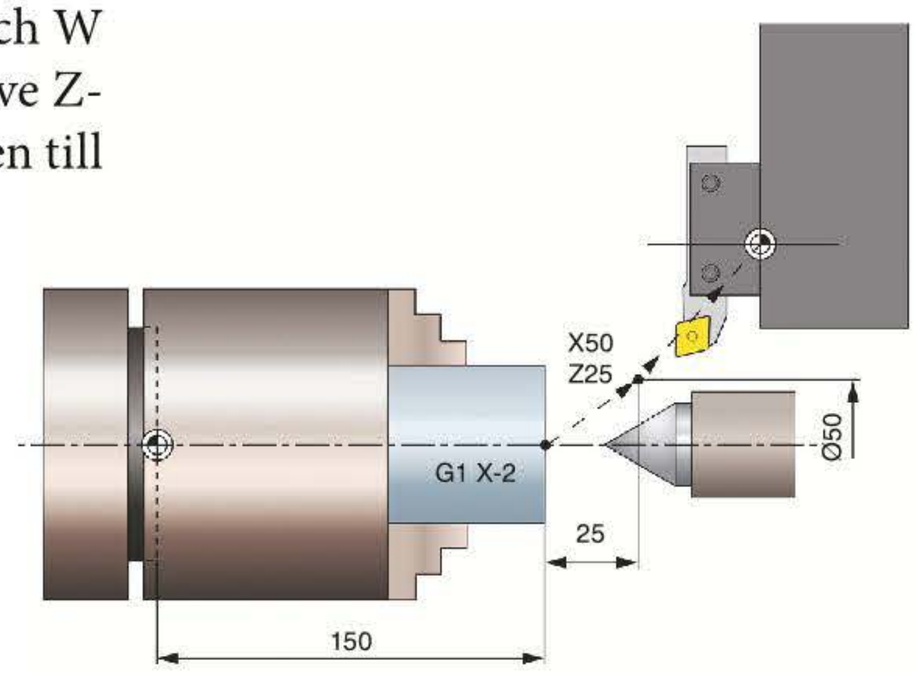
Inkremental programmering

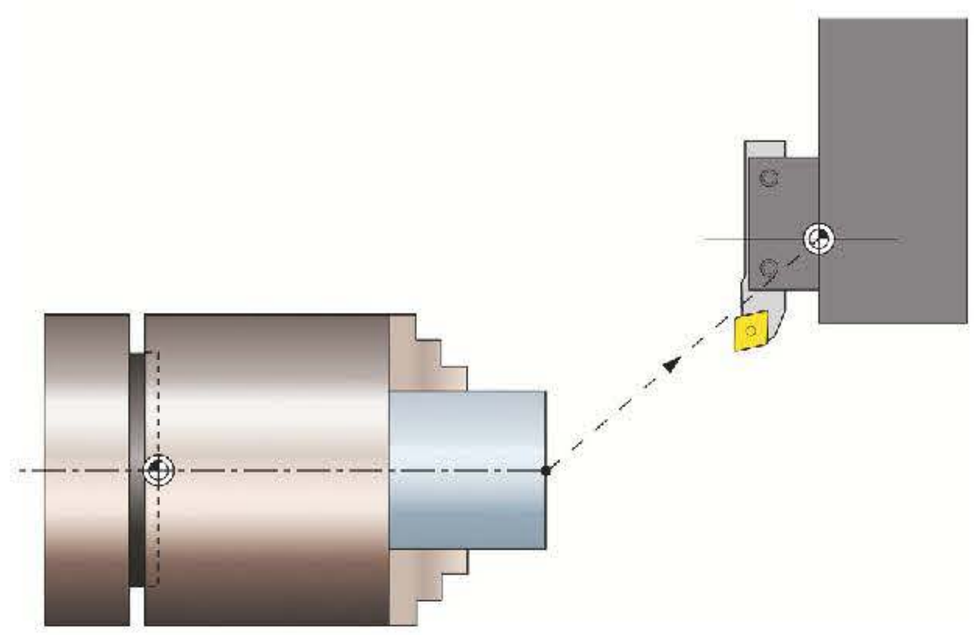
N …

N … G1 X-2

N … G28 X52 W25

N …



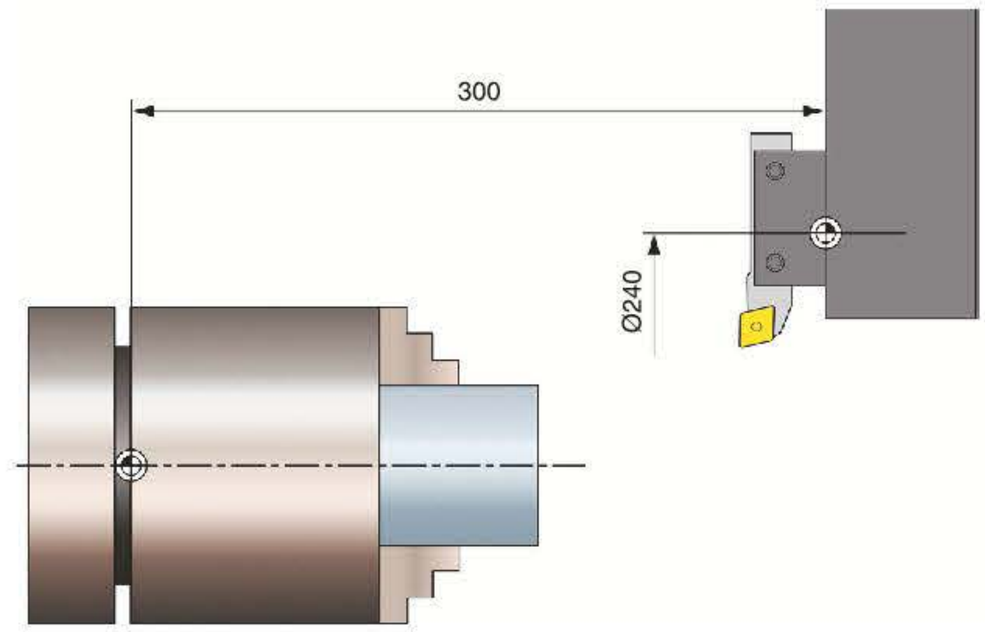


Programmering till referenspunkten med G28 utan mellanliggande positioner (U och W).

Siemens

För Siemens kan G53 användas, vilket innebär att positionen anges från maskinens nollpunkt. Koden D0 anger att verktygslängden inte ska inräknas i den positionen, det vill säga måttet som anges är mellan maskinens spindelnos och verktygets nollpunkt.

För en säker verktygsväxling, det vill säga utan kollisionsrisk med material eller chuck, är det lämpligt att positionera sig i närheten av referenspunkten. Positionerna kan exempelvis avläsas på bildskärmen vid en referenspunktssökning. För de programexempel som visas i boken programmeras blockraden G0 G53 X240 Z300 D0 före verktygsväxlingen.



Exempel på positionering till "säker" verktygsväxlingsposition i Siemens styrsystem.

N10 G54

N20 TRANS Z100

N 30 G26 S3500

N40 G0 G53 X240 Z300 D0 [*Förflyttning till verktygsväxlingspunkt*]

N …

De exempel som visas här ovan används i början av ett program. Vid positionering för verktygsväxling senare i programmet programmeras endast förflyttningsblocket.

N …

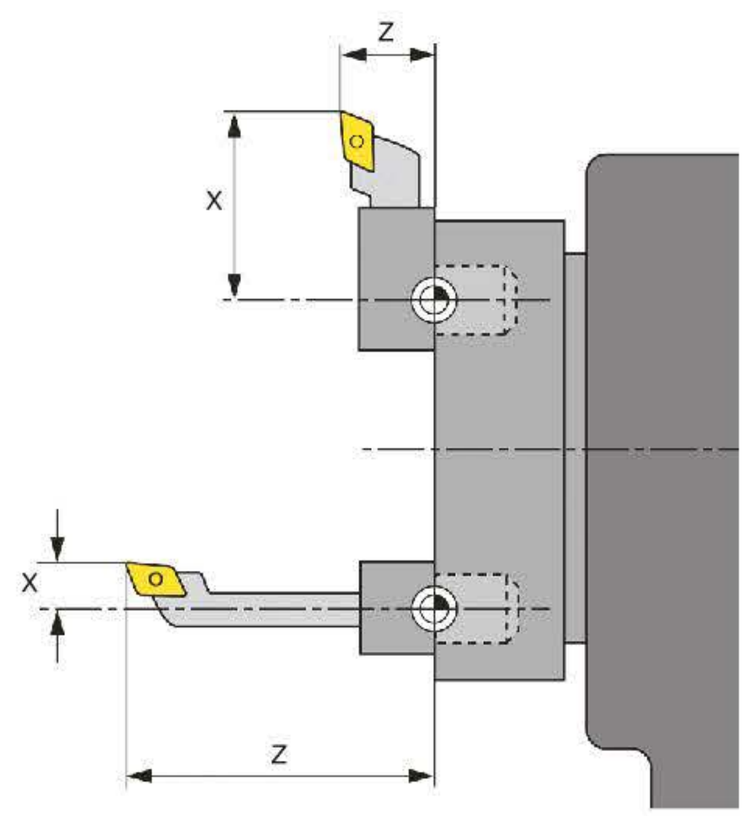
N… G00 G53 X240 Z300 D0

N …

4 Verktyg och inställningar

En annan viktig förberedelse innan bearbetningen påbörjas i CNC-maskinen är inställningen av verktygen. För att programmeringen ska bli så enkel som möjligt måste man utgå ifrån en detaljritning som ger positionerna för bearbetningen. För att det ska vara möjligt att utgå från ritningsmåtten måste man kompensera för verktygets längd i X- och Z-led. Verktygets längd utgår alltid från verktygets nollpunkt som är placerad i centrum för verktygshållarens fäste samt mot verktygsrevolverns plan.

Verktygens längd i X- och Z-riktning skrivs in i ett verktygsregister som ser ser olika ut beroende på maskinens styrsystem. Se bilder på verktygsregister för Fanuc och Siemens längre fram i boken.



Verktygsmått i X och Z.

Det finns även andra typer av verktygsrevolvrar. En sådan är ”stjärnrevolvern”. Verktyget spänns där fast i radiell riktning, se bild. Fördelen med en sådan revolver är att den förbättrar åtkomligheten för verktygen vid svarvningen eftersom avståndet mellan verktygen ökar. Nackdelen kan vara att stabiliteten minskar något.

För att undvika kollisioner ska det inte vara några verktyg uppsatta i maskinen, utan att verktygslängderna för dem har lagts in i verktygsregistret.

Stjärnrevolver.

Radie och skärläge

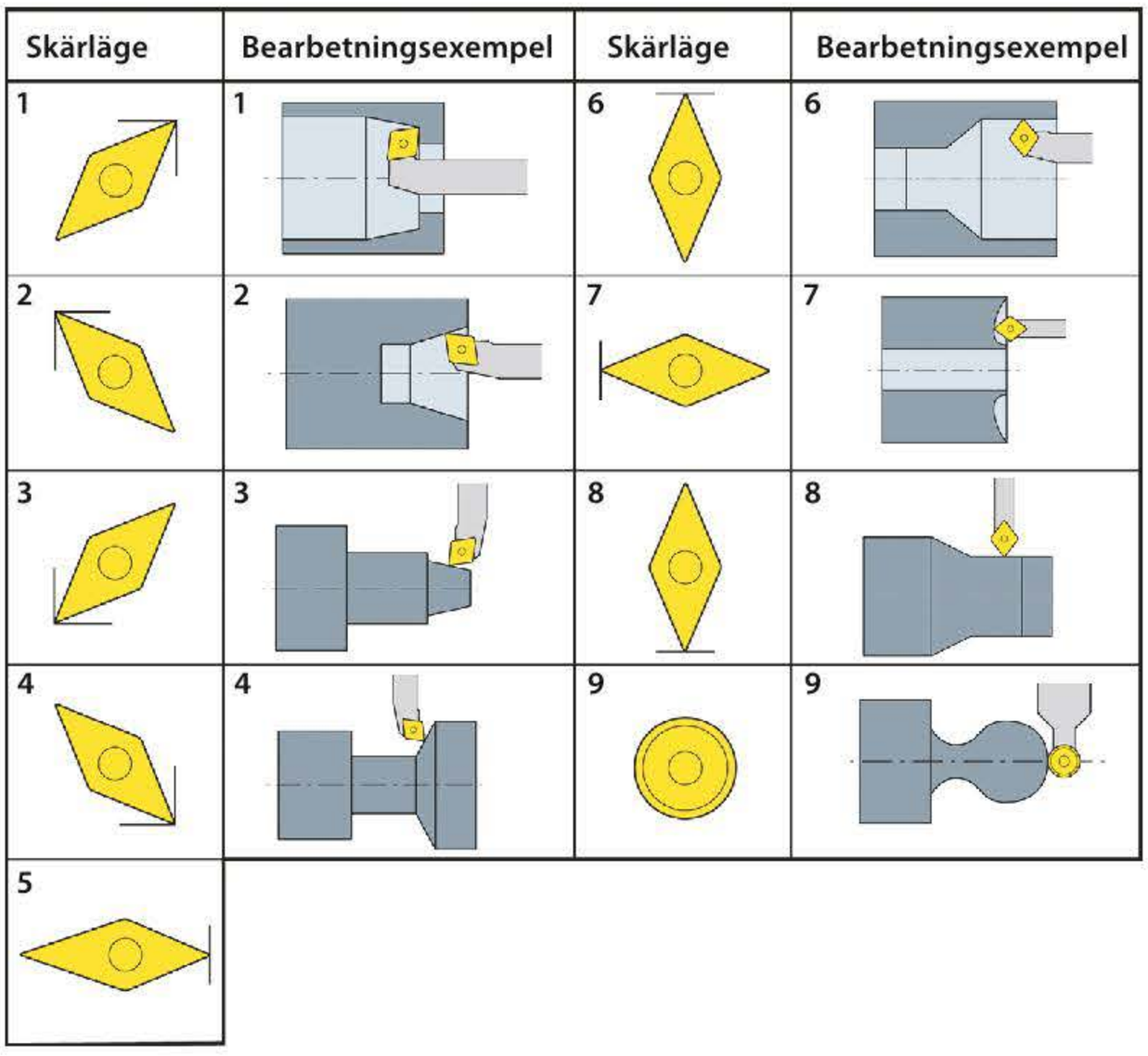
Förutom längderna i X- och Z-led anger man verktygets nosradie samt på vilket vis bearbetningen ska utföras, exempelvis utvändigt in mot chucken eller invändigt in mot chucken. Detta anges med siffrorna 1 till 9 beroende på vilken typ av bearbetning som är aktuell för verktyget, se tabell. Orsaken till detta är att man vill kompensera för verktygets nosradie vid koniska och cirkulära rörelser i bearbetningen, på grund av det mätfel som uppstår vid dessa rörelser. Vi återkommer till detta längre fram i boken i kapitlet om nosradiekompensering.

Verktyget växlas fram genom att man anger det nummer i verktygsrevolvern där verktyget är placerat. I anropet anger man även platsen i verktygsregistret där data (längder, nosradie och typ av bearbetning) för verktyget har skrivits in. Exempel Fanuc: T0909. Exempel Siemens: T9 D1.

För varje verktygsanrop måste man dessutom ange skärdata som är lämpliga för det verktyg och material som man ska bearbeta.

Här ges exempel på programmering av verktygsbyte. Observera att man kan ha helt andra positioneringar innan verktygsbytet än de som anges. Vid val av ”närmare” positioner måste man ha full klarhet i verktygslängdernas förhållande till varandra samt vilken väg verktygsrevolvern växlar in nästa verktyg. Vid växlingen roterar verktygsrevolvern alltid in nästa verktyg den närmaste vägen.

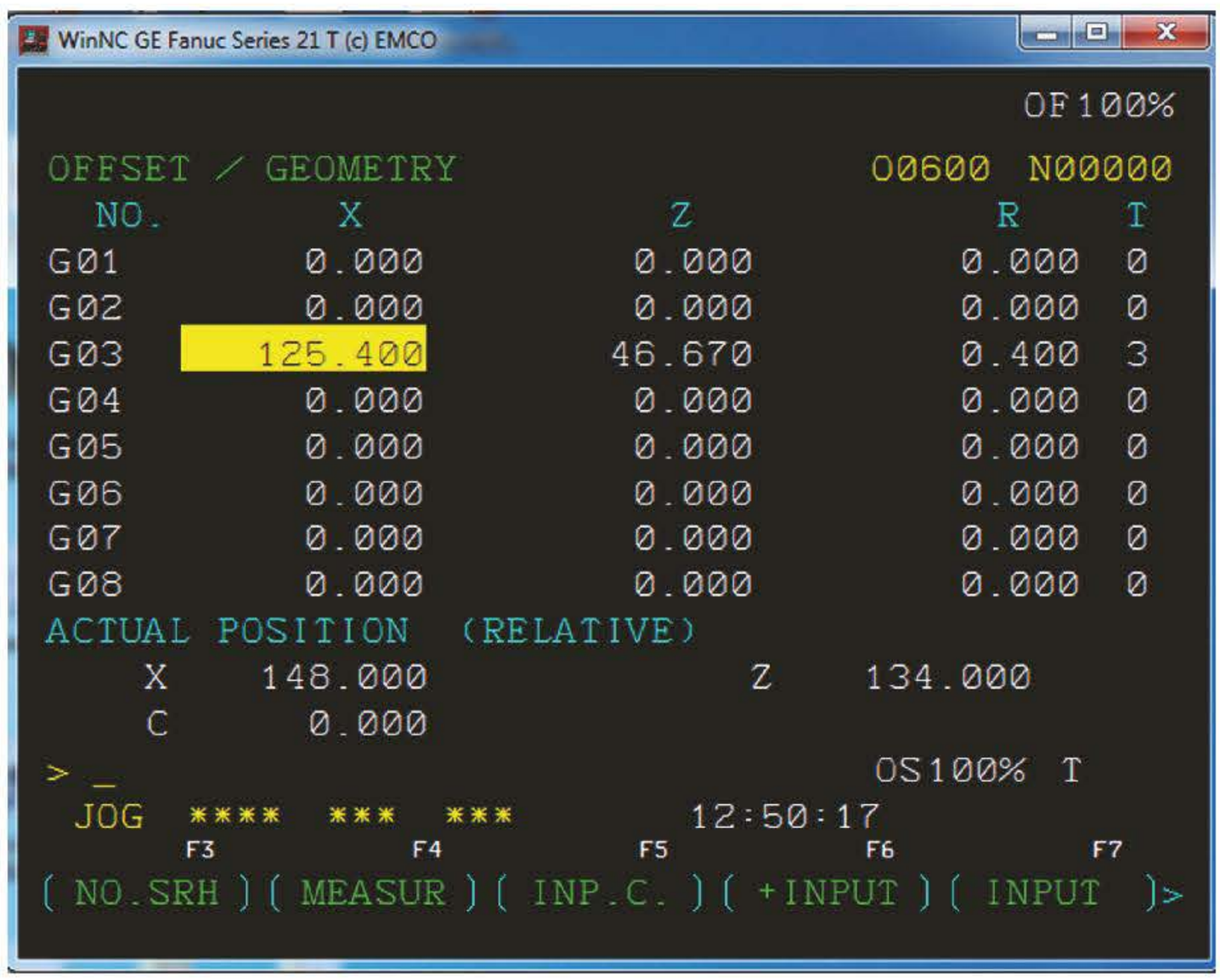
Skärlägen med bearbetningsexempel.



Fanuc

I Fanuc anges ett verktygsanrop i programmeringen med exempelvis T0303. De två första siffrorna visar på den plats i verktygsrevolvern som verktyget har placerats i och som växlas fram vid körning av programmet. De sista två siffrorna anger på vilken rad i verktygsregistret som data för verktyget har skrivits in. Det är lämpligt att man kopplar plats i verktygsrevolvern till rad i verktygsregistret, exempelvis T0303. I Fanuc finns det 16 rader/möjligheter att skriva in längderna. Varje rad anges med bokstaven G (geometry).

Det finns också ett förslitningsregister med lika många rader. Varje rad anges här med W (wear). I detta register skriver man in de kompenseringar som görs på grund av att verktyget slits vid bearbetningen.



Verktygslängderna skrivs i verktygsregistret (GEOMETRY).

För att följa ritningen och de toleranskrav som finns måste man hela tiden kontrollera eventuella avvikelser med hjälp av mätningar på den producerade detaljen. Observera att måttavvikelser inte endast beror på verktygsförslitning, utan det kan också bero på exempelvis bearbetning i varm eller kall maskin.

Verktygsanrop kan se ut på nedan följande vis för Fanuc. I exemplen har positioneringen programmerats till maskinens referenspunkt innan verktygsväxlingen, för att undvika att en kollision med material eller chuck sker vid växlingen. Som exempel anropas verktyg nr 3.

N5 G92 S3500

N10 G28 U0 W0

N15 T0101 [*Verktygsanrop*]

N …

Siemens

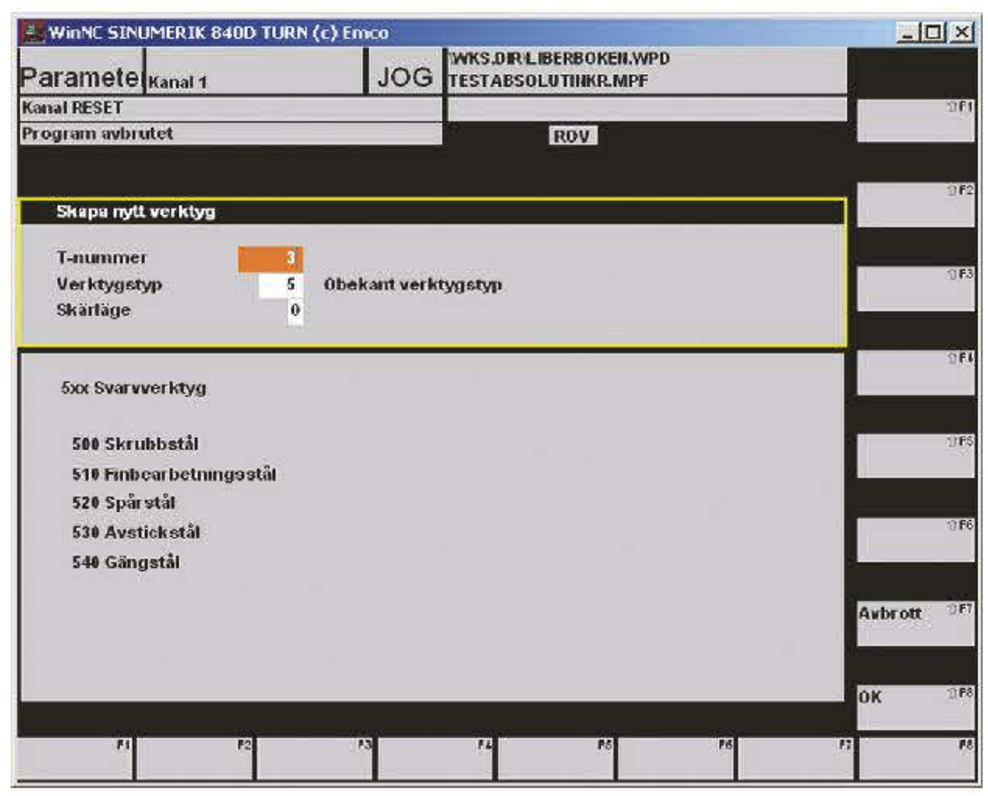
Siemens verktygsregister för svarvverktyg ser ut som figuren längst ned på sidan visar.

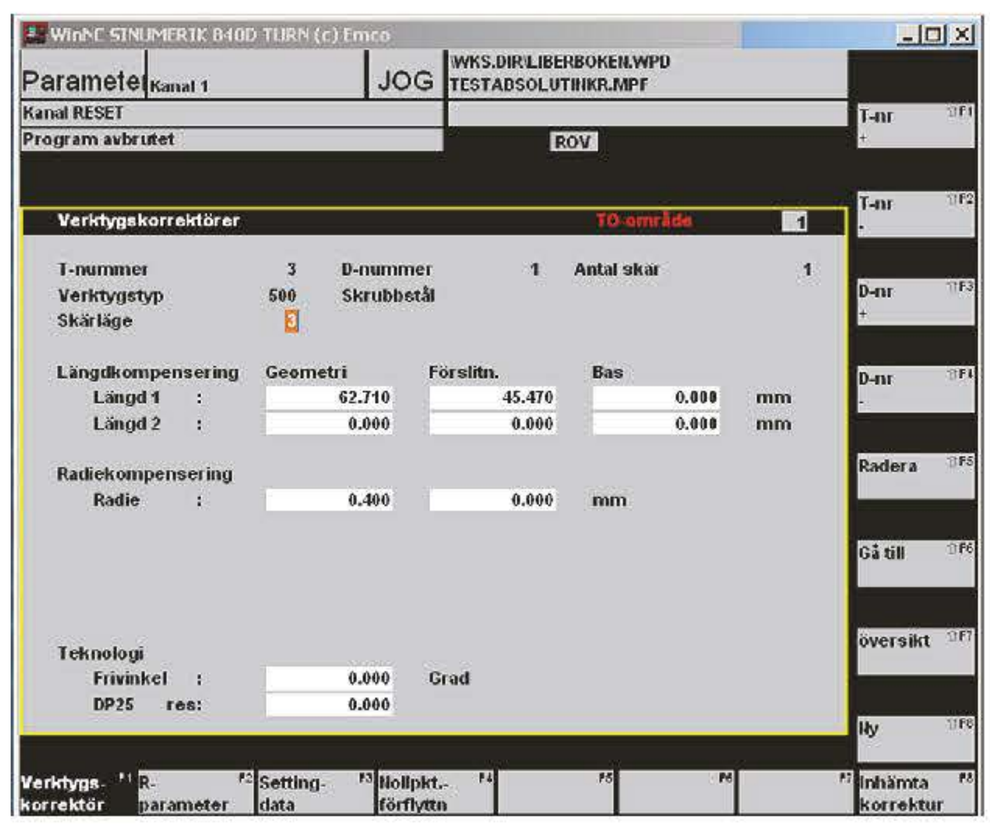
I detta verktygsregister kan man skapa (och radera) nya register för verktygen. För den typ av bearbetning som vi använder i den här boken är det endast register för svarvverktyg som behövs. I slutet av boken används även borrar och gängtappar som i verktygsregistret kan anges under rubriken *Borrverktyg*. Vi återkommer till inläsning av verktygslängderna för de verktyg i kapitlen som berör borrning och gängning.

I registret anges verktygstyp med ett 3-siffrigt nummer där varje huvudtyp beskrivs med nummer 1–2 och 4–5 samt 7. Siffran 5 anger svarvverktyg och i den gruppen finns **skrubbstål**, **slätstål**, **gängstål**, **avsticksstål** och **insticksstål**. Varje typ har ett nummer, exempelvis 500 som innebär skrubbstål.

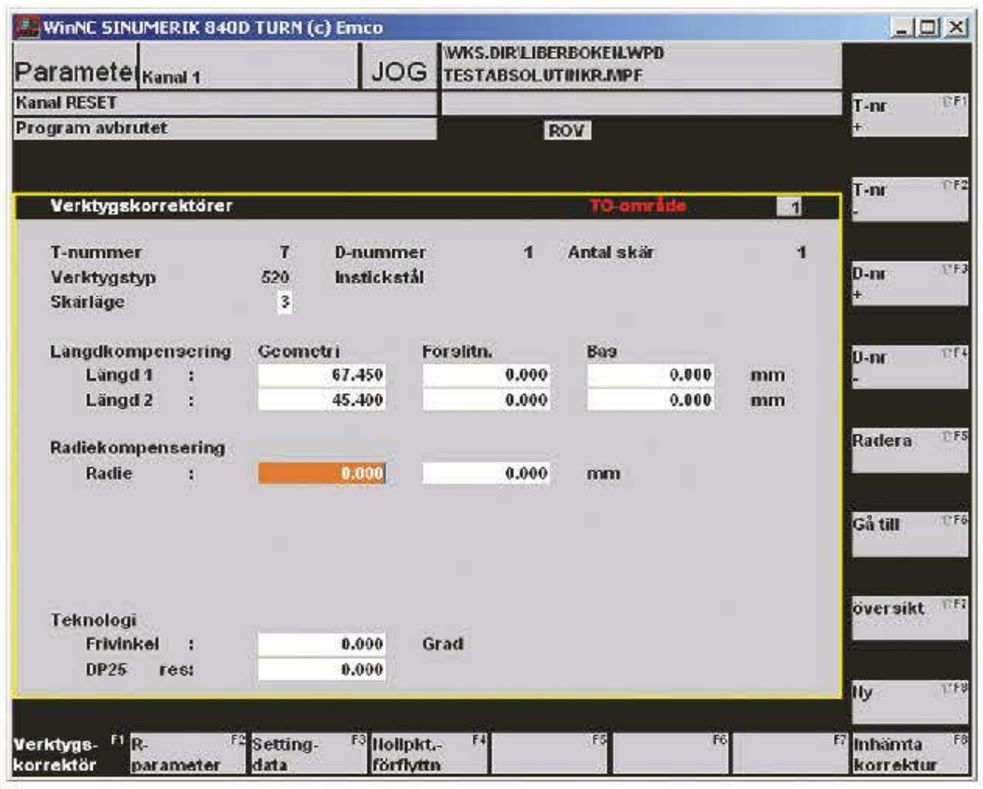
Det gemensamma för verktygen som börjar med siffra 5 är att man i samtliga typer endast kan ange två längder, nämligen L1 för X-längden och L2 för Z-längden. Eftersom samtliga typer för svarvverktyg har två längder, L1 och L2, har indelningen i olika typer ingen betydelse utan ger endast information om vilken verktygstyp det är.

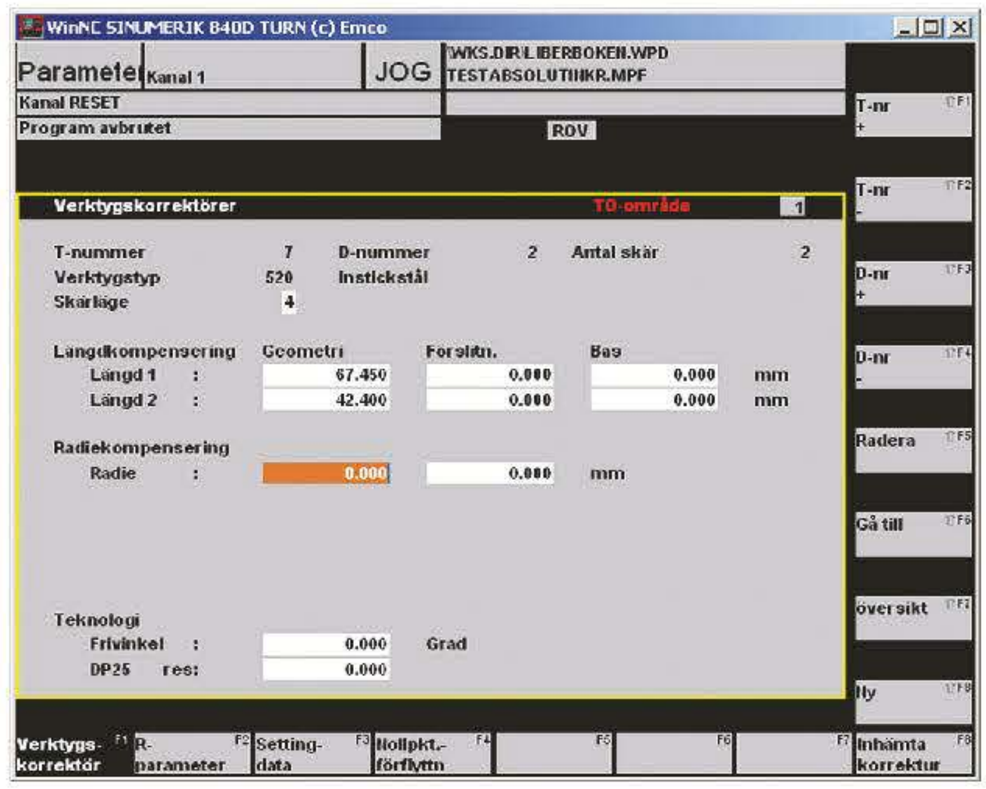
Till varje verktyg i verktygsregistret kan man ange nio skär, vilket är en beteckning som kan verka lite förvirrande men som anger att det finns åtta (förutom D1) ytterligare möjligheter att skriva in mått eller välja andra verktygstyper. Ett vanligt användningsområde är att för spårstål eller avsticksstål ange båda sidorna vid uppmätningen.





Figurerna visar i vilka steg som man skapar ett verktygsregister. Informationen man bestämmer är verktygsnummer, verktygsgrupp, verktygstyp samt skärläge.





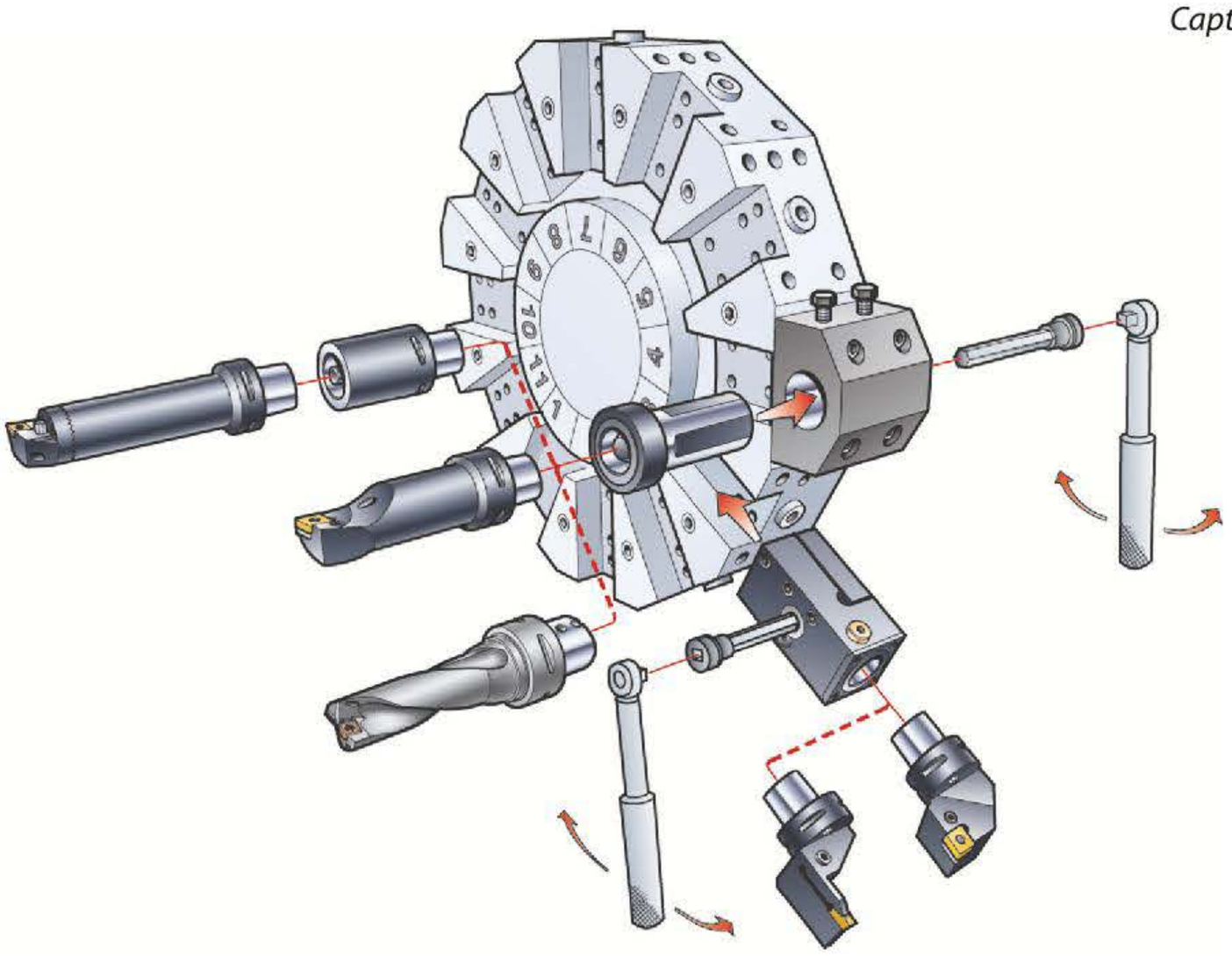
Figuren till vänster visar verktygsregister för verktyg nummer 7 och kompensering nummer 1.

I figuren till höger visas verktygsregistret för verktyg nummer 7, men med kompensering-register D2.

Varje skär programmeras med D-nummer upp till nummer 9. Med automatik skapas D1 och därefter kan man skapa nya skär allt efter behov. Det är viktigt att förstå att skär **inte har** någon koppling till antal skäreggar på verktyget, utan innebär utökade möjligheter att beskriva flera verktyg eller mått på samma verktygsplats.

Förutom verktygets längd i X- och Z-led, som skrivs in under rubriken *Geometri*, finns möjlighet att skriva in förslitningsvärden, nosradie samt skärläge 1 till 9, *se figuren*. I verktygsregistret finns även de två parametrarna *Bas* och *Teknologi*. Vid Bas skrivs X- och Z-längder in för verktyg som består av olika delar, varvid endast en del av verktyget lossas vid byte.

Captoverktyg från Sandvik Coromant AB.



Observera att samtliga längder det vill säga, Geometri, Förslitning och Bas, under exempelvis Z läggs samman till en total verktygskompensering.

Parametern Teknologi berör bara bearbetning med längdsvarvningscykel (CYCLE95). Om bearbetningen är på väg att utföras på ett sådant sätt som verktygets frivinkel inte klarar av, ges alarm och bearbetningen stoppas.

Verktygsanrop kan se ut på nedan följande vis för Siemens. I exemplen har positioneringen programmerats till en ”säker” verktygsväxlingsposition för att undvika att en kollision med material eller chuck sker vid växlingen. Som exempel anropas verktyg nummer 3.

N10 G54

N20 TRANS Z100

N 30 G26 S3500

N40 G0 G53 X240 Z300 D0

N50 T1 D1 [*Verktygsanrop*]

N …

De exempel som visas här ovan används i början av program. Vid anrop av nytt verktyg senare i programmet programmeras endast verktygsanropet, men med ett förflyttningsblock programmerat i blocket innan.

Fanuc

N …

N … G28 U0 W0 [*Förflyttningblock*]

N … T0101

N …

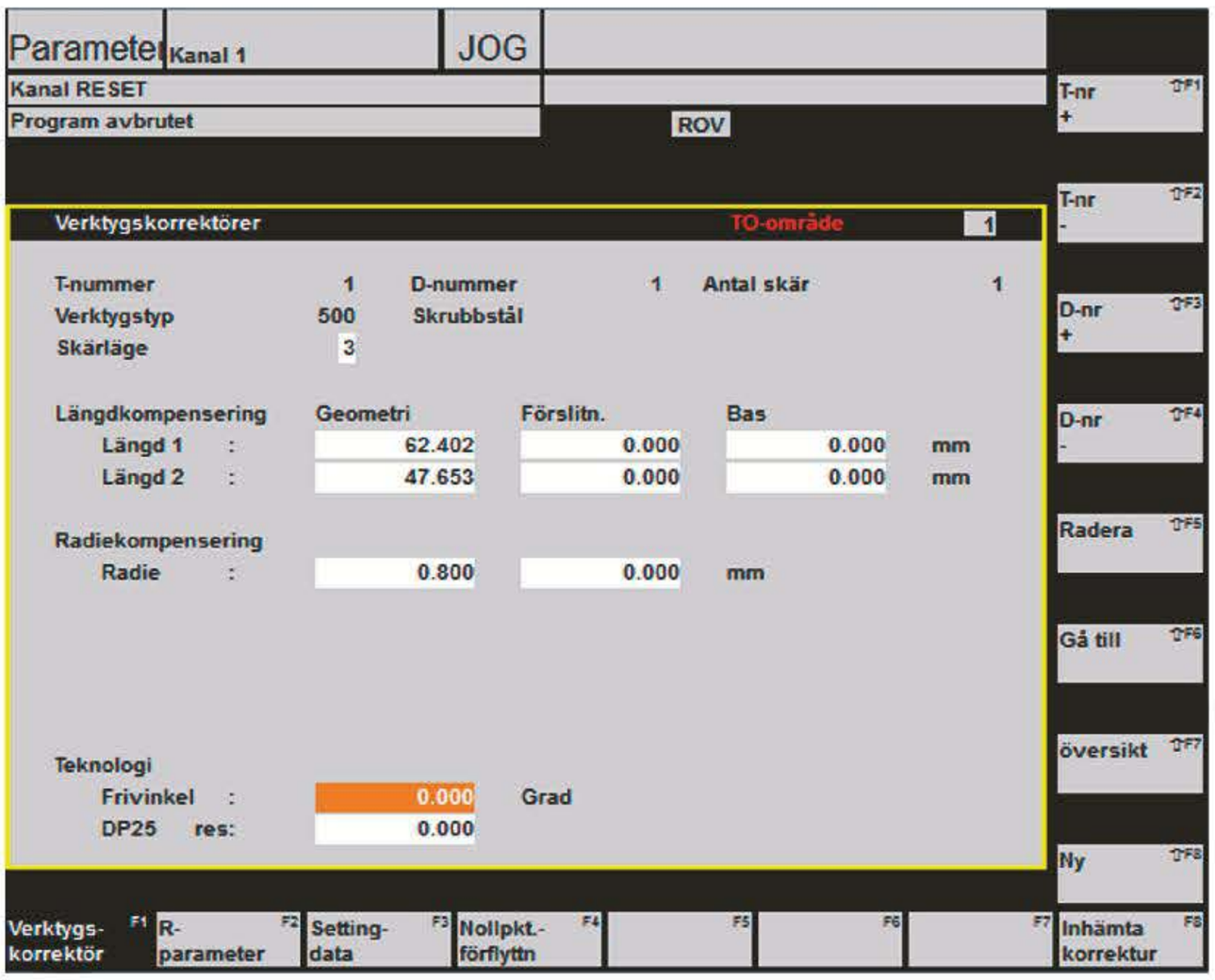
Siemens

N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0 [*Förflyttningblock*]

N … T1 D1

N …



När frigångsvinkeln är angiven till noll grader görs ingen konturövervakning. (tillåtna värden 0–90).

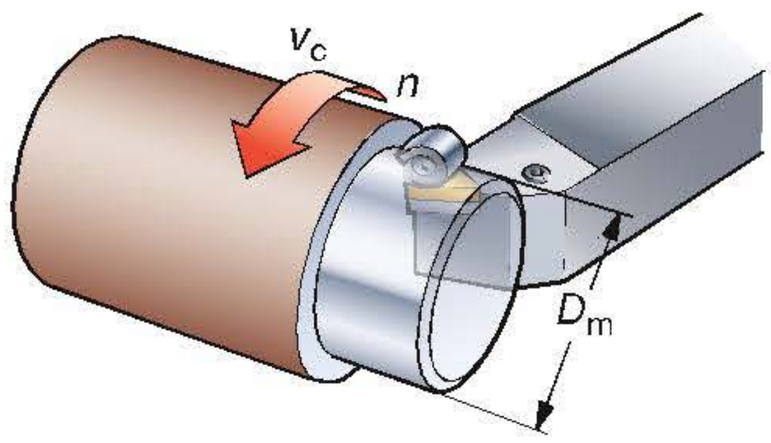
5 Skärdata

V c= skärhastighet m/min

Dm = diameter vid skärstället

n = varvtal/min

π = 3,14



Skärhastighet v_c (m/min)

$$v_c = \frac{D_m \times \pi \times n}{1000}$$

Spindelhastighet (varv/min)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

I CNC-programmet har vi nu skrivit in koderna för det verktyg som ska användas vid svarvningen. Sedan är det dags att beskriva vilka varvtal och matningar som ska användas vid bearbetningen. Rotationshastigheten på spindeln hos en svarv kan anges på olika sätt. Vid svarvning där skärställets diameter varierar under bearbetningen används oftast *konstant skärhastighet*. Detta innebär att styrsystemet beräknar varvtalet så att verktygsskäret hela tiden arbetar med samma perferihastighet vid skärstället. Vid borrning, brotschning och gängning däremot vill man att varvtalet ska vara konstant hela tiden, eftersom skärstället har samma diameter hela tiden och då använder man sig av *konstant spindelvarvtal*.

Konstant skärhastighet

Koden G96 används för att programmera konstant skärhastighet och används i såväl Fanuc som Siemens styrsystem. Koden anger att styrsystemet automatiskt beräknar det varvtal som passar mot varje ny diameter. Funktionen innebär att pereferihastigheten vid bearbetningsstället alltid är lika, det vill säga varvtalet ökar vid mindre diametrar och minskar vid större diametrar. Koden (G96) programmeras tillsammans med adressen S (speed) som anger med vilken skärhastighet som svarvningen ska ske, exempelvis S325. I skärdatakataloger och verkstadshandböcker anges vanligen skärhastighet som värde vid bestämning av vilka skärdata som bör användas. Skärhastigheten anges i meter per minut och förkortas med m/min. Lämpliga värden för skärhastigheten hittas i verktygstillverkarnas skärdatahandböcker. Ett alternativ till detta är även *Libers verkstadshandbok*.

Tips!

I många maskiner väntar styrsystemet på att maskinens börvärde nås, det vill säga. det varvtal spindeln ska uppnå innan bearbetningen startar. Vid små diameterskillnader vid bearbetningsstället, kan man spara tid genom att istället använda konstant spindelhastighet. Detta beroende på att maskinen inte behöver vänta med förflyttningen vid varje ny blockrad tills rätt varvtal har uppnåtts. Givetvis måste varvtalet i dessa fall beräknas med riktig skärhastighet som grund.

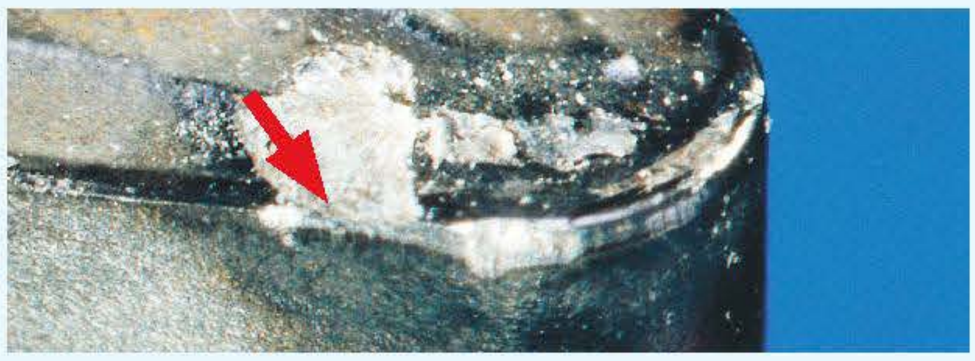
Påverkansfaktorer

När skärhastigheten ska bestämmas är det många faktorer att ta hänsyn till, till exempel typ av bearbetning, material, verktyg, grov- eller finbearbetning och utslitningstid för verktyget. De skärdatarekommendationer som finns i exempelvis Sandviken Coromants kataloger är beräknade på 15 minuters utslitningstid för skärspetsen. Tiden är för effektiv bearbetning, det vill säga inga stillestånd är inberäknade. Förslitning på verktyget orsakas av exempelvis felaktig skärhastighet. Figurerna nedan visar 4 förslitningstyper som orsakats av detta.

Förslitningstyper

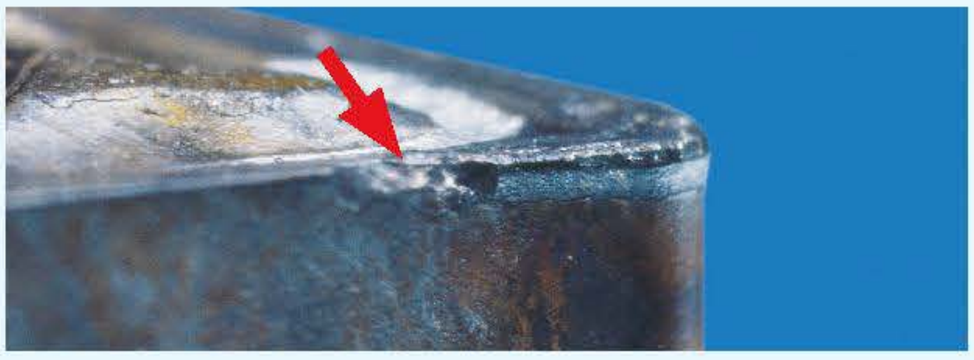
Grop- och fasförslitning

Åtgärd: Minska skärhastigheten, välj en slitstarkare sort med tjockare skikt/annan geometri.



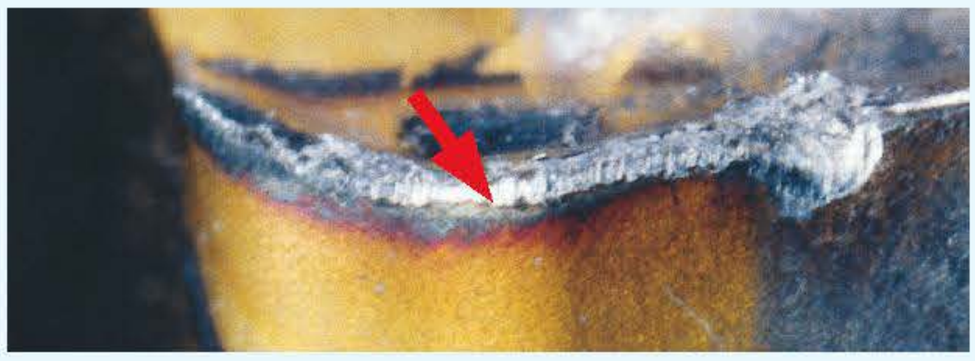
Löseggsbildning

Åtgärd: Öka skärhastigheten, positivare geometri – PVD-belagd eller med tunnare skikt och vassare egg.



Plastisk deformation

Åtgärd: Välj en slitstarkare sort eller minska hastigheten.



Fasförslitning

Åtgärd: Minska skärhastigheten, välj en slitstarkare sort.

Observera – för att inte varvtalet ska gå mot oändlighet när diametern närmar sig noll, måste det finnas en begränsning av spindelvarvtalet programmerad innan funktionen G96 används, se kapitlet om varvtalsbegränsning.

Konstant spindelhastighet

Vid exempelvis borrning och gängning med gängtapp används ett fast varvtal eftersom skärställets diameter inte ändras under bearbetningen. Benämningen för detta är *konstant spindelhastighet*. Spindeln roterar då med samma hastighet och ändras inte förrän ett annat varvtal programmeras. G-koden som används för detta skiljer sig mellan styrsystemen hos Fanuc och Siemens. I Fanuc programmeras konstant spindelvarvtal med koden G97 och i Siemens med koden G95. Spindelhastigheten programmeras med adressen S (speed) tillsammans med ett värde för hur fort spindeln ska rotera. Även när man använder sig av konstant varvtal får man oftast skärdatarekommendationerna angivna i skärhastighet (meter/minut), och får med hjälp av formler beräkna lämpliga varvtal för bearbetningen.

Ingående faktorer

V c= skärhastighet m/min

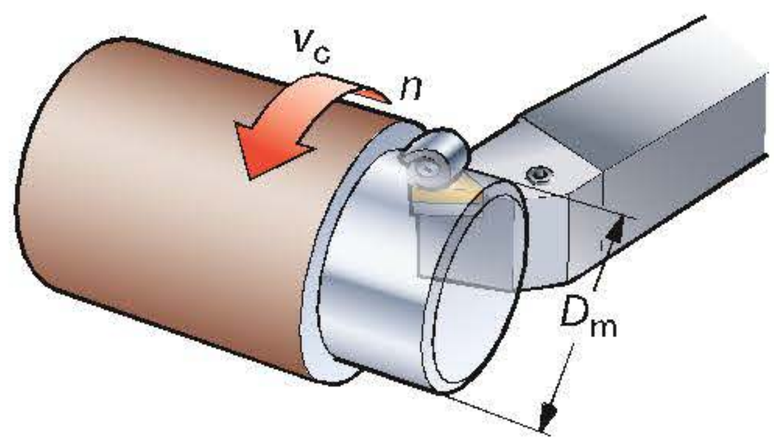
Dm = diameter vid skärstället

n = varvtal/min

π = 3,14

Spindelhastighet (varv/min)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$



Exempel på programmering av konstant spindelhastighet:

Fanuc

N … G97 S2500

Siemens

N … G95 S2500

Programmering av matning

Programmering av matningen görs vanligen i millimeter per varv i en svarv. Detta anges med koden G95 både i Fanucs och Siemens styrsystem. Matningens storlek programmeras vid adressen F (feed).

I Siemens har koden G95 dubbel betydelse, nämligen både att ange att spindelrotationen görs med konstant varvtal och att matningsrörelsen sker i millimeter per varv.

Fanuc

N … G95 G97 S2500 **F0.1**

Siemens

N … G95 S2500 **F0.1**

Konstant skärhastighet och matning

Vid programmering av G96 anges matningen i millimeter per minut, det vill säga likadant som vid konstant spindelvarvtal.

Fanuc och Siemens

N … G96 S300 F0.1

Matningshastighet mm/min

Matningen kan också programmeras med millimeter per minut som förkortas mm/min och kan användas för vissa svarvoperationer, men mestadels används den vid fräsningsoperationer. Matningsvärdet programmeras även här med adress F tillsammans med koden G94. Matningsvärdet får i dessa fall omräknas från mm/varv till mm/min. En programrad med matningen angiven i mm/min kan se ut på följande vis:

Fanuc och Siemens

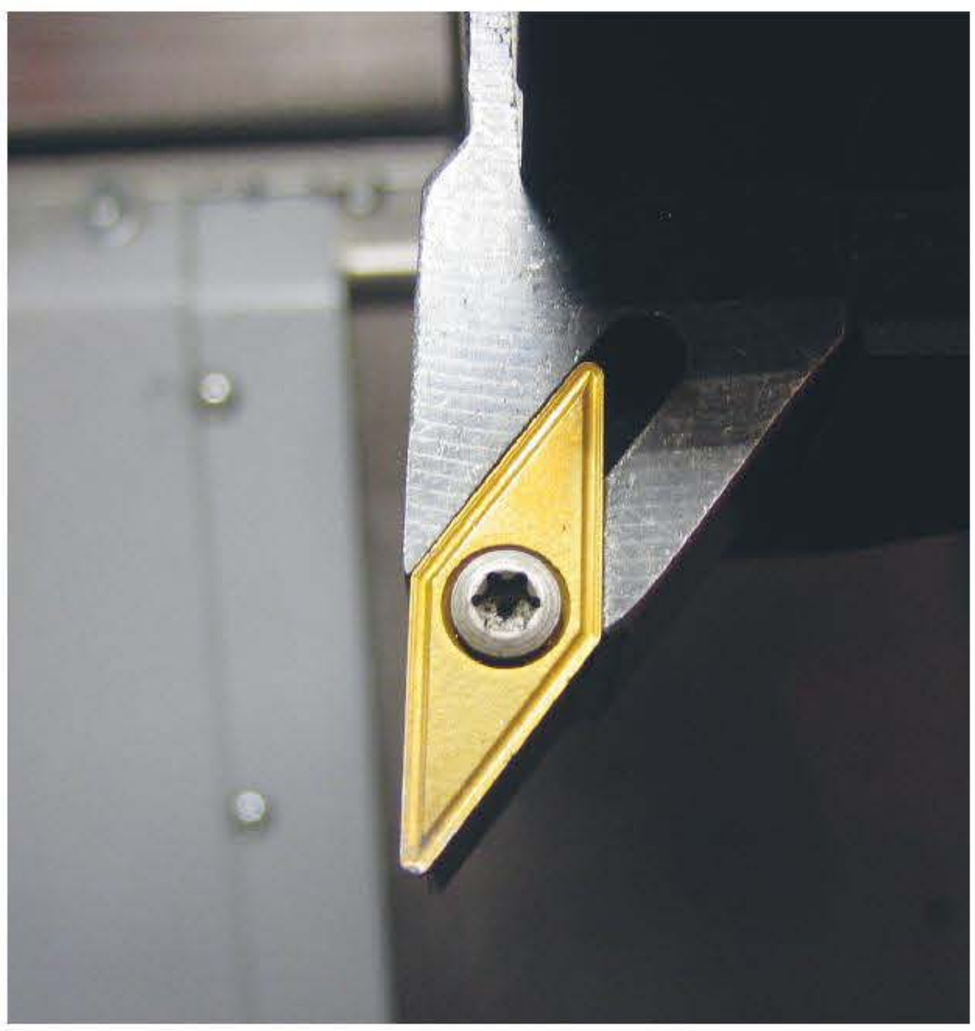
N … G94 F200.

Rotationsriktning

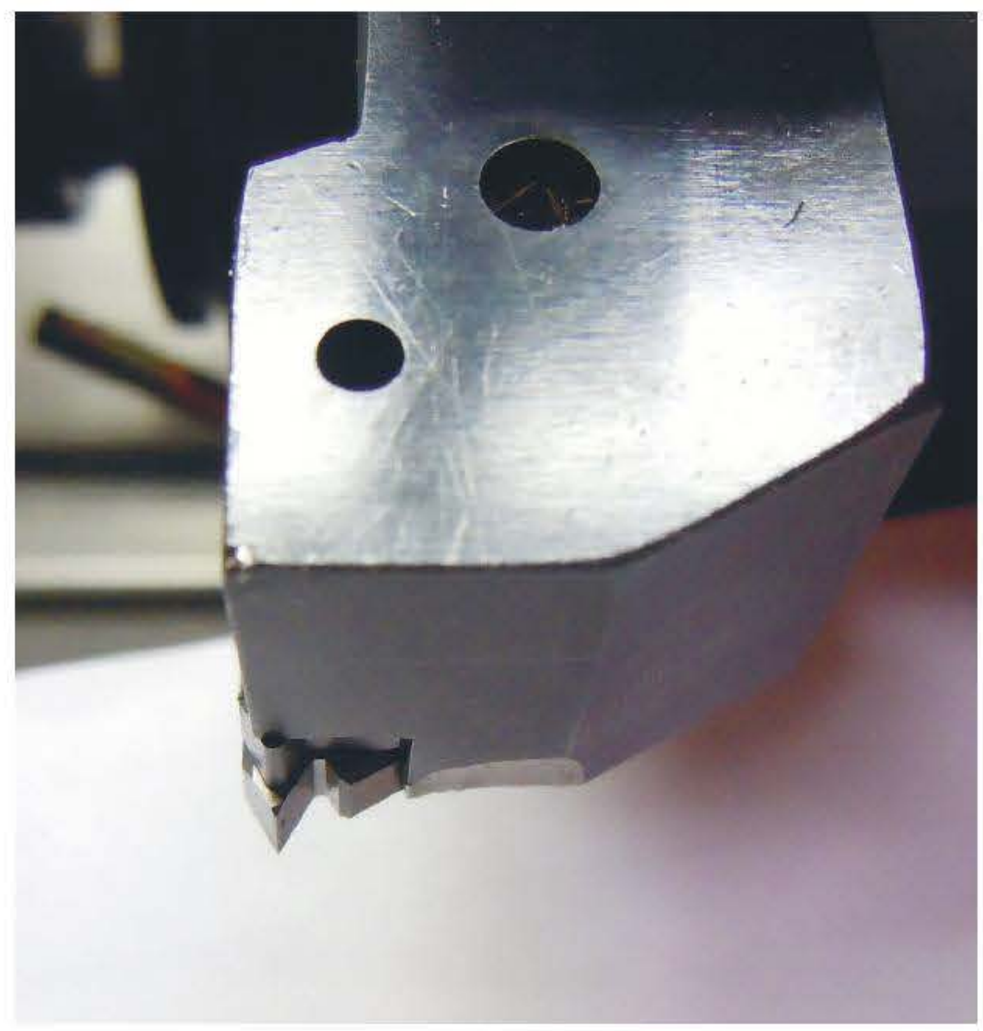
Det är den riktning som svarvspindeln ska rotera så att skäreggen på verktygsstålet kan skära en spåna. Programmering för rotationsstart av chucken eller som man oftast uttrycker det ”start av svarvspindeln” anges med hjälpfunktionerna **M03** eller **M04**, där M03 anger rotation i medurs riktning och M04 anger rotation i moturs riktning.

Tips!

Ett enkelt sätt att bestämma rotationsriktningen för huvudspindeln, där verktygsrevolvern är placerad bakom Z-axeln, är att titta på hur skärverktyget är fastsatt i verktygshållaren. Ser man att verktygseggen är vänd uppåt, är det moturs rotationsriktning som ska programmeras, det vill säga M4. Är verktygseggen däremot placerad upp och ned i verktygshållaren, ska M3 programmeras för medurs rotationsriktning. Borrar, brotschar och gängtappar är nästan alltid utformade så att medurs riktning (M3) ska användas. Dock förekommer det att så kallade vänsterverktyg används, och därför ska man alltid kontrollera hur skäreggen är utformad innan programmering av rotationsriktning.



Verktyget är placerat uppåt i verktygshållaren– M4 rotationsriktning



Verktyget är placerat upp och ned i verktygshållaren– M3 rotationsriktning

Tips!

Programmering av programstart är inte nödvändig vid varje verktygsbyte eftersom spindeln ju roterar hela tiden om man inte har programmerat ett spindelstopp. Men eftersom det i en svarv används, verktyg där såväl högersom vänsterrotation används kan det vara en bra regel att alltid programmera programstart det vill säga M03/M04 vid varje verktygsbyte, för att säkerställa att rätt spindelriktning används.

En komplett skärdataprogrammering inklusive spindelstart kan se ut på följande vis:

Fanuc

N … G95 G97 S2500 F0.1 **M4**

Siemens

N … G95 S2500 F0.1 **M4**

Som alternativ visas här konstant skärhastighet och matning i millimeter per minut samt start av spindeln med moturs rotationsriktning. Observera att båda styrsystemen programmeras på samma sätt.

Fanuc och Siemens

N … G96 S300 F0.1 **M4**

Skärvätska

Skärvätska används för att kyla skärverktyg och arbetsstycke. Skärvätska ska som nämnts tidigare hanteras med speciella restriktioner under hela användningstiden, se särskilt kapitel. Start av skärvätsketillförsel programmeras med **M08** (M8). Funktionen **M09** (M9) stoppar tillförseln av skärvätskan.

Programmeringen för skärvätskan kan placeras exempelvis i skärdatablocket. Innan programmeringen av skärvätsketillförsel ska du först försäkra dig om att det finns skärvätska i tanken, eftersom pumpen kan förstöras när den arbetar utan någon vätska.

Skärdata i programmet

Eftersom det är viktigt att arbeta strukturerat vid programmeringen är det lämpligt att alltid placera skärdatainformationen på samma ställe i programmet. Var skärdata placeras är inte så viktigt, bara informationen kommer innan verktyget används. En lämplig plats är efter verktygsanropet. Ett komplett block med verktygsanrop, skärdata samt spindelstart och skärvätsketillförsel kan då se ut så här:

Fanuc

N …

N … T0101

N … G97 S2500 F0.1 M4 M8 [*Konstant spindelvarvtal, matning, spindelstart och skärvätsketillförsel*]

N …

Siemens

N …

N … T1 D1

N … G95 S2500 F0.1 M4 M8 [*Konstant spindelvarvtal, matning, spindelstart och skärvätsketillförsel*]

N …

Sammanfattning av struktur för början av program

Den första delen, punkt 1–5, av ett program som förbereder en CNC-maskin för bearbetning (svarvning) kan efter de beskrivningar som gjorts i föregående avsnitt se ut på följande sätt. De värden som anges är enbart exempel på hur värdena kan se ut och ska vid varje programmering anpassas efter den verkliga situationen.

1. Nollpunktsförflyttning
2. Varvtalsbegränsning
3. Verktygsväxlingspunkt
4. Verktyg och inställningar
5. Skärdata

Fanuc

N5 G92 S3500 [*Punkt 2*]

N10 G28 U0 W0 [*Punkt 3*]

N15 T0303 [*Punkt 4*]

N20 G96 S300 F0.2 M4 M8 [*Punkt 5*]

N25 … … … …

Punkt 1 – nollpunktsförflyttning – förs in i Work Shift

Siemens

N5 G54

N10 TRANS Z70 [*Punkt 1*]

N 15 G26 S3500 [*Punkt 2*]

N20 G00 G53 X175 Z350 D0 [*Punkt 3*]

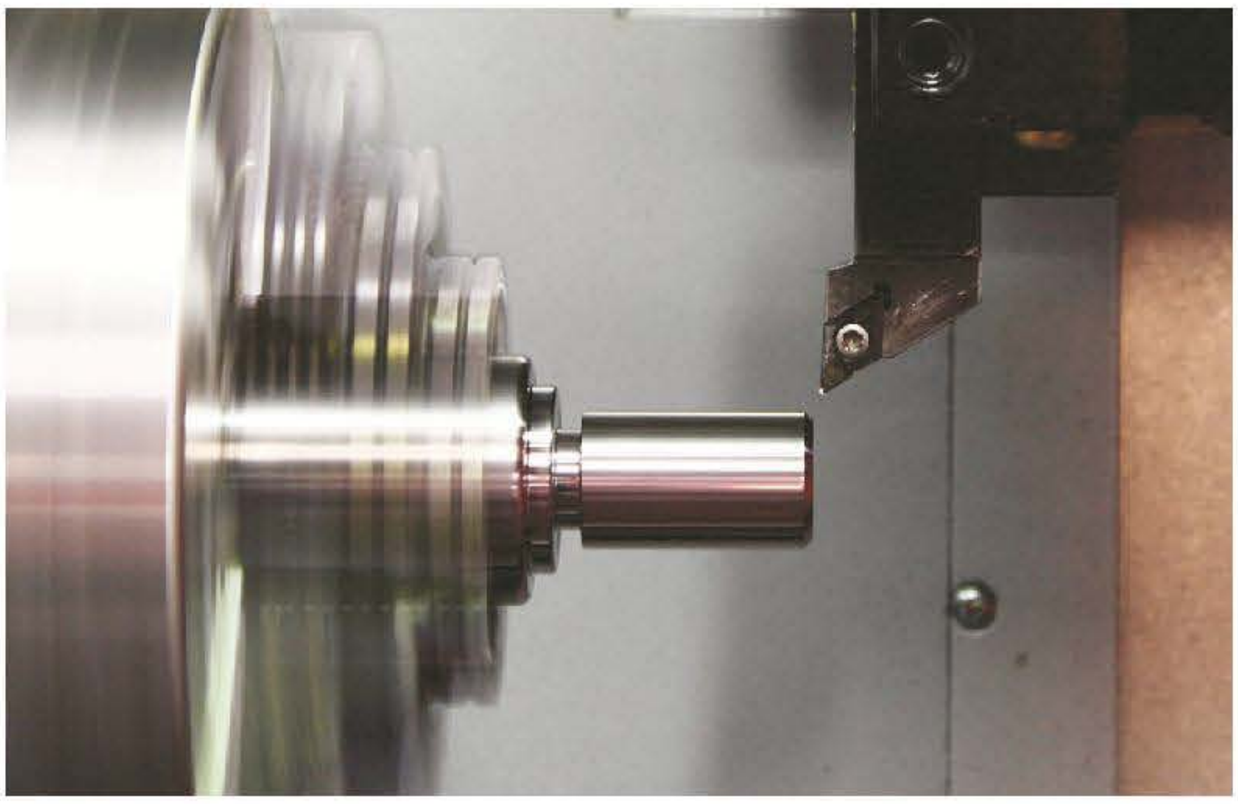
N25 T1 D1 [*Punkt 4*]

N30 G96 S300 F0.2 M4 [*Punkt 5*]

N35 … … … …

Efter dessa block programmeras positionering (block N25 för Fanuc och block N35 för Siemens). Därefter påbörjas själva bearbetningen påbörjas i nästföljande block.

6 Positionering



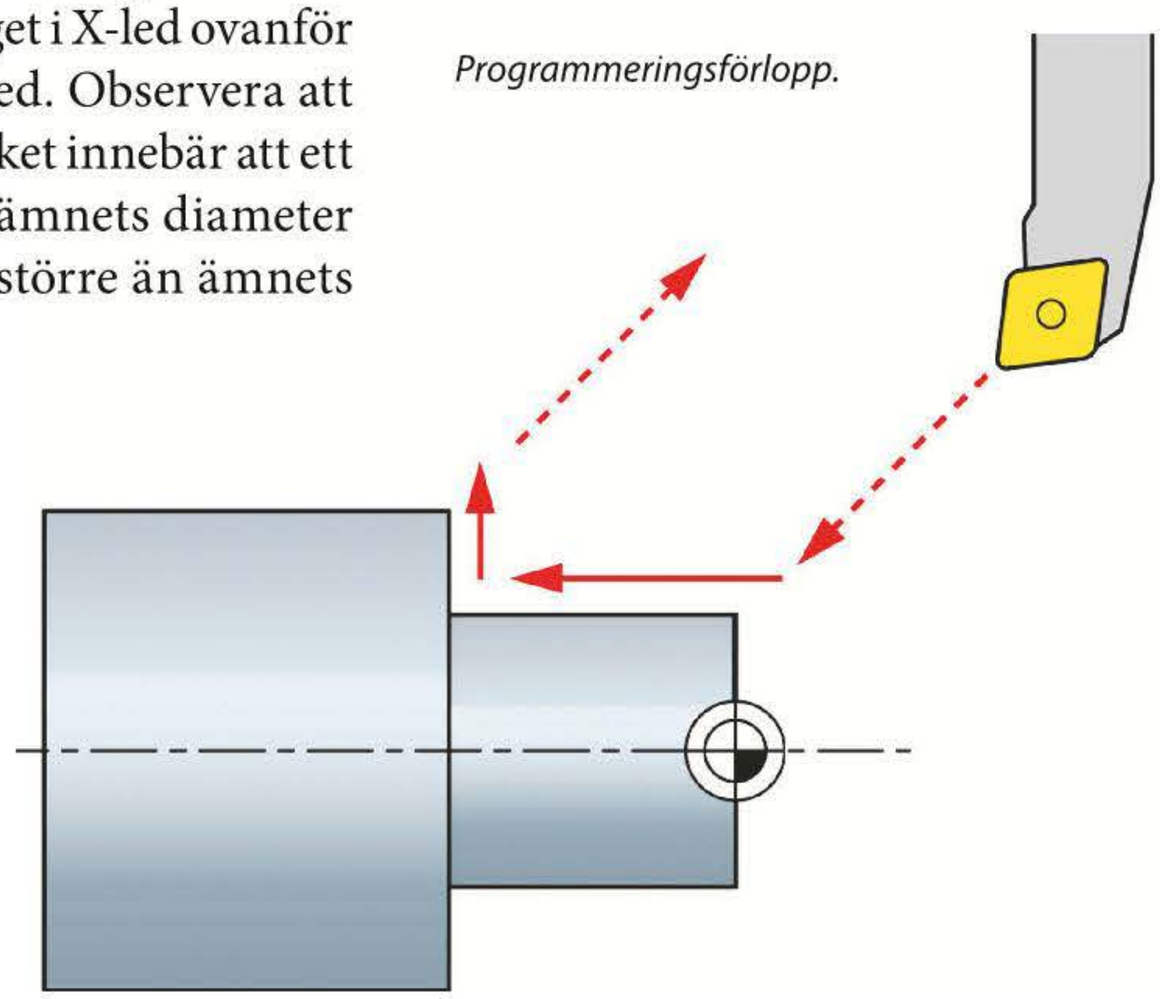
Positionering med ett finbearbetningsstål.

Positionering för en bearbetning innebär att med snabbast möjliga hastighet förflyttar verktyget dit det är lämpligt att börja bearbetningen. Snabbast möjligt kallas med CNC-språk *linjär interpolering* med snabbtransport och programmeras med koden G00. Interpolering innebär att verktyget förflyttar sig utmed en rät linje mellan startpunkten och slutpunkten.

Linjär interpolering. Den linjära interpolationen beskriver en verktygsväg som är en rät linje från startpunkten till slutpunkten

Man måste alltid programmera så att det finns ett avstånd mellan detaljen/ämnet och verktyget när det är i startposition, eftersom det annars blir en kollision mellan ämnet och verktyget, som kan orsaka stora skador på maskin och verktyg. Storleken på detta avstånd kan variera men ska vara mellan 1 och 4 millimeter beroende på hur säker man är på ämnets placering. I utbildningens början är det bättre att ligga på det större måttet eftersom en maskinkrasch kostar mycket och kan orsaka stillestånd, som i hög grad påverkar ekonomi och produktion. Ofta börjar bearbetningen med en planing av detaljen, och då placeras verktyget i X-led ovanför ämnets diameter men i rätt position i Z-led. Observera att X-positionen anges med diametermått, vilket innebär att ett avstånd på exempelvis 2 millimeter från ämnets diameter innebär ett X-värde som är 4 millimeter större än ämnets diameter.

Programmeringsförlopp.



Programmering är lika för båda styrsystemen och kan exempelvis se ut på följande vis:

N … G0 X44 Z0

Fanuc

N5 G92 S3500

N10 G28 U0 W0

N15 T0101

N20 G96 S300 F0.2 M4 M8

N25 G00 X44 Z0 [*Positionering*]

N30 …

Siemens

N5 G54

N10 TRANS Z70

N 15 G26 S3500

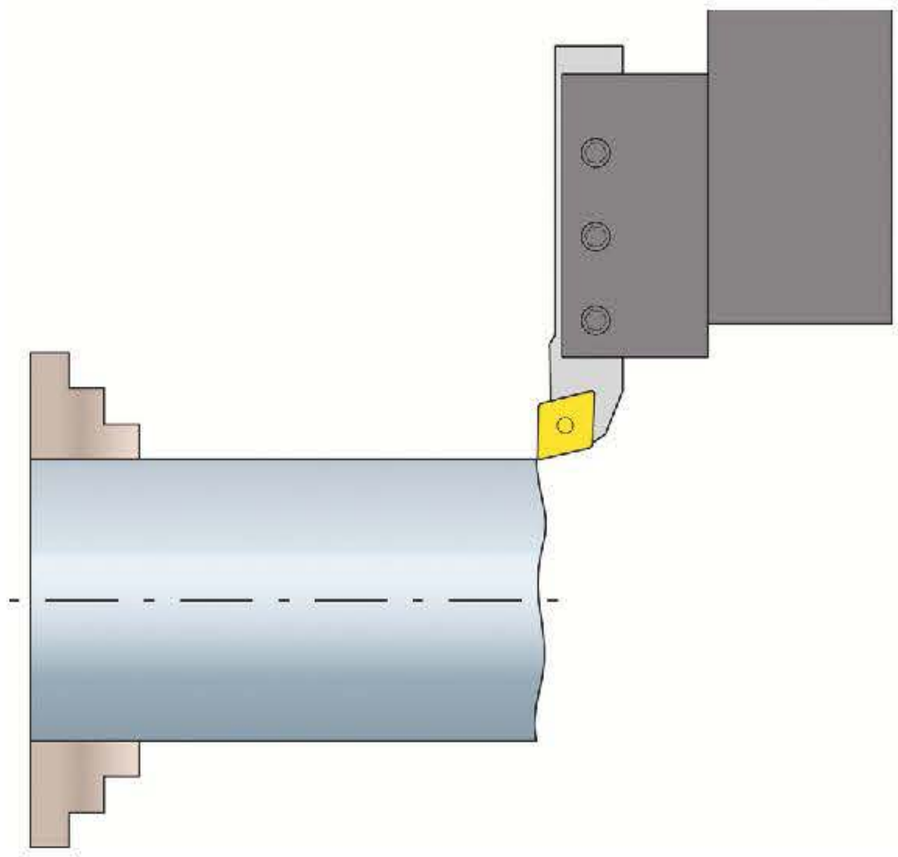
N20 G00 G53 X240 Z300 D0

N25 T1 D1

N30 G96 S300 F0.2 M4 M8

N35 G00 X44 Z0 [*Positionering*]

N40 …



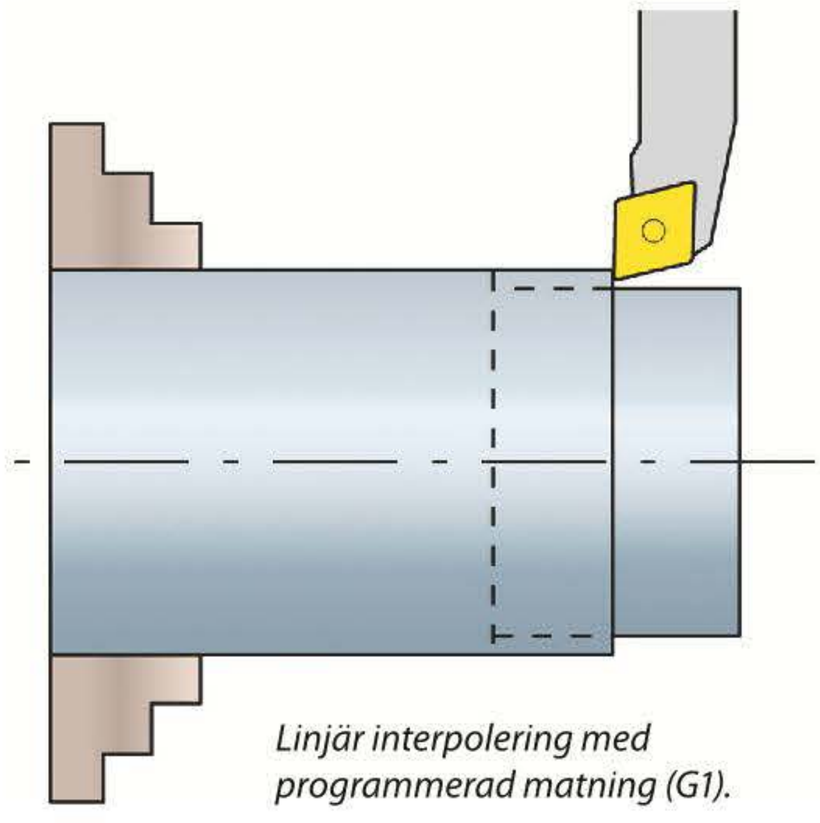
Positionering för planing.

7 Programmering för bearbetning

Programmering för bearbetning kan göras med många olika typer av svarvtempon, exempelvis planing, ut- och invändig grov- och finsvarvning, borrning, gängning och svarvning med olika cykler. Gemensamt för dem alla är att det handlar om att ta bort material från arbetsstycket så att den får den form som visas på ritningen. I det här avsnittet behandlar vi endast bearbetning med en utvändig ansatssvarning.

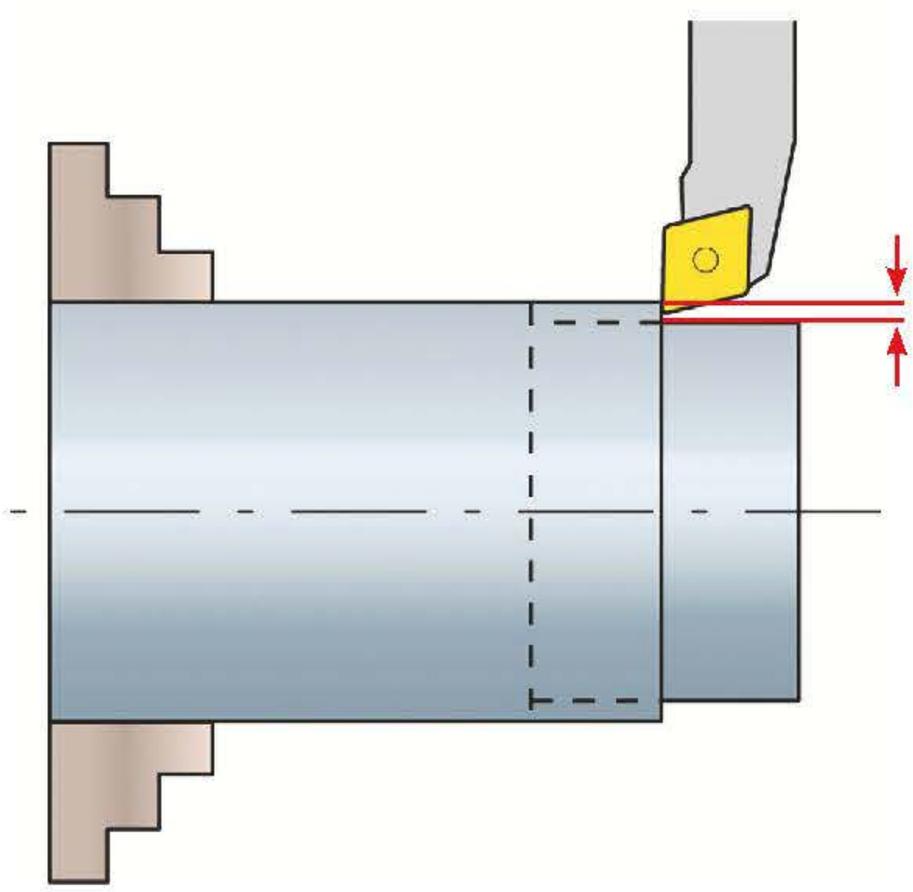
Svarvning med radier, liksom borrning, gängning och bearbetning med cykler, återkommer vi till längre fram i boken.

Bearbetningen i materialet utförs alltid med en programmerad matningshastighet som har programmerats i ett block, eller allra senast i första bearbetningsblocket. Den programmerade matningshastigheten F (feed) används i samband med koden G01. Koden kallas med CNC-språk *linjär interpolering med programmerad matning.*



Linjär interpolering med programmerad matning (G1).

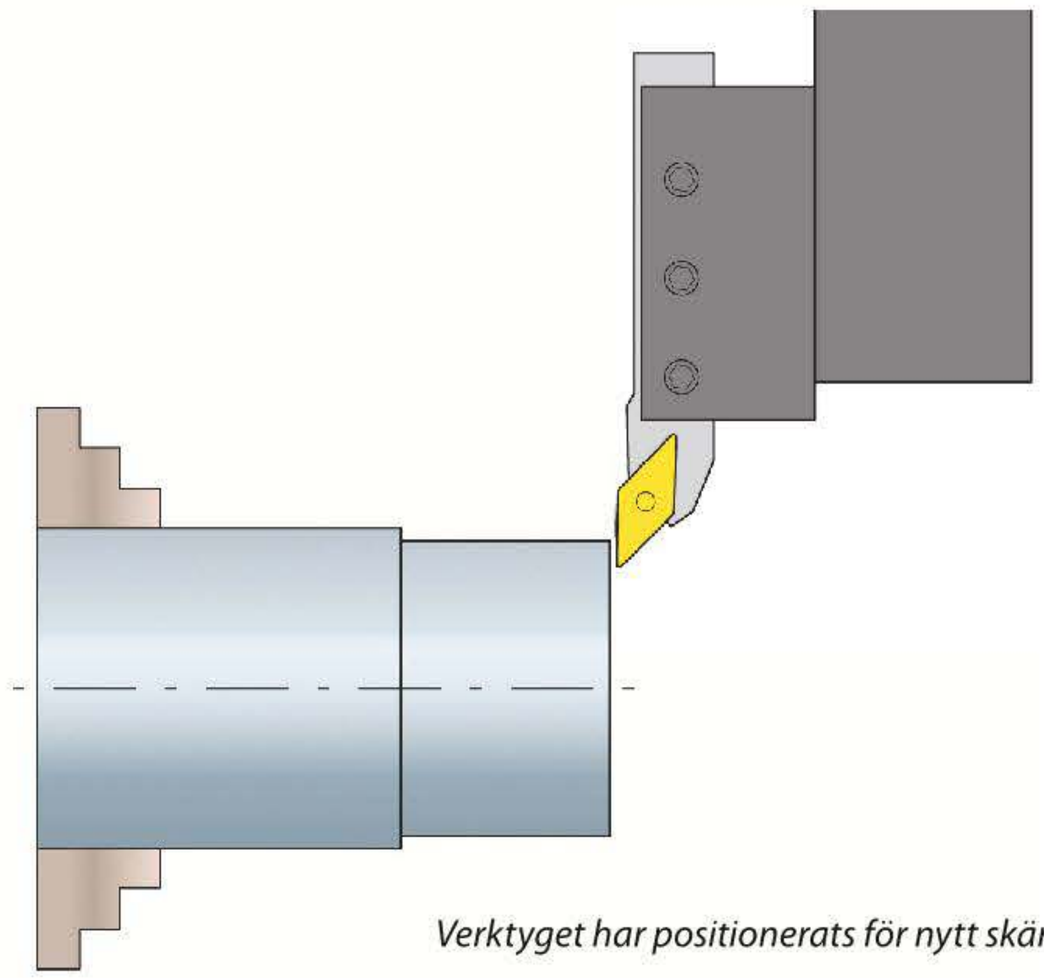
Bearbetningen i materialet görs alltid med lämpligt skärdjup som tas fram genom skärdataböckernas anvisningar eller med erfarenhetsmässig kunskap. Lämpligt skärdjup, som du exempelvis får fram i *Libers verkstadshandbok*, är alltid ett radiellt mått. Det innebär att när du programmerar måste



Skärdjup är ett radiellt mått.

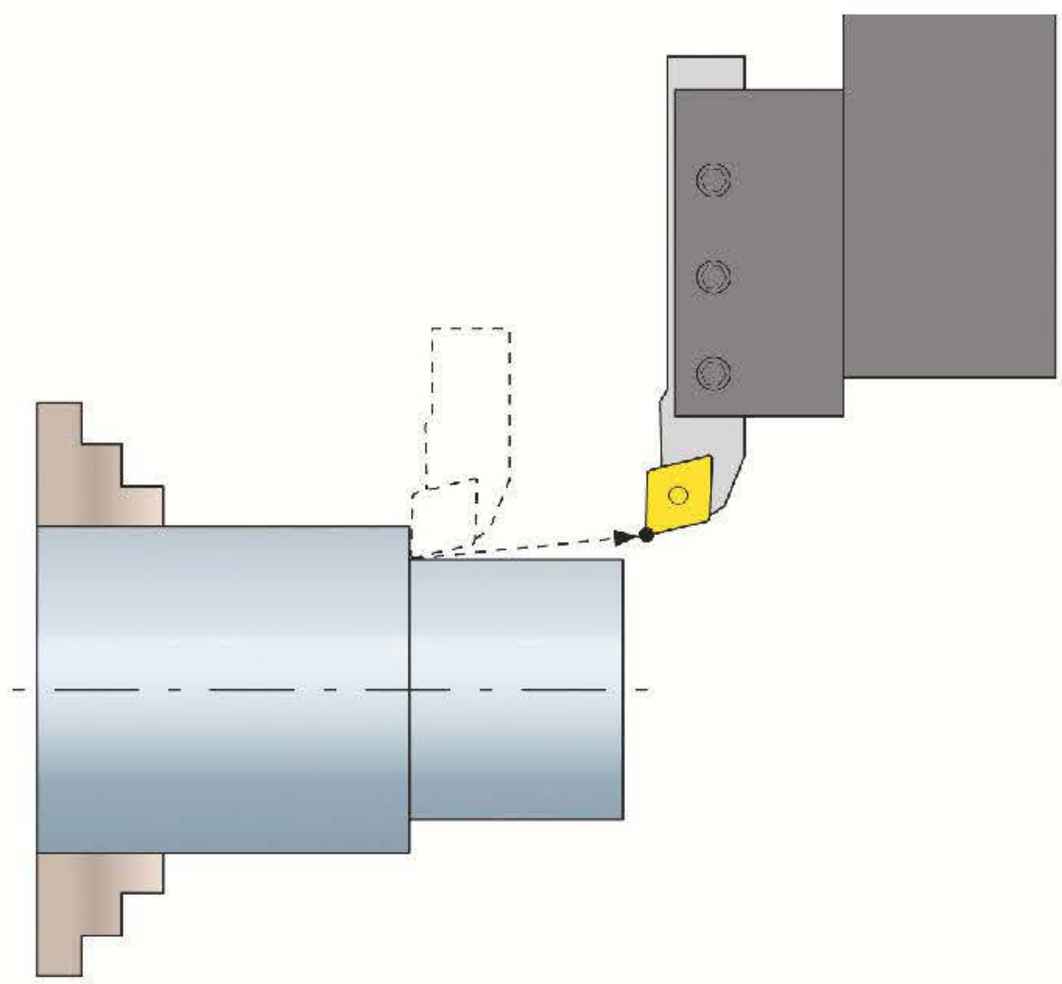
du dubblera värdet för att få rätt diameter-inställning. Ett skärdjup på 2 millimeter innebär då en diameterminskning på 4 millimeter.

Ofta görs i bearbetningen många *”skär”* för att man ska komma till rätt diameter. Verktyget måste därför flyttas till en ny startposition efter varje bearbetningsskär.



Verktyget har positionerats för nytt skärdjup

När man gör denna förflyttning måste verktyget flyttas från materialytan vid tillbakagången. Annars kan verktygsspetsen skadas eftersom materialet kan ”svikta” och då skär en liten spåna även på tillbakavägen, men denna gång med snabbtransport (G00) och på baksidan av skärverktyget. Verktyget måste därför förflyttas 1–2 millimeter i radiell riktning från materialet samt förflyttas till ny startposition i Z-led. Dessa två förflyttningar kan göras i samma block. De programmeras med snabbförflyttning, det vill säga G00.



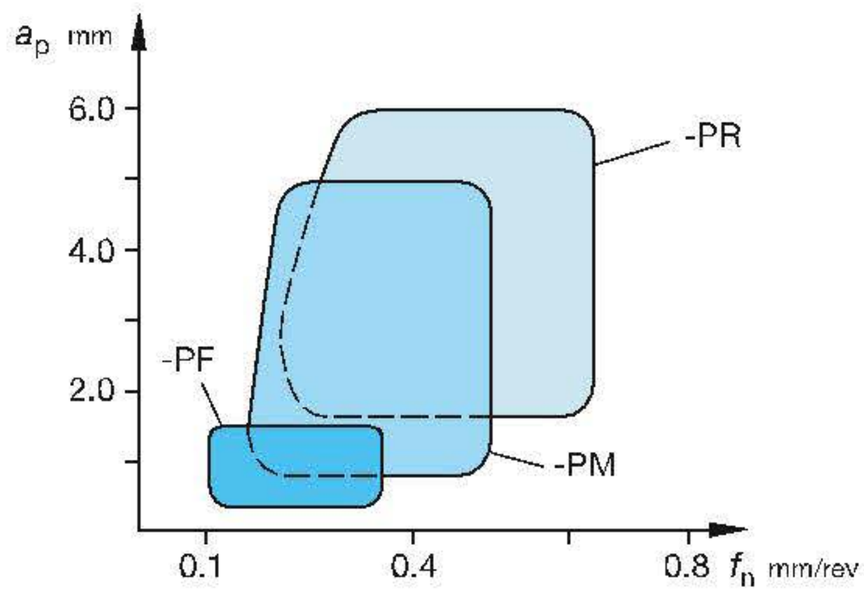
Vid positionering för nytt skärdjup flyttas verktyget ifrån den bearbetade ytan vid återrörelsen

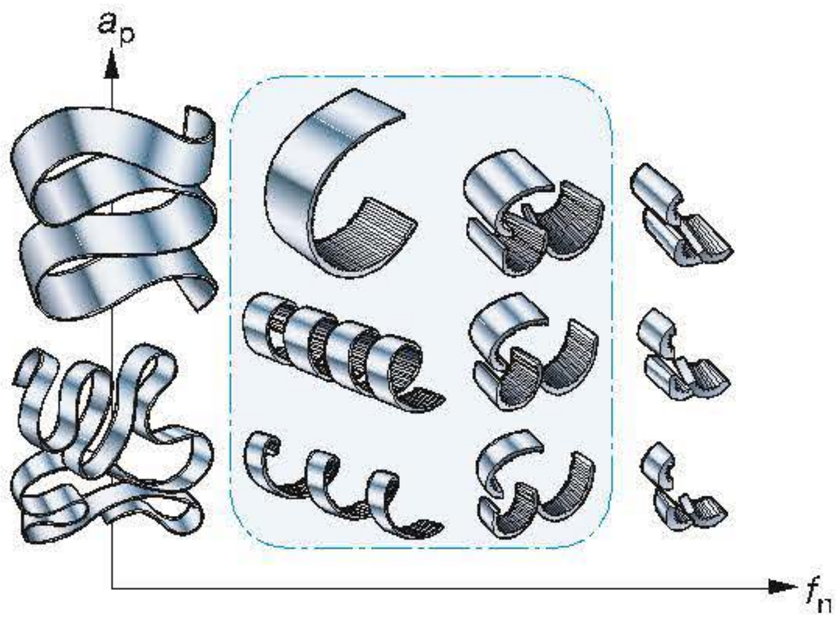
Grov- och finsvarvning

Grovbearbetning handlar om att ta bort överflödigt material på så kort tid som möjligt. Det ger inte alltid de mått och ytor som ritningen kräver och därför måste material lämnas kvar för att svarva till de toleranskrav som finns beskrivna på ritningen. Materialets storlek beror på det verktyg som ska användas som finsvarvningsverktyg och det skärdjup verktygsskäret är avsett för. Värden för detta finns i skärfabrikanternas tabeller och diagram, se figur.

Materialgrupp	GC4215 (P15)			GC4225 (P25)			GC4235 (P35)			GC2025 (P35)			GC
	Matning f_n mm/varv												
Se sidorna 254–255	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4	0,8	0,2	0,4	0,6	0,2
	Skärhastighet v_c m/min												
1, 2, 4	570	405	300	510	345	240	425	275	200	295	200	145	–
5	510	365	265	450	305	215	380	245	180	265	180	130	–
3, 6, 7, 8, 10, 11	560	370	260	455	305	215	300	185	135	220	145	100	–
9	300	210	155	300	210	165	185	120	85	220	145	100	–
12, 13	405	270	200	300	205	155	240	155	105	185	125	85	–
14	60	40	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

- Alla skär har ett eget spånbrytningsområde med rekommenderade skärdjup (a_p) och matningar (f_n).
- Finbearbetningsskäret använder hörngeometrin.
- Grovbearbetningsskäret använder en stor del av huvudskäreggen.





Spånorna förändras med skärdjup och matning. Spånorna i det markerade området har acceptabel spånform .

För den typ av svarvning vi har som exempel är ”finbearbetningsmånen”, det vill säga det skärdjup som lämnas kvar för finbearbetningen, cirka 0.5–1 millimeter i X-led. I Z-riktning däremot lämnas endast 0.05–0.2 millimeter kvar till finbearbetningen. Om man lämnar för stor finbearbetningsmån i Z-led kan man nämligen få vibrationer när skärdjupet blir för stort. Detta kan hända om bearbetningen slutar vid en ansats. Hela verktygets skärkantslängd kan då komma i ingrepp. Se figuren på nästa sida.

Programexempel grovsvarvning

Fanuc

N5 G92 S3500

N10 G28 U0 W0

N15 T0101

N20 G96 S300 F0.2 M4 M8

N25 G00 X44 Z0

N30 G01 X-1 [*Planing*]

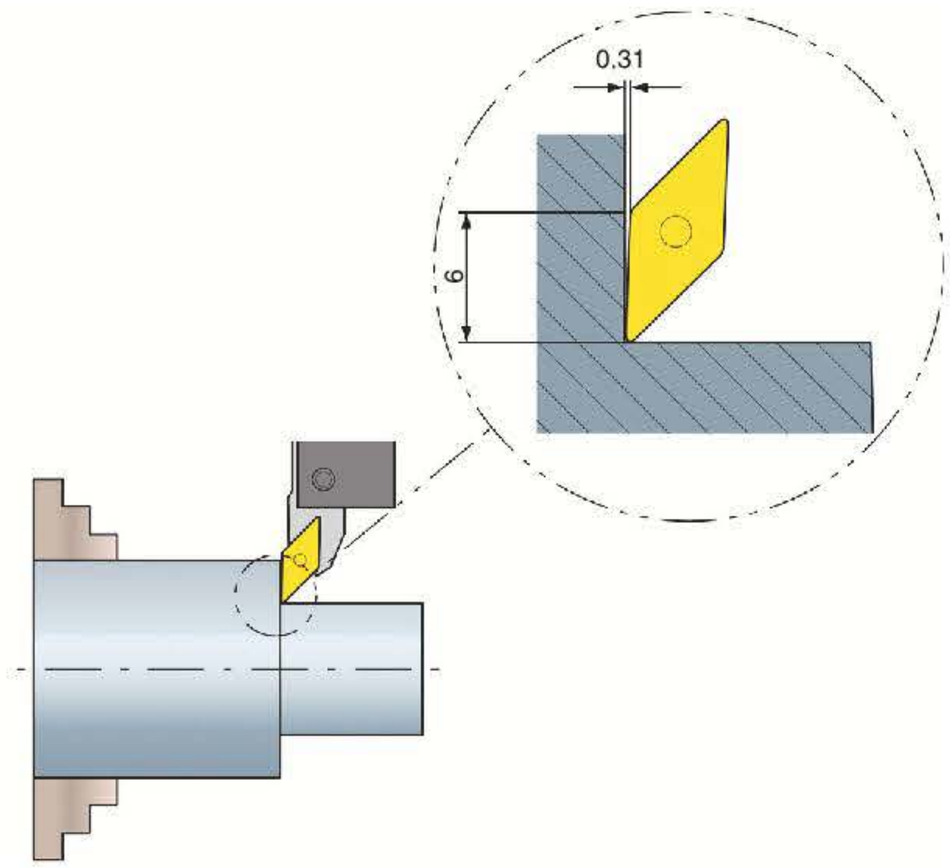
N35 G00 X36 Z2 (1 mm lämnas kvar som finbearbetningsmån i X-led) [*Positionering i X-led*]

N40 G01 Z-24.9 (0.1 mm lämnas som finbearbetningsmån i Z-led) [*Svarvning i Z-led*]

N45 X40 [*Plansvarvning av ansats*]

N50 …

Exempel: Vid finsvarvningsmån 0,3 mm blir skärdjupet ca 6 mm (93 graders ställvinkel).



Stor finbearbetningsmån ger stor ingrepps-längd vilket kan orsaka vibrationer.

Lämna aldrig mer än 0,05–0,1 mm kvar som finsvarvningsmån i Z-led på grund av vibrationsrisken.

Siemens

N5 G54

N10 TRANS Z70

N 15 G26 S3500

N20 G00 G53 X175 Z350 D0

N25 T1 D1

N30 G96 S… F… M4

N35 G00 X44 Z0

N40 G01 X-1 [*Planing*]

N45 G00 X36 Z2 (0.5 mm lämnas kvar som finbearbetningsmån i X-led) [*Positionering i X-led*]

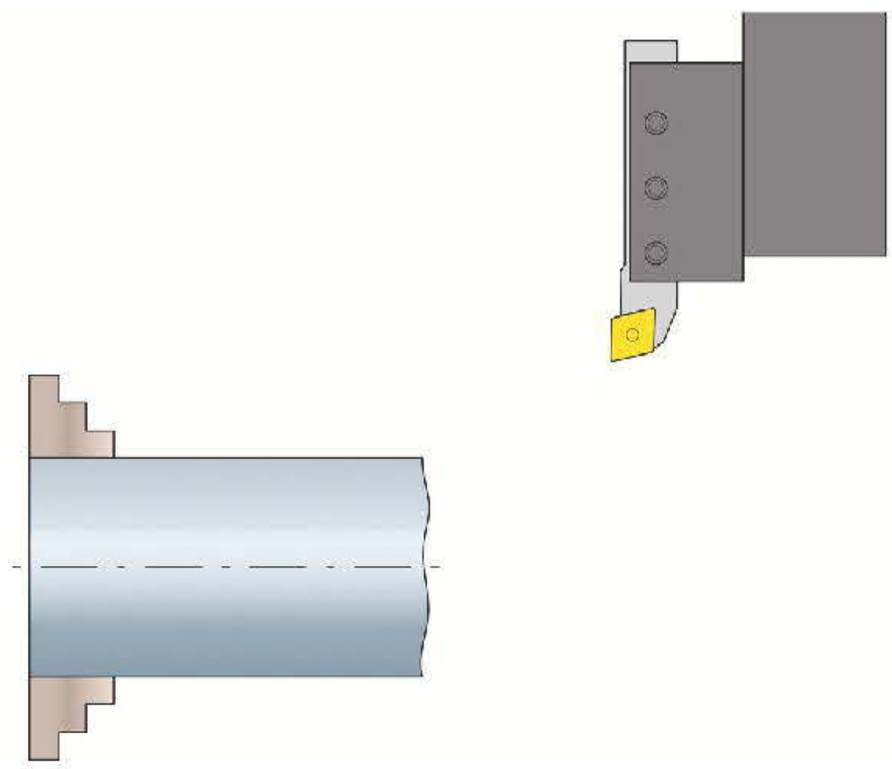
N50 G01 Z-24.9 (0.1 mm lämnas som finbearbetningsmån i Z-led) [*Svarvning i Z-led*]

N55 X40 [*Svarvning av ansats*]

N60 …

8 Positionering för verktygsbyte

Efter att ett svarvtempo har utförts med verktyget, exempelvis planing till rätt längd och grovsvarvning utvändigt, så är all bearbetning med detta verktyg klart. Verktyget ska förflyttas till en säker verktygsväxlingspunkt för byte till annat verktyg, eller till en slutposition vid programslut som är lämplig för exempelvis byte av detalj. Vi använder liksom förut en säker verktygsväxlingspunkt som beskrevs i punkt 5.



Fanuc

N5 G92 S3500

N10 G28 U0 W0

N15 T0101

N20 G96 S... F... M4 M8

N25 G00 X44 Z0

N30 G01 X-1

N35 G00 X36 Z2

N40 G01 Z-24.9

N45 X40

N50 G28 U0 W0 [*Förflyttning till verktygsväxlingspunkt*]

N55 …

Siemens

N5 G54

N10 TRANS Z70

N 15 G26 S3500

N20 G00 G53 X240 Z300 D0

N25 T1 D1

N30 G96 S… F… M4

N35 X44 Z0

N40 G01 X-1

N45 G00 X36 Z2

N50 G01 Z-24.9

N55 X40

N60 G00 G53 X240 Z300 D0

N65 …

N60 …

Lägg märke till att exempelvis koden G1 i block 30 för Fanuc och block 50 för Siemens är självhållande eller modal som det också kallas, vilket innebär att den är aktiv tills en annan kod inom samma grupp programmeras.

9 Återupprepning av punkt 4 – 8

Efter positionering till verktygsväxlingspunkten återupprepas punkt 6 till 10 med ett nytt verktyg. Programexemplen visar finbearbetningen med ett finstål så att bearbetningen av detaljen på ritning 1 blir komplett.

Fanuc

```
N5 G92 S3500
N10 G28 U0 W0
N15 T0101
N20 G96 S... F... M4 M8
N25 G00 X44 Z0
N30 G01 X-1
N35 G00 X36 Z2
N40 G01 Z-24.9
N45 X40
N50 G28 U0 W0
N55 T0303                    [ Punkt 4 ]
N60 G96 S…  F … M4  M8       [ Punkt 5 ]
N65 G00 X35 Z2               [ Punkt 6 ]
N70 G01 Z-25
N75 X40                      [ Punkt 7 ]
N80 G28 U0 W0                [ Punkt 8 ]
N85 …
```

Siemens

```
N5 G54
N10 TRANS Z70
N 15 G26 S3500
N20 G00 G53 X240 Z300 D0
N25 T1 D1
N30 G96 S… F… M4
N35 X44 Z0
N40 G01 X-1
N45 G00 X36 Z2
N50 G01 Z-24.9
N55 X40
N60 G00 G53 X240 Z350 D0
N55 T3 D1
N60 G96 S… F … M4 M8
N65 G00 X35 Z2
N70 G01 Z-25
N75 X40
N80 G00 G53 X240 Z300 D0
N85
N …
```

10 Programslut

Programslut för ett huvudprogram programmeras med samma kod för både Fanuc och Siemens, nämligen *kod M30*, vilket innebär att programmet avslutas och ”hoppar” tillbaka till första blocket i programmet. Vid nästa bearbetning behöver man bara trycka på startknappen för att en ny bearbetning ska börja.

Fanuc

N5 G92 S3500

N10 G28 U0 W0

N15 T0101

N20 G96 S... F... M4 M8

N25 G00 X44 Z0

N30 G01 X-1

N35 G00 X36 Z2

N40 G01 Z-24.9

N45 X40

N50 G28 U0 W0

N55 T0303

N60 G96 S… F … M4 M8

N65 G00 X35 Z2

N70 G01 Z-25

N75 X40

N80 G28 U0 W0

N85 M30 [*Programslut*]

Siemens

N5 G54

N10 TRANS Z70

N 15 G26 S3500

N20 G00 G53 X240 Z300 D0

N25 T1 D1

N30 G96 S… F… M4

N35 X44 Z0

N40 G01 X-1

N45 G00 X36 Z2

N50 G01 Z-24.9

N55 X40

N60 G00 G53 X240 Z300 D0

N65 T3 D1

N70 G96 S… F … M4 M8

N75 G00 X35 Z2

N80 G01 Z-25

N85 X40

N90 G00 G53 X240 Z300 D0

N95 M30

Exemplen visar hur en programmering kan se ut för en enkel bearbetning. Det gäller att dela upp bearbetningen i deltempon, där varje förflyttning kommer att bilda en rad eller ett block i programmet.

Allmän svarvning

De första övningarna och exemplen i boken behandlar utvändig allmän svarvning. Utvändig allmän svarvning innebär att man skapar en cylindrisk kontur med hjälp av arbetsstyckets rotation och skärets matningsrörelse. Skärets matningsrörelse kan ske axiellt, vilket innebär att diametern på detaljen minskas. Den typen av svarv-operation kallas *längdsvarvning* eftersom bearbetningen sker i längdriktningen, det vill säga i axiell riktning som programmeras i CNC-programmet med Z-koordinater. Alternativt kan verktygsskäret matas in mot centrum av arbetsstycket, vilket innebär att detta blir kortare. Den typen av svarvning kallas *plansvarvning*. Den radiella rörelsen programmeras i CNC-programmet med X-koordinater. Ofta börjar en CNC-bearbetning med att detaljen/arbetsstycket plansvarvas för att dess framsida ska vara plan och vara utgångsplan för alla mått i axiell (Z) riktning.

Verktygsval

Valet av skärverktyg är beroende av många faktorer. Sådana faktorer kan vara grov/fin- bearbetning, spånform, ytjämnhet och maskinens kapacitet.

Förutsättningar för exempel 1 – 7 och övning 1 – 6

I följande exempel har vi valt att använda oss av ett rombiskt skärverktyg (80 grader). Tillsammans med hållaren ger detta skärverktyg 93 graders ställvinkel för grovbearbetningen. Bearbetningen betecknas som medelgrov. Det innebär att skärdjupet är mellan 1.5–5 mm. Matningen bör ligga mellan 0.2–0.5 mm per varv. Hårdheten på materialet är HB180 (hårdhet Brinell).

Vändskär för planing och grovbearbetning.

För finbearbetningen har vi använt ett rombiskt skär (35 grader). Även det ger 93 graders ställvinkel när det är placerat i verktygshållaren. Bearbetningen betecknas som finbearbetning, det vill säga skärdjupet är mellan 0.5–2 mm och matningen ska ligga mellan 0.1–0.3 mm per varv.

Vändskär för finbearbetning

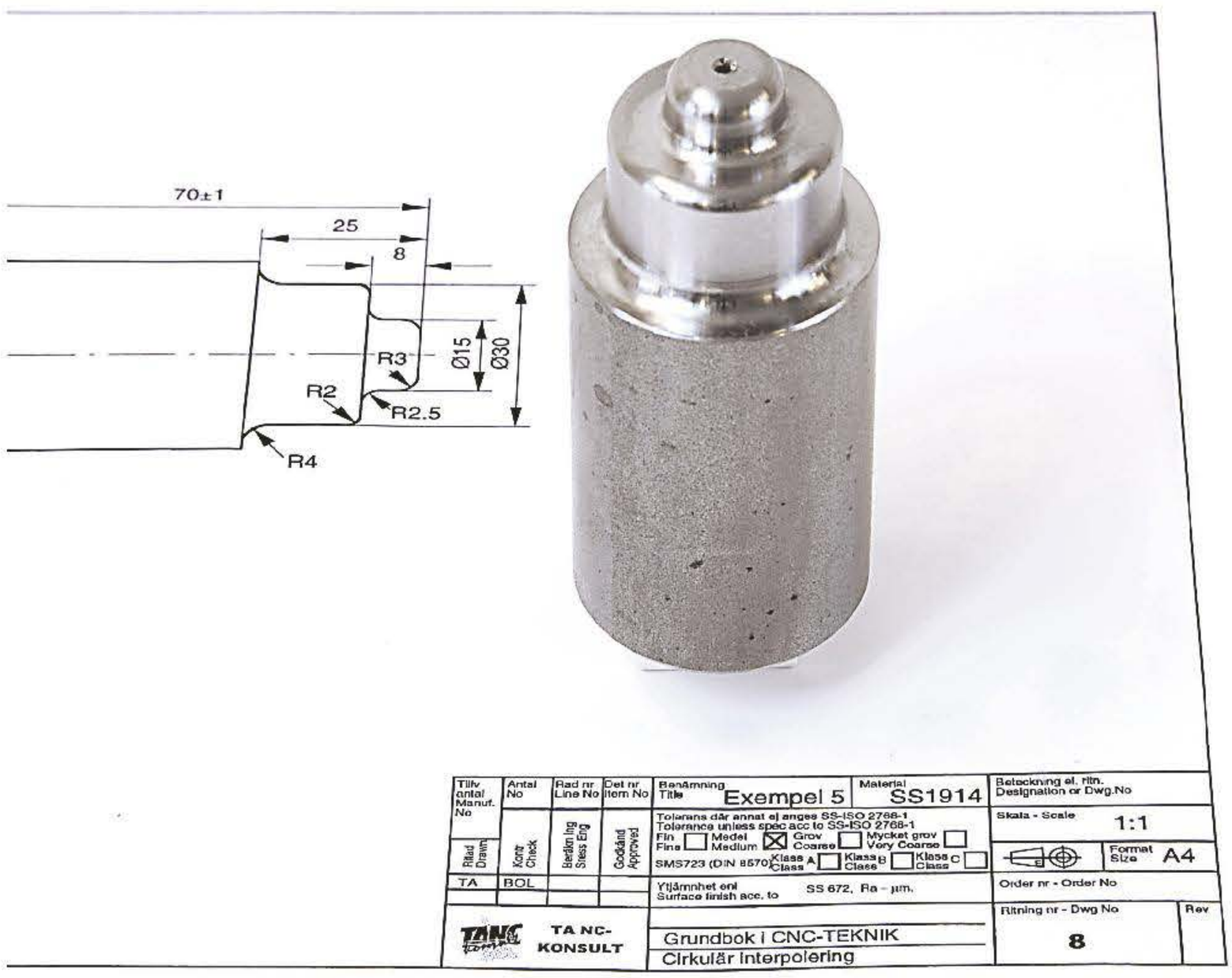
Exempel 1 – Tillverkning av detalj i CNC-svarv

Figuren i ritning nr 1 nedan visar en detalj som ska bearbetas till de mått som visas på ritningen. Observera att bara en sida av detaljen bearbetas. Detaljen förutsätts vara plansvarvad på den andra sidan.

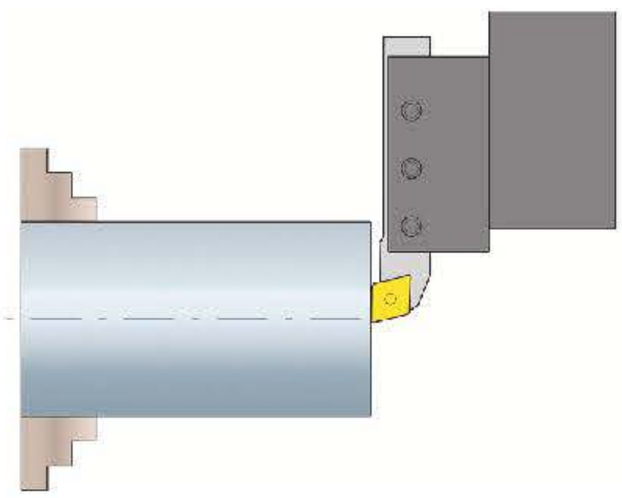
Förslag till arbetsgång

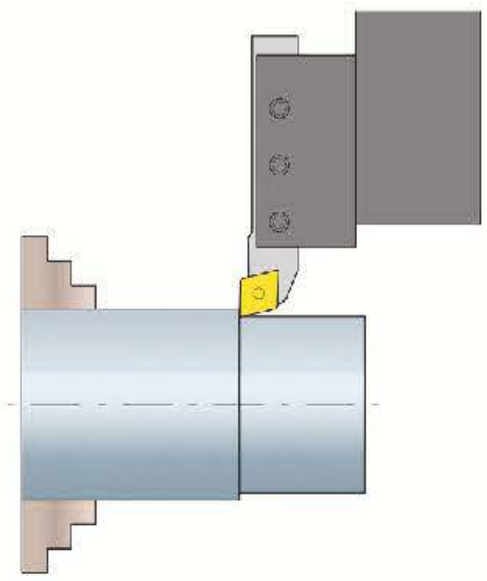
Nedan ges ett förslag på arbetsgång i tjugo punkter vid tillverkningen av detaljen. Punkterna 1–10 är förberedelse och programmering. Punkterna 11–20 är inläsning, testkörning, kontroll och automatkörning. Förslaget är tillämpligt på samtliga exempel och övningar i boken, men vissa mått och krav gäller endast exempel 1.

1 Studera ritningen



Innehåller ritningen uppgifter om material? Dimensioner? Toleranser? Eventuella ytjämnhetskrav? På den här ritningen finns det specifika utsatta toleranskrav för varje mått. Diametern (25 mm) har exempelvis ett toleranskrav på ± 1/10 mm. Det innebär att diametermåttet är godkänt om det är större eller lika med 24.90 mm och mindre eller lika med 25.10 mm.





2 Bestäm vilka typer av bearbetningar som ska utföras

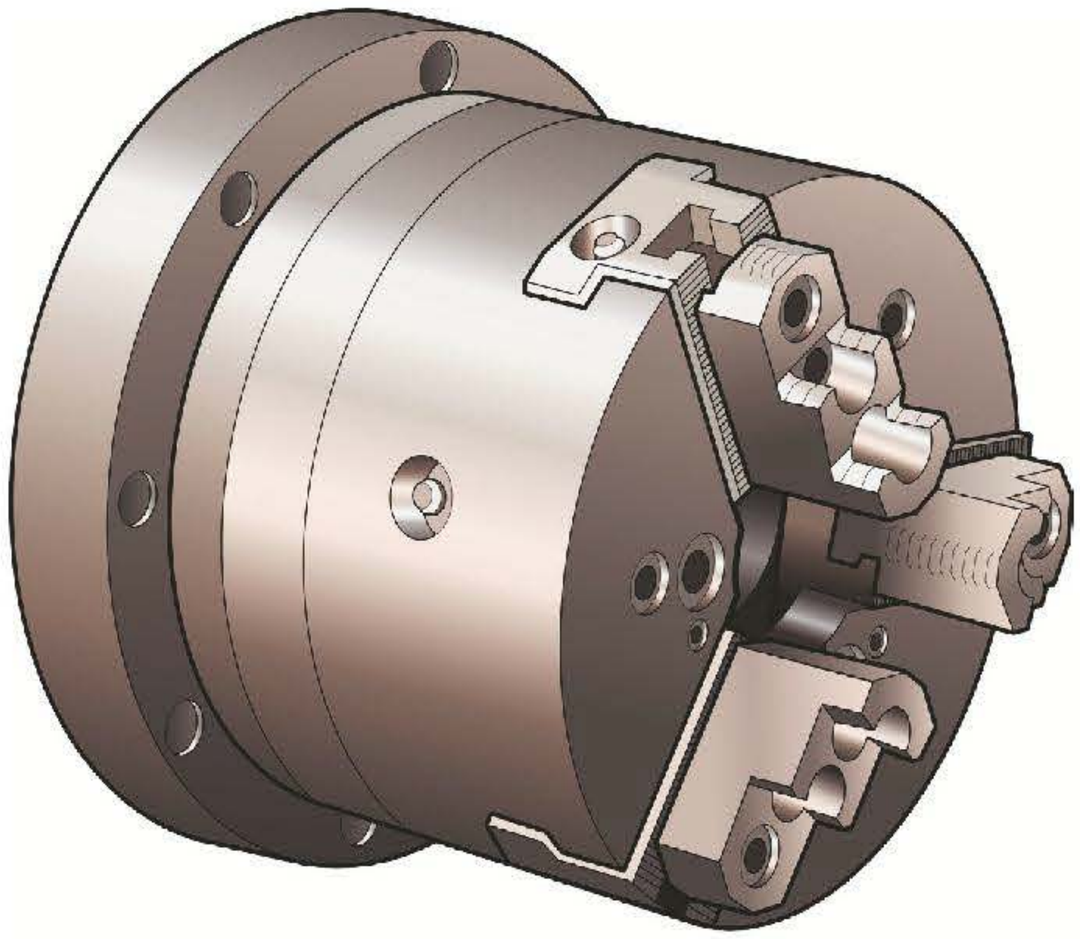
Ofta börjar man med att plansvarva detaljen. Orsakerna till detta är att man vill kontrollera att ursprungsämnet är tillräckligt långt samt se till att man får en plan yta att mäta Z-positioner från. Plansvarvningen innebär att man svarvar detaljen till ett bestämt mått i Z-led. Svarvningen görs i radiell riktning, det vill säga med förflyttning i X-led.

Därefter grovbearbetas den cylindriska ytan till ett mått som är större än det färdiga måttet.

Slutligen finsvarvas detaljen, så att den får de mått och ytjämnhetskrav som finns på ritningen.

3 Välj uppspänningsmetod

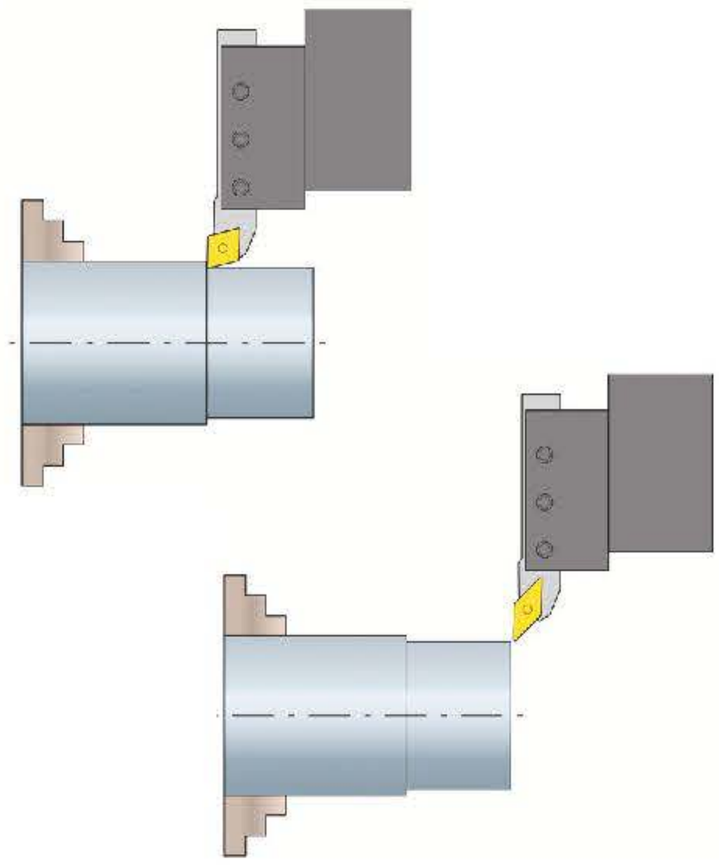
Som uppspänningsmetod väljs härdade backar i 3-backschuck. Det är den vanligaste metoden när man spänner upp ett ämne som är tillkapat från en stång och eventuella spännmärken på ämnets spännområde inte har någon betydelse.



3-backschuck med härdade backar

4 Välj verktyg till de olika svarv-tempona

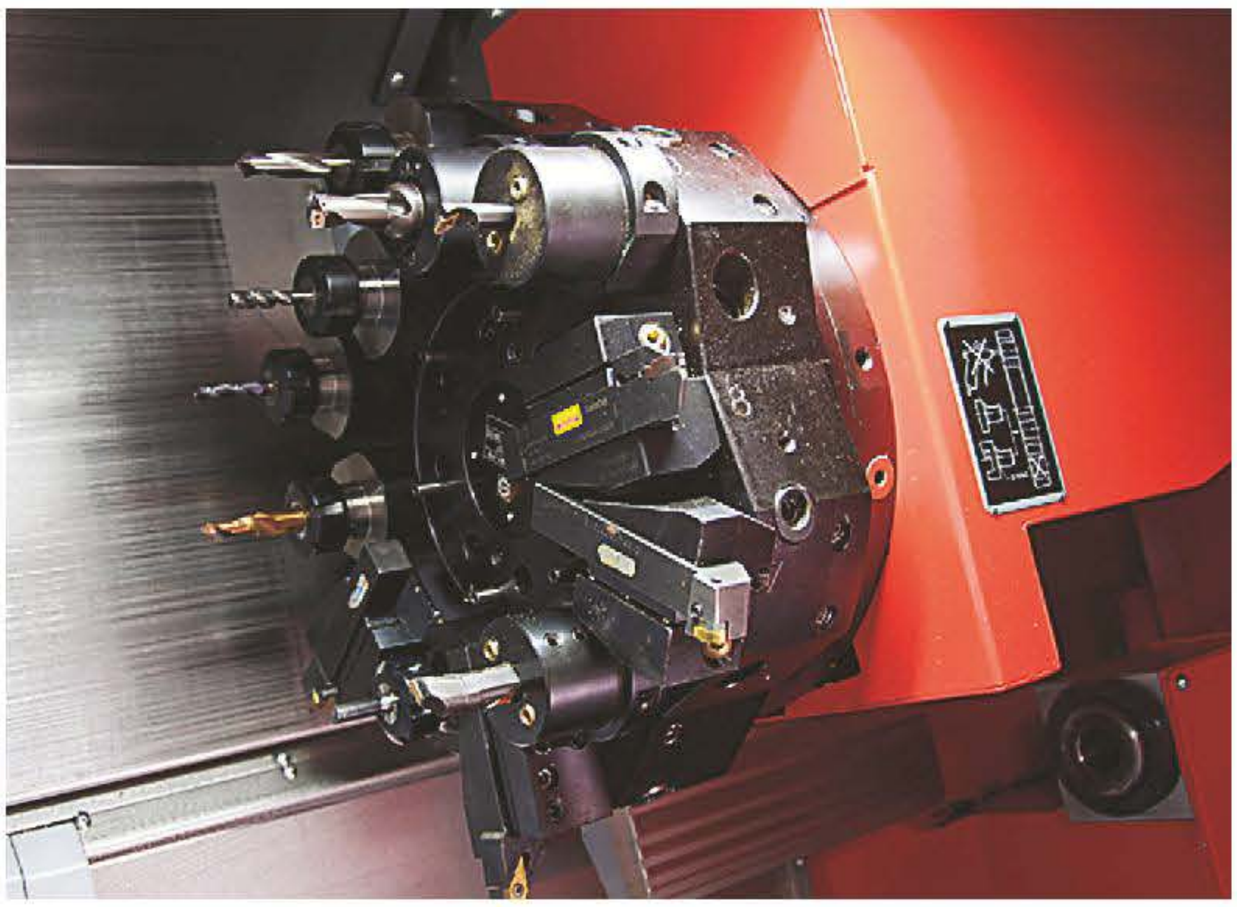
För planing och grovsvarvning väljs ett rombiskt verktyg.



Till finbearbetningen väljs ett verktyg som kan användas till samtliga finsvarvningstempon i exemplen. Ett lämpligt val är ett verktyg som är lätt att komma åt med och som har en skärform med 35 graders nosvinkel. Se figur.

Grovbearbetningsstål kallas ibland för skrubbstål och finbearbetningsstål kan även kallas för slätstål eller kopierstål.

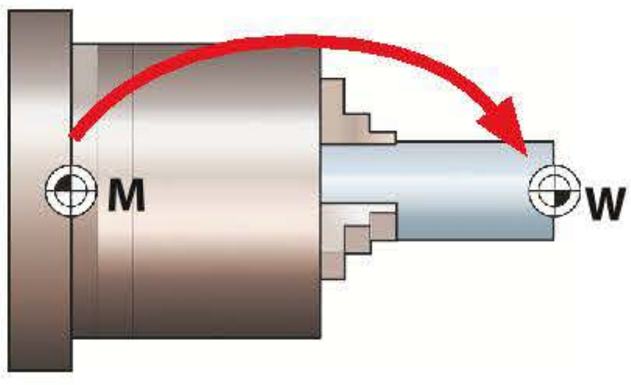
5 Sätt upp verktygen i verktygs-revolvern på maskinen



Skärverktygen spänns fast i verktygshållare som sedan skruvas fast i verktygsrevolvern

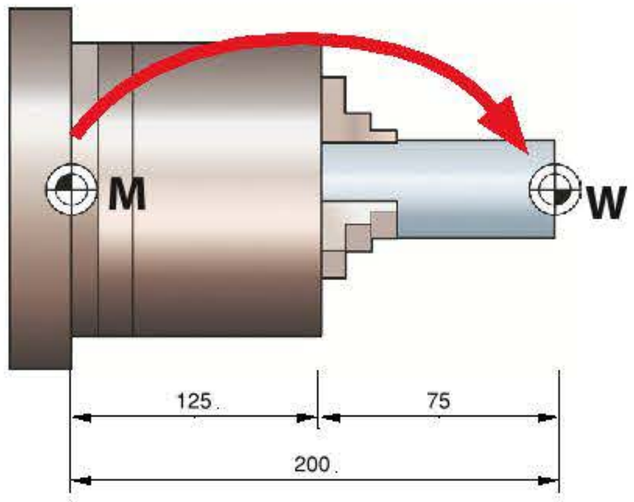
6 Bestäm var detaljens nollpunkt ska placeras

Det är i många fall enklare att kontrollera programmeringen om man lätt kan se när bearbetningen sker i materialet. Därför väljer vi att placera detaljens nollpunkt i dess framkant. Det innebär att alla förflyttningar måste göras med stor försiktighet vid alla negativa Z-positioner, eftersom verktyget då oftast är i bearbetning. All förflyttning i materialet görs med en programmerad matningsrörelse (G1).



Nollpunktsförflyttning till detaljens framkant

7 Bestäm värdet på förflyttningen av detaljens nollpunkt



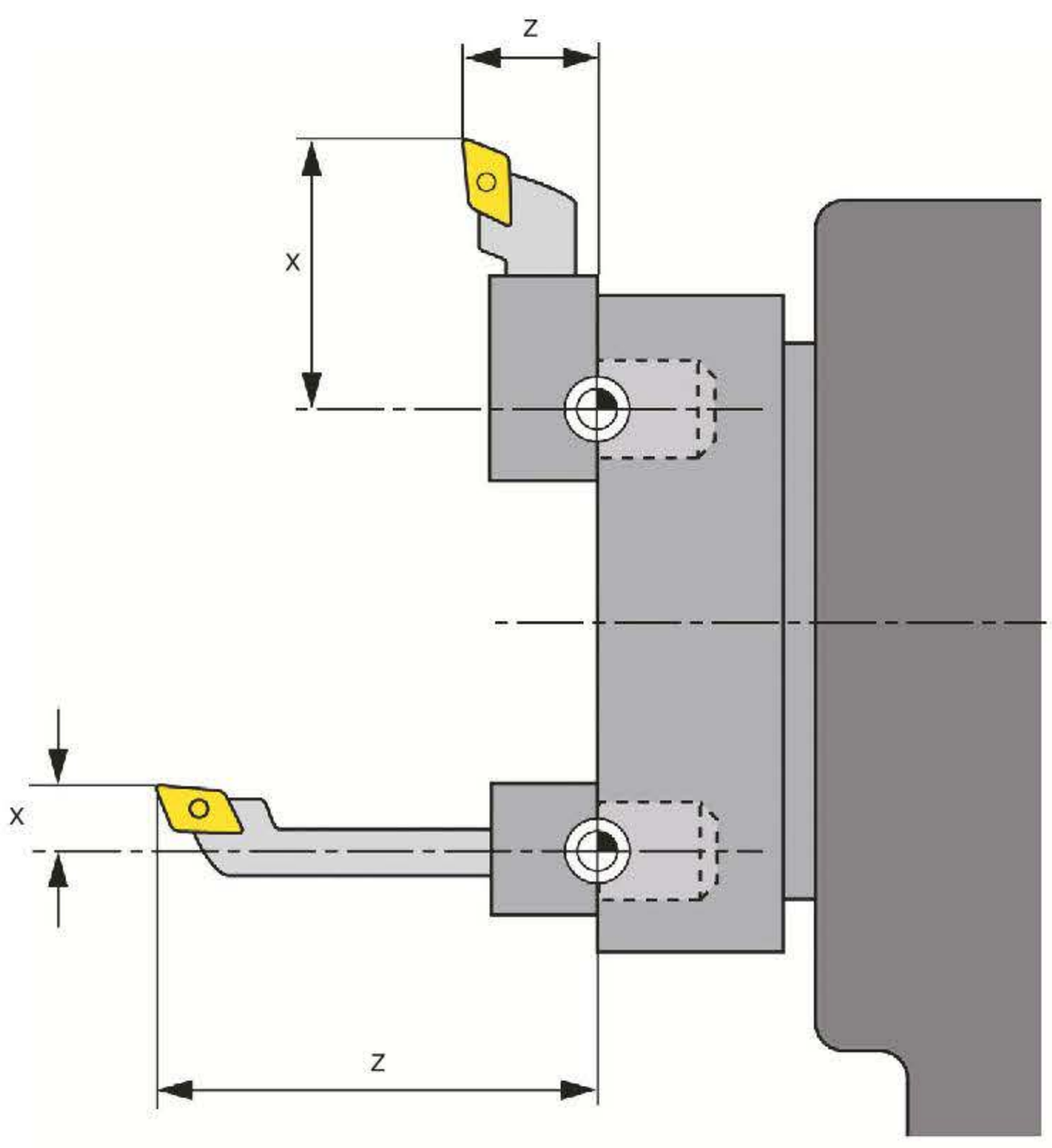
Avståndet mellan maskinens nollpunkt och detaljens nollpunkt måste vara uppmätt.

Oftast vet man avståndet mellan maskinens nollpunkt och chuck- eller hylschuckens planyta. Se figur. När den längden inte är känd så måste den mätas upp.

Därefter adderas längden på den del av detaljen som placeras utanför detta plan. Det totala måttet för förflyttningen kan programmeras på olika sätt och med olika metoder för de båda styrsystemen.

8 Mät verktygslängderna på de verktyg som satts upp i maskinen

Instruktion för hur mätning av verktygslängder går till på verktyg för grov- och finsvarvning beskrivs i webbtjänsten. Observera att värdet i nollpunktsregistret i Fanuc måste vara noll (0) när du mäter upp verktygen i Z-led. Kompenseringslängden för verktygslängden i X-led anges med ett diametermått.



Verktygslängder i X- och Z-riktning

9 Ta fram skärdata för de uppsatta verktygen

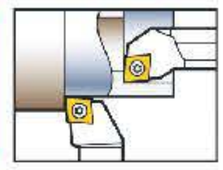
Använd exempelvis *Libers Verkstadshandbok* eller skärdataguider från Sandviken eller Seco när skärdata tas fram för grov- och finbearbetningen.

SVARVNING

ISO/ ANSI **P** **M**

MEDELGROV BEARBETNING AV STÅL

Positiva skär



Utdrag ur Corokey från Sandvik Coromant AB

BESTÄLLNINGSKOD							SKÄRDATA, CMC 02.1 / HB 180				
									Skärhastighet, v_c (m/min)		
Enkelsidiga	r_ε	GC4215	GC4215	GC4225	GC4225	GC4235	Skärdjup a_p mm	Matning f_n mm/varv	GC4215	GC4225	GC4235
	CCMT 06 02 08-WM		★		☆		**1.2** (0.5-2.5)	**0.2** (0.1-0.4)	**475**	**395**	
	CCMT 09 T3 04-WM	☆	★		☆		**1.5** (0.5-4)	**0.25** (0.12-0.4)	**445**	**365**	
	09 T3 08-WM	☆	★		☆		**1.5** (0.7-4)	**0.3** (0.15-0.5)	**415**	**345**	
	DCMX 11 T3 04-WM	☆	★		☆		**1.5** (0.5-4)	**0.25** (0.12-0.4)	**445**	**365**	
	11 T3 08-WM	☆	★		☆		**1.5** (0.5-4)	**0.3** (0.15-0.5)	**415**	**345**	
Wiper	**TCMX 11 03 04-WM**	☆	★				**1.2** (0.5-3)	**0.25** (0.12-0.35)	**445**		
	11 03 08-WM	☆	★		☆		**1.2** (0.5-3)	**0.3** (0.15-0.5)	**415**	**345**	
	16 T3 08-WM	☆	★		☆		**1.5** (0.5-4)	**0.3** (0.15-0.5)	**415**	**345**	
	CCMT 06 02 04-PM	☆	★				0.64 (0.2-2.4)	0.11 (0.06-0.17)	545		
	06 02 08-PM	☆	★				0.64 (0.4-2.4)	0.15 (0.08-0.23)	515		
	09 T3 04-PM	☆		★		☆	0.64 (0.25-3)	0.15 (0.08-0.23)	515	425	265
	09 T3 08-PM	☆		★		☆	0.8 (0.5-3)	0.2 (0.1-0.3)	475	395	240

Skärhastigheter, Coromant

Materialgrupp	GC4215 (P15)			GC4225 (P25)			GC4235 (P35)			GC2025 (P35)			GC3215 (K15)			H13A (K20)		
	Matning f_n mm/varv																	
	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4	0,6	0,1	0,4	0,8	0,2	0,4	0,6	0,2	0,4	0,6	0,1	0,3	0,5
Se sidorna 254–255	Skärhastighet v_c m/min																	
1, 2, 4	570	405	300	510	345	240	425	275	200	295	200	145	–	–	–	–	–	–
5	510	365	265	450	305	215	380	245	180	265	180	130	–	–	–	–	–	–
3, 6, 7, 8, 10, 11	560	370	260	455	305	215	300	185	135	220	145	100	–	–	–	–	–	–
9	300	210	155	300	210	165	185	120	85	220	145	100	–	–	–	–	–	–
12, 13	405	270	200	300	205	155	240	155	105	185	125	85	–	–	–	–	–	–
14	60	40	25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	45	30	23
15, 16, 17	–	–	–	295	265	185	205	160	125	200	160	120	–	–	–	–	–	–
18	300	250	210	–	–	–	–	–	–	–	–	–	240	200	170	140	115	95
19	305	240	185	–	–	–	–	–	–	–	–	–	240	195	165	135	125	95
20	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	340	270	220
21, 22	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	560	450	325
23, 24	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1900	1500	1235
25	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	500	410	300

Riktvärden[1)]

[1)] Skärdata är valda för bearbetning under stabila förhållanden i maskiner med tillräcklig motoreffekt. Dessa värden förutsätter riklig användning av skärvätska.

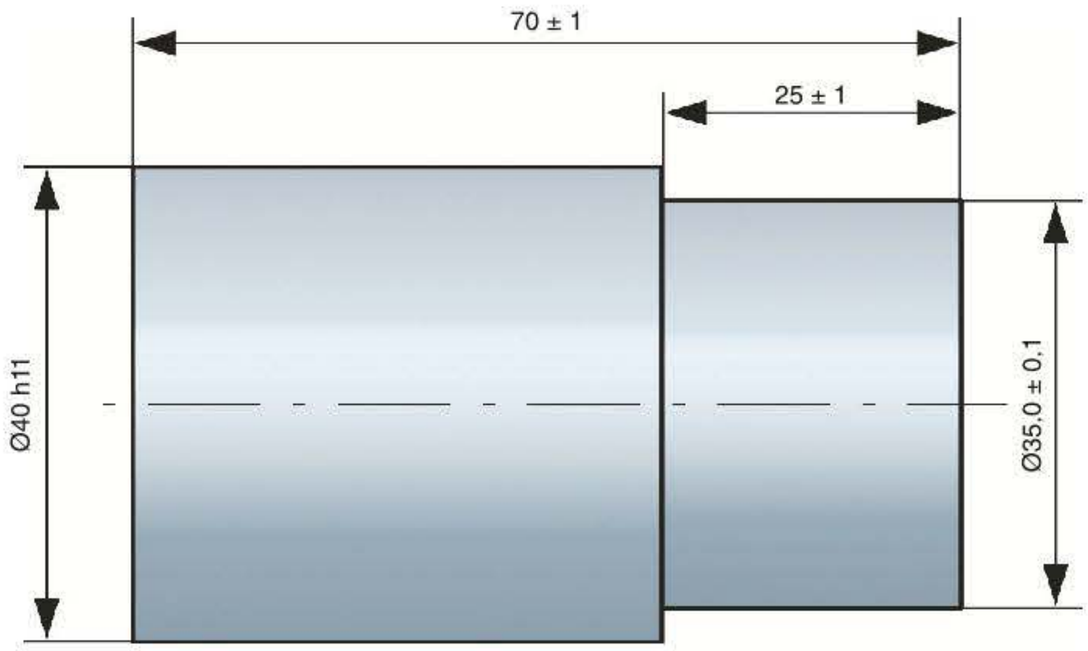
Skärhastighet till varvtal, se sidan 16.
Skärvätskor, se sidan 22.
Matning, se sidan 25.

10 Skapa ett CNC-program

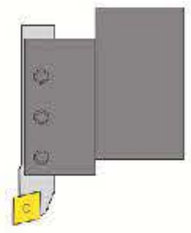
Programmeringen bygger på punkterna 1–9.

Se avsnittet *Programmeringsföljd*, punkterna 1–10.

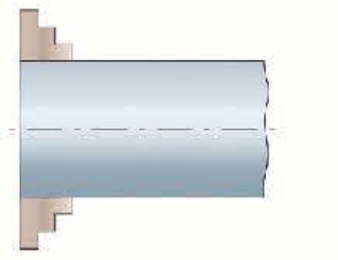
Fanuc – Ansatssvarvning – Exempel 1

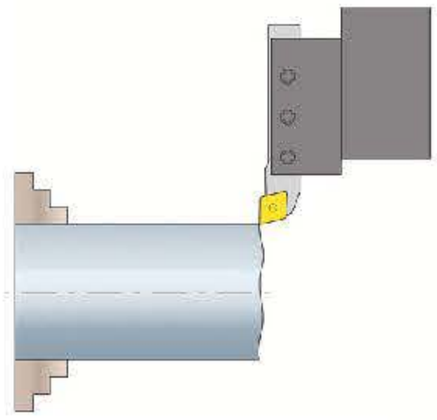


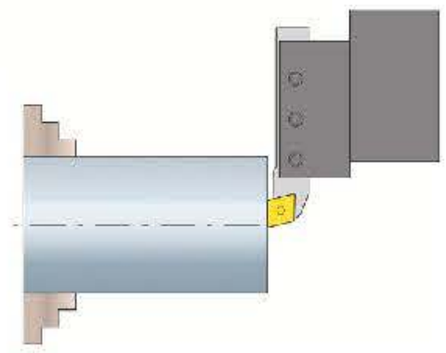
Följ programmeringen steg för steg i det styrsystem som finns hos dig. Varje steg visas med bilder och positioner för att programmeringen ska vara lätt att följa.

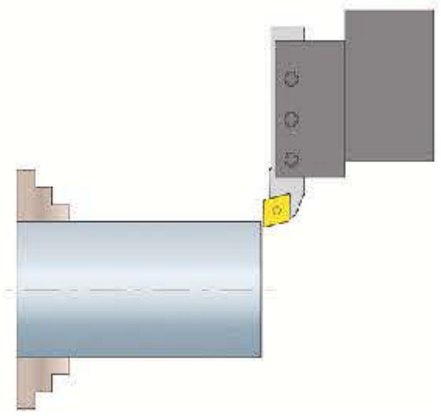


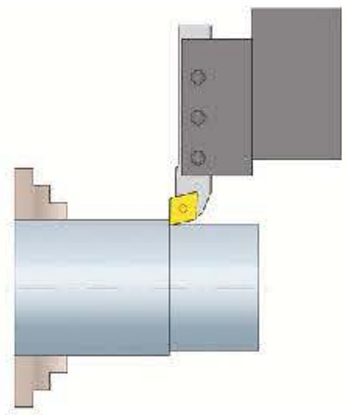
N5 G28 U0 W0	*Till verktygsbytesposition*
N10 G92 S3800	*Varvtalsbegränsning*
N15 T0101	*Anrop av verktyg i vtg-pos.1*
N20 G96 S … F … M4	*Skärdata*
N25 G00 X44 Z0	*Positionering för planing*
N30 G01 X-1	*Planing*
N35 G00 X36 Z2	*Position för längdsvarvning*
N40 G01 Z-24.9	*Längdsvarvning*





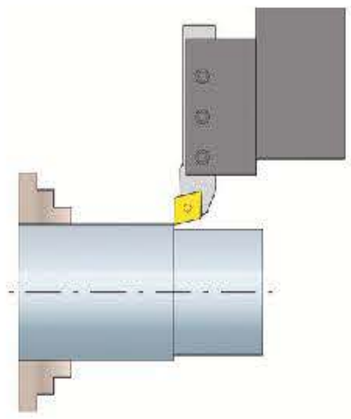






Fanuc – Ansatssvarvning – Exempel 1

N45 X40 *Radiell svarvning*

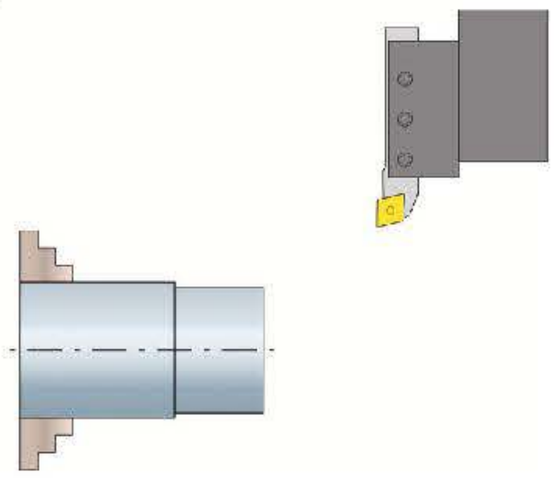


N50 G28 U0 W0 *Verktygsbytespositionering*

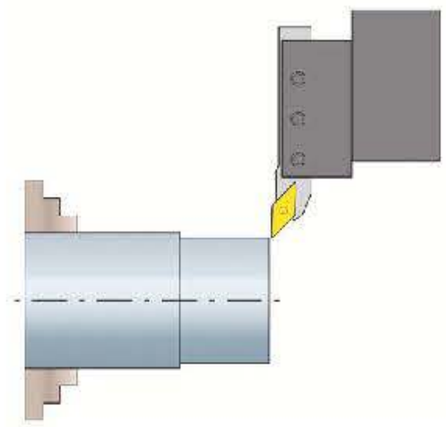
N55 (==========)

N60 T0202 *Finstål*

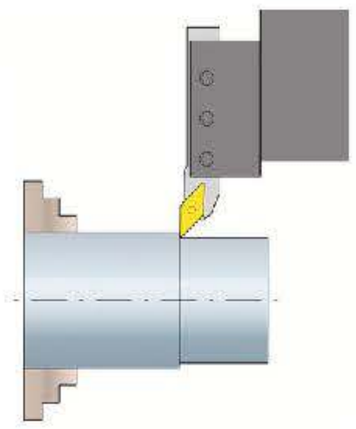
N65 G96 S… F… M4 *Skärdata*



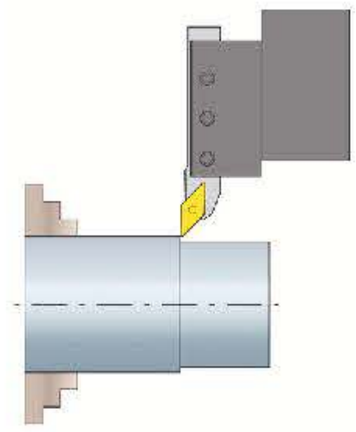
N70 G00 X35 Z2 *Position för finsvarvning*



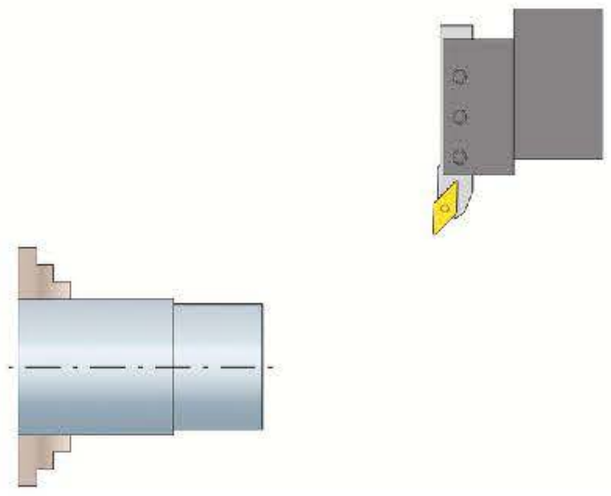
N75 Z-25 *Längdsvarvning*



N80 X40 *Radiell svarvning*

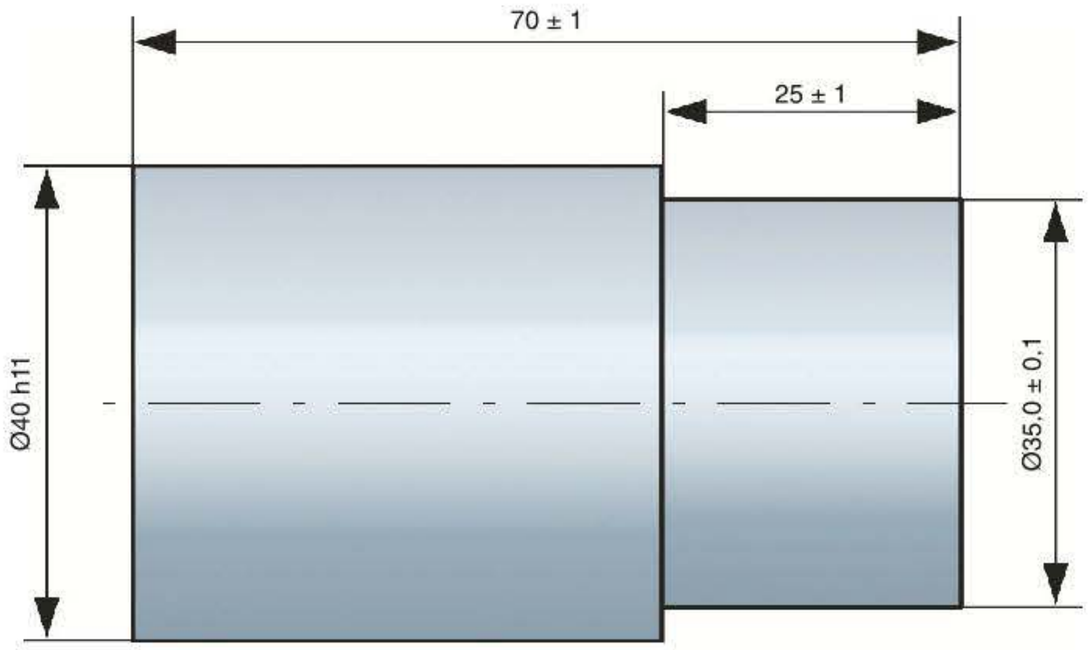


N85 G28 U0 W0 *Verktygsbytesposition*

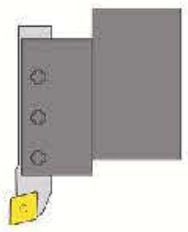


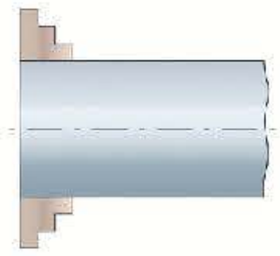
N90 M30 *Programslut*

Siemens – Ansatssvarvning – Exempel 1

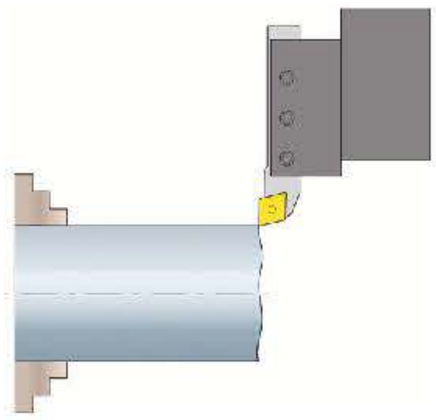


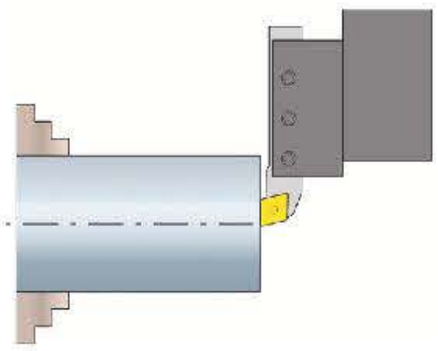
N5 G54	*Nollpunktsinläsning*
N10 G26 S3800	*Varvtalsbegränsning*
N15 G00 G53 X240 Z300	*Verktygsväxlingsposition*
N20 T1 D1	*Verktygsanrop*
N25 G96 S… F… M4	*Skärdata*



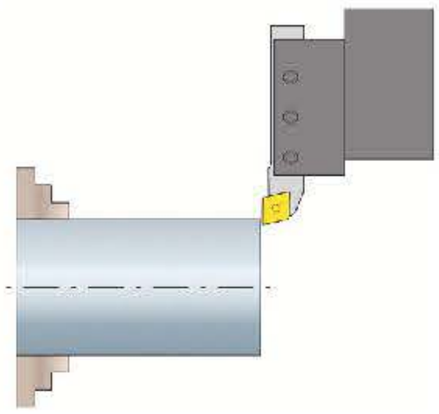


N30 G00 X44 Z0.1	*Position för planing*

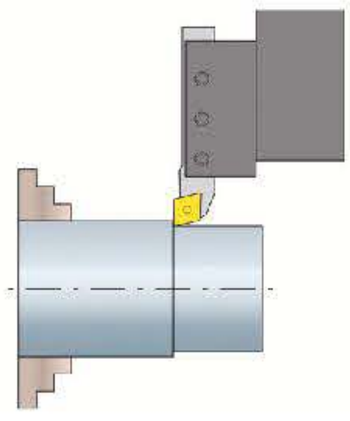




N35 G01 X-1	*Planing*



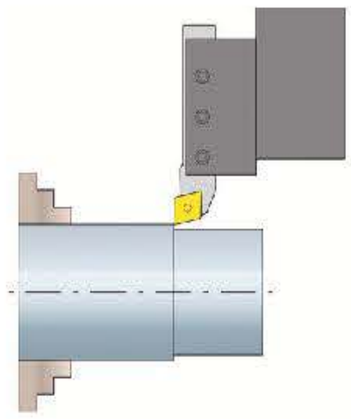
N40 G00 X36 Z2	*Positionering för längdsvarvning*



N45 G01 Z-24.9	*Längdsvarvning*

Siemens – Ansatssvarvning – Exempel 1

N50 X40 *Radiell svarvning*

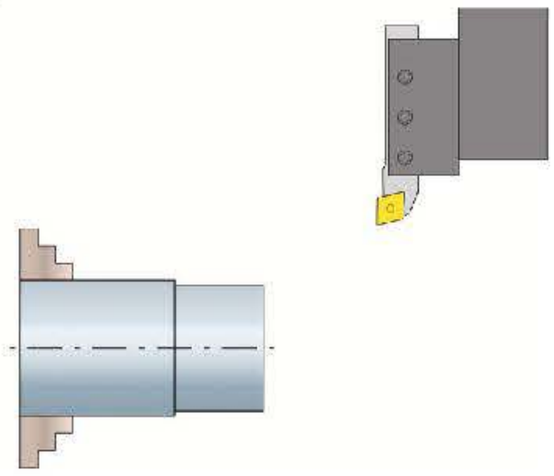


N55 G00 G53 X240 Z300 D0 *Verktygsbytesposition*

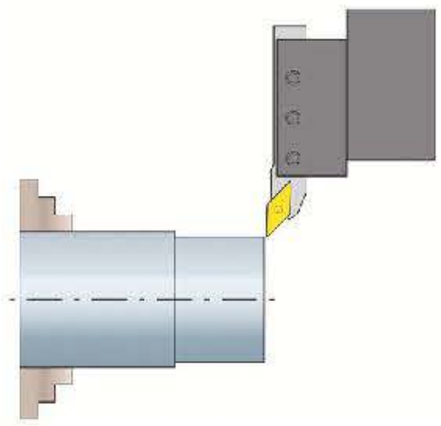
; ==========

N60 T2 D1 *Finsvarvningsstål*

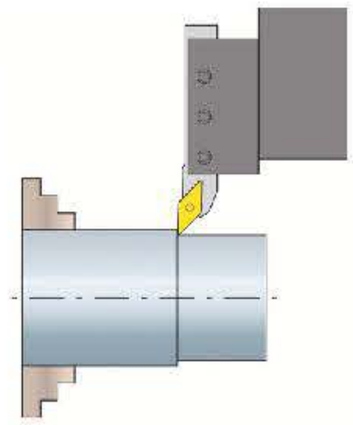
N65 G96 S… F… M4 *Skärdata*



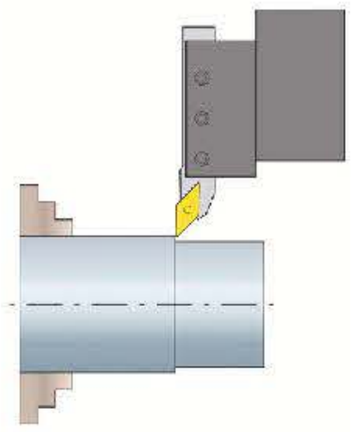
N70 G00 X35 Z2 *Positionering för finsvarvning*



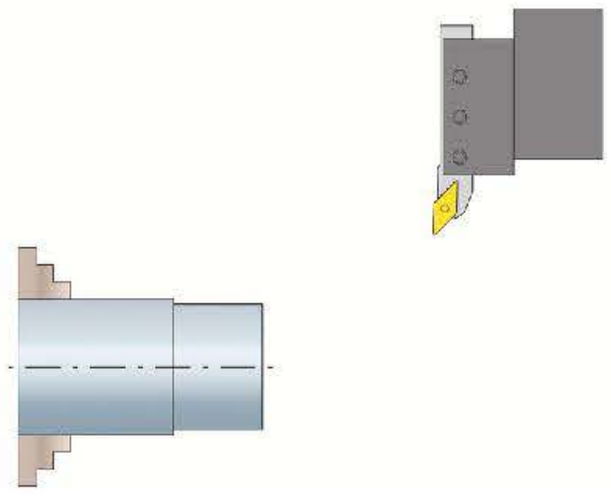
N75 Z-25 *Längdsvarvning*



N80 X40 *Radiell svarvning*



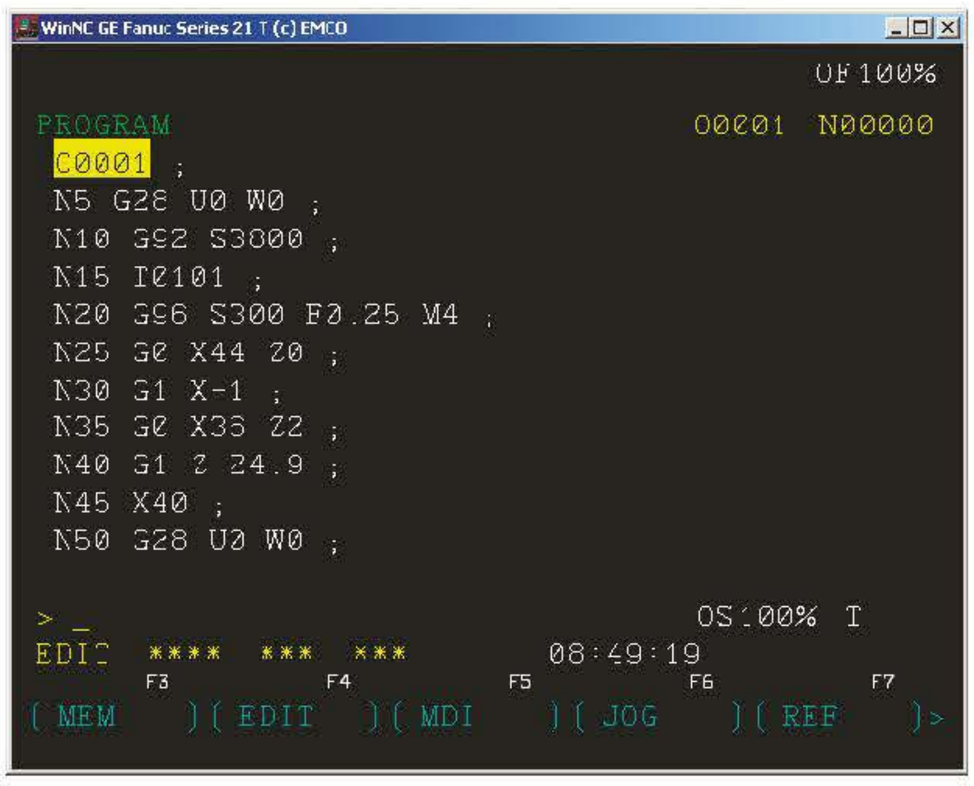
N85 G00 G53 X240 Z300 D0 *Verktygsbytesposition,*



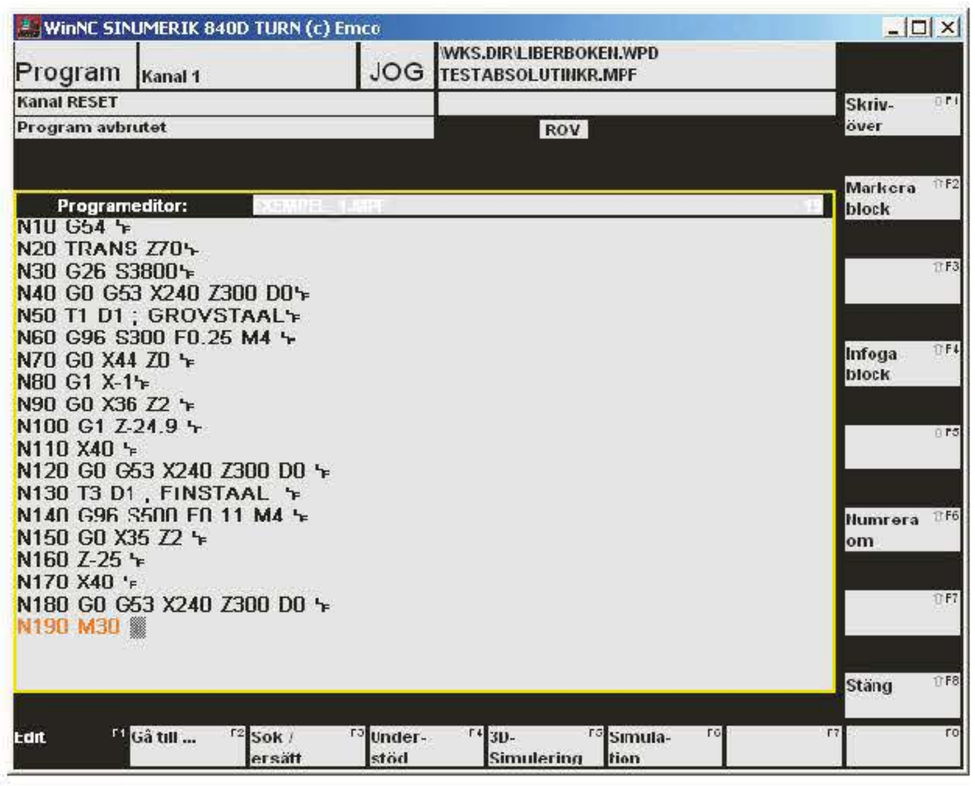
N90 M30 *Programslut*

11 Knappa in programmet i styrsystemet

Programmet knappas in i datorn. Instruktioner för hur detta görs finns i Plustjänsten.



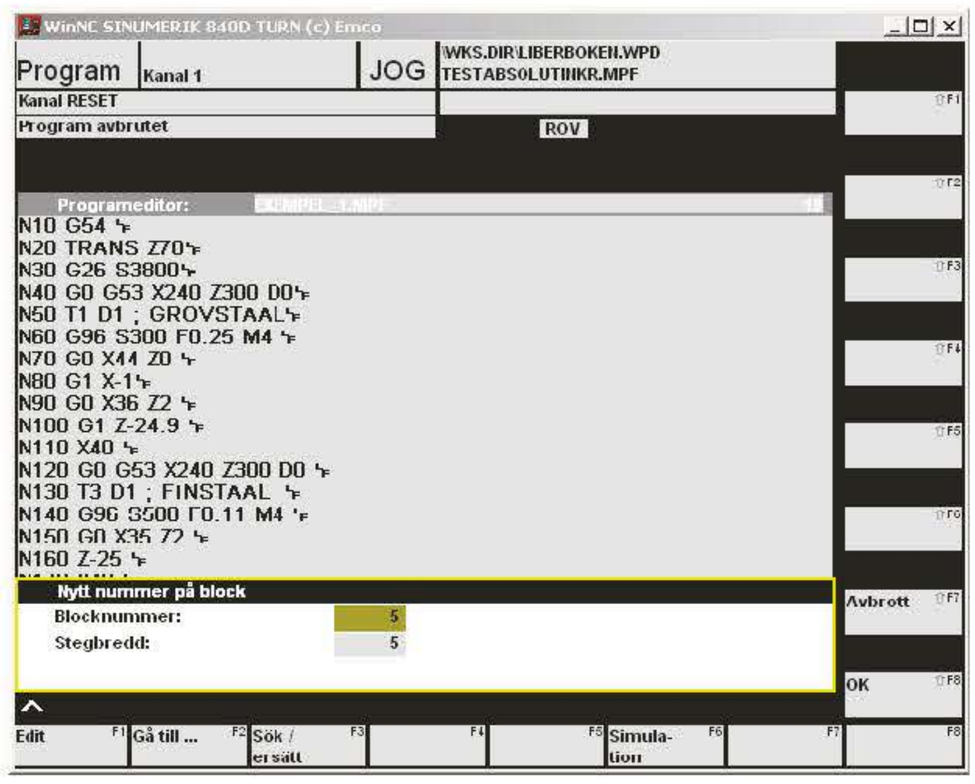
Program infört i Fanuc styrsystem



Program infört i Siemens styrsystem

12 Blocknumrera Siemens-programmet

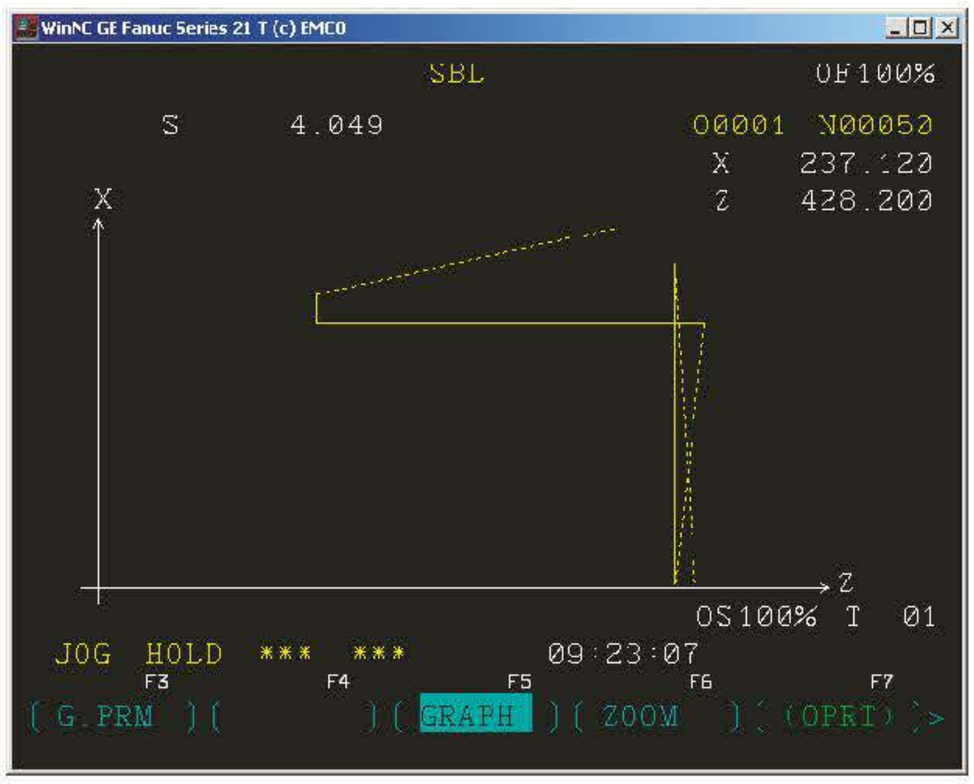
Blocknumreringen görs för att underlätta felsökning vid eventuella larm- eller felmeddelanden, som kan komma på bildskärmen vid exempelvis inknappnings- eller programmeringsfel.

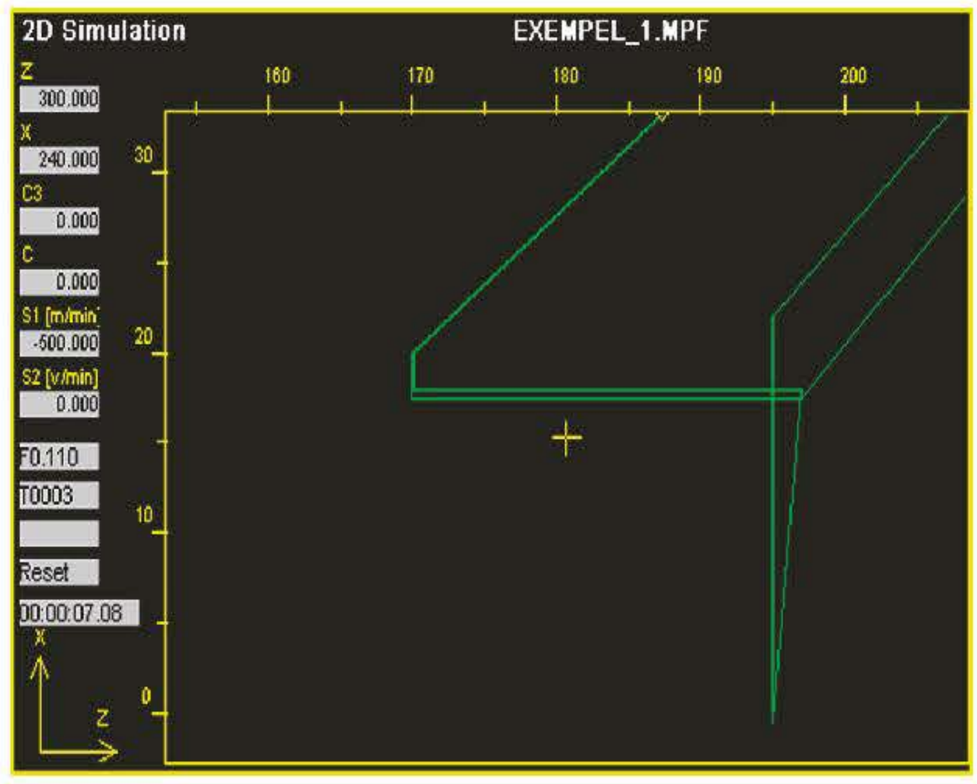


Blocknumrering av programmet görs bland annat för att underlätta felsökningen

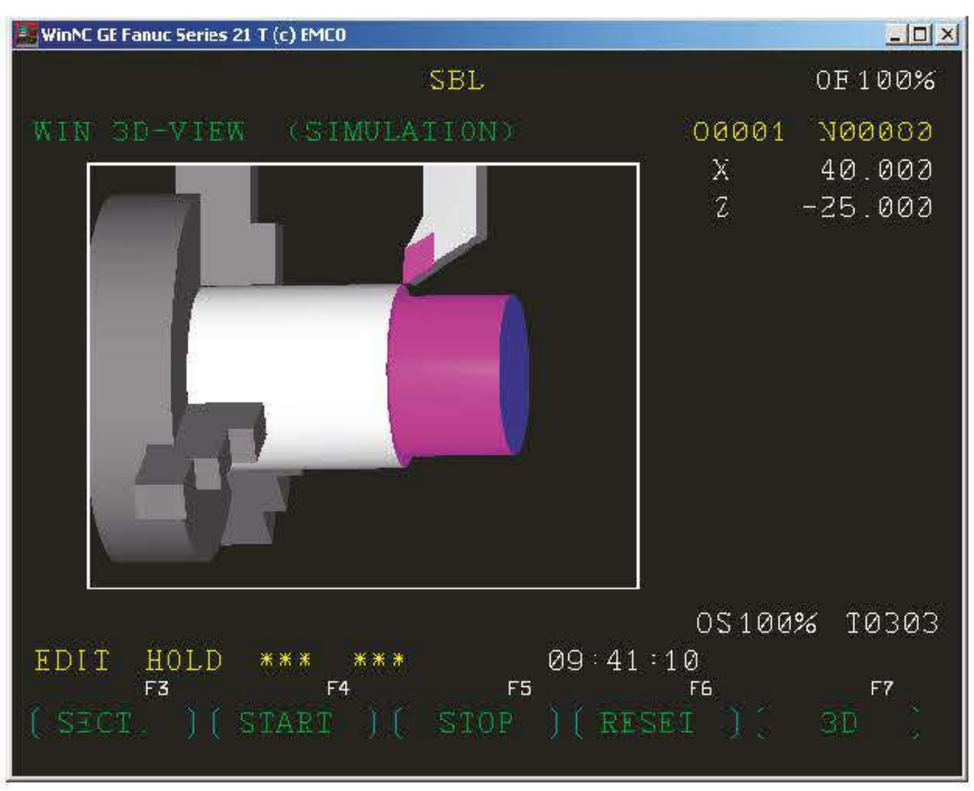
13 Simulera programmet i 2D-simulatorn och 3D-simulatorn

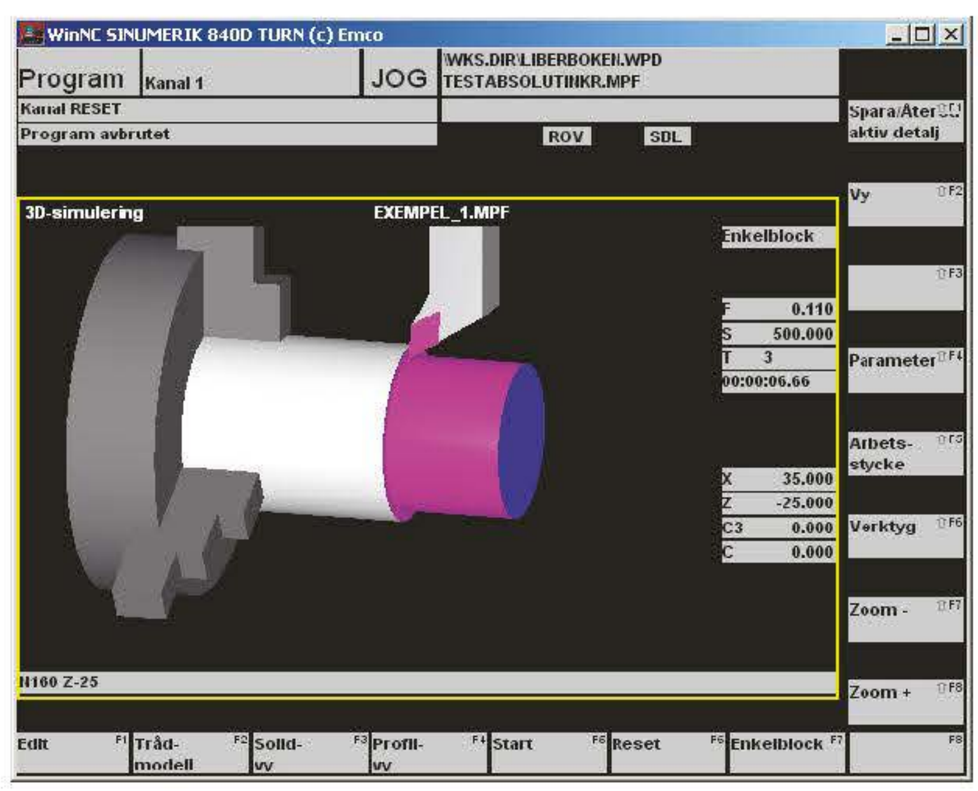
Instruktion för detta finns i Plustjänsten. Simulera programmet först i 2D-simuleringen.





Simulera därefter i 3D-simuleringen.





14 Testkör programmet med DRY-RUN-funktionen

Testkörningen sker i DRY RUN, det vill säga, utan spindelrotation och skärvätsketillförsel. Observera att ingen detalj får vara uppspänd i chucken. Testkörningen visar inte om rätt matningstyp eller rotationsriktning har valts. För att se om verktyget går fritt utan att köra emot chuckbackarna, vrids backarna för hand till en sådan position att kollision kan ske om fel mått har programmerats. Håll alltid ena handen på matningsvredet vid testkörningen. Vid minsta oklarhet, vrid matningen till noll och kontrollera reststräckan på bildskärmen. Reststräckan är den rörelse som ska utföras innan programblocket är avslutat. Instruktion för testkörning i DRY RUN finns i Plustjänsten.

15 Testkör programmet i enkelblocks-körning

Körningen sker med ett block i taget. Varje ny start av block-körning sker med tryck på CYCLE START-tangenten. Kontrollera att varje sträcka körs med rätt matningstyp det vill säga G0 eller G1. Kontrollera också att rotationsriktningen stämmer med det verktyg som är uppsatt.

16 Montera detaljen i chucken

Kontrollera att backarna är riktigt åtdragna om det är en manuell chuck och att detaljen inte ”kastar” utan sitter riktigt i chucken.

17 Enkelblock med detalj i spindeln

Håll ena handen på matningsvredet, kontrollera reststräckorna på bildskärmen. Kontrollera nästa steg i bearbetningen.

18 Mät detaljen och gör korrigeringar

Korrigera eventuella måttavvikelser i verktygsregistret. Se instruktion i Plustjänsten.

19 Kör bearbetningen i Automatik-körning

Håll handen på matningsvredet under körningen. Var beredd på att korrigera matningen om det behövs för bearbetningen.

20 Ny bearbetning – 100 %

Sätt upp ett nytt ämne, kör bearbetningen igen så att hela förloppet sker med 100 % matning. Mät och gör eventuella korrigeringar.

Ovanstående mall kan användas för samtliga exempel och övningar i boken men måste så klart anpassas till varje enskilt moment i följande exempel och övningar.

ÖVNINGSUPPGIFT 1

Du kan nu med hjälp av det som behandlats i boken själv göra **övning 1**. Om något är oklart – gå tillbaka och repetera de avsnitt du tidigare läst. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

Programmering av faser och radier

Faser och rundningar av skarpa hörn görs i många fall för att detaljen ska vara greppvänlig och att det ska vara lätt att passa in detaljer i varandra.

Faser och radier kan programmeras som vanligt, det vill säga med vald G-funktion och slutpositioner på plan- (X) och längdaxeln (Z) samt eventuell radiebestämning. De kan också programmeras på ett förenklat sätt med en linjär förflyttning med programmerad matning (G1). Då anger man endast konturhörnpunkten samt fasen eller radiens storlek. Det vanligaste är att bryta konturhörn, det vill säga fasa hörn, med 90 graders förhållande mellan X- och Z-axeln. Faser och rundningar kan dock göras mellan valfritt kombinerade linjära eller cirkulära konturer.

Adresserna för programmeringen av faser och hörn är olika för de båda systemen, men själva funktionen är densamma. Förutom det som förut nämnts så får man inte programmera en fas eller rundning som sista konturposition, eftersom fasen eller rundningen då inte vet i vilken riktning den ska utföras åt. En fas eller rundning måste alltid följas av en position i X-eller Z-riktning.

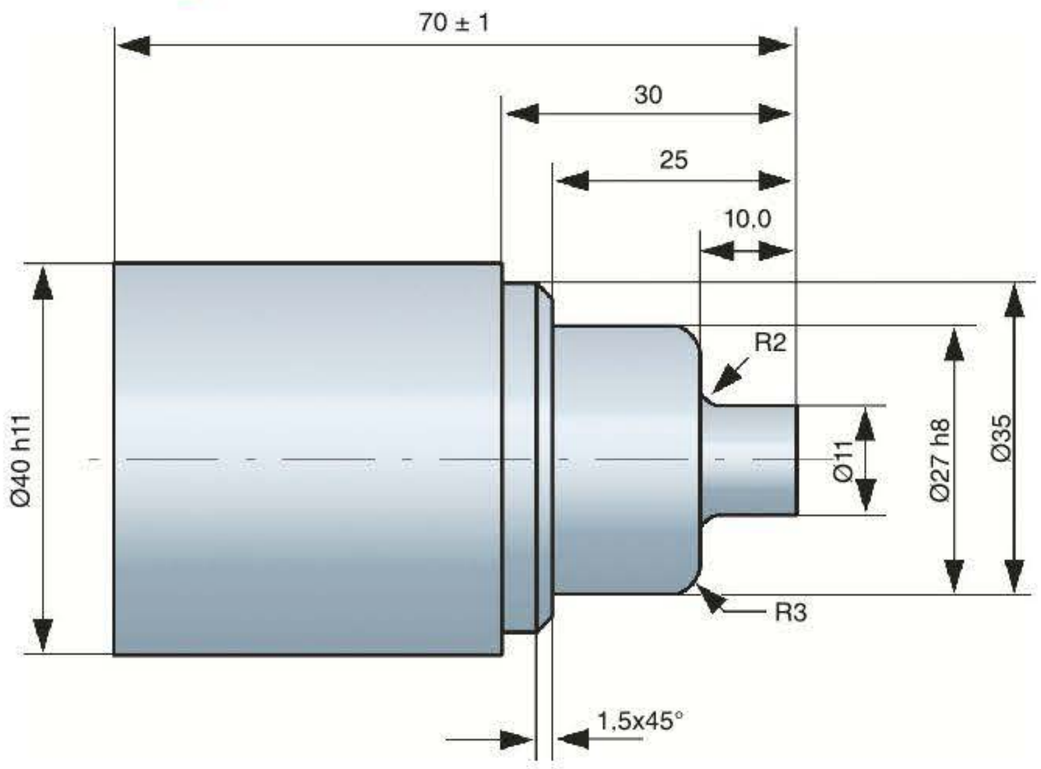
I exempel 2 visas endast programmeringen av finbearbetningen.

Fanuc – Fasning – Exempel 2

2

Adresserna för fasning av konturhörn betecknas med C (chamfer) och rundning av konturhörn med R (rounding).

Ritning 3



N …

N … G28 U0 W0

N … (== Finsvarvning==)

N … T0202

N … G96 S… F... M4

N … G00 X11 Z2

N … G01 Z-10 **R2.**

N … X27 **R3**

N … Z-25

N … X35 **C1.5**

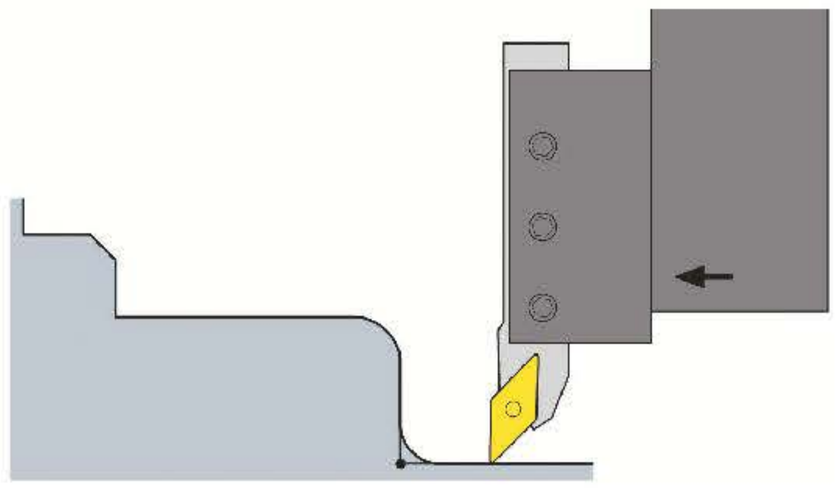
N … Z-30

N … X41

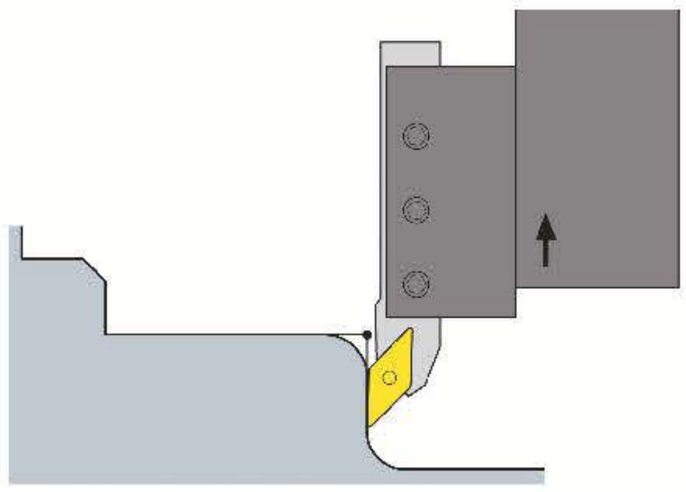
N … G28 U0 W0

N …

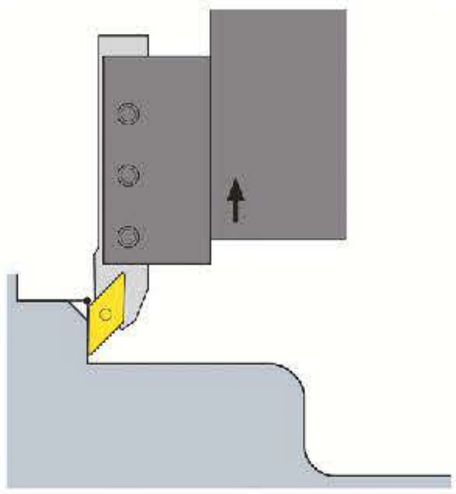
N … G01 Z-10 R2
Radie 2-innerhörn



N … X27 R3
Radie 3-ytterhörn



N … X35 C1.5
Fasning 1.5x45 grader



ÖVNINGSUPPGIFT 2
FASER OCH RADIER

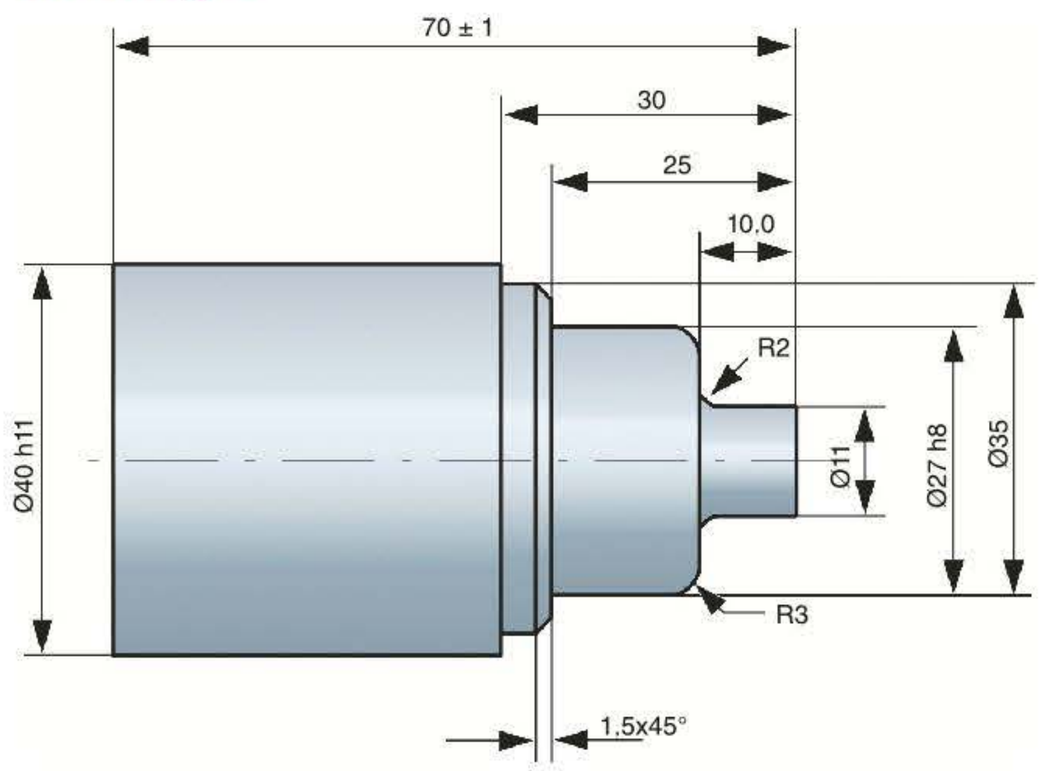
Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 4. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

Siemens – Fasning – Exempel 2

2

Programmeringen i Siemens ger några fler möjligheter för programmeringen. Adress för fasning av konturhör är CHR= samt fasens storlek, exempelvis CHR=5. Observera att hela ordet ska skrivas utan mellanrum för tecknen. Adress för rundning av konturhörn är RND= samt rundningens storlek, exempelvis RND=5 och även detta utan mellanrum mellan de olika tecknen. Vid många likartade rundningar av konturhörn som följer på varandra kan man programmera MRND=… exempelvis MRND=1. För att avsluta funktionen rundning av flera likadana hörn programmeras RND=0. När en funktion ligger kvar i varje programrad fram till att den avslutas kallas det att den är modal, det vill säga självhållande.

Ritning 3

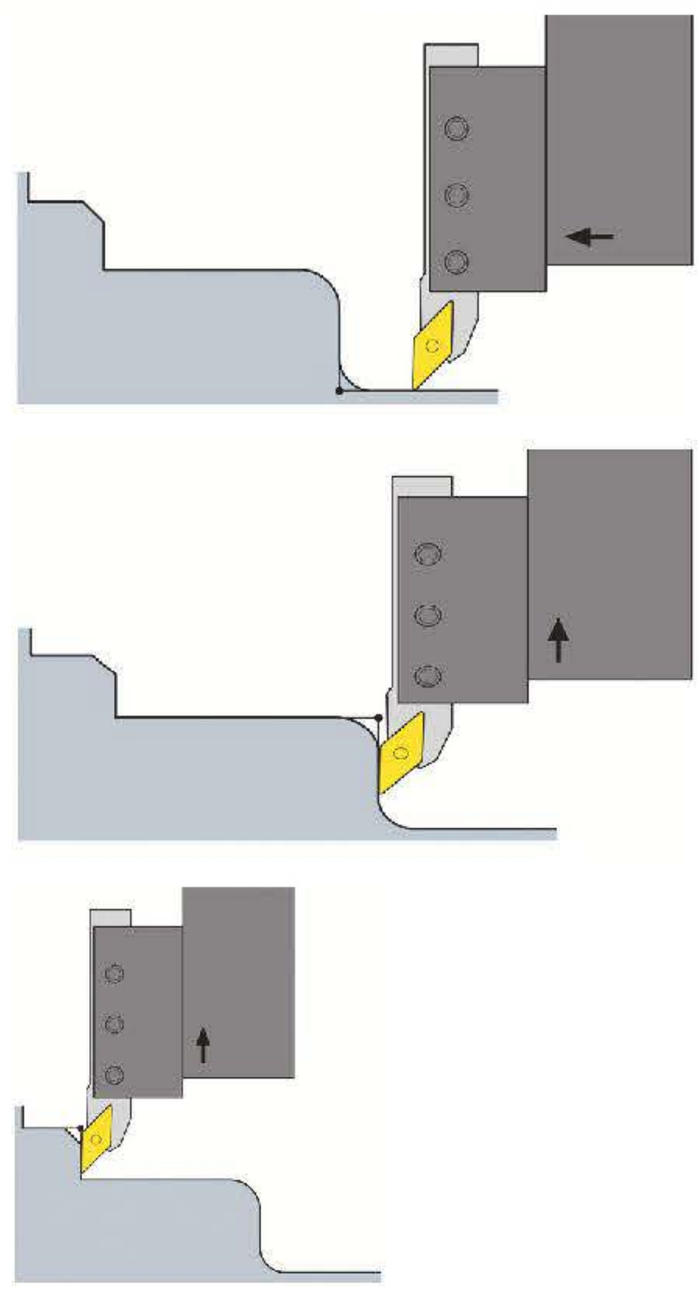


```
N …
N … G00 G53 X240 Z300 D0
N … T2  D1
N … G96 S… F... M4
N … G00 X11 Z2
N … G01 Z-10  RND=2
N … X27 RND=3
N … Z-25
N … X35 CHR=1.5
N … Z-30
N … X41
N … G00 G53 X240 Z300 D0
N …
```

N … G01 Z-10 RND=2
innerhörn radie 2

N … X27 RND=3
ytterhörn radie 3

N … X35 CHR=1.5
fasning 1.5 x 45 grader



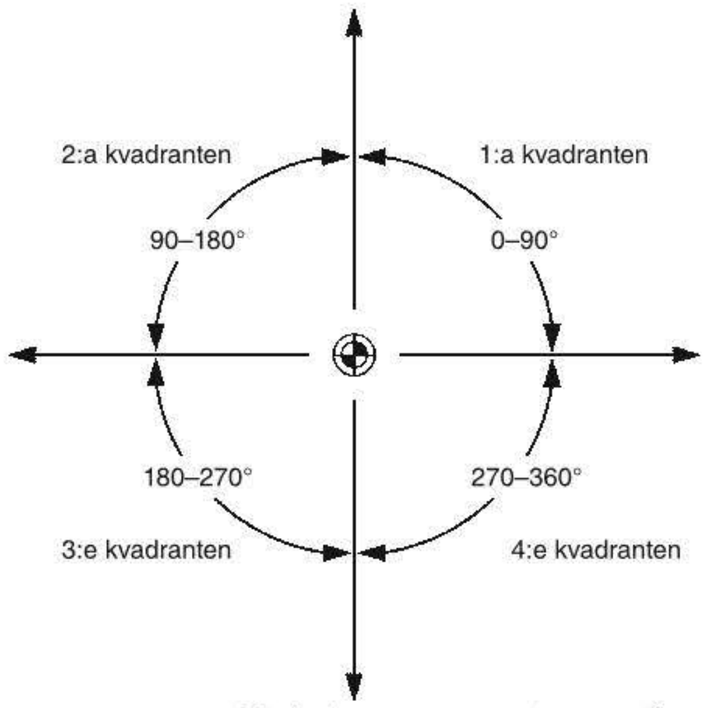
ÖVNINGSUPPGIFT 2
FASER OCH RADIER

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 4. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

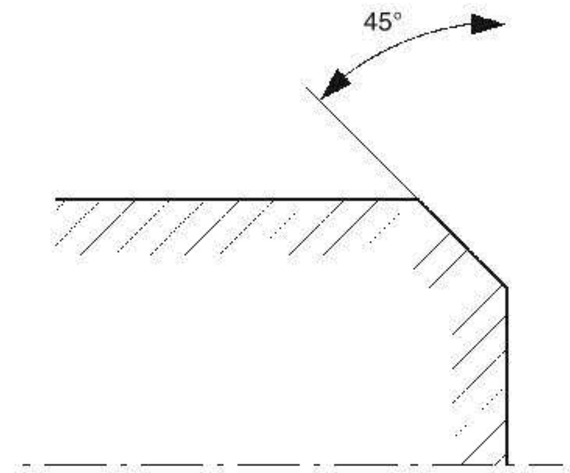
Vinkelprogrammering

Ett vanligt sätt att programmera faser och konor är att ange slutpositioneringen med en X- eller Z-koordinat samt en vinkelangivelse. Vinkelbestämmningen utgår från 1:a kvadranten i enhetscirkeln. Se figuren.

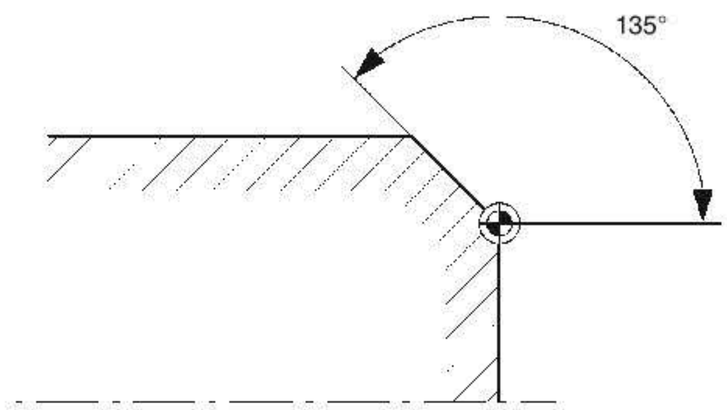
En ”vanlig” utvändig 45 graders fas programmeras därför med vinkel 135 grader. Se figur.



Vinkelprogrammering utgår från enhetscirkeln.



Fas 45°.



Programmering av 45° fas.

Adressen vid programmeringen är A (angel) i Fanuc medan man i Siemens programmerar med ANG=..... Observera att man endast får programmera en av koordinaterna vid positionsbestämmelsen:

Fanuc

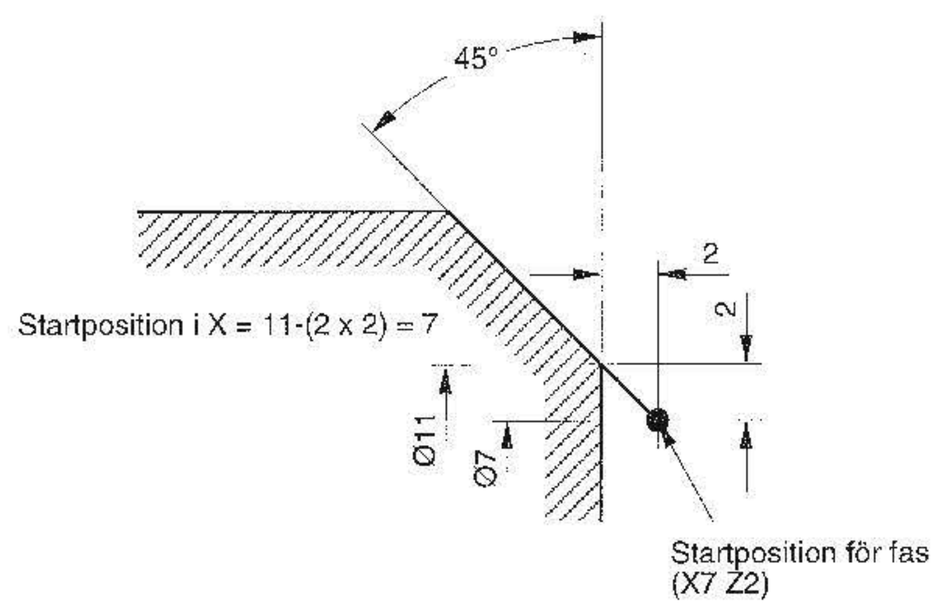
X… A135
eller
Z… A135

Siemens

X… ANG=135
eller
Z … ANG=135

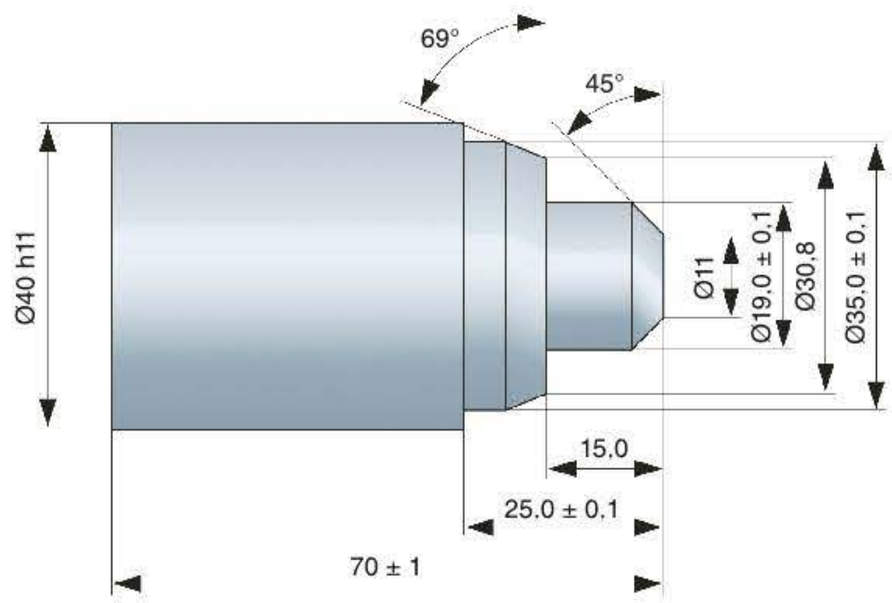
Exempel 3 – Programmering med vinkelpositioner

Endast finbearbetningen visas i programexemplet nedan. I detta exempel programmeras en snabbförflyttning till startpositionen innan bearbetningen. För att hitta startpunkten i X-riktning måste man räkna fram den tänkta förlängningslinjen för fasen. Bestäm en startposition i Z-led utanför detaljen, exempelvis Z2. Eftersom båda kateterna på triangeln, vid en 45 graders fas, är lika stora så förändras även startpunkten i X med 2 millimeter. Se figur. Startpunkten i X är i och med detta bestämd till X7. Vid svarvning anges alltid positionen med diametermått. Det innebär att man måste multiplicera dessa två millimeter med 2, vilket ger 11 – (2x2), det vill säga 7.



Uträkning av startposition för verktyget vid svarvning av 45 graders fas.

Ritning nr 5



N …

N … G28 U0 W0

N … T0202

N … G96 S… F... M4

N … G00 X7 Z2

N … G01 X19 **A135**

N … Z-15

N … X30.8

N … X35 **A159**

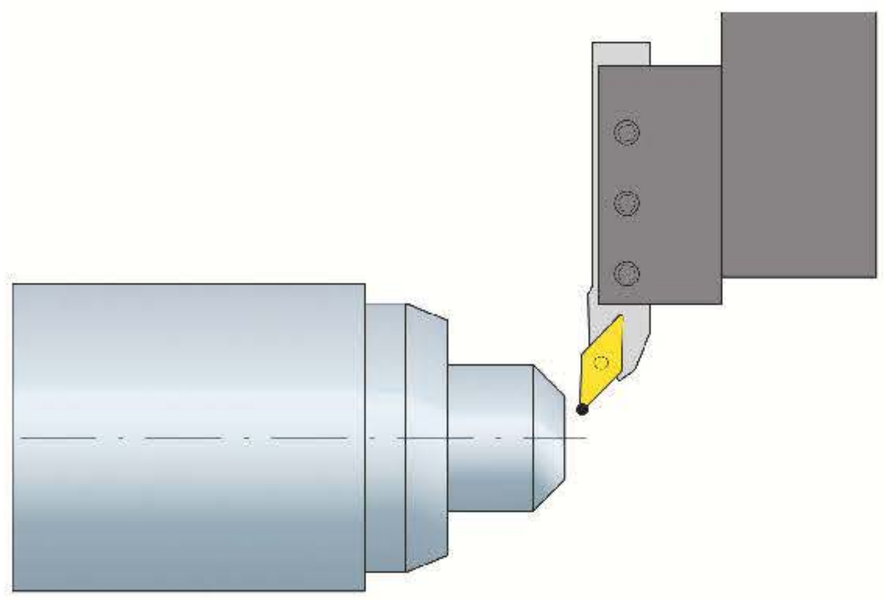
N … Z-25

N … X41

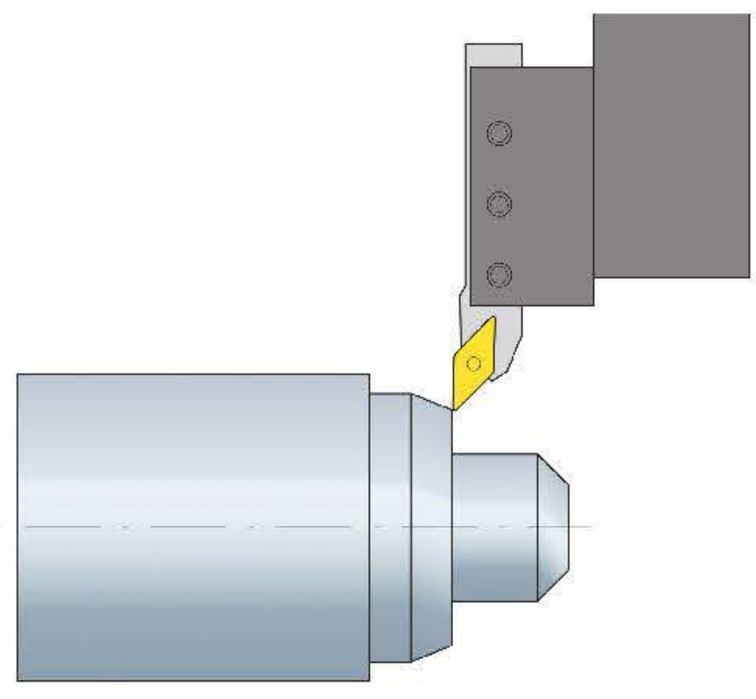
N … G28 U0 W0

N …

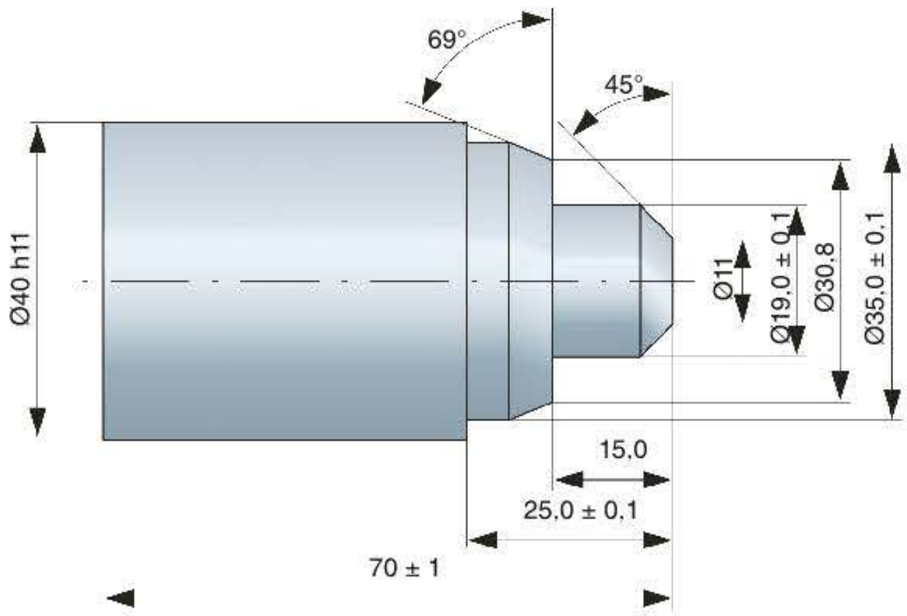
N … G01 X19 A135
Svarvning av fas
45 grader



N … X35 A159
Svarvning av fas 69 grader



Ritning nr 5



N …

N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … T2 D1

N … G96 S… F... M4

N … G00 X7 Z2

N … G01 X19 ANG=135

N … Z-15

N … X30.8

N … X35 ANG=159

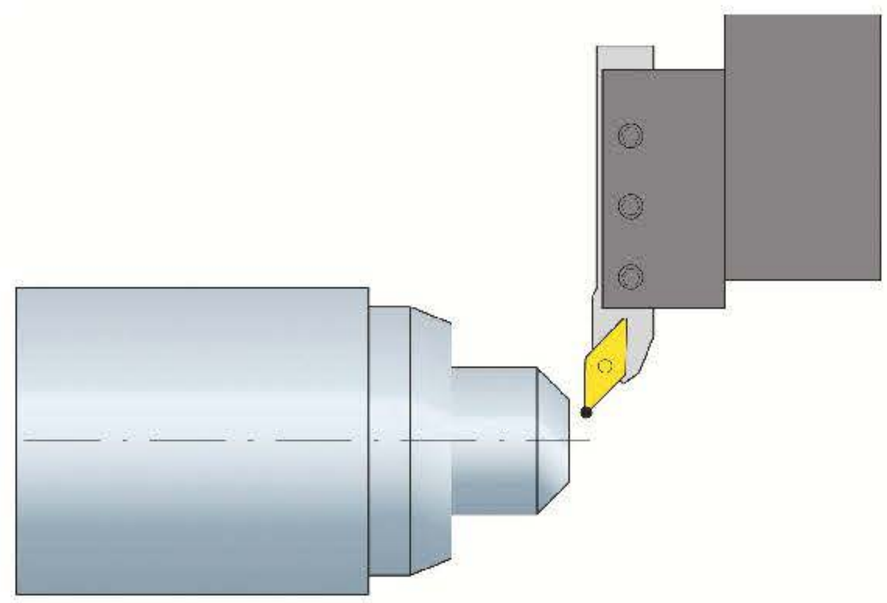
N … Z-25

N … X41

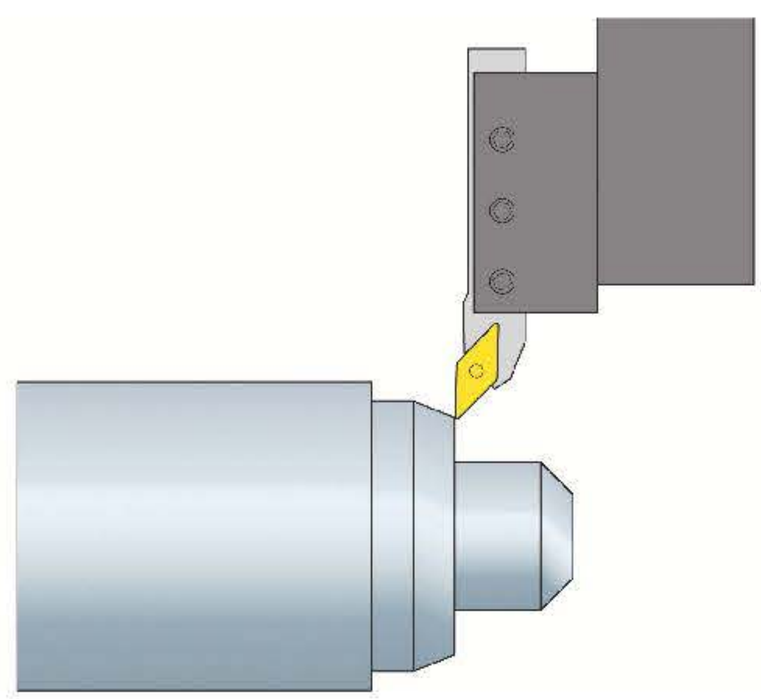
N … G00 G53 X240 Z300 D0

N …

N … G01 X19 ANG=135
Svarvning av
fas 45 grader

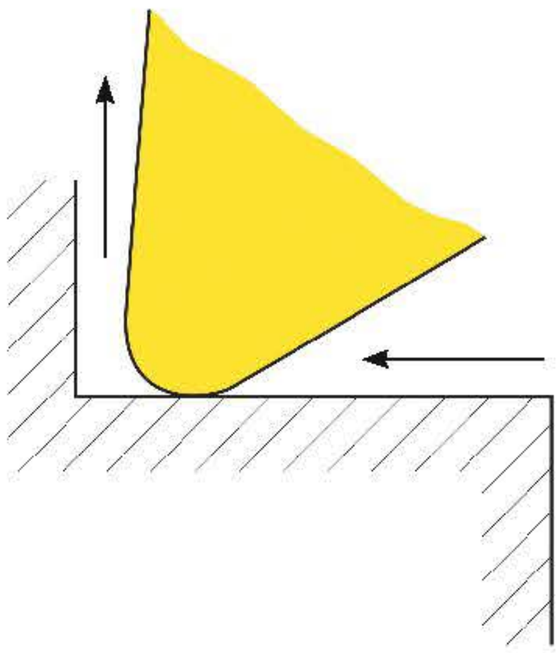


N … X35 ANG=159
Svarvning av kona 69 grader

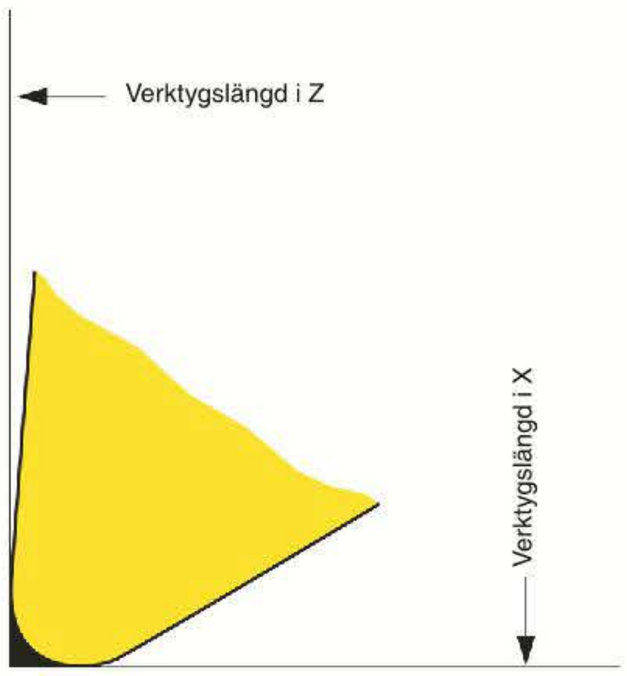


Nosradiekompensering

Vid programmering av en kontur utgår man från ett spetsigt verktyg. På grund av detta fås ett konturfel vid svarvningen, eftersom verktyget oftast har en radie på skärspetsen. På vändskären är dessa standardiserade värden på nosradien 0.2, 0.4, 0.8, 1.2, 1.6 och 2.4 millimeter. Eftersom mätningen sker vid det största X-och Z-måttet på verktyget så är det inga problem vid axelparallell svarvning, det vill säga *på svarvning av plana och cylindriska ytor.*

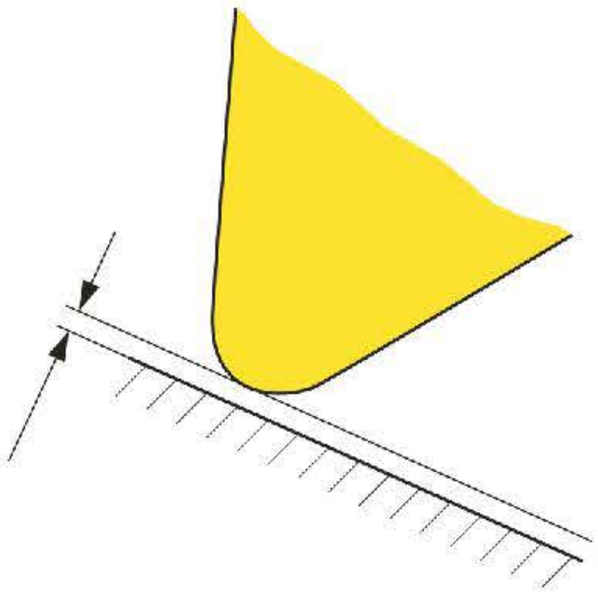


Eftersom mätningen sker vid största X- och Z-måttet på verktyget, så är det inga problem vid axelparallell svarvning, det vill säga vid svarvning av plana och cylindriska ytor.



Verktygets uppmätningspunkter i X- och Z-led.

Men vid svarvning av konor/faser samt radier och cirkelbågar överensstämmer positionen för den teoretiska verktygspunkten inte längre med de uppmätta verktygslängderna utan det blir ett konturfel på den svarvade detaljen som varierar med nosradiens storlek. Vid användning av nosradiekompensering (koderna G41 och G42) kompenseras dessa dimensionsfel automatiskt av styrningen.



Men vid svarvning av konor/faser samt radier och cirkelbågar blir det ett konturfel som varierar med radiens storlek. Se figur.

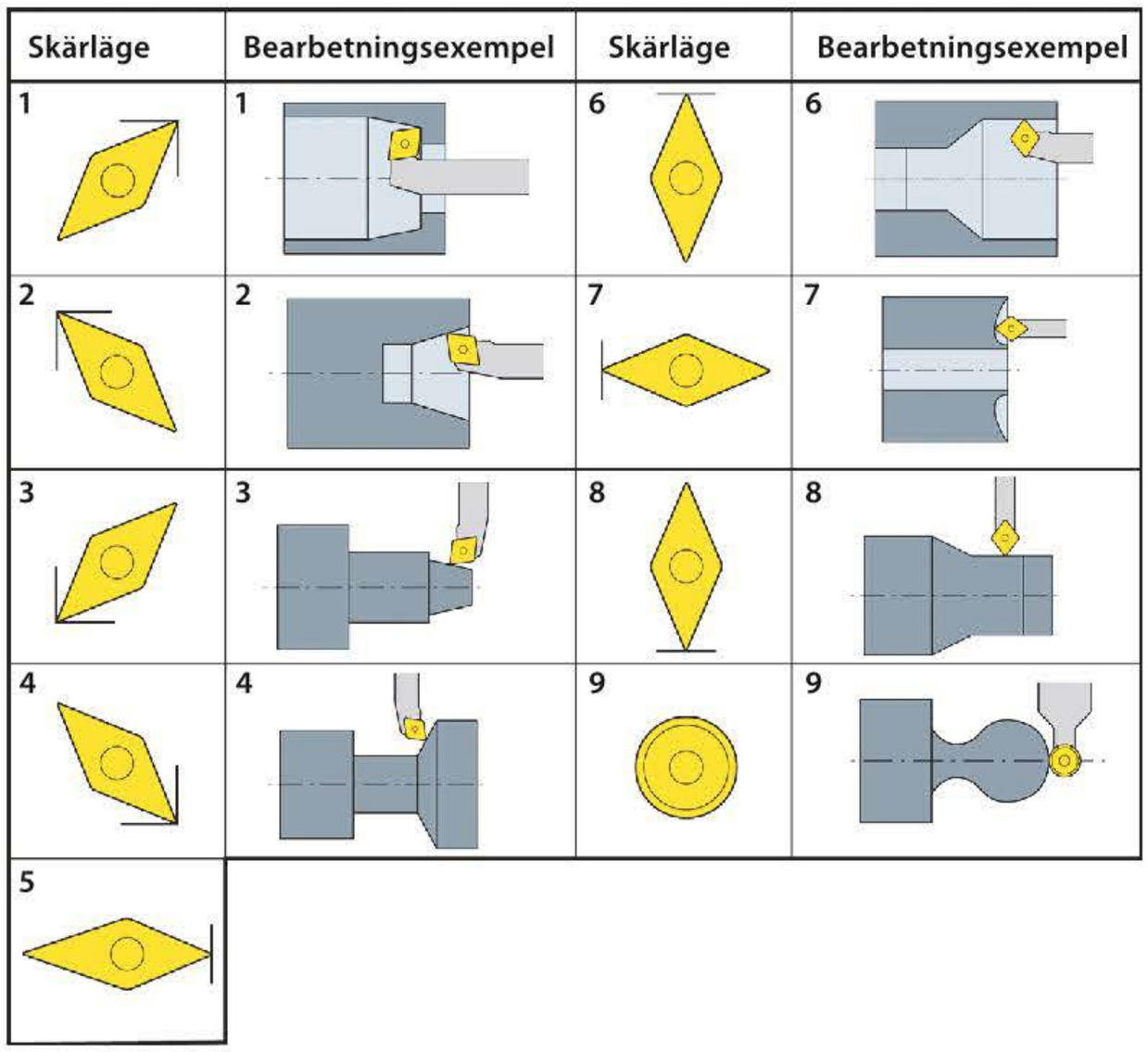
Nosradiens storlek, läge och position

Ekvivalent: Lika, likvärdigt

Konturfelet kompenseras av styrningen på ett sådant sätt att nosradiens rundningspunkt förskjuts ekvivalent till konturen. Se faktaruta.

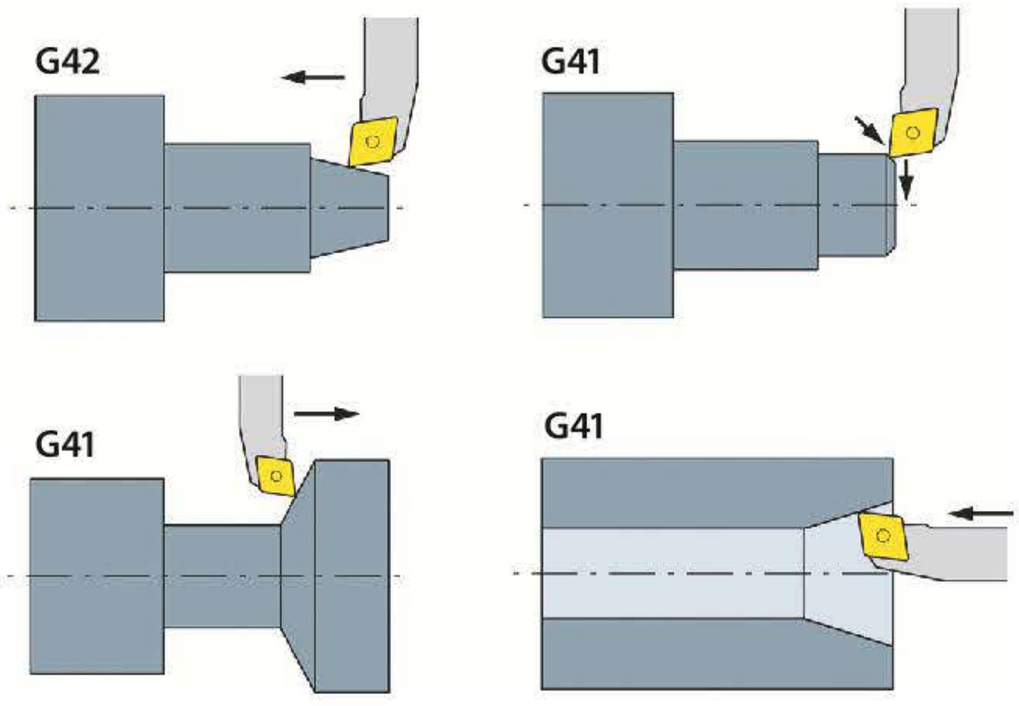
Det är tre uppgifter som styrsystemet behöver för att göra denna kompensering: *nosradiens storlek*, *riktningen* som verktyget arbetar i, det vill säga *skärspetsens läge* samt information om *på vilken sida av detaljen* som kompenseringen ska göras. Nosradiens storlek skrivs in i verktygsregistret. Det gäller också verktygets skärriktning. Skärriktningen beskrivs med siffrorna 1-9. Se figur. Exempelvis programmeras siffran 3 för utvändig svarvning med riktning in mot chucken.

Observera att vid användning av skärläge 9 så sker kompenseringen runt hela den bearbetningsbara verktygsradien. Vid användning av skärläge 9 mäts verktygslängderna till skärplattans radiecentrum.



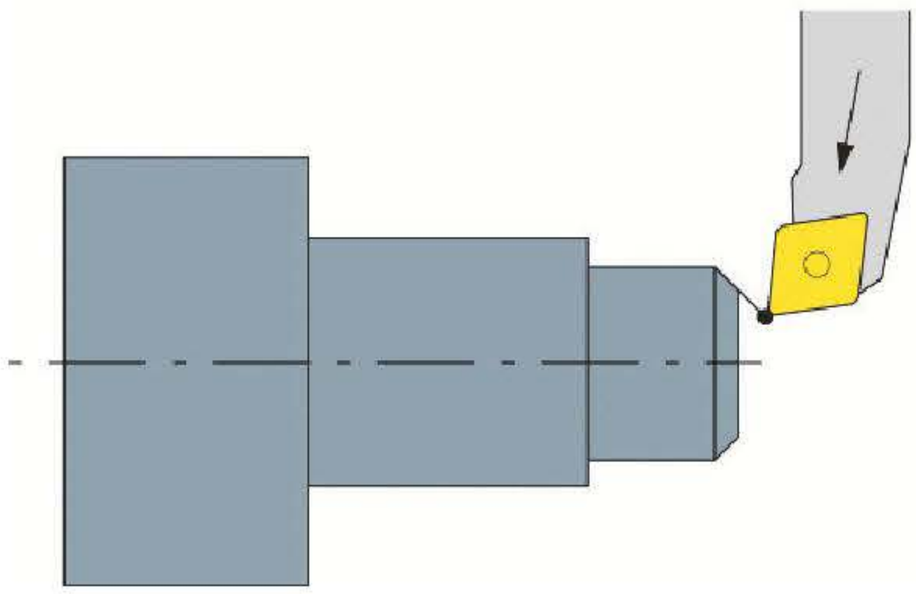
Nosradiekompensering till vänster eller höger

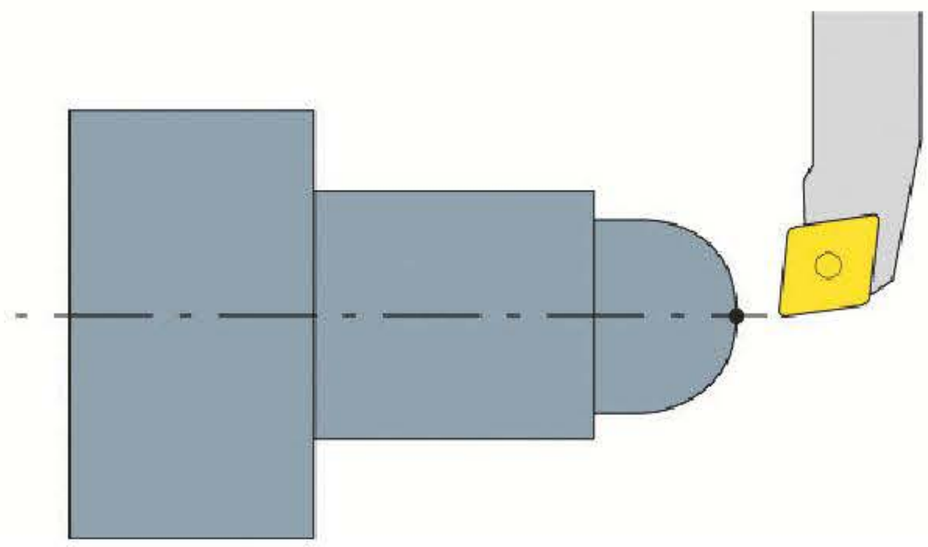
Den tredje faktorn, det vill säga information om på vilken sida av detaljen som kompenseringen ska göras, programmeras i programmet med koden G41 eller G42. När kompenseringen ska ske till vänster om den programmerade konturen och bearbetningsriktningen är in mot chucken programmeras G41, det vill säga en ”vanlig” invändig svarvning. När man gör en utvändig kontursvarning in mot chucken och där kompenseringen ska ske på höger sida av konturen programmeras koden G42 . När man avslutar användningen av nosradiekompenseringen G41 eller G42 så programmeras detta med koden G40.



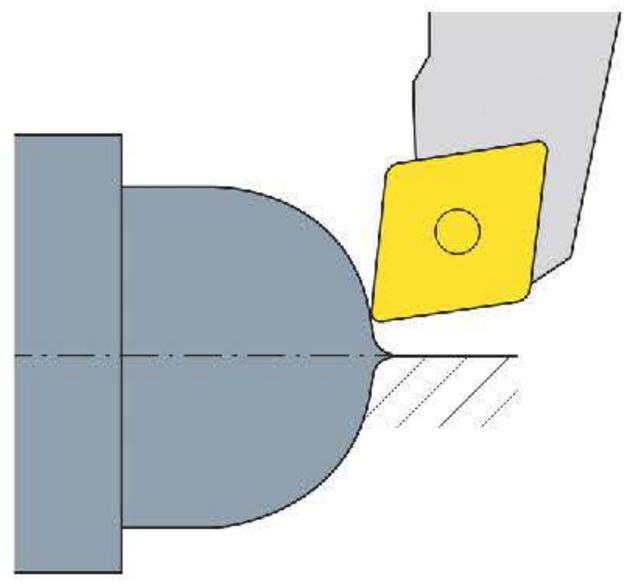
In- och urkoppling

Om man kopplar in eller ur nosradiekompensering på ett felaktigt sätt kan det orsaka larm eller konturfel. Det gör att man oftast använder nosradiekompensering enbart vid finsvarvning av konturen. Inkoppling av nosradiekompensering G41/G42 kan göras på två sätt i ett positioneringsblock: antingen mot materialet med en linjär förflyttning med matningshastighet, det vill säga G01-rörelse, eller med positionering till en punkt utanför materialet med snabbtransport (G00). In- respektive urkoppling tar ett block i anspråk, vilket innebär att kompenseringen inte är utförd förrän hela blocket är kört.





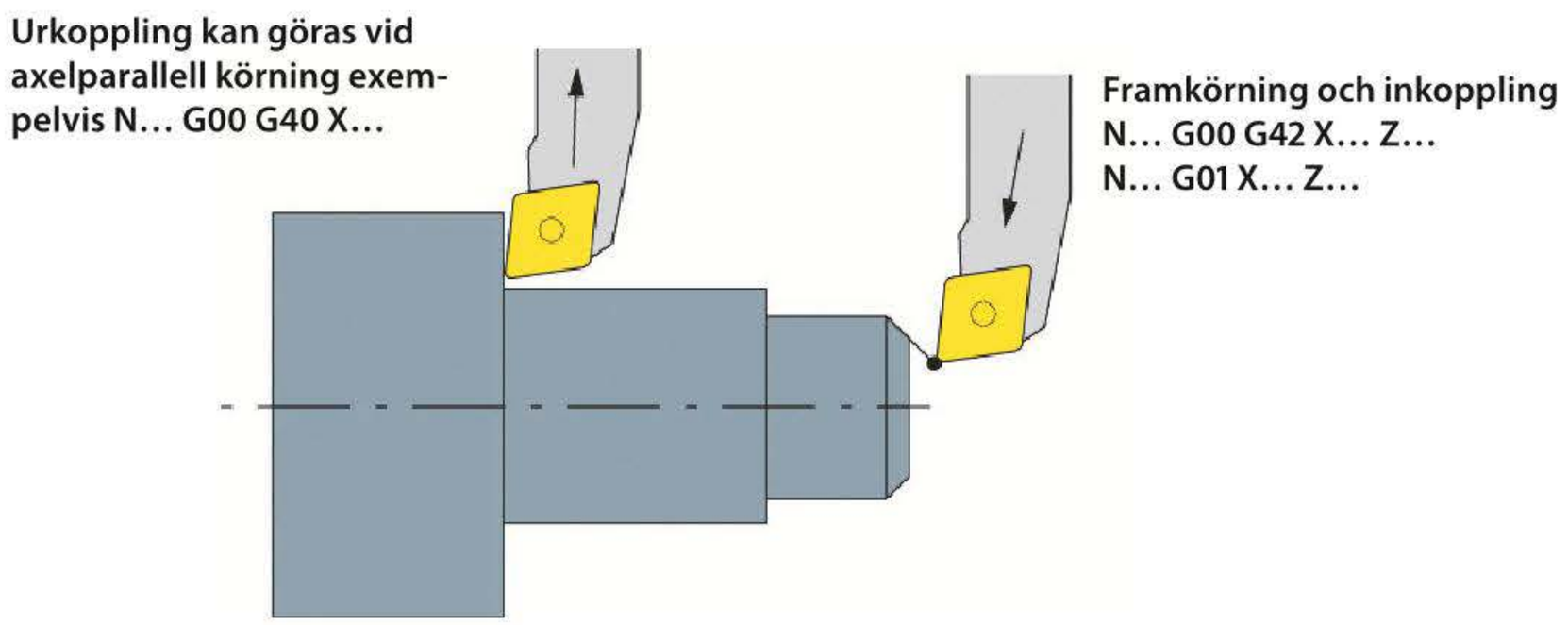
Inkoppling (även urkoppling) av nosradiekompensering styrs av ett antal regler som kan studeras i respektive styrsystems originalmanualer. Generellt gäller att inkoppling måste ske så att verktyget har möjlighet att nå den programmerade punkten utan att orsaka skador. Om inkopplingen sker för tidigt har verktyget ingen möjlighet att nå den programmerade punkten på rätt sätt, eftersom verktyget inte får passera under den tänkta väggen fram till position X0 Z0. Se figur. Resultatet blir en liten resterande spets (motsvarande nosradiens storlek) kvar vid radiens mitt.



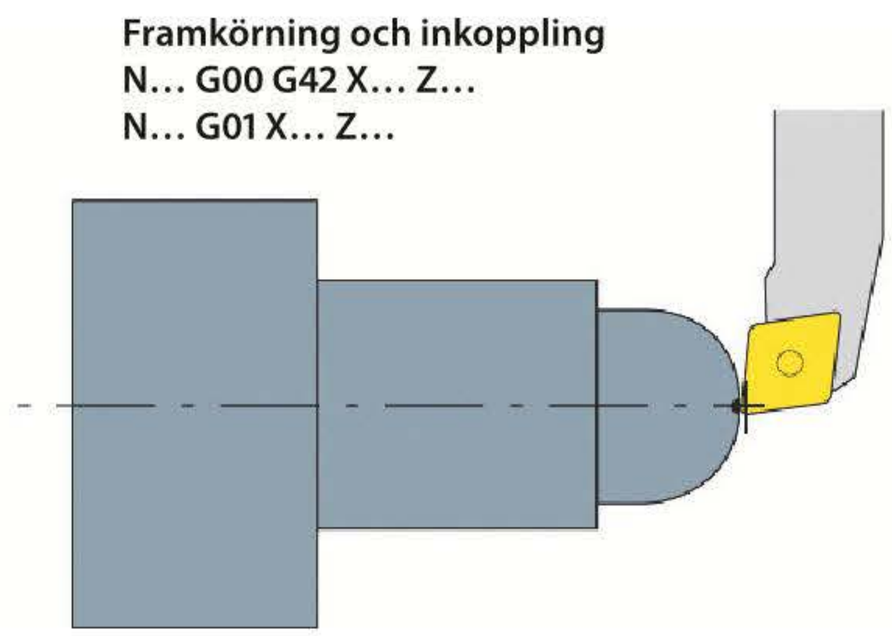
Frånkoppling av nosradiekompensering ska ske efter varje programmering av en kontur. Urkopplingen kan ske på en axelparallell rörelse, se figuren. Alternativt kan det göras med en snabbförflyttningsrörelse med start utanför konturen till lämplig position. Urkoppling måste ha gjorts innan en ny verktygsväxling har programmerats. Programkoderna för nosradiekompenseringen är lika i båda styrsystemen medan inskrivningen i verktygsregistret ser lite olika ut. Se figurer på verktygsregistret för de båda styrsystemen.

Exempel 4 - Nosradiekompensering

Observera att endast finbearbetningen visas i programexempel 4. Positionering och inkoppling av nosradiekompenseringen görs lämpligen vid detaljens centrum, eftersom skarpa hörn och kanter ska brytas med 0.25 x 45 grader. Urkoppling av nosradiekompenseringen hade även kunnat programmeras i nästföljande block, det vill säga i positioneringsblocket för verktygsbyte.



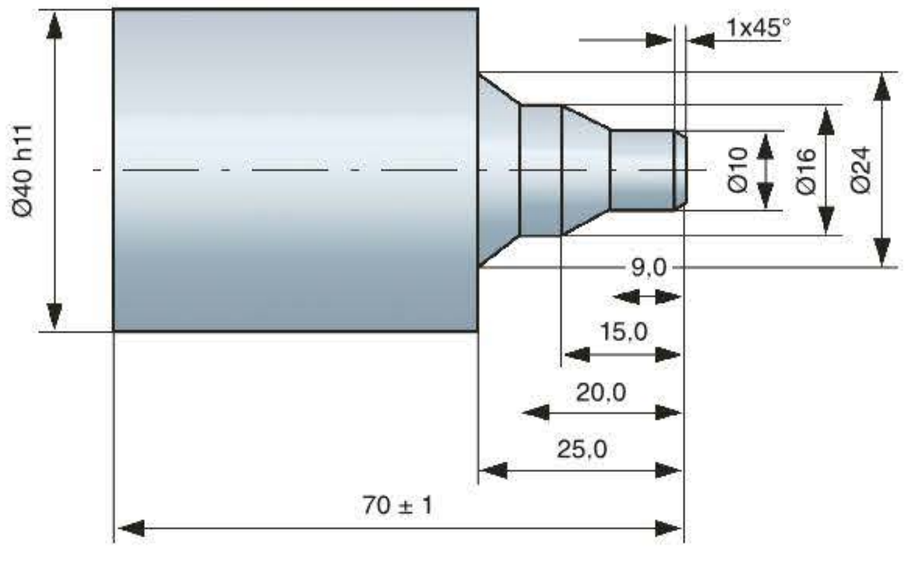
Exempel med in- och urkoppling av nosradiekompensering.



Exempel på inkoppling av nosradiekompensering mot cirkelbåge.

4

Ritning nr 6



N …

N … G28 U0 W0

N … (== Finsvarvning==)

N … T0202

N … G96 S… F… M4

N … G00 X0 Z2

N … G01 G42 X0 Z0

N … X10 C1

N … Z-9

N … X16 Z-15

N … Z-20

N … X24 Z-25

N … G40 X41

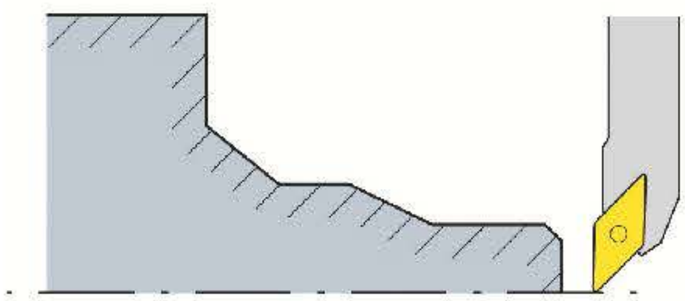
N … G28 U0 W0

N …

N … G00 X0 Z2
Positionering för inkoppling av nosradiekompensering

N … G01 G42 X0 Z0
Inkoppling av nosradiekompensering G42

N …G40 X41
Urkoppling av nosradiekompensering



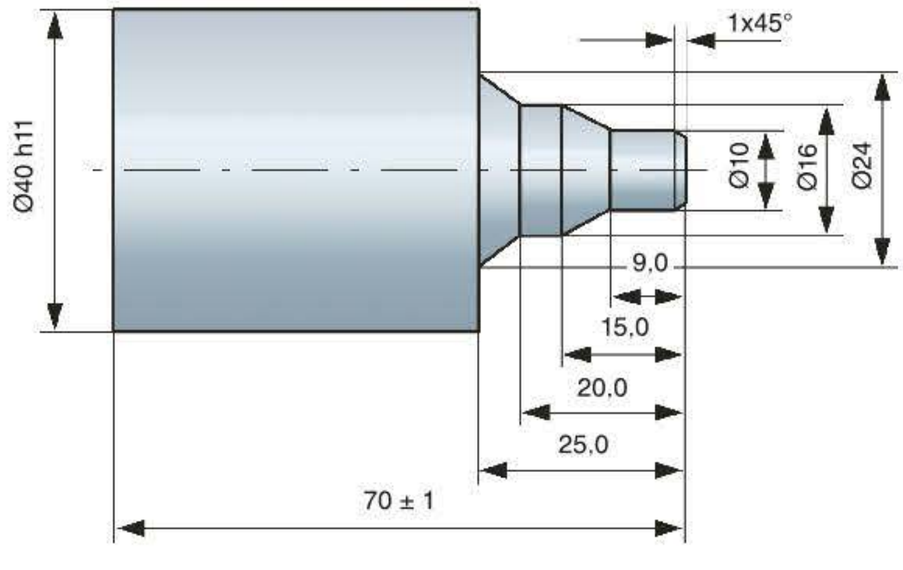
ÖVNINGSUPPGIFT 3
NOSRADIEKOMPENSERING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 7. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

Siemens – Allmän svarvning – Exempel 4

4

Ritning nr 6



N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … ; == Finsvarvning==

N … T2 D1

N … G96 S… F... M4

N … G00 X0 Z2

N … G01 G42 X0 Z0

N … X10 CHR=1

N … Z-9

N … X16 Z-15

N … Z-20

N … X24 Z-25

N … G0 G40 X41

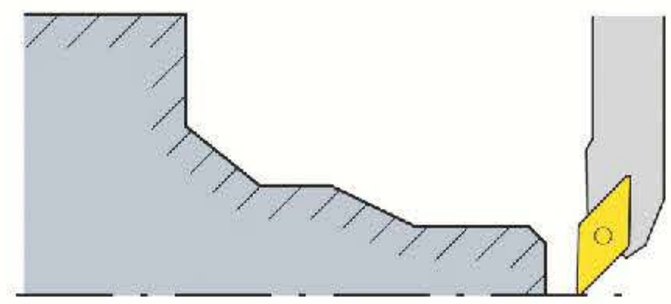
N … G00 G53 X240 Z300 D0

N …

N … G00 X0 Z2
Positionering för inkoppling av nosradiekompensering

N … G01 G42 X0 Z0
Inkoppling av nosradiekompensering G42

N … G0 G40 X41
Urkoppling av nosradiekompensering

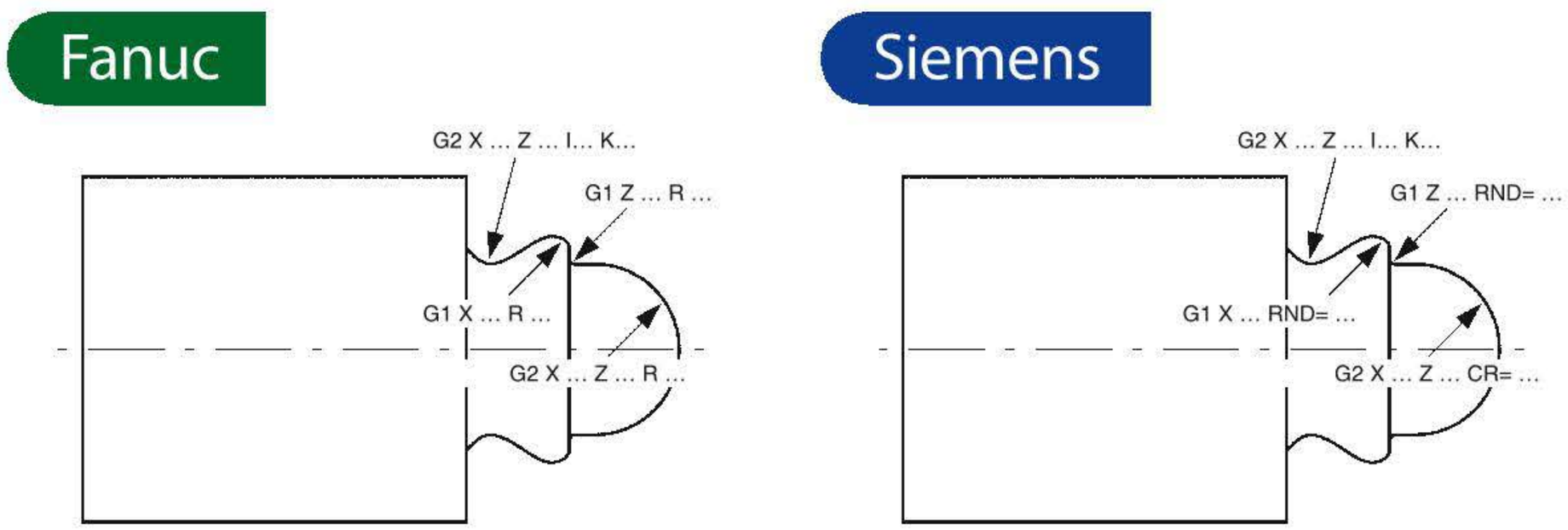


ÖVNINGSUPPGIFT 3
NOSRADIEKOMPENSERING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 7. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

Cirkulära rörelser

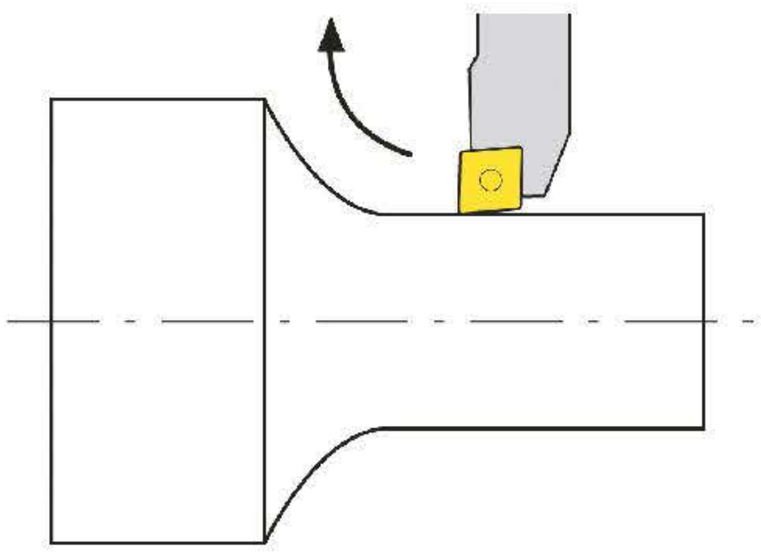
Cirkulära rörelser i en CNC-maskin kan utföras på olika sätt beroende på den information som finns att tillgå på ritningen. Man väljer metod efter hur enkel den är att programmera. I många fall handlar programmeringen om att bryta ett hörn från skarpa och vassa kanter på detaljen. Den cirkulära rörelsen måste i vissa fall utföras med ett exakt cirkelcentrum och en exakt utformning av radien. Vid en del metoder behöver man inte ange cirkelcentrum, och därmed har styrsystemet flera alternativ för att utforma cirkelbågens väg till slutpositionen.



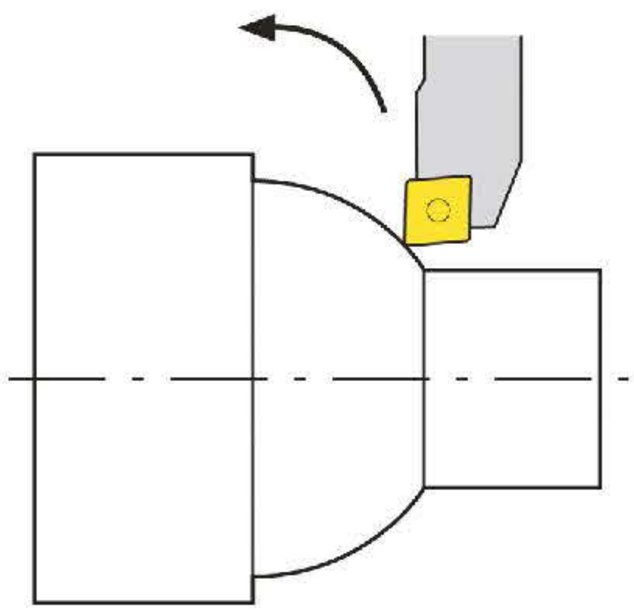
Olika alternativ för programmering av cirkulära rörelser.

Medurs och moturs rörelse

Cirkelbågarna programmeras med adress G02 alternativt G03 för medurs respektive moturs rörelse. Adresserna kompletteras med radiens slutpunkt samt radiens storlek eller var cirkelcentrum är placerat.



G02 – Medurs-rörelse.



G03 – Medurs-rörelse.

Metoder för radier och cirkulära bågar

De metoder som finns att tillgå i de två styrsystem vi behandlar är följande:

- Avrundning av en linjär förflyttning.
- Cirkulär interpolering med programmering av cirkelbågens storlek.
- Cirkulär interpolering med programmering av cirkelcentrum.

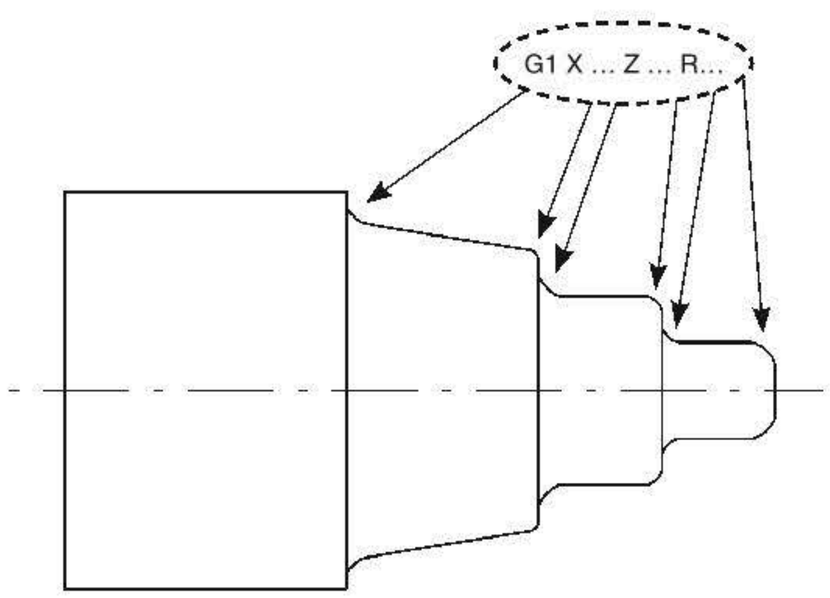
Dessa tre metoder fungerar i såväl Fanuc som i Siemens.

Avrundning av en linjär förflyttning

Avrundningarna programmeras som linjära förflyttningar (G1) med slutposition (X, Z) samt radie programmerad i bearbetningsblocket. Det är mycket viktigt att komma ihåg att man måste programmera ytterligare en rörelse för att bestämma riktningen på radien, som annars inte är bestämd. Radiens storlek programmeras med adress R alternativt RND, se exempel här nedan.

Fanuc

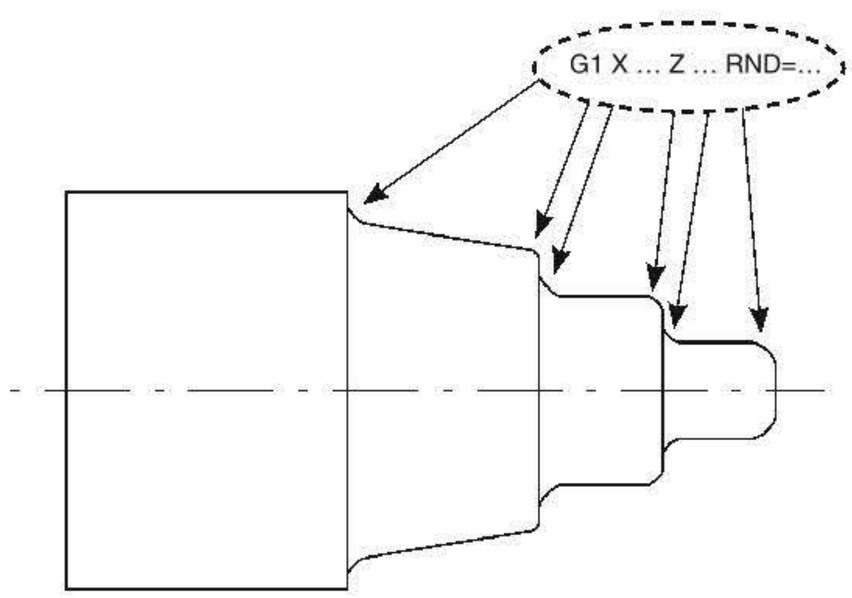
N… G01 X… Z… R…



Programmering med R i Fanuc.

Siemens

N… G01 X… Z… RND=…



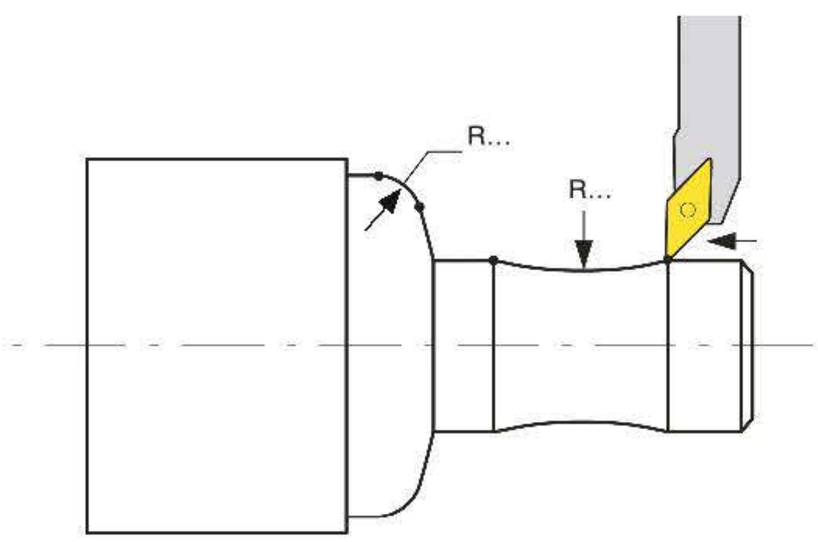
Programmering med RND i Siemens.

Cirkulär interpolering – cirkelbågens storlek

I den här metoden programmeras cirkelbågens rörelseriktning med G02 alternativt G03 tillsammans med cirkelbågens slutposition samt storlek på cirkelbågens radie. Metoden används i första hand när man inte känner till cirkelbågens centrum. Slutpositionen kan programmeras med såväl absoluta som inkrementala koordinater. Radien programmeras med adress R för Fanuc och med adress CR för Siemens.

Fanuc

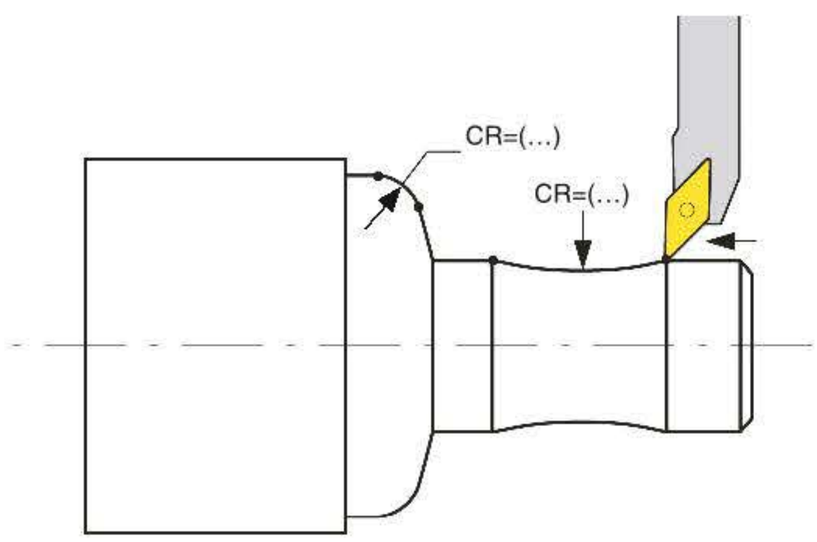
N… G02/G03 X… Z… R…



Programmering med G02/G03 och R i Fanuc.

Siemens

N… G02/G03 X… Z… CR=…

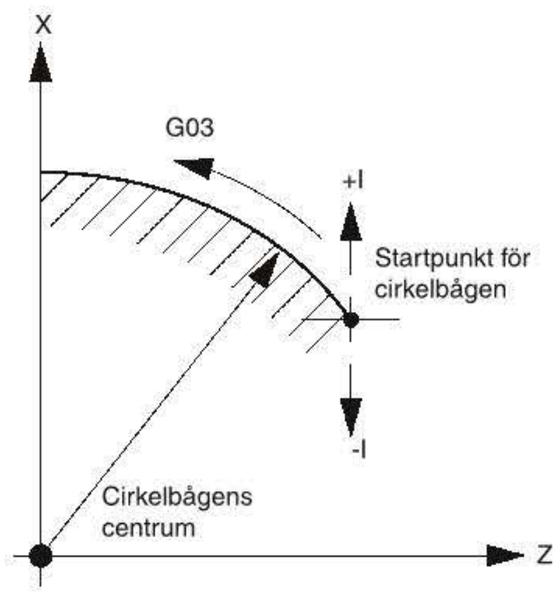


Programmering med G02/G03 och CR i Siemens.

Cirkulär interpolering – cirkelcentrum

Vid programmering av cirkulär interpolering så beskriver man rörelseriktningen på samma sätt som för föregående metod, nämligen med G02 och G03. Koden är likadan i båda styrsystemen. Medurs rörelse programmeras med G02 och moturs rörelse programmeras med G03. Den inledande nollan kan som vanligt utelämnas. Cirkelcentrum programmeras genom att ange avståndet från cirkelbågens startpunkt till dess centrum med inkrementala koordinater. Avståndet programmeras med adresserna I och K.

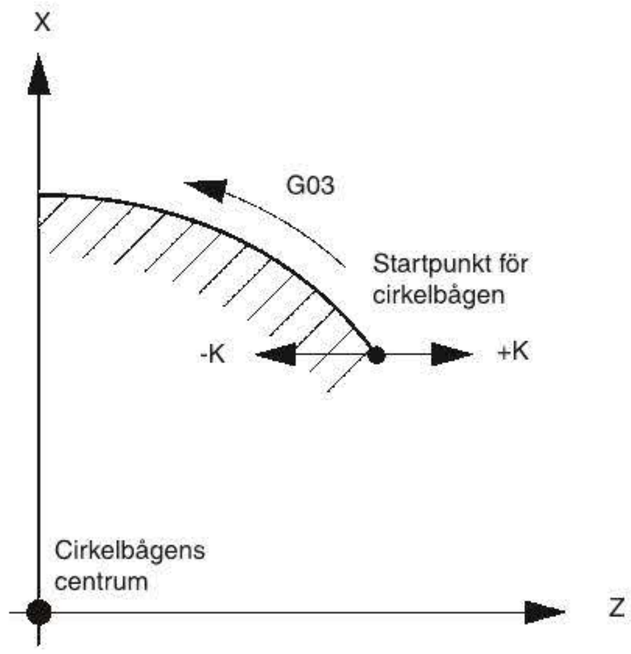
Bokstaven I anger avståndet från startpunkten för cirkelbågen till centrum för cirkeln i X-led, se figur. Observera att riktningen måste anges med förtecken, det vill säga plus eller minus. Plustecknet behöver som vanligt inte skrivas ut.



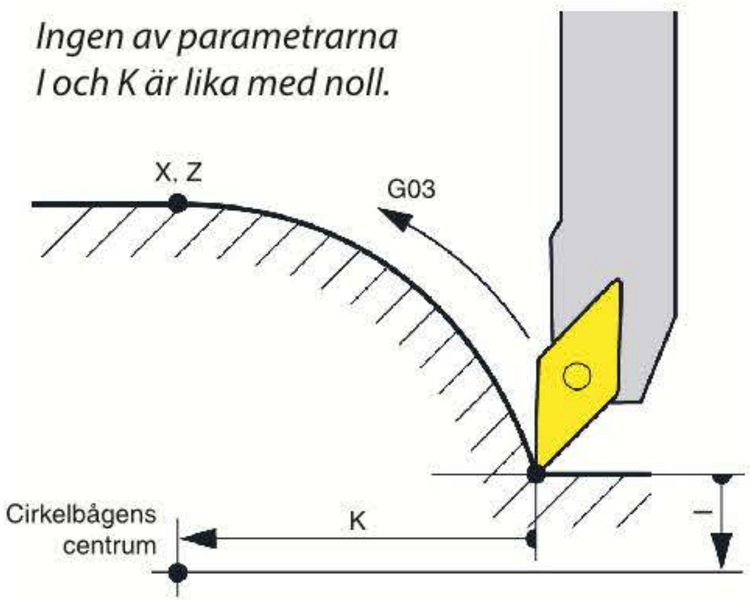
I anger avståndet från startpunkten på cirkelbågen till dess centrum i X-led. Observera att det måste programmeras med förtecken (±).

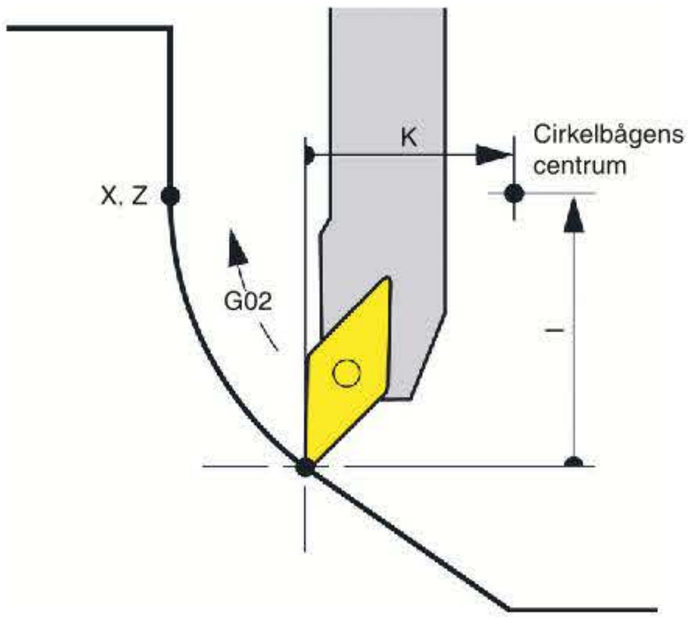
K anger avståndet från startpunkten för cirkelbågen till centrum för cirkeln i Z-led, se figur. Observera att även här måste riktningen anges med förtecken, det vill säga plus eller minus.

Figurerna nedan visar exempel på hur programmeringen kan se ut vid bearbetning av cirkelbågar.



K anger avståndet från startpunkten på cirkelbågen till dess centrum i Z-led. Observera att det måste programmeras med förtecken (±), ovan.





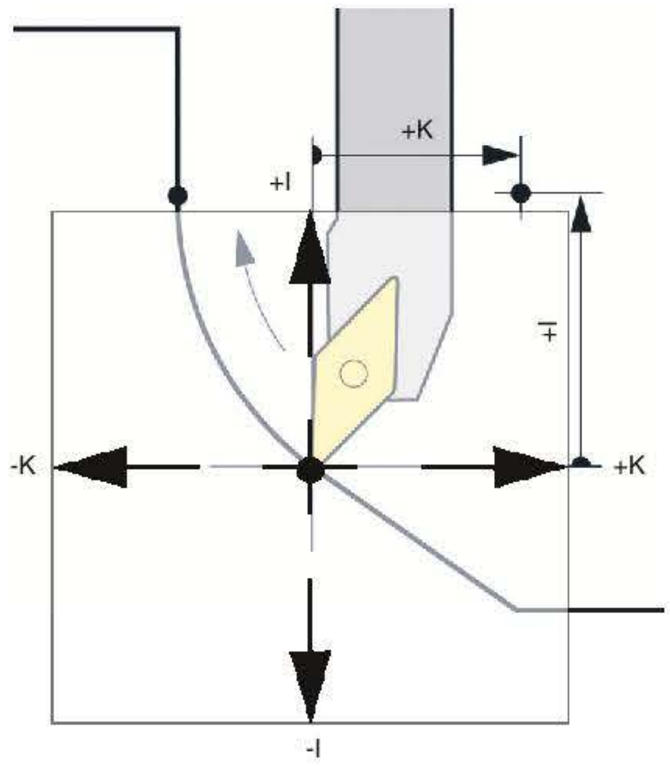
Ingen av parametrarna I och K är lika med noll.

Metoden används främst när man känner till var cirkelcentrum är beläget och där bågens position är av betydelse. Radien behöver i detta fall inte vara känd. Vid programmering med I och K är det mycket viktigt att beskriva i vilken riktning som cirkelcentrum är placerad i förhållande till startpunkten, vilket innebär att positionen måste programmeras med förtecken: plus eller minus.

I Siemens kan man även ange cirkelcentrumets koordinater med absoluta koordinater. Programmeringen sker i dessa fall med exempelvis I=AC (25) där siffran 25 är ett exempel på koordinatangivelsen i X-led för cirkelcentrum. Bokstäverna AC betyder i detta fall absoluta koordinater (absolute coordinates).

Tips!

Om man i början är osäker på hur man bestämmer riktningen kan man själv tillverka ett litet koordinatsystem med I och K med respektive förtecken utritade på overheadfilm, och placera över startpunkten på cirkelbågen, se figuren.



Fanuc

N… G02 X… Z… I… K…

N… G03 X… Z… I… K…

Siemens

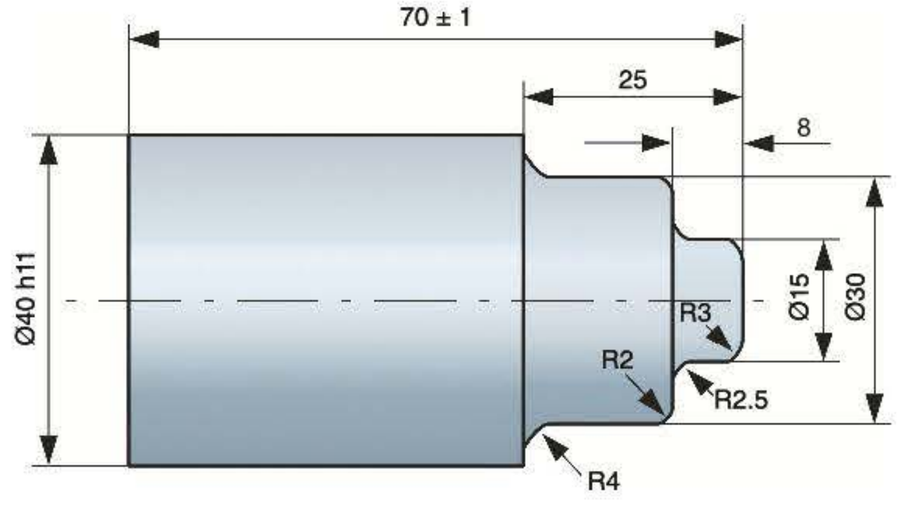
N… G02 X… Z… I… K…

N… G03 X… Z… I… K…

Cirkulär interpolering

Observera att endast finbearbetningen visas i programexemplet. I programmeringen används programmering med G02 och G03 både tillsammans med radiens storlek och cirkelcentrumets placering.

Ritning nr 8



N …

N … G28 U0 W0

N … (== Finsvarvning==)

N … T0202

N … G96 S… F... M4

N … G00 X0 Z2

N … G01 G42 X0 Z0

N … X9

N … G03 X15 Z-3 R3

N … G01 Z-5.5

N … G02 X20 Z-8 R2.5

N … G01 X26

N … G03 X30 Z-10 I0 K-2

N … G01 Z-21

N … G02 X38 Z-25 I4 K0

N … G01 G40 X41

N … G28 U0 W0

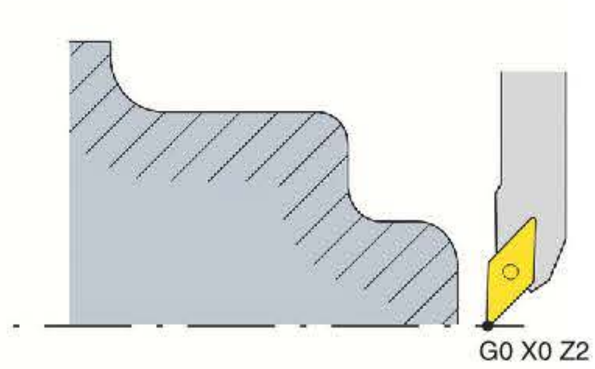
N …

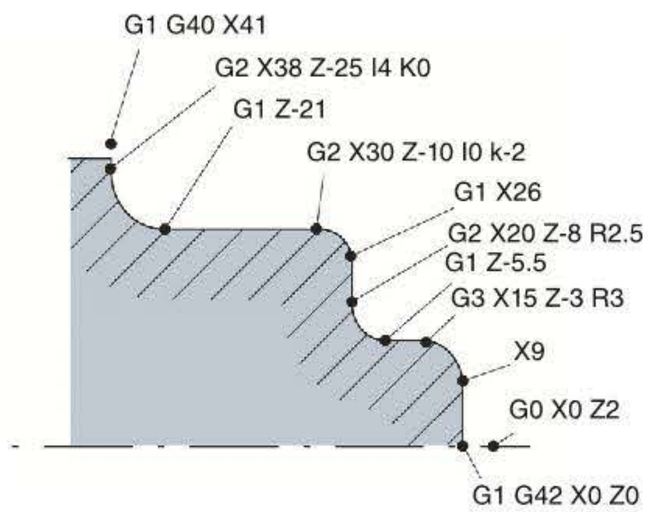
N … G03 X15 Z-3 R3
Svarvning av cirkelbåge med radie 3

N … G02 X20 Z-8 R2.5
Svarvning av cirkelbåge med radie 2.5

N … G03 X30 Z-10 I0 K-2
Svarvning av cirkelbåge med radie 2

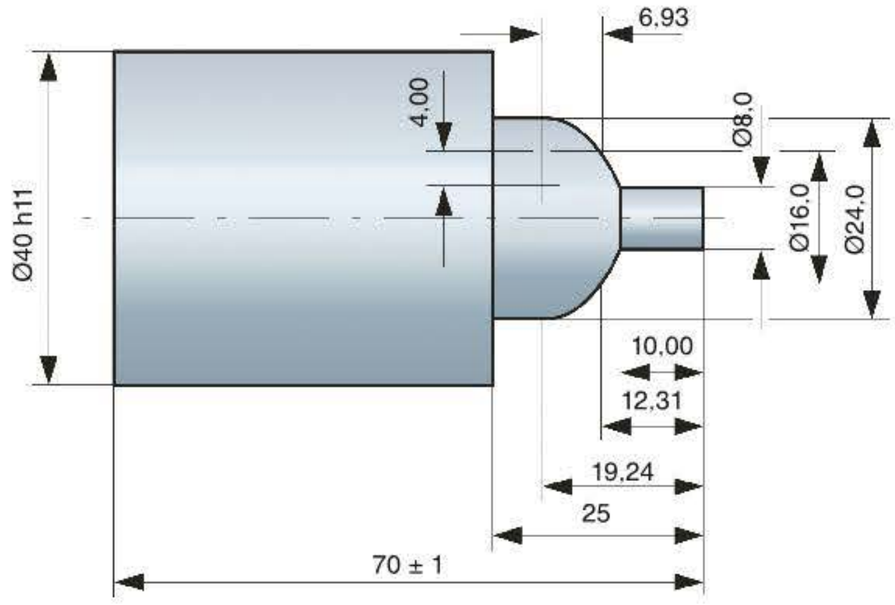
N … G02 X38 Z-25 I4 K0
Svarvning av cirkelbåge med radie 4





Fanuc – Cikulär interpolering ej 90° – Exempel 6

Ritning nr 9



N …

N … G28 U0 W0

N … (== Finsvarvning==)

N … T0202

N … G96 S… F... M4

N … G00 G42 X8 Z2

N … G01 Z-10

N … X16 Z-12.31

N … G03 X24 Z-19.24 I-4 K-6.93

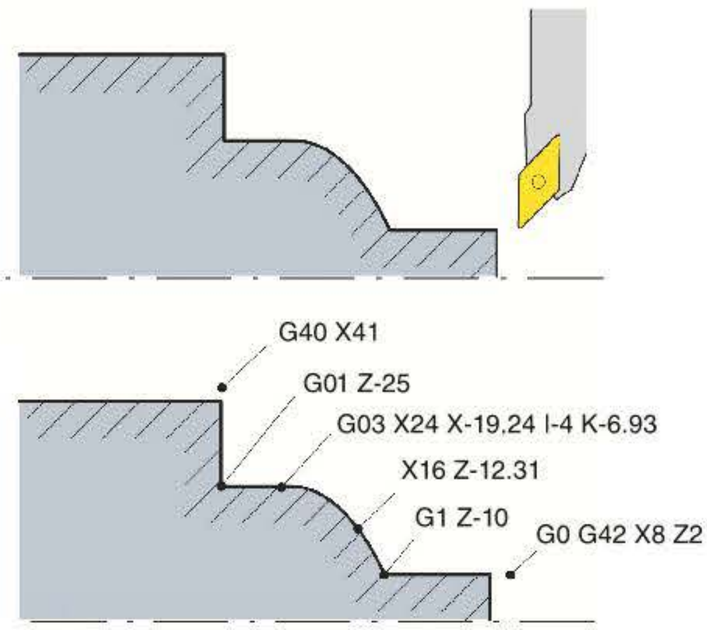
N … G01 Z-25

N … G01 G40 X41

N … G28 U0 W0

N … X16 Z-12.31
Startpunkt för cirkelbåge

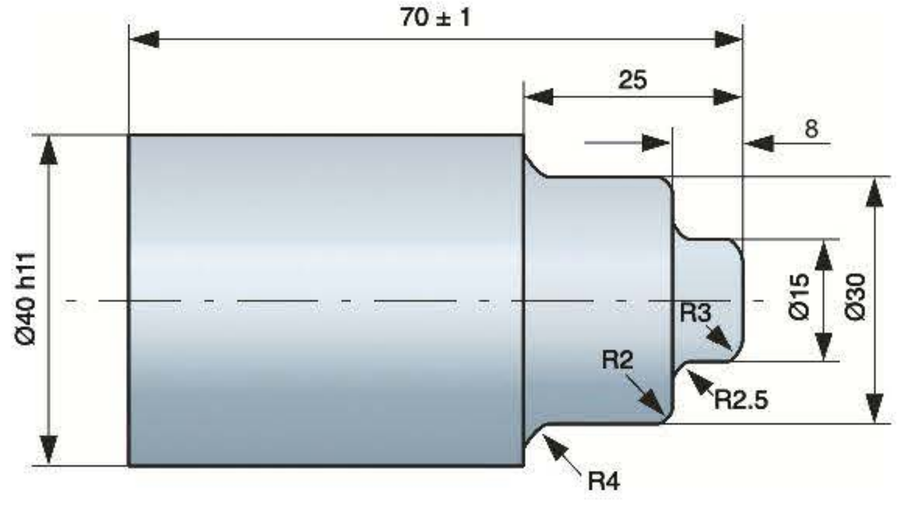
N … G03 X24 Z-19.24 I-4 K-6.93
Svarvning av cirkelbåge



ÖVNINGSUPPGIFT 4
CIRKULÄR INTERPOLERING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 10. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Ritning nr 8



N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … ; == Finsvarvning==

N … T2 D1

N … G96 S… F... M4

N … G00 X0 Z2

N … G01 G42 X0 Z0

N … X9

N … G03 X15 Z-3 RND=3

N … G01 Z-5.5

N … G02 X20 Z-8 RND=2.5

N … G01 X26

N … G03 X30 Z-10 I0 K-2

N … G01 Z-21

N … G02 X38 Z-25 I4 K0

N … G01 G40 X41

N … G00 G53 X240 Z300 D0

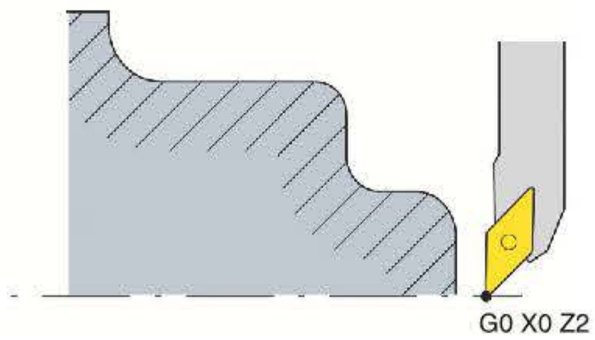
N …

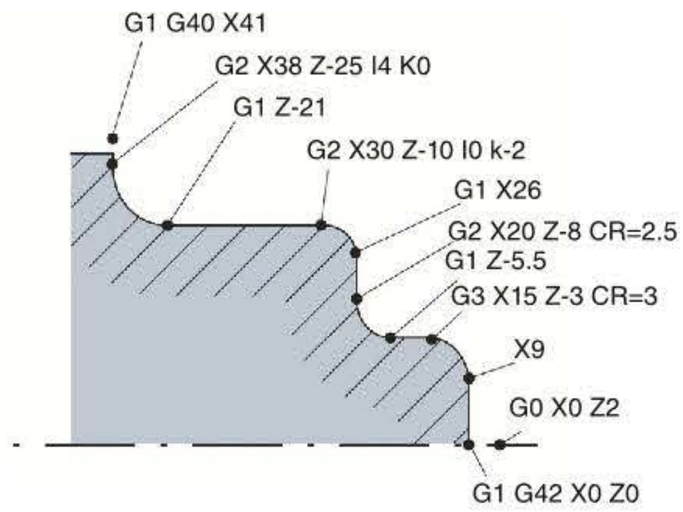
N … G03 X15 Z-3 RND=3
Svarvning av cirkelbåge med radie 3

N … G02 X20 Z-8 RND=2.5
Svarvning av cirkelbåge med radie 2.5

N … G03 X30 Z-10 I0 K-2
Svarvning av cirkelbåge med radie 2

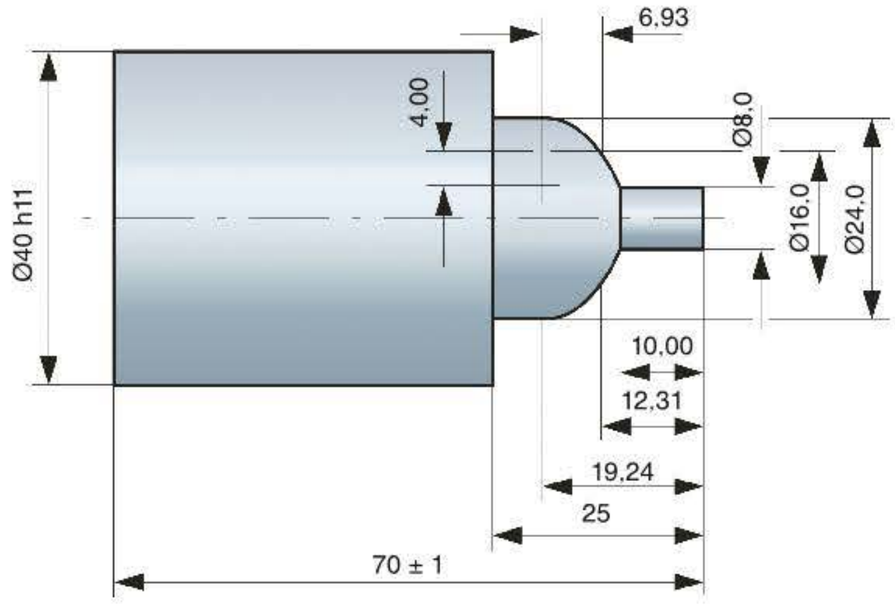
N … G02 X38 Z-25 I4 K0
Svarvning av cirkelbåge med radie 4





Siemens – Cikulär interpolering ej 90° – Exempel 6

Ritning nr 9



N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … ; == Finsvarvning==

N … T2 D1

N … G96 S… F... M4

N … G00 G42 X8 Z2

N … G01 Z-10

N … X16 Z-12.31

N … G03 24 Z-19.24 I-4 K-6.93

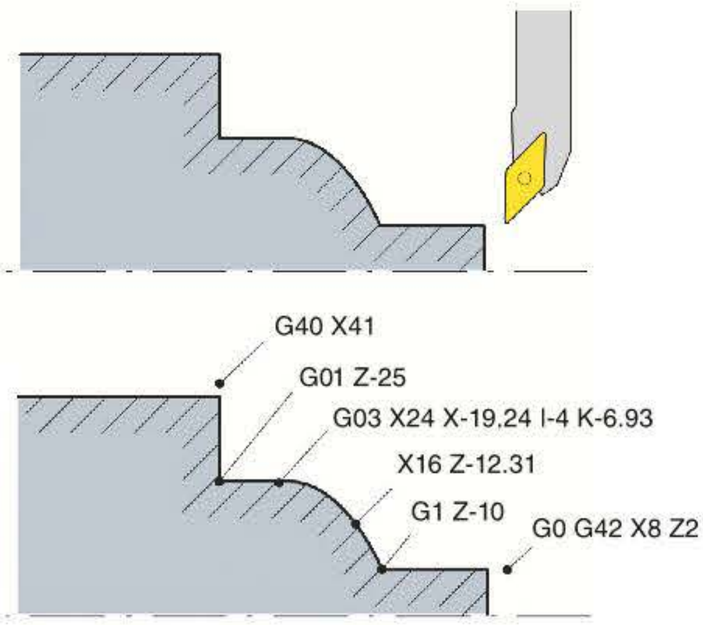
N … G01 Z-25

N … G01 G40 X41

N … G00 G53 X240 Z300 D0 0

N … X16 Z-12.31
Startpunkt för cirkelbåge

N … G03 X24 Z-19.24 I-4 K-6.93
Svarvning av cirkelbåge



ÖVNINGSUPPGIFT 4
CIRKULÄR INTERPOLERING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 10. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Längdsvarvningscykel

För att underlätta programmeringen använder man sig av cykler. En sådan är längdsvarvningscykeln. Den är uppbyggd på så sätt att man anger ett antal parametrar, till exempel skärdjup och startpunkt, som tillsammans med en konturbeskrivning skapar en bearbetningssekvens som utför svarvningen. En cykel är egentligen ett underprogram som är uppbyggt av ett stort antal parametrar och villkor, och som anropas med en kod.

```
IF (VARI==0) OR (VARI>12) GOTOF FEHL6
N10 IF $P_TOOL==0
IF $P_SIM==0
GOTOF FEHL1
ELSE
T0
ENDIF
ENDIF
N11 ATT=$P_TOOLR
N12 IF $P_TOOLNO<>0
_MK[4]=$P_AD[2]
;IF ($AN_NCK_VERSION>=430100)
ENDIF
IF _VRT==0
IF ($P_GG[13]==2) OR ($P_GG[13]==4)
_VRT=1
ELSE
_VRT=1/$MN_SCALING_VALUE_INCH
ENDIF
ENDIF
```

Utdrag ur programrader från CYCLE95 i Siemens

CYCLE95 innehåller cirka 1500 blockrader liknande de som visas till vänster.

Cyklerna är låsta, det vill säga skriv- och lässkyddade, och kan därför inte förändras. Nackdelen med att använda en cykel är att den på grund av de allmänna villkor som finns i cykeln ofta utför ett eller flera extra bearbetningsskär. Detta innebär en merkostnad i tillverkningsprocessen. Vid mindre serier och enstyckstillverkning kompenseras detta av att programmeringstiden är så mycket kortare. Cykeln kräver att det finns en konturbeskrivning. Med utgångspunkt från den görs sedan skäruppdelning med de maximala skärdjup som angetts vid programmeringen.

Det finns ett mycket stort antal cykler. Men i detta avsnitt berör vi endast för Fanuc längdsvarvningsgrovcykeln G73 och finsvarvningscykeln G72. För Siemens tar vi upp cykel CYCLE95 som täcker grov- och finsvarvning i samtliga riktningar. Det skiljer relativt mycket mellan Fanuc och Siemens vid programmeringen av dessaoch därför behandlas de i var sitt avsnitt.

Fanuc längdsvarvningscykel G73

Blockrad 1 N … G73 U_1 … R …
Blockrad 2 N … P … Q … U_2 … W … (F… S … T …)

Förklaring av Blockrad 1

G73 **Längdsvarvningscykel.**

U_1 Skärdjup (anges i millimeter).

R Återgångshöjd (anges i millimeter).

Förklaring av Blockrad 2

G73 **Längdsvarvningscykel**

P Vid adress P skrivs det blocknummer som konturbeskrivningen börjar på.

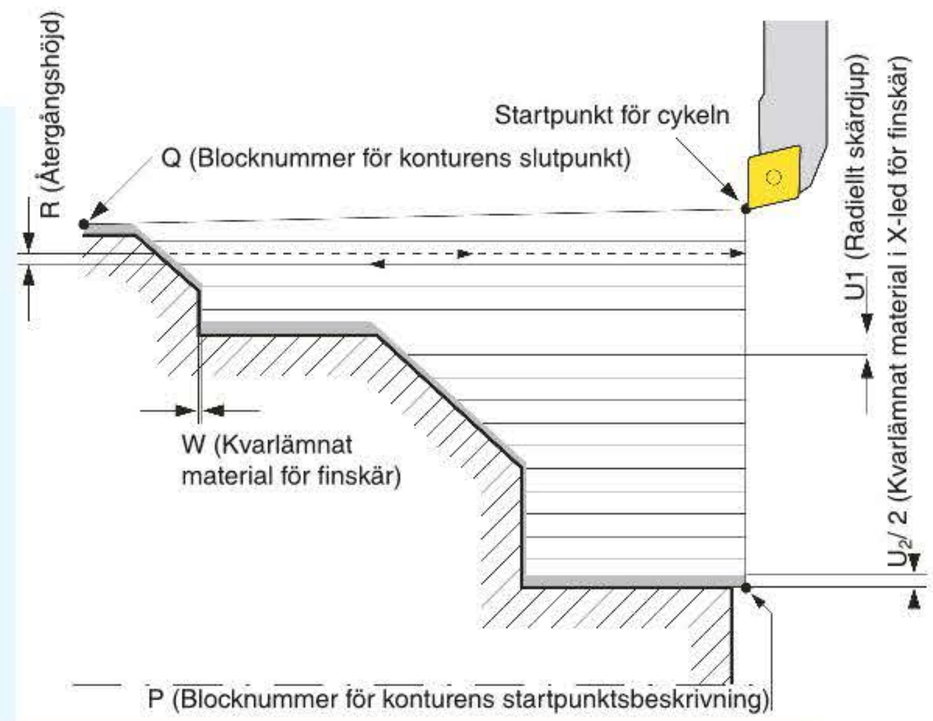
Q Vid adress Q skrivs det blocknummer som konturbeskrivningen slutar på.

U_2 Material som lämnas kvar till finsvarvningen i X-riktning.

W Material som lämnas kvar till finsvarvningen i Z-riktning.

F, S, T Matning, varvtal och verktyg. Dessa kan kanske lämpligare anropas utanför G73-programmeringen, se programexempel. Matning som programmeras i konturbeskrivningen används endast i finbearbetningscykeln (G72).

Grafisk bild av grovlängdsvarvningscykel G73.



Positionering

Cykeln positioneras till startpunkten såväl före som efter det konturparallella bearbetningsskär som avslutar cykeln. Positioneringen innan anropet av längdsvarvningscykeln bör därför göras till en lämplig position, som inte ger några problem efter kontursvarvningen.

Anrop av cykeln

Längdsvarvningscykeln i Fanuc programmeras och anropas med koden G73 om man, som vi förut nämnt, använder sig av C-listan som programmeringsspråk. Använder man sig av A eller B-listan är koden G71, för övrigt är parametrarna lika. Programmeringen av cykeln görs i två blockrader som båda börjar med själva cykelanropet G73.

Blockrad 1

I första blockraden som börjar med G73 programmeras två saker: skärdjup (U_1) och återgångshöjd (R) för utflyttning av verktyget från konturen. Vid utvändig bearbetning är återgångshöjden inte av så stor betydelse, medan den vid invändig bearbetning är mycket viktigt. Då är det ofta begränsat utrymme mellan svarvverktyg och håldiametern.

Blockrad 2

Den andra blockraden börjar också med cykelanropet G73. Här programmeras de blocknummer som konturbeskrivningen börjar respektive slutar med. Adresserna för detta är P och Q. De övriga två parametrarna, U och W, beskriver vilken finsvarvningsmån som ska lämnas kvar till finsvarvning av detaljen. Adress U anger diametervärdet för finskäret som lämnas kvar i X-led. Adress W anger hur mycket som lämnas kvar till finbearbetning i Z-riktningen.

Konturbeskrivning

Konturbeskrivningen påbörjas i **första** blockraden efter programmeringen av cykel G73. Första rörelsen är en snabbpositionering ned till en startposition för konturbeskrivningen. Startpositionen måste vara placerad utanför detaljen. Blocknumret för snabbpositioneringen anges vid parameter P. Eventuell nosradiekompensering (G41 alternativt G42) programmeras i detta eller följande block beroende på hur detaljen ser ut.

Efter första positioneringsblocket programmeras hela konturens utseende med G01 eller G02/G03–rörelser samt med de faser och radier som anges på ritningen. Adress C kan användas för faser och R för radier. Observera att man inte kan avsluta konturbeskrivningen med ett C eller R, utan måste programmera ytterligare en rörelse i den riktning som fasen eller radien ska bearbetas. Konturbeskrivningen avslutas med programmering av slutpunkten för detaljens sista konturelement. Blocknumret för den här rörelsen programmeras vid parameter Q.

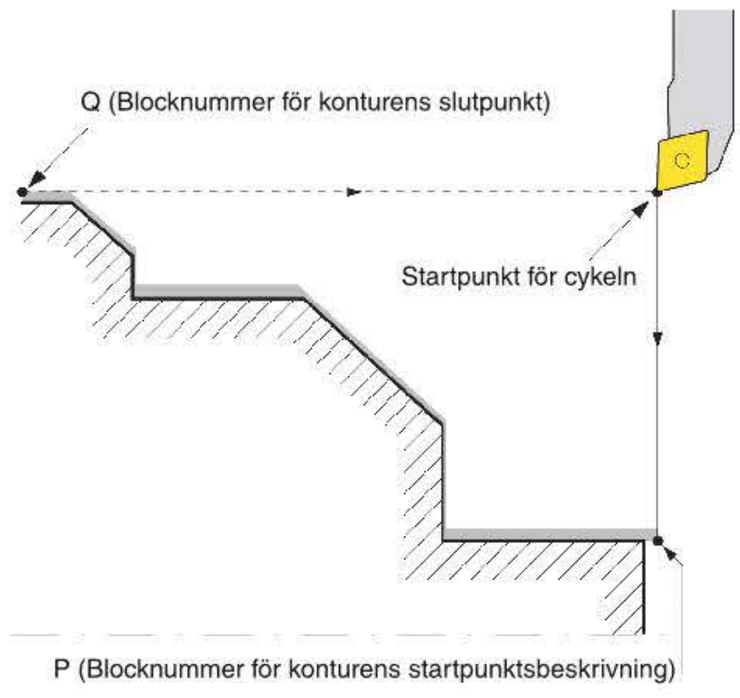
Vid körning av cykeln avslutas bearbetningen i samma verktygsposition som före cykelanropet. Denna förflyttning får inte tas med i konturbeskrivningen.

Finbearbetningscykel

För att bearbeta finsvarvningsmånen som lämnats kvar i parameter U och W kan man använda sig av en finsvarvningscykel. En sådan cykel svarvar endast ett skär längs den kontur som har beskrivits i konturbeskrivningen P till Q. Cykeln programmeras med G72 (C-listan) samt de P och Q-nummer som angetts i längdsvarvningscykeln G73. Om någon matning (F) har programmerats i konturbeskrivningen (P till Q) används den matningen endast vid finsvarvningen. Observera att man bör använda samma startposition för cykeln som vid programmeringen av grovsvarvningscykeln.

Format

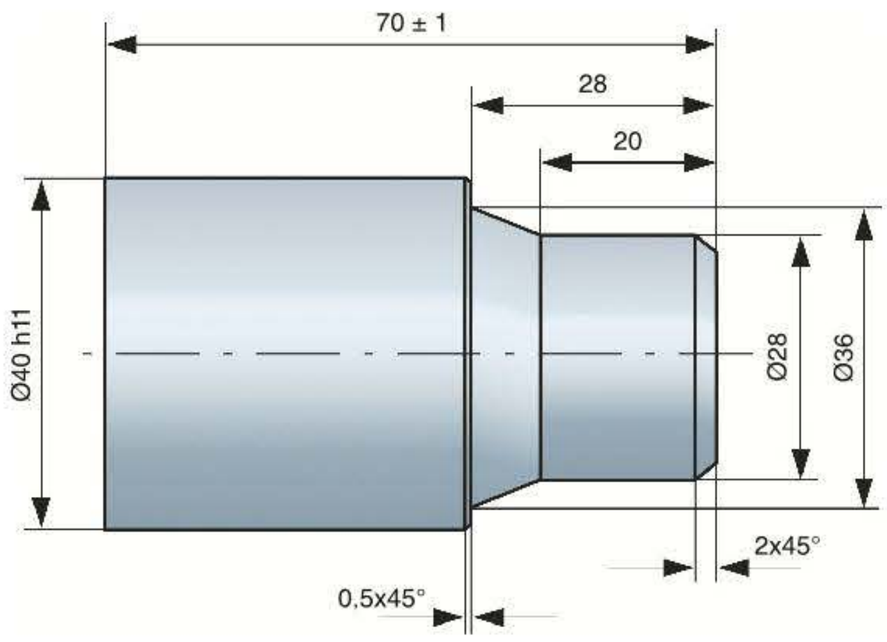
N… G72 P … Q …



Grafisk bild av finlängdsvarvningscykel G72.

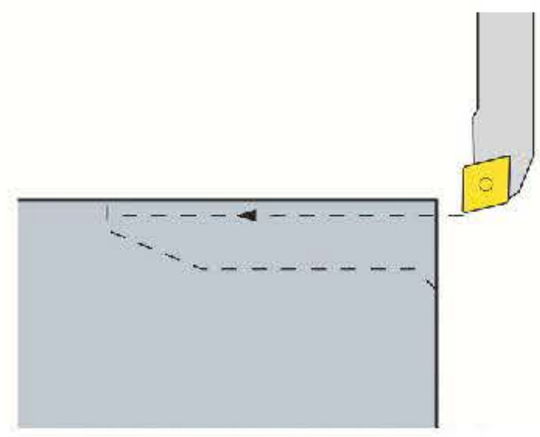
Fanuc – Grov- och finsvarvningscykel – Exempel 7

Ritning 11



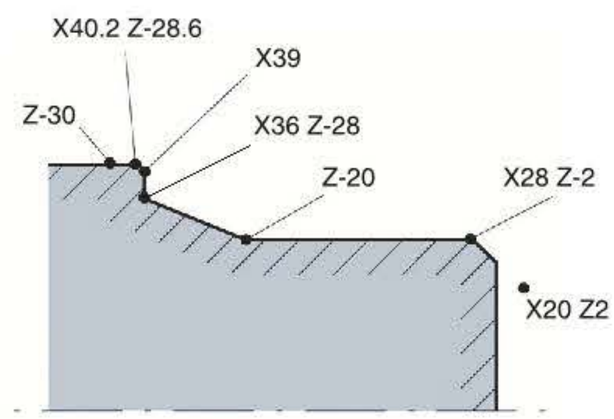
```
N5 G28 U0 W0
N10 G92 S3800
N15 (==============)
N20 T0101 (SKRUBBSTÅL)
N25 G96 S... F... M4
N30 G00 X44 Z0
N35 G01 X-2
N40 G00 X40 Z2
N45 G73 U2 R1
N50 G73 P55 Q85 U1 W0.1
N55 G00 G42 X20 Z2
N60 G01 X28 Z-2 F...
N65 Z-20
N70 X36 Z-28
N75 X39
N80 X40.2 Z-28.6
N85 G40 Z-30
N90 G28 U0 W0
N95 (=============)
N100 T0202 (Finstål)
N105 G96 S... M4
N110 G00 X40 Z2
N115 G72 P55 Q85
N120 G28 U0 W0
N125 M30
```

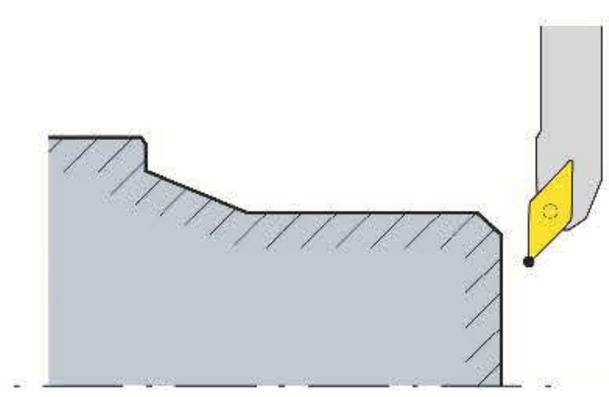
N40 G00 X40 Z2
Positionering för cykel



N45 G73 U2 R1
N50 G73 P55 Q85 U1 W0.1
Grovsvarvningscykel

Konturbeskrivning





N115 G72 P55 Q85
Finsvarvningscykel

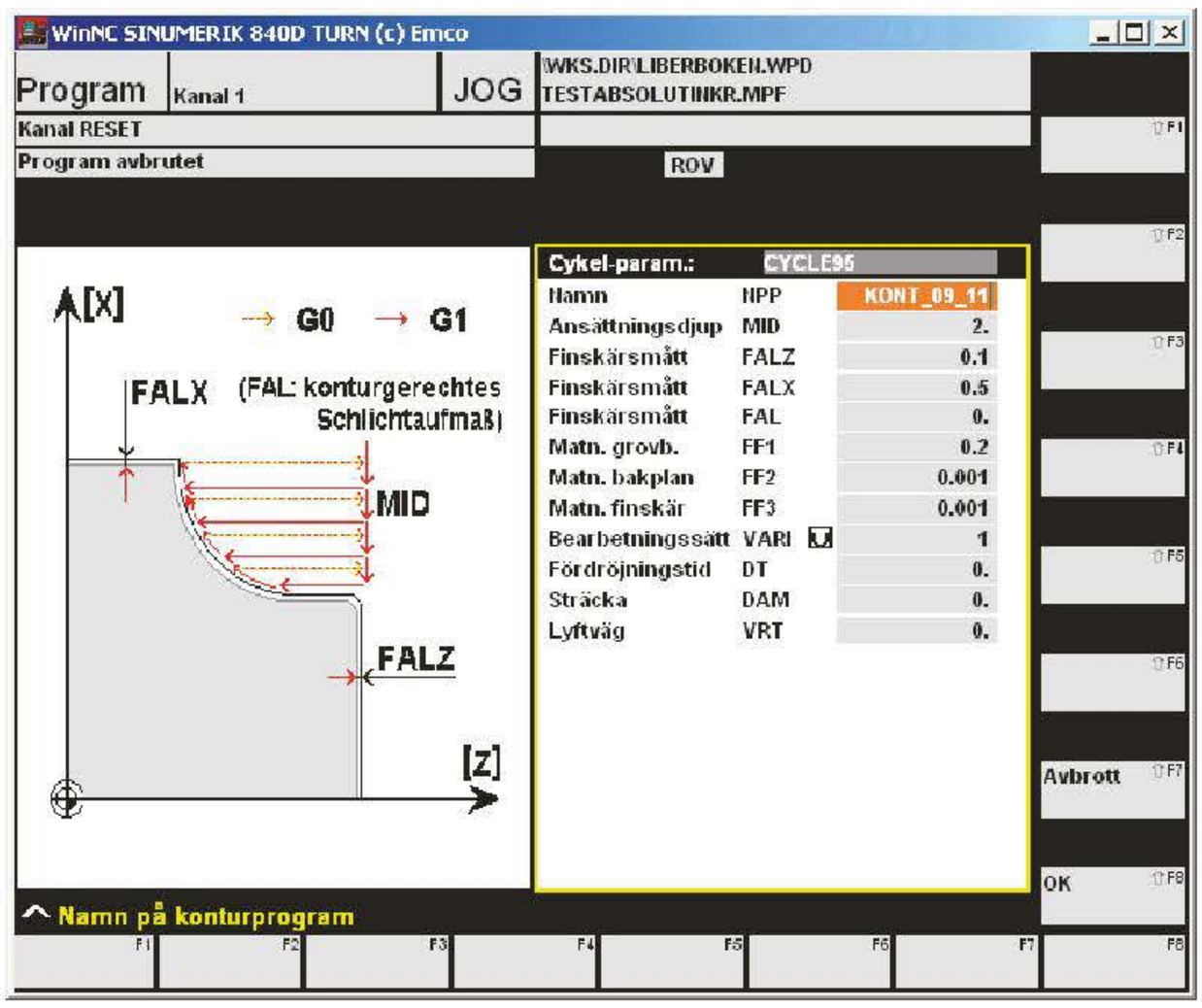
ÖVNINGSUPPGIFT 5
GROV- OCH FINSVARVNINGSCYKEL

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 12. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Siemens Längdsvarvningscykel

I Siemens fungerar cykeln på liknade sätt som i Fanuc. Man programmerar skärdjup och matningar samt anger en konturbeskrivning för att skäruppdelningen ska kunna göras vid bearbetningen. Siemens–cykeln ger dock några fler möjligheter att styra bearbetningen. Ett exempel på detta är att spånan kan brytas av så att eventuella spånproblem kan undvikas. Dessa funktioner går ju att programmera i konturbeskrivningen även i Fanuc, men endast med utförlig ISO-programmering.

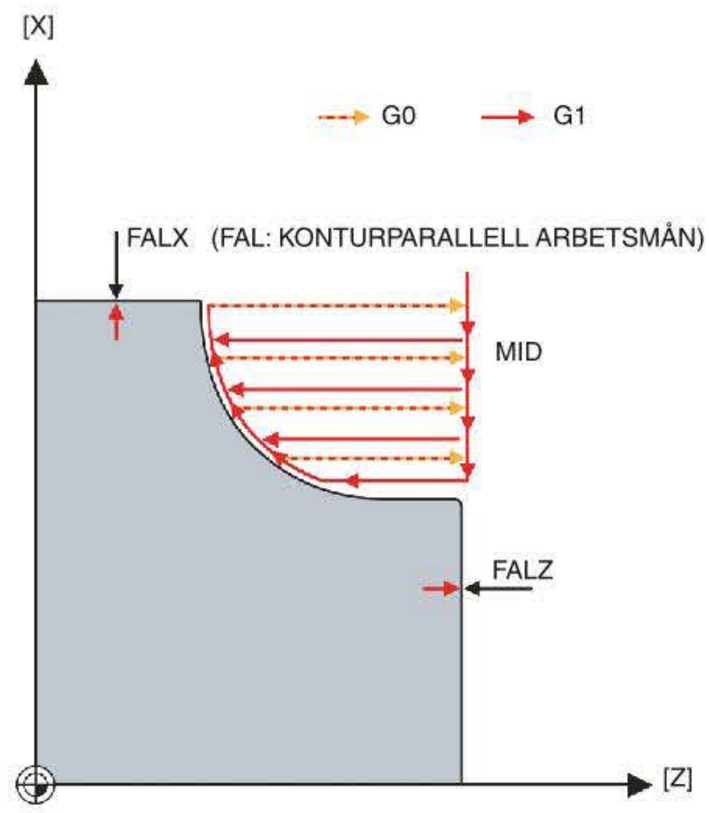
I Siemens används ett interaktivt programmeringssätt som underlättar programmeringen väsentligt. För själva inknappningen av cykeln finns understöd, så att cykelparametrarna visas tillsammans med förklarande bild. Varje parameter beskrivs med några få ord men så att betydelsen ändå framgår. Se figur. En lite mer informativ text (gul) visas dessutom längst ned till vänster på bildskärmen.



Blockraden för cykeln innehåller många parametrar som kan vara svåra att hålla isär, eftersom de bara skiljs åt med kommatecken. Därför kan det vara svårt att hitta rätt ställe där man ska göra ändringar. Understödsfunktionen förenklar ändringarna av parametervärdena, eftersom den beskriver och visar var värdet ska föras in. För att öppna understödsfunktionen placeras cursor i blockraden med cykeln. Därefter trycker man på menytangenten **Återöversätt**.

I Siemens programmeras konturbeskrivningen i ett underprogram, eller med det engelska ordet som är vanligt att använda, *subroutine program*.

När man namnger underprogram är det lämpligt att göra det efter en struktur som är lätt att förstå. Man kan exempelvis kalla en konturbeskrivning som skapas för huvudprogrammet ”Övning_5” med ”ovn_5_kont”. Det är då lätt att i programbiblioteket se vilka program som hör ihop. Programnamnet är begränsat till 12 tecken. Räcker inte tecknen till får man förkorta, men så att betydelsen ändå framgår.

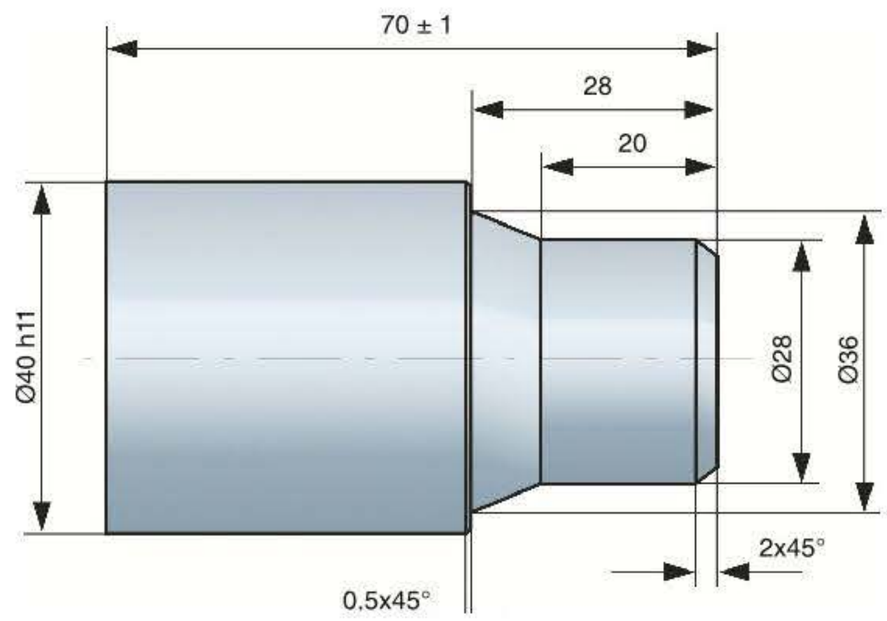


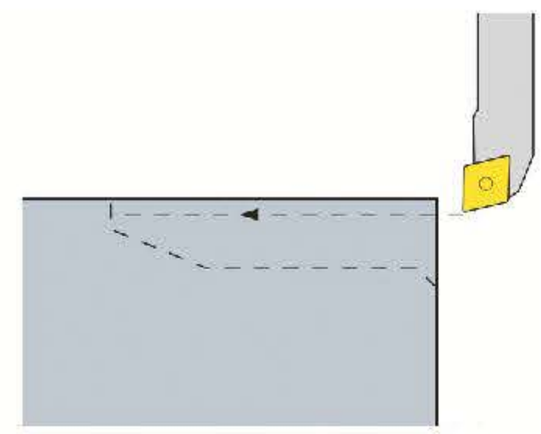
Parameterbeskrivning Siemens

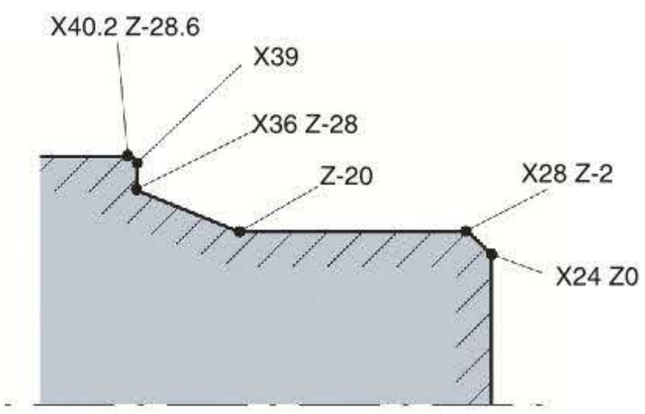
CYCLE95(”NPP”,MID,FALZ,FALX,FAL,FF1,FF2, FF3,VARI,DT,DAM,VRT)

NPP	Namn på underprogrammet där konturens form har programmerats.
MID	Skärdjup. Skärdjupet programmeras med ett radiellt värde.
FALZ	Finbearbetningsmån i Z-led. Brukligt värde 0.05-0.1 mm.
FALX	Finbearbetningsmån i X-led. Värde fås i diagram men brukar ligga på 0.5-1 mm.
FAL	Konturparallell finbearbetningmån. Kan användas exempelvis vid svarvning av en kula eller liknande. OBS! Antingen programmeras parametrarna FALZ och FALX eller parameter FAL.
FF1	Matning för grovbearbetning–utan fallande kontur.
FF2	Matning för fallande konturer.
FF3	Matning för finbearbetning–utan fallande kontur.
VARI	1 Utvändig grovbearbetning i axiell riktning. **2** Utvändig grovbearbetning i radiell riktning. **3** Invändig grovbearbetning i axiell riktning. **4** Invändig grovbearbetning i radiell riktning. **5** Utvändig finbearbetning i axiell riktning. **6** Utvändig finbearbetning i radiell riktning. **7** Invändig finbearbetning i axiell riktning. **8** Invändig finbearbetning i radiell riktning. **9** Utvändig komplettbearbetning i axiell riktning. **10** Utvändig komplettbearbetning i radiell riktning. **11** Invändig komplettbearbetning i axiell riktning. **12** Invändig komplettbearbetning i radiell riktning.
DT	Fördröjningstid vid spånbrytning.
DAM	Förflyttningssträcka innan avbrott för spånbrytning.
VRT	Lyftväg vid konturen vid frånkörning. Om inget värde anges tar cykeln ett förprogrammerat värde (1 mm).

Ritning 11







N5 G54

N10 TRANS Z70

N15 G26 S3500

N20 G00 G53 X240 Z300 D0

N25 ; ==========

N30 T1 D1 ; SKRUBBSTAAL

N35 G96 S… F… M4

N40 G00 X44 Z0

N45 G01 X-2

N50 G00 X40 Z2
Positionering

N55 CYCLE95 …
Hämtar underprogram för grovsvarvning

N50 G00 X40 Z2

N55 CYCLE95("KONTUR_11",2.5,0.1,1,0,0.25,0.001,0.001,1,0,0,1)

N60 G00 G53 X240 Z300 D0

N65 ; ==========

N70 T2 D1 , FINSTAAL

N75 G96 S… M4

Verktygsväxling till finbearbetnings-stål och positionering

N80 CYCLE95(KONTUR_11"0,0,0,0,0.001,0.001,0.12,5,0,0,1)

N85 G00 G53 X240 Z300 D0

N125 M30

N80 CYCLE95 …

Underprogram för konturbeskrivnings-cykel

KONTUR_11

N5 G01 X24 Z0

N10 X28 Z-2

N15 Z-20

N20 X36 Z-28

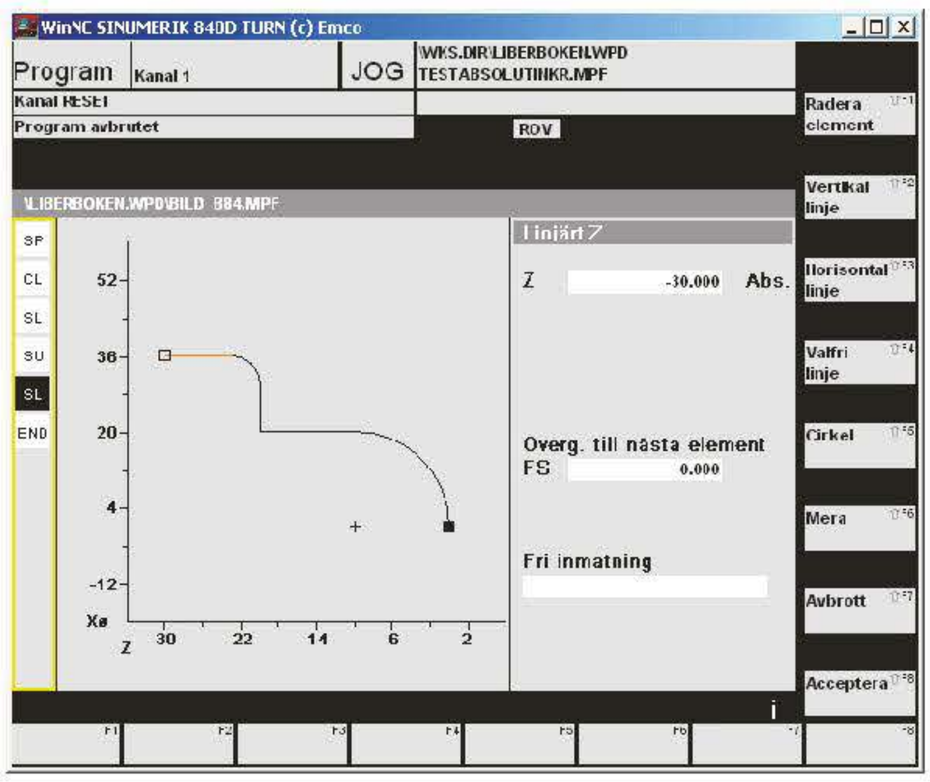
N25 X39

N30 X40.2 Z-28.6

N35 M17

I Siemens finns även programmeringshjälp som kan användas vid konturbeskrivningen. Funktionen heter NY KONTUR och används mestadels när mått saknas eller inte är utsatta på ritningen. Men funktionen kan givetvis användas även för enklare konturer.

Observera att måtten måste kunna tas fram med hjälp av matematiska beräkningar. I dessa fall utför styrsystemet beräkningarna vilket ju underlättar mycket för operatören/programmeraren. Funktionen ritar upp konturen samtidigt som man skriver in positionerna på konturen. När hela beskrivningen har gjorts accepteras beskrivningen, och styrningen skapar sedan ett CNC-program för konturen.



Funktionen "Ny kontur".

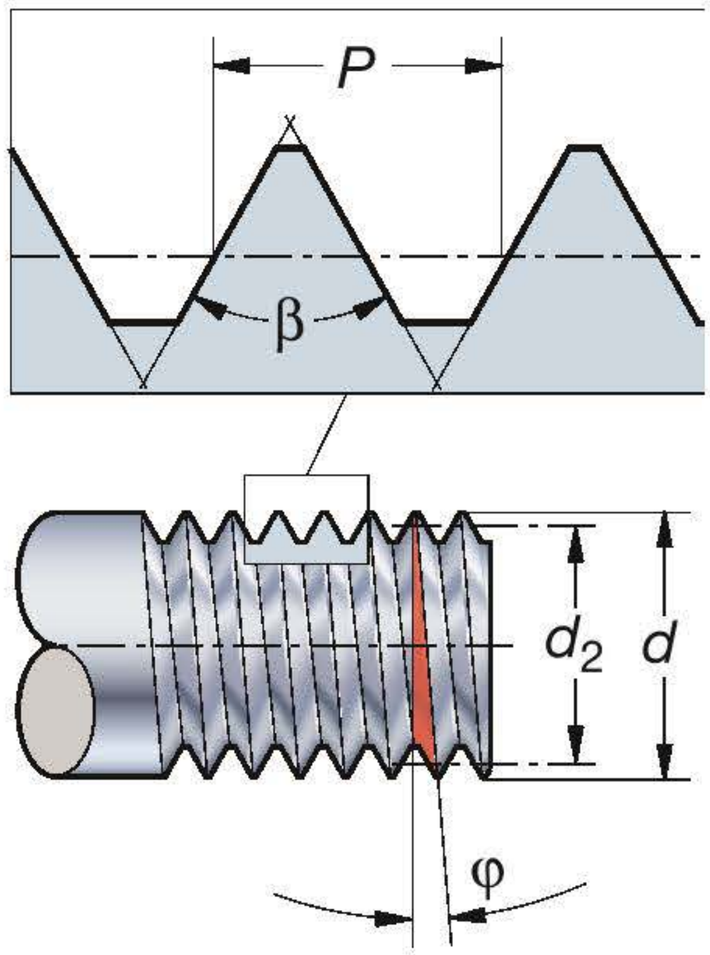
ÖVNINGSUPPGIFT 5
GROV- OCH FINSVARVNINGSCYKEL

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 12. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

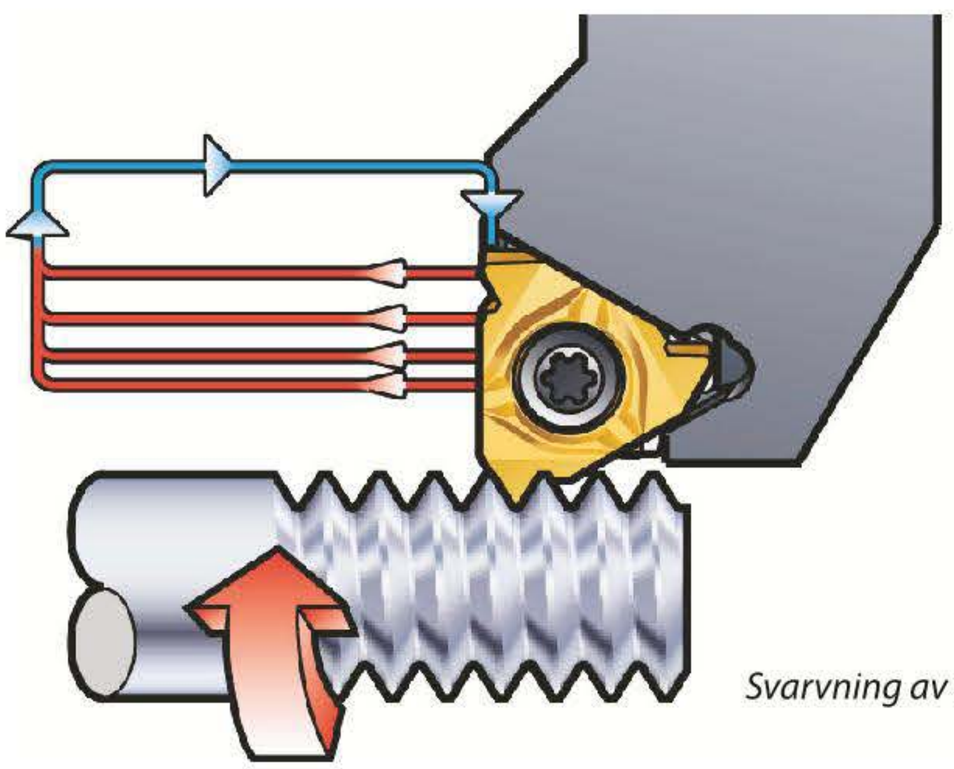
Utvändig gängsvarvning

Gängsvarvning

Gängor kan tillverkas med många olika metoder. Gängsvarvning är den vanligaste metoden i CNC-svarvar. Med gängsvarvning kan man få en mycket hög precision. En gängsvarvning är i princip en svarvningsoperation som görs med en skärspets, som är slipad med samma profil som mellanrummet mellan två gängflanker. Matningen för varje varv är gängstigningen. Gängsvarvningen utförs så gott som alltid i flera skär. Det är ett krav att skärspetsen i varje passering (ett gängskär) exakt ska följa samma spår som tidigare skär. Det innebär att verktygets matningsrörelse måste vara låst till spindelns rotationsrörelse. Funktionen för detta är inbyggd i maskinen. Synkroniseringen sker med hjälp av en pulsgivare och en enkoder som är kopplade till maskinens huvudspindel.

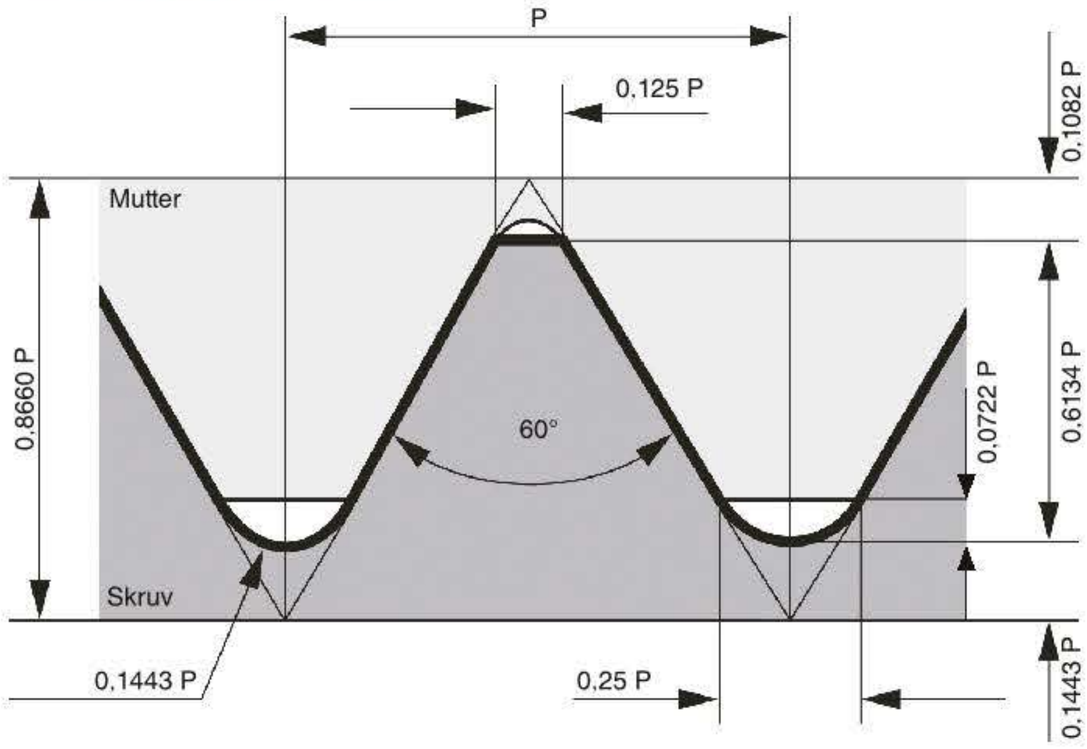


P – stigning
β - profilvinkel
φ - gängans stigningsvinkel
d – gängans största diameter utvändigt
d2 – minsta stigningsdiameter utvändigt



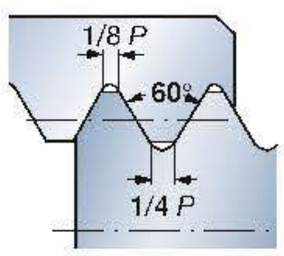
Svarvning av en gänga görs med flera skär.

Gängsystem

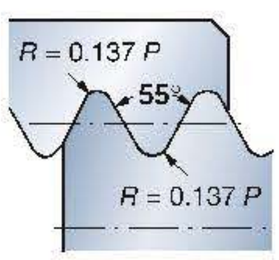


ISO-gängprofil.

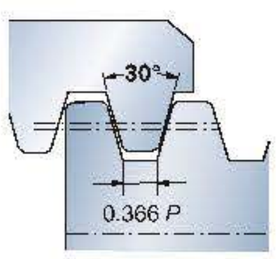
Det finns många typer av gängsystem, men den som vi mestadels använder oss av är ISO-gängsystemet med 60 graders profilvinkel. Systemet finns både för tum- och metriska gängor. Tumgängorna kallas för UNIFIED-gängor (UNC, UNF, UNEF) och anger diametern i tum och antal gängor per tum. Det metriska systemet kallas ISO (M) och anger både diameter och stigning i millimeter. ISO-gängan är en världsstandard sedan 1960-talet, men trots detta används fortfarande likvärdiga äldre gängsystem vid nytillverkningar inom industrin. Exempel på detta är British Standard Whitworth (BSW, BSF) som fortfarande har stor betydelse inom vissa branscher. Förutom gängor för allmänna behov finns det ett stort antal gängor för särskilda behov.



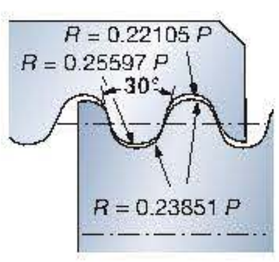
Gängor för allmän användning inom alla segment av verkstadsindustrin.



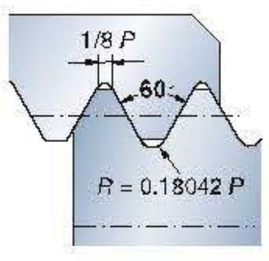
Gängor för rörfattningar och kopplingar för gas och VA.



Gängor för överföring av rörelser.



Gängor för rörkopplingar i livsmedels- och brandförsvarsindustrin.



Gängor för flyg och rymdindustrin.

Vi kommer endast att beskriva och använda oss av metriska gängor i detta avsnittMan skiljer på metriska grovgängor och metriska fingängor. Dessa skiljs lättast genom beteckningarna. En metrisk grovgänga betecknas med exempelvis M6, M8 och M10 medan den metriska fingängan även anges med stigningen, exempelvis M8x1, M10x1.25 eller M16x1.5.

Tabell över lämpligt antal skär (passeringar) och rekommendrade skärdjup.

	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
1	0.11	0.17	0.19	0.20	0.22	0.22	0.25	0.27	0.28	0.34	0.34	0.37	0.41	0.43	0.46
2	0.09	0.15	0.16	0.17	0.21	0.21	0.24	0.24	0.26	0.31	0.32	0.34	0.39	0.40	0.43
3	0.07	0.11	0.13	0.14	0.17	0.17	0.18	0.20	0.21	0.25	0.25	0.28	0.32	0.32	0.35
4	0.07	0.07	0.11	0.11	0.14	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.22	0.24	0.27	0.27	0.30
5	0.34	0.50	0.08	0.10	0.12	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.24	0.24	0.27
6			0.67	0.08	0.08	0.10	0.12	0.13	0.14	0.17	0.17	0.20	0.22	0.22	0.24
7				0.80	0.94	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.20	0.22
8						0.08	0.08	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21
9						1.14	1.28	0.11	0.12	0.14	0.14	0.16	0.18	0.18	0.20
10								0.08	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.17	0.19
11								1.58	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.16	0.18
12									0.08	0.08	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16
13									1.89	2.20	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15
14											0.08	0.10	0.10	0.13	0.14
15											2.50	2.80	3.12	0.12	0.12
16														0.10	0.10
														3.41	3.72

Gängverktyget

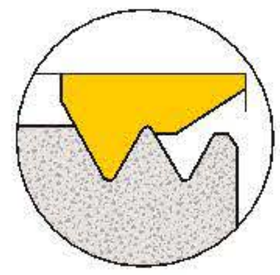
När man väljer verktyg är det ett flertal val som måste göras. Bland annat måste skaftdimension och skärhållartyp bestämmas. Skaftdimensionen styrs oftast av maskinens hållarsystem och har standardiserade mått som exempelvis 12, 16 och 20 mm. Det som styr valet av skärhållartyp är om det är en höger- eller vänstergänga, och vilken metod som ska användas för gängningen. Metoden avgör hur gängverktyget ska placeras i hållaren. Om det är en högergänga som ska svarvas, vilket är vanligast, så kan detta vanligen utföras på två sätt.

- Högerverktyg–verktyget placeras upp-och-ner och skärriktningen är in mot chucken.
- Vänsterverktyg–verktyget placeras så att skärplattan syns och skärriktningen är ut från chucken.

Övriga val är exempelvis val av underläggsplatta för gängningen, vilket styrs av gängans stigning och diameter.

Vändskär

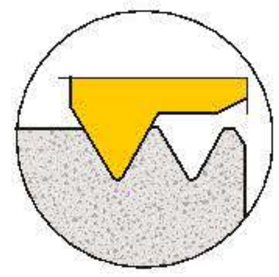
Fullprofilskär



Vid gängsvarning använder man oftast vändskär som har den profil som ska gängas. Dessa skär kallas fullprofilskär. De är också den typ av skär som används mest. Nackdelen med den här typen är att det behövs olika vändskär för varje gängstorlek, vilket kan innebära stora lagerkostnader.

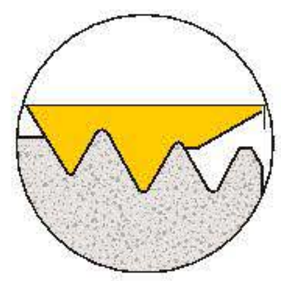
Man kan inte tillverka skruv och mutter med samma vändskär eftersom de har olika gängdjup. Med ett fullprofilskär behöver ämnet inte svarvas till exakt diameter eftersom det ”toppar” diametern vid sista skäret. På grund av detta ska man låta gängskäret slutföra diametersvarvningen. Man ska alltså lämna kvar mellan 0.03-0.07 millimeter vid finbearbetningen av diametern innan gängningen.

V-profilskär



Ibland väljer man att använda vändskär med V-profil. Dessa har ett bredare användningsområde med exempelvis 1.0–2.0 mm alternativt 2.0–3.0 mm stigning. Vändskär med V-profil, ger inte lika exakt gängprofil men i vissa fall är den uppnådda profilen fullt tillräcklig för detaljens funktion. Dessutom förenklas lagerhållningen.

Flerprofilskär



Vid högproduktiv gängning, det vill säga masstillverkning av detaljer, används ofta flerprofilskär. Med ett flerprofilskär krävs mindre antal passeringar, vilket innebärfärre upprepningar av gängrörelsen. I vissa fall kan antalet passeringar halveras gentemot de övriga skärtyperna. Nackdelen är att det krävs en längre passering efter gängans slut för att rymma hela raden av tänder. En annan nackdel med flerprofilskär är att dessa kräver större skärkrafter och stabilare uppspänning för att få ett bra gängresultat.

Höger- och vänstergänga

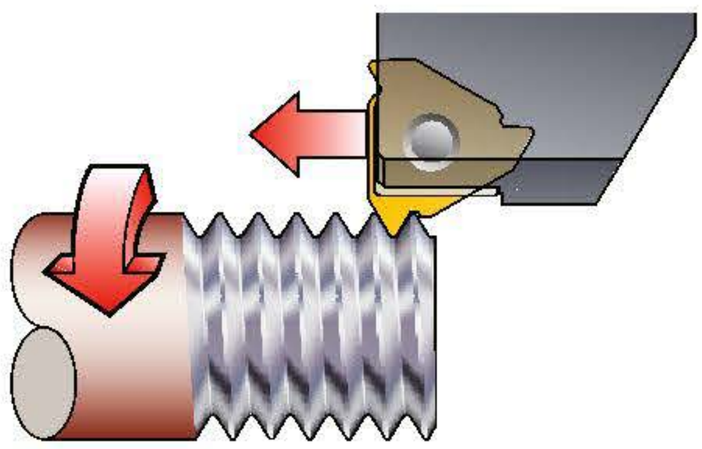
Gängan kan skruva sig fram i höger- eller vänstergående spiral. Det är vanligast med högergängor. Gängdjup och profil är lika för båda men med spegelvänt utförande. Observera att stålhållaren måste vara anpassad efter vändskäret. Det innebär att skär för vänstergängor ska placeras i en vänster-

ställd hållare, och skär för högergängor ska placeras i en högerställd hållare. Om man inte är observant på detta, så får man ett verktyg där skärspetsen pekar åt fel håll. Samma sak gäller även för skär för invändig gängning. De får inte blandas ihop med hållare för utvändig gänga.

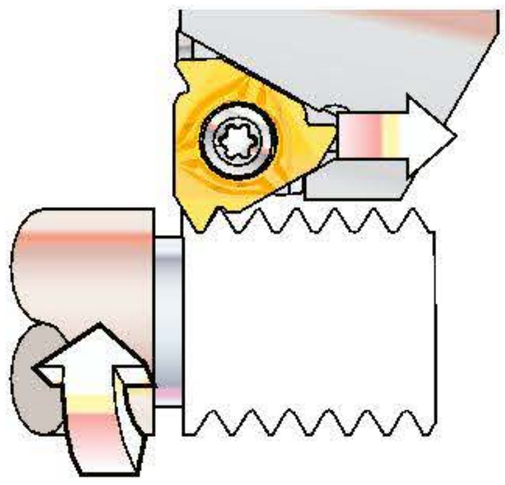
Det är dock möjligt att använda till exempel ett vänsterverktyg för att tillverka en högergänga. Arbetsstycket roteras då i vänstervarv, det vill säga moturs (M4) samtidigt som gängan skärs i riktning från chucken. Men den vanligaste metoden för att svarva en utvändig högergänga är att använda ett högerverktyg. som placeras upp-och-ner i verktygsrevolvern, med skärspetsen ned mot spånlådan. Med verktyget placerat på det sättet måste spindeln roteras i medurs riktning, det vill säga M3. Vid invändig gängning kan det i vissa fall vara ett problem att placera verktyget så att gängningen utförs i X-minusriktning.

Figurerna visar olika kombinationer av gängverktyg och rotationsriktningar för gängsvarvning. Lägg märke till att negativa underläggsplattor måste användas i vissa av de kombinationer som visas i figurerna.

Svarvning av högergängor

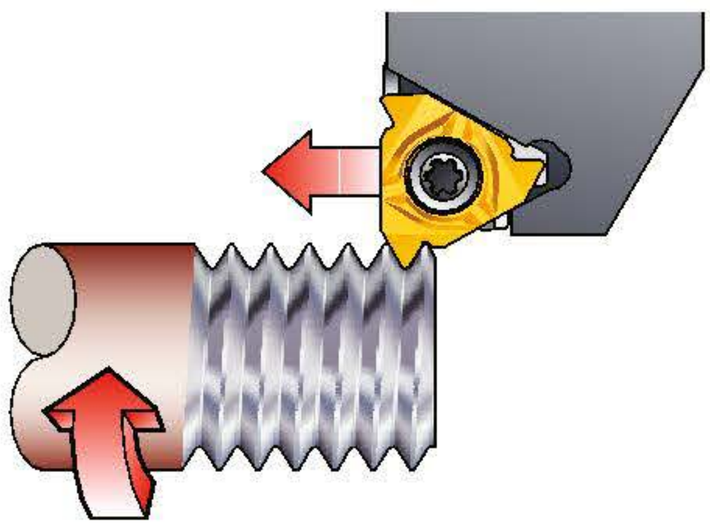


Skär och verktyg i högerutförande och medurs rotation (M3).

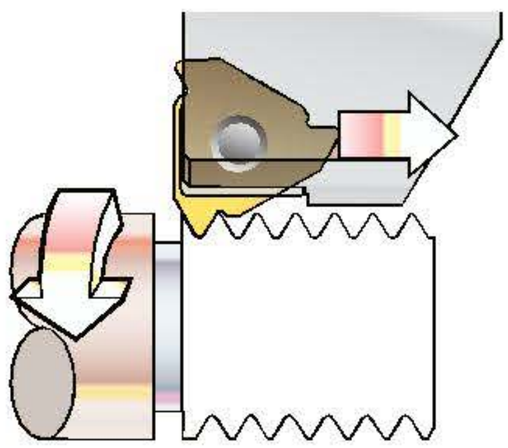


Skär och verktyg i vänsterutförande och moturs rotation (M4).

Svarvning av vänstergänga

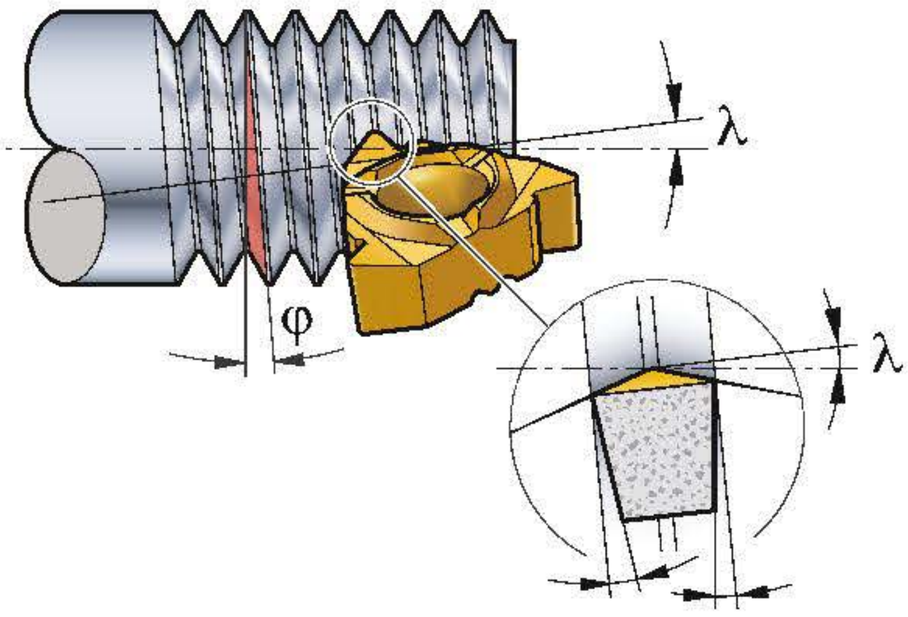


Skär och verktyg i vänsterutförande och moturs rotation (M4).



Skär och verktyg i högerutförande och medurs rotation (M3).

Lutningsvinkel

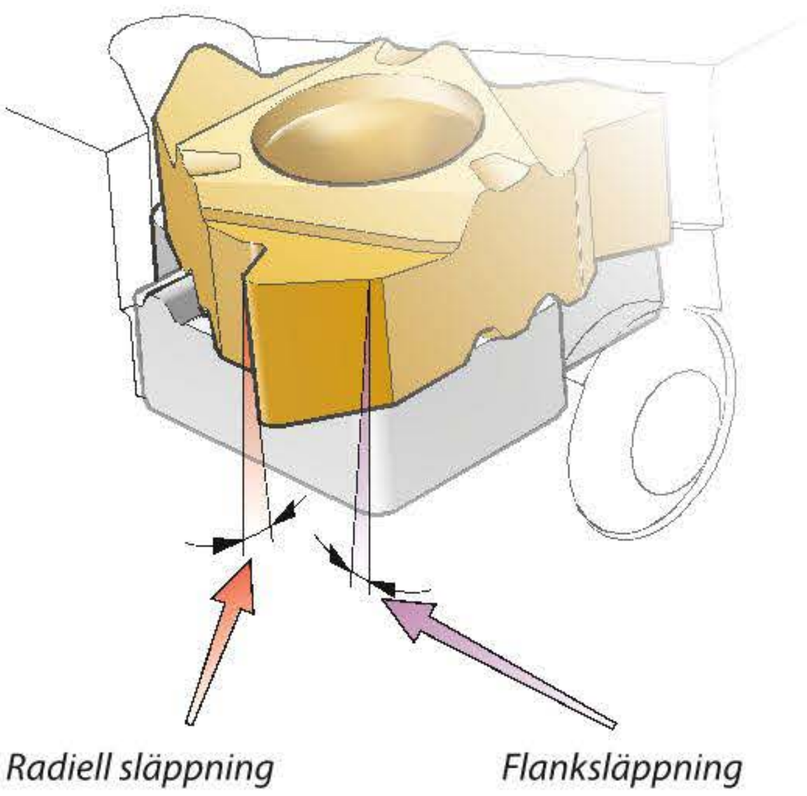


Kompensering av gängans lutningsvinkel för att uppnå en radiell släppning och en symmetrisk flanksläppning, se även nästa bild.

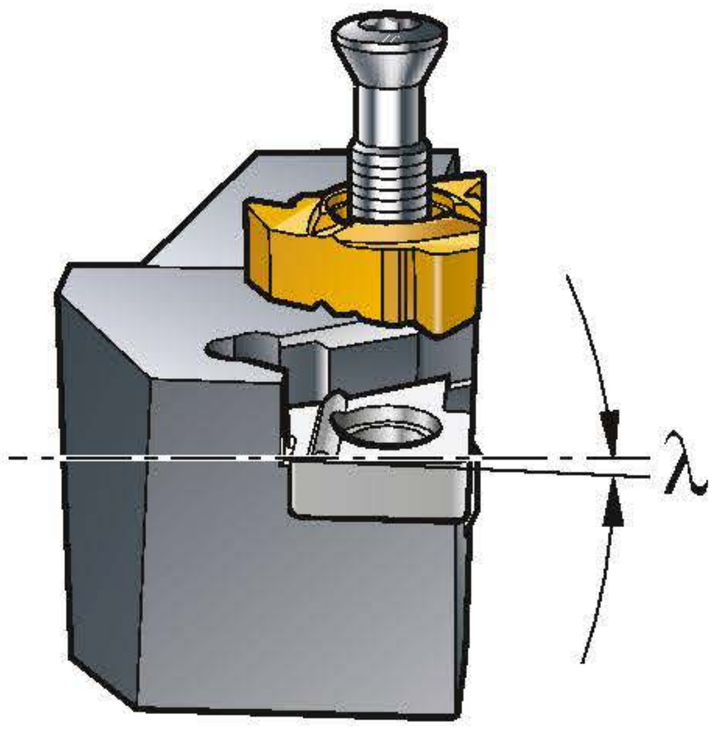
φ - stigningsvinkel

λ - lutningsvinkel

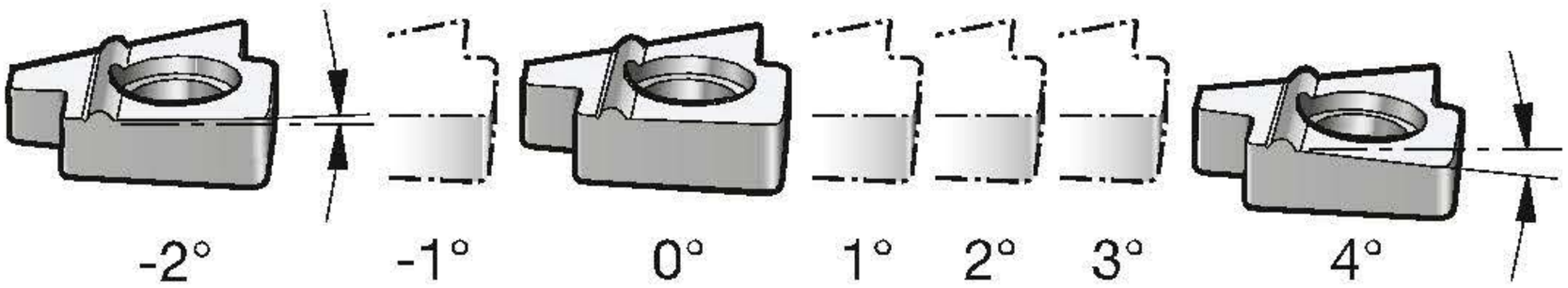
För att ge gängan en helt korrekt profil och öka gängskärets livslängd måste man även kompensera för gängans lutningsvinkel. Denna kompensering görs genom byte av underläggsplatta på skärhållaren.



Verktygshållarna levereras med underläggsplattor som har en lutningsvinkel på 1 grad, vilket täcker en stor del av vanliga diametrar och gängstigningar. Övriga gradtal på underläggsplattan är -2, -1, 0, 2, 3 och 4.



Skärets flanksläppningsvinkel justeras genom byte av underläggsplatta.



Genom att kompensera för gängans stigningsvinkel får man en jämn förslitning på båda sidorna av skäret. När rätt underläggsplatta har valts får man med automatik även rätt radiell släppning vilket inverkar positivt på vändskärets skärförmåga.

Lutningsvinkeln bestäms genom avläsning i diagram, se figuren.

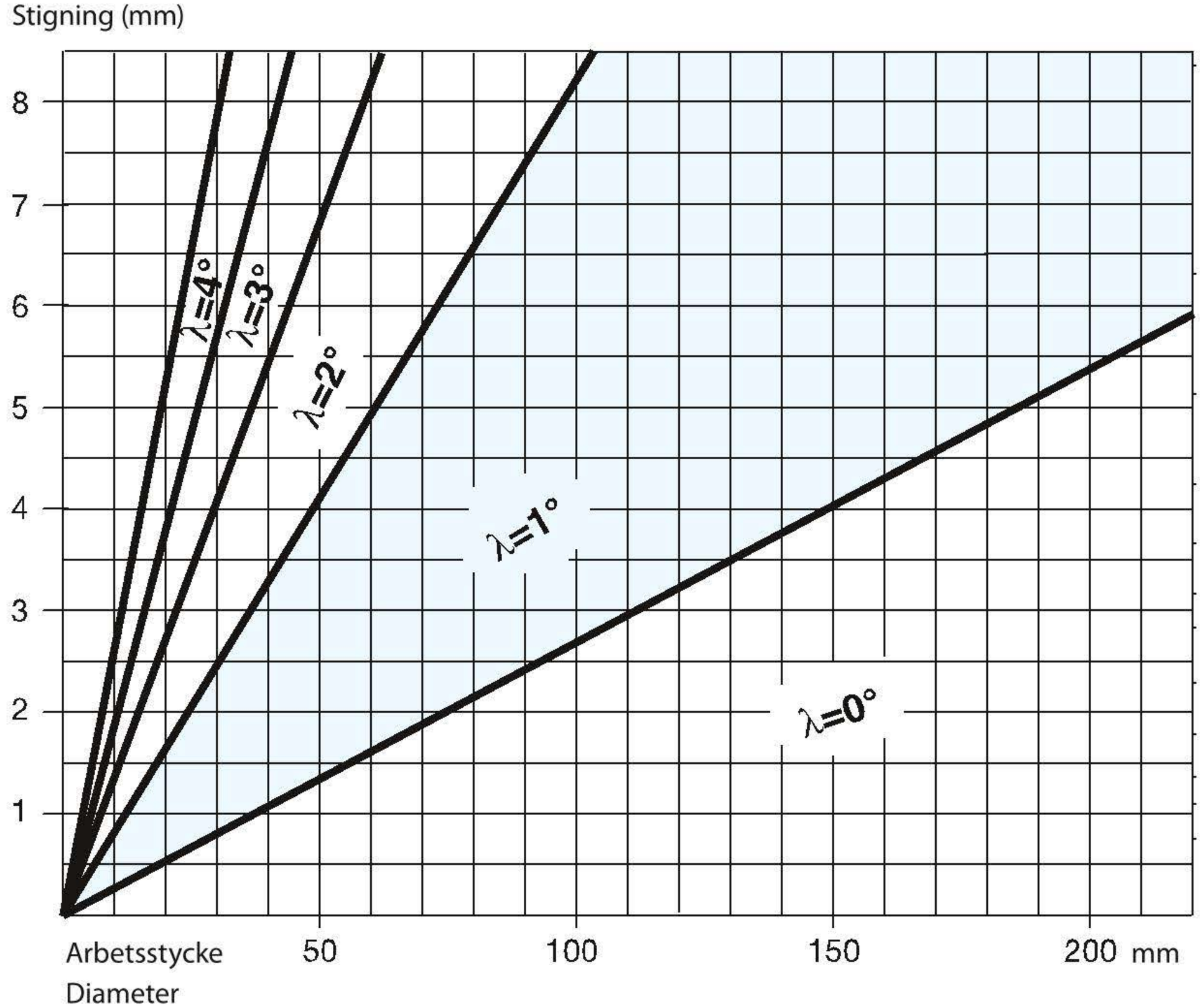


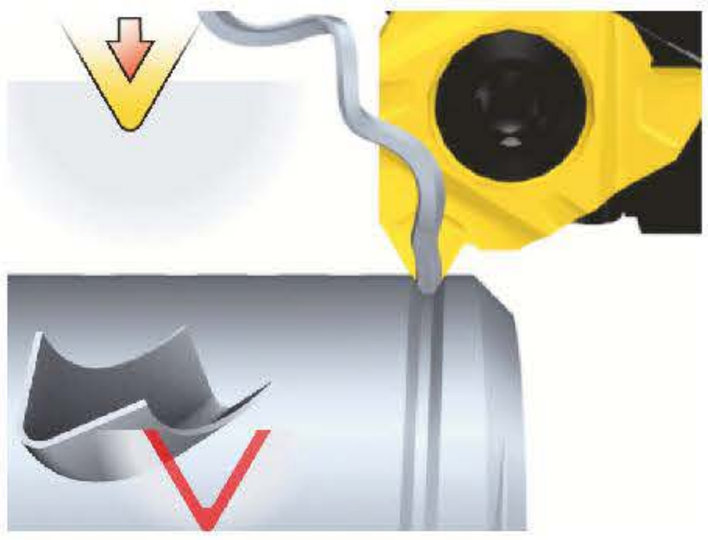
Diagram för val av underläggsplatta.

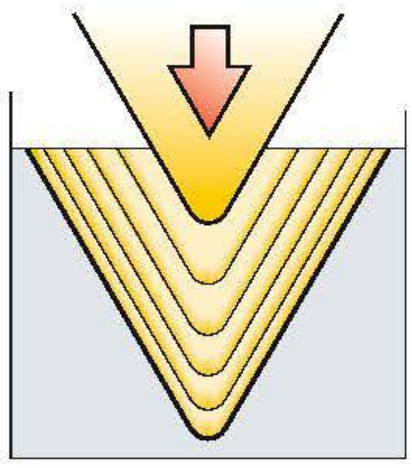
Inmatningsmetoder

När man programmerar med en gängsvarvningscykel i en CNC-maskin kan man vanligen bestämma typ av inmatning. Det finns flera olika metoder att välja på för inmatningen av vändskäret i materialet. Här tar vi upp 4 stycken: *radiell inmatning*, *flankinmatning modifierad flankinmatning* och *växelvis flankinmatning*. De båda sistnämnda har en del äldre varianter av styrsystemen ingen metod för.

Radiell inmatning

Radiell inmatning används mest vid små gängstigningar och kortspånat material, exempelvis mässing. Vid svarvning av gängor med fler ingångar används också metoder för att undvika delningsfel. Nackdelen med radiell inmatning är att skärspetsen utsätts för hög temperatur. Detta medför snabb förslitning och svårigheter att ge spånan önskad form för spånbrytningen.



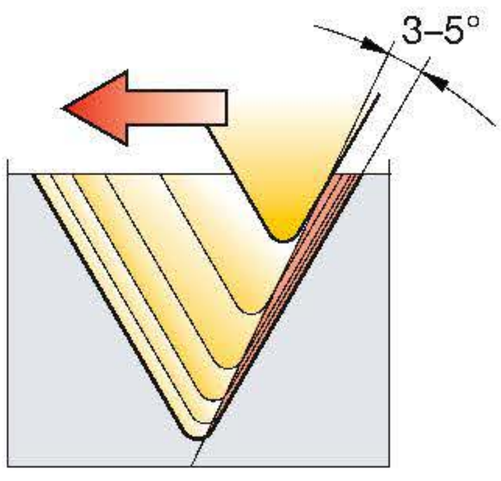


Radiell inmatning

Flankinmatning

Vid flankinmatning fås en form på spånan som liknar denvid ”vanlig” svarvning. Denna spåna är både lätt att forma och bryta och ger inte problem med exempelvis spåntrassel. Vid den här typen av bearbetning leds även värmen bort från skärspetsen (genom spånan) på ett effektivare sätt varför förslitningen av skäret inte blir så stor. Nackdelen med metoden är att den ”inte skärande” eggen endast har en nötande effekt. Detta försämrar hållbarheten för skäret samt kan ge en dålig ytfinish på den ena sidan av gängprofilen. För att motverka

Flankinmatning

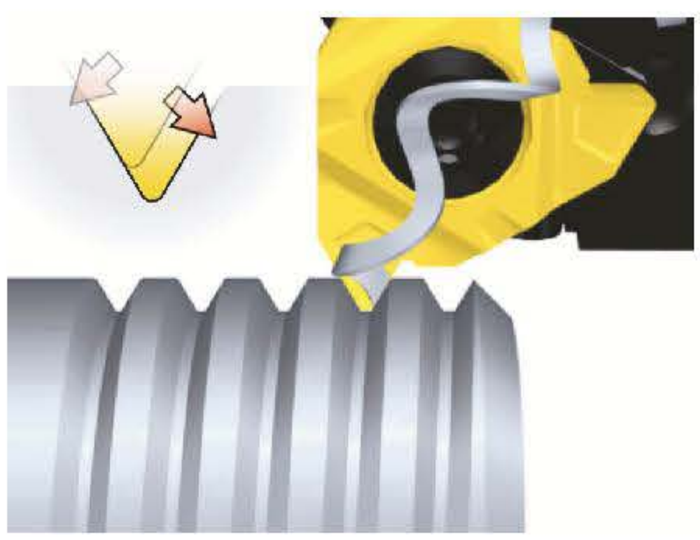


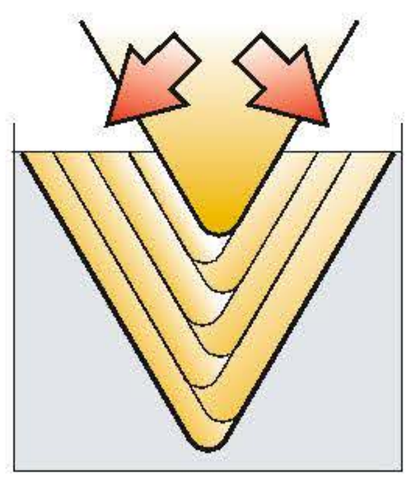
Modifierad flankinmatning

detta kan man använda metoden ”modifierad flankinmatning” och förändra inmatningsvinkeln med 3–5 grader. Metoden påverkar inte profilformen eftersom den är inbyggd i verktygsformen.

Växelvis flankinmatning

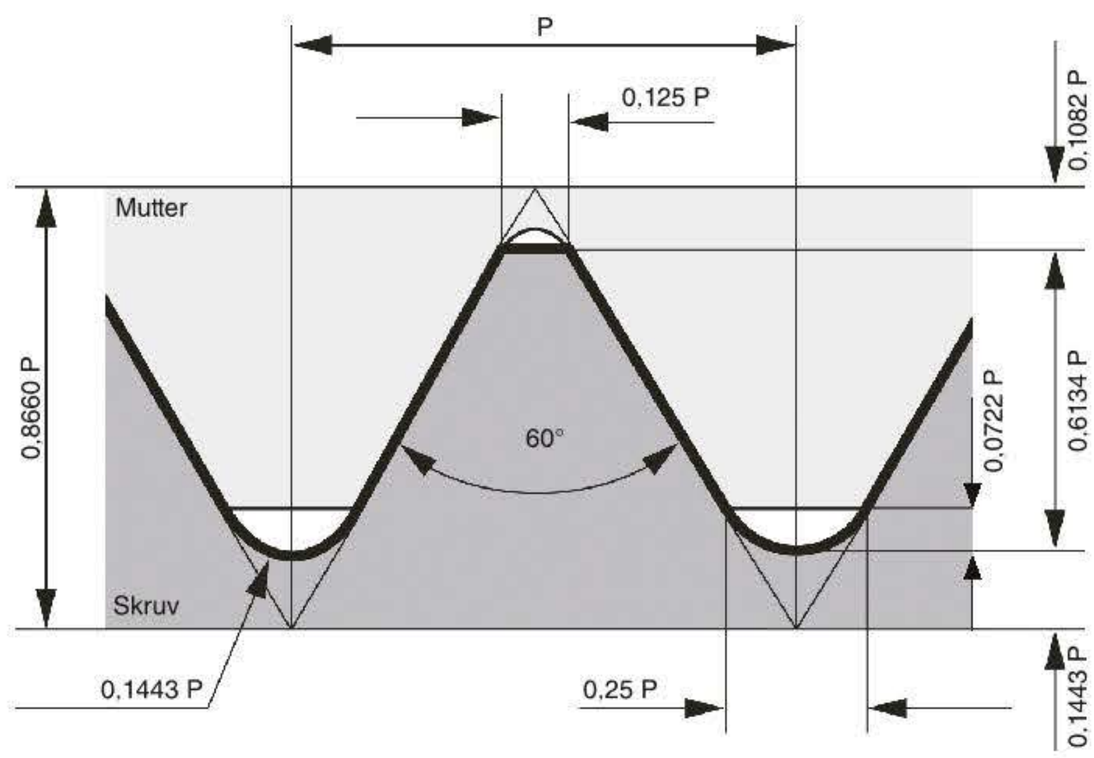
Den tredje metoden är en variant av den föregående och kallas ”växelvis eller stegvis flankinmatning” på grund av att den växlar inmatningsriktning. Fördelen med denna är att livslängden ökar hos vändskäret eftersom båda sidorna på vändskäret utnyttjas på bättre sätt. Den här metoden används huvudsakligen vid stora gängprofiler.





Inmatningsdjup

För att få en bra skärande funktion och inte för snabb förslitning på vändskäret bör man undvika alltför små inmatningsdjup. Lämpligt antal skär och inmatningsdjup för olika stigningar ges i Libers *Verkstadshandbok* eller andra tekniska guider för skärande bearbetning från exempelvis *Sandviken Coromant* och *Seco Tool*. I allmänhet bör inmatningsdjupet i sista passet inte vara mindre än 0.08 millimeter. Totalt inmatningsdjup kan relateras till stigningen för gängan. För ISO-profil vid **utvändiga gängor** gäller att den teoretiska profilhöjden är lika med 0,6134 x stigningen. Se figur. Värdet avrundas till 0.65 x stigningen för att praktiskt passa så att den ska kunna skruvas på muttern. För **invändiga gängor** är den teoretiska profilhöjden 0,54127 x stigningen. Detta värde avrundas till 0.60 av samma orsak som för den utvändiga gängan.



ISO-gängprofil

Vid en jämförelse mellan det framräknade värdet och rekommendationer från handböckerna kan små variationer förekomma i det totala gängdjupet. Vid oklarhet– välj alltid det minsta inmatningsdjupet och kontrollera gängan med tolk eller annan mätutrustning.

När man programmerar en gänga utan gängsvarvningscykel måste man ange varje skärdjup vid programmeringen. Som vägledning för att få fram lämpliga skärdjup och antal skär (passeringar) finns ofta rekommendationstabeller i skärdatahandböckerna för stigningar upp till 5 mm till ISO-gängprofil.

Det är även möjligt att räkna fram varje inmatning från en formel om man inte har tillgång till tabeller.

	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75
1	0.11	0.17	0.19	0.20	0.22	0.22
2	0.09	0.15	0.16	0.17	0.21	0.21
3	0.07	0.11	0.13	0.14	0.17	0.17
4	0.07	0.07	0.11	0.11	0.14	0.14
5	0.34	0.50	0.08	0.10	0.12	0.12
6			0.67	0.08	0.08	0.10
7				0.80	0.94	0.10
8						0.08
9						1.14
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

Rekommenderade inmatningsdjup och antal passeringar (skär).

$$\Delta_{apx} = \frac{a_p}{\sqrt{nap - 1}} \times \sqrt{j}$$

Formel för framräkning av gängdjup per pass.

Parameter	Betyder	Metrisk enhet
Δ_{apx}	Radiell inmatning	mm
×	Faktisk passering (i en serie från 1 till *antal passeringar)*	
a_p	Totalt gängdjup	mm
nap	Antal passeringar	
j	1:a passeringen = 0.3 2:a passeringen = 1 3:e passeringen = x - 1	

Beräkningar

$$\Delta_{apx}\,1 = \frac{0.94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{0.3} = 0.23$$

$$\Delta_{apx}\,2 = \frac{0.94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{1} = 0.42$$

$$\Delta_{apx}\,3 = \frac{0.94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{2} = 0.59$$

$$\Delta_{apx}\,4 = \frac{0.94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{3} = 0.73$$

$$\Delta_{apx}\,5 = \frac{0.94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{4} = 0.84$$

$$\Delta_{apx}\,6 = \frac{0.94}{\sqrt{5}} \times \sqrt{5} = 0.94$$

Resultat

1:a passeringen, inmatning = **0,23** mm

2:a passeringen, inmatning 0,42–0,23 = **0,19** mm

3:e passeringen, inmatning 0,59–0,42 = **0,17** mm

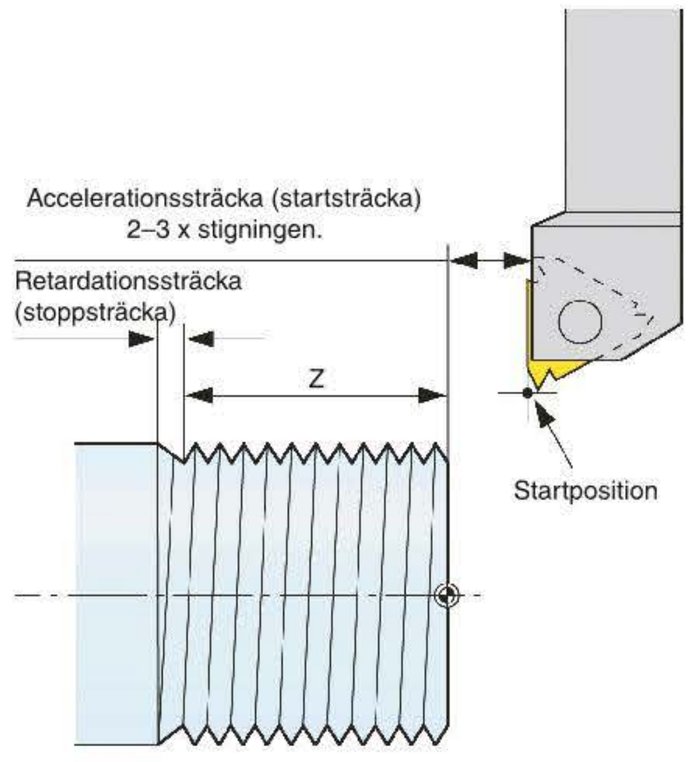
4:e passeringen, inmatning 0,73–0,59 = **0,14** mm

5:e passeringen, inmatning 0,84–0,73 = **0,11** mm

6:e passeringen, inmatning 0,94–0,84 = **0,10** mm

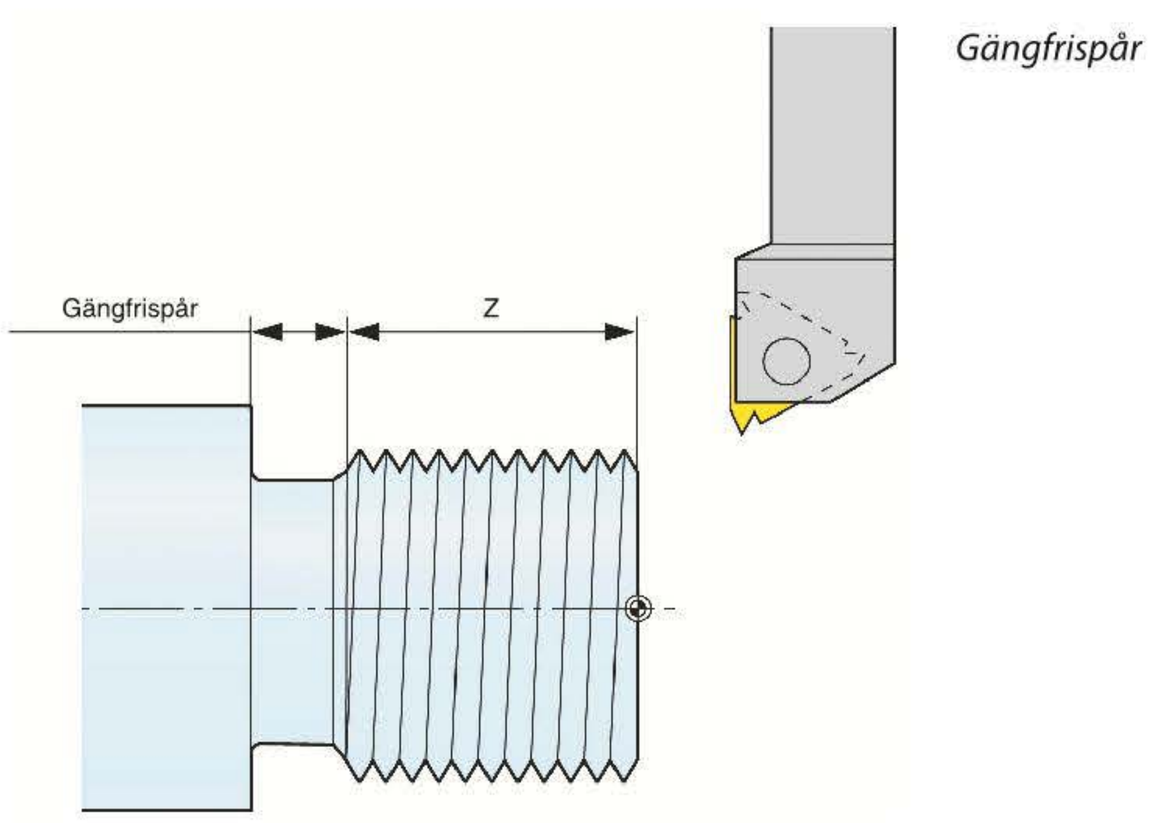
Start- respektive stoppsträcka

Vid gängning programmeras en start- och stoppsträcka för att maskinens rörelser ska hinna med att synkronisera verktygsrörelsen och spindelrotationen. Till en del maskiner finns det diagram i maskinmanualen som visar vilka startlängder som krävs. Som ett utgångsvärde kan man dock använda2 till 3 gånger stigningen för startsträckan, eller som den också benämns ”accelerationssträckan”. Stoppsträcka eller ”retardationssträcka” programmeras ibland med ett nollvärde. Men beroende på maskinens så kallade banhastighet (verktygslidernas maximala matningshastighet) måste man i dessa fall veta att den funktionella gänglängden inte helt stämmer överens med den programmerade. Beroende på vilket styrsystem och vilken programmeringsmetod som används kan utgångssträckan (stoppsträcka) se olika ut efter gängsvarvningen.



Start- och stoppsträcka.

Ofta görs ett så kallade ”gängfrispår” dit gängstålet körs innan utmatning. I det fallet har utmatningsmetoden inte någon betydelse eftersom gängan då får en korrekt profil. Finns det däremot inget gängfrispår kan det vara av stor betydelse, beroende på detaljens funktion, att utgången programmeras så att ingen brottanvisning uppstår mellan gängan och utmatningssträckan.



Skärhastighet vid gängning

Skärhastigheten vid gängning väljs generellt på samma grund som vid vanlig svarvning. Även här är det material och skärverktygets beskaffenhet och egenskaper som avgör. Skärhastigheten är normalt cirka 25 % lägre vid gängning än vid vanlig svarvning.

Gängning kompliceras ändå av att det spindelvarvtal som uppnås vid lämplig skärhastighet blir så högt att matningshastigheten överstiger maskinens kapacitet. Gängstigningen låser ju samman matningsrörelsen med spindelvarvtalet. Skärspetsens ömtålighet för exempelvis överhettning begränsar också varvtalet. Vid gängning måste man därför arbeta med lägre skärhastigheter än vad som är normalt vid vanlig svarvning. Faktorer som förutom maskinens kapacitet påverkar valet av skärhastighet är vändskärets form,

Spindelhastighet (varv/min)

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_m}$$

Ingående faktorer

V = skärhastighet m/min

D = diameter på skärstället

n = varvtal/min

π = 3,14

Formel för uträkning av spindelhastighet.

Skärdatablad från Corokey från Sandvik Coromant .

Skärdata GÄNGNING

Rekommenderade skärhastigheter

ISO	CMC Nr	Material	Brinell hårdhet HB	Sorter GC1125 Skärhastighet (V_c), m/min	GC1020
P		**Olegerat stål**			
	01.1	C = 0.1–0.25 %	125	225	185
	01.2	C = 0.25–0.55 %	150	190	155
	01.3	C = 0.55–0.80 %	170	180	145
		Låglegerat stål (legeringselement ≤5%)			
	02.1	Ej härdat	180	150	125
	02.12	Kullagerstål	210	140	115
	02.2	Seghärdat	275	115	95
	02.2	Seghärdat	350	95	75
		Höglegerat stål (legeringselement >5%)			
	03.11	Glödgat	200	130	110
	03.21	Härdat verktygsstål	325	115	80
		Stålgjutgods			
	06.1	Olegerat	180	210	180
	06.2	Låglegerat (legeringsämnen ≤5%)	200	135	110
	06.3	Höglegerat (legeringsämnen >5%)	225	120	90
	06.33	Manganstål, 12–14% Mn	250	40	35
M		**Stångmaterial/ smide Ferritiskt/Martensitiskt**			
	05.11	Ej härdat	200	160	130
	05.12	PH-härdat	330	110	90
	05.13	Härdat	330	105	85
		Stångmaterial/ smide Austenitiskt			
	05.21	Austenitiskt	180	140	100
	05.22	PH-härdat	330	100	80
	05.23	Superaustenitiskt	200	80	70
		Rostfritt stål – Stångmaterial/smitt Austenitiskt-ferritiskt (Duplex)			
	05.51	Ej svetsbart C ≥0,05%	230	100	80
	05.52	Svetsbart < 0,05 % C	260	90	70
		Rostfritt stål – Gjutet Ferritiskt/Martensitiskt			
	15.11	Ej härdat	200	120	90
	15.12	PH-härdat	330	90	70
	15.13	Härdat	330	70	55
		Rostfritt stål – Gjutet Austenitiskt			
	15.21	Austenitiskt	180	120	100
	15.22	PH-härdat	330	70	60
	15.23		200	60	50
		Rostfritt stål – Gjutet Austenitiskt-ferritiskt (Duplex)			
	15.51	Ej svetsbar ≥ 0,05%C	230	100	85
	15.52	Svetsbart < 0,05 % C	260	75	65
K		**Aducergods**			
	07.1	Ferritiskt (kortspånande)	130	160	135
	07.2	Perlitiskt (långspånande)	230	125	100
		Grått gjutjärn			
	08.1	Låg hållfasthet	180	160	130
	08.2	Hög draghållfasthet	220	140	120
		Segjärn, nodulärt gjutjärn			
	09.1	Ferritiskt	160	140	125
	09.2	Perlitiskt	250	110	90
	09.3	Martensitiskt	380	80	65
		Aluminiumlegeringar			

det vill säga gängprofilens form och storlek, inmatningsdjup samt inmatningsmetod. Gängsvarvning mot ansats vid höga skärhastigheter kan ge problem, eftersom styrsystemet alltför tidigt kommer att ge signal till maskinen att påbörja utdragningen av verktyget. Det innebär att hela gängan inte hinner skäras. Framför allt vid mindre diametrar kan detta ge problem. I dessa fall är bästa åtgärden att minska skärhastigheten till en nivå som fungerar gentemot övriga faktorer.

Mätning av gängor

Mätning av gängor är ofta mer komplicerat än mätning av hål och axlar. Utvändiga gängor kan kontrolleras med tolkar eller kalibermått, medan invändiga kontrolleras med tolkar.

Gängtolkning består av två tolkar, gåtolk och stopptolk. Gåtolken har en fullständig och korrekt profil och ska kunna gängas in/på gängan. Stopptolken får endast kunna gängas in/på gängan maximalt två gängvarv.

Gå- och stopptolk.

Halktolk.

Övriga mätmetoder är **visande mätdon,** se figur. Med dessa mäter man exempelvis medeldiametern hos gängan.

Optisk mätning är en mer tidsödande form av mätning och används därför mestadels vid serietillverkning för stickkontroller.

Gängning – Checklista

Maskintyp och uppspänning är ofta beroende av den utrustning som finns tillgänglig för gängprocessen. Men innan programmeringen startar bör man bestämma vilken metod och vilket verktyg som ska användas. Nedanstående checklista är från Seco Tools tekniska katalog för gängsvarvning.

Val av produktionsmetod. Bestäms av:

- Arbetsmaterial.
- Utvändig eller invändig gänga.
- Maskin.
- Höger eller vänsterverktyg.

Val av vändskär, fullprofil eller V-profil.

Val av hårdmetallsort.

Val av skärhållare.

Val av underläggsplatta.

Val av skärhastighet.

Antal pass och inmatningsdjup.

Val av inmatningsmetod.

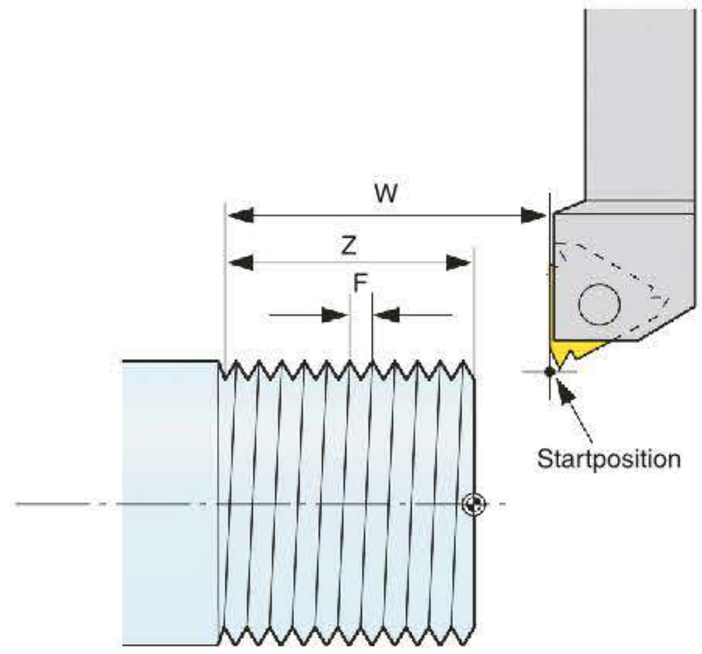
Programmering

Programmeringen för själva gängsvarvningen görs av maskinoperatören eller CNC-programmeraren. Genom erfarenhet eller med hjälp av handböcker bestämmer denne värdet på de parametrar som ingår i gängsvarvningsprogrammet. Gängsvarvningen kan göras med enkelblocksprogrammering, då varje skär och skärdjup programmeras med ett block åt gången. Tillsammans ger dessa block en färdig gänga. Alternativt programmeras en gängsvarvningscykel som utför hela gängförloppet i en sekvens. Fördelen med att programmera med enkelblocksmetoden är att det går att bestämma skärdjup och antal passeringar mycket exakt. Nackdelen är att programmeringen tar lång tid samt att vissa optimeringar är svåra att programmera. Programmering med en gängsvarvningscykel är enklare och framför allt kan man optimera gängprocessen på ett enkelt sätt. Till exempel kan man välja mellan olika inmatningsvinklar eller antal passeringar.

Gängsvarvning med enkelblock

Gängsvarvning med enkelblock programmeras med adress G33. Gängor kan bearbetas i såväl plan- (X) som längdaxeln (Z). Vanligast är dock gängning i längdaxeln.

Med enkelblocksmetoden programmeras framkörning till startposition. Därefter programmeras gängning och frånkörning samt ny positionering. Förutom själva gängförloppet programmeras all förflyttning med snabbgång (G0). Gängans X-position programmeras i blocket innan gängningen påbörjas. I samma blockrad som G33 anges gängans slutpunkt. Gängstigning programmeras med adress F (feed). Gängans slutpunkt kan även programmeras med inkrementala koordinater (W).



Gängning med enkelblock (G33).

Format för cylindrisk gänga:

N… G33 Z… (W…) F…

Förutom cylindriska gängor i längd- och planaxeln kan även koniska gängor svarvas.

Gängstigningen programmeras som vid cylindriska gängor. Koniciteten programmeras med adress R. Koniska gängor används exempelvis för rör och andra ställen där det behövs tätande förband.

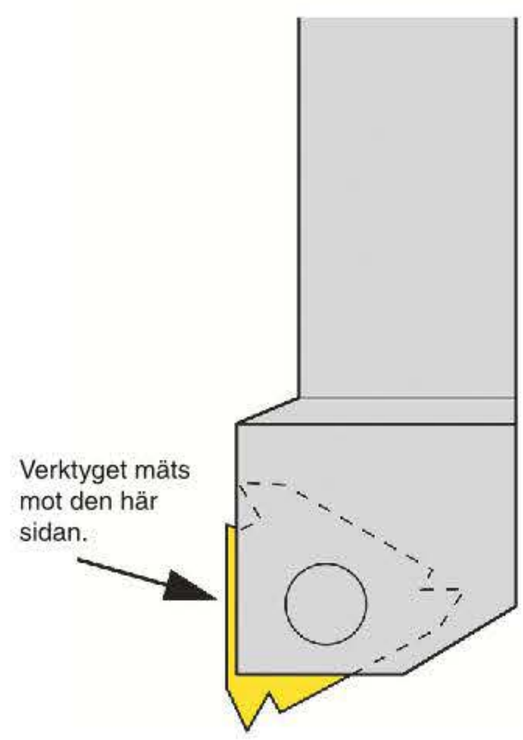
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0
1	0.11	0.17	0.19	0.20	0.22	0.22	0.25	0.27	0.28	0.34	0.34	0.37	0.41	0.43	0.46
2	0.09	0.15	0.16	0.17	0.21	0.21	0.24	0.24	0.26	0.31	0.32	0.34	0.39	0.40	0.43
3	0.07	0.11	0.13	0.14	0.17	0.17	0.18	0.20	0.21	0.25	0.25	0.28	0.32	0.32	0.35
4	0.07	0.07	0.11	0.11	0.14	0.14	0.16	0.17	0.18	0.21	0.22	0.24	0.27	0.27	0.30
5	0.34	0.50	0.08	0.10	0.12	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.19	0.22	0.24	0.24	0.27
6			0.67	0.08	0.08	0.10	0.12	0.13	0.14	0.17	0.17	0.20	0.22	0.22	0.24
7				0.80	0.94	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.20	0.22
8						0.08	0.08	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.19	0.19	0.21
9						1.14	1.28	0.11	0.12	0.14	0.14	0.16	0.18	0.18	0.20
10								0.08	0.11	0.12	0.13	0.15	0.17	0.17	0.19
11								1.58	0.10	0.11	0.12	0.14	0.16	0.16	0.18
12									0.08	0.08	0.12	0.13	0.15	0.15	0.16
13									1.89	2.20	0.11	0.12	0.12	0.13	0.15
14											0.08	0.10	0.10	0.13	0.14
15											2.50	2.80	3.12	0.12	0.12
16														0.10	0.10
														3.41	3.72

Rekommenderade inmatningsdjup och antal passeringar.

Som exempel för att visa programmering av gängningen används ritning nr. 13. Det är en metrisk fingänga M20x1.5, det vill säga 20 millimeters ytterdiameter och 1.5 millimeter stigning. Totalt inmatningsdjup enligt formeln 0.65 x stigningen är 0,975 millimeter. Detta ska fördelas på 6 pass enligt tabell i Sandviken Coromants skärdatakatalog med skärdjupen 0.26, 0.23, 0.17, 0.14, 0.12, och 0.06 millimeter.

Vid programmering av slutpositioner i Z-riktning måste hänsyn tas till hur verktyget har blivit uppmätt. Vanligen mäts det upp till sidan på skäret. Då måste halva flankvinkeln läggas till Z-måttet för att gängan ska skära rent ända ut i gängfrispåret.

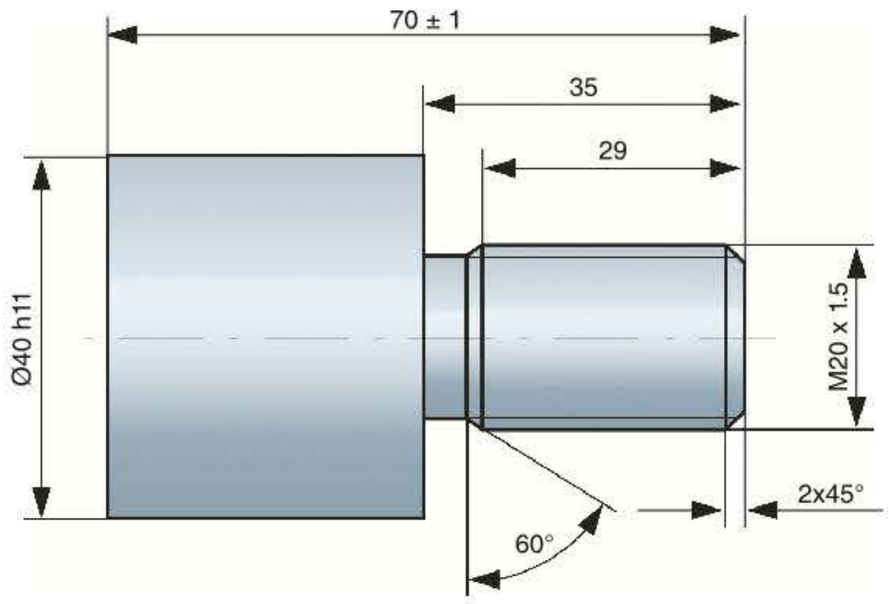
När gängskäret har mätts upp på detta sätt kan man ge en slutposition som bara är något mindre än måttet till ansatsen. I exempel 8 programmeras gänglängden till Z-33.



Gängstålet uppmätt mot vändskärets sida.

Fanuc – Utvändig gängsvarvning – Exempel 8

Ritning nr 13



N…

N… G00 X19.48 Z3

N… G33 Z-34 F1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X19.02

N… G33 Z-34 F1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X18.68

N… G33 Z-34 F1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X18.40

N… G33 Z-34 F1.5

N… G00 X24

N… X18.16

N… G33 Z-34 F1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X18.04

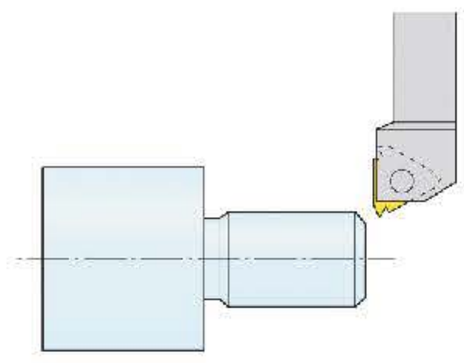
N… G33 Z-34 F1.5

N… G00 X24

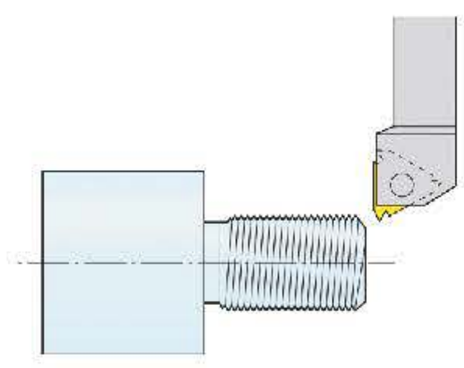
N… G28 U0 W0

N…

N… G00 X19.48 Z3
Positionering 1:a skäret
Skärdjup 0,26 mm

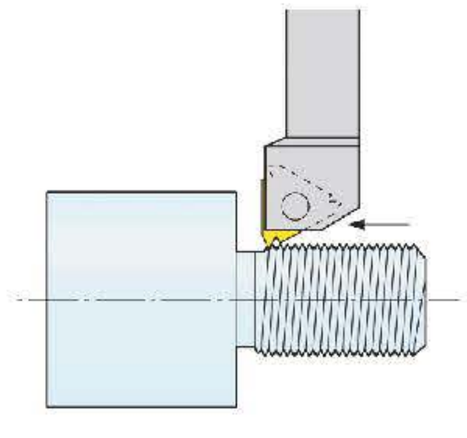


N… X19.02
Positionering 2:a skäret
Skärdjup 0,23 mm

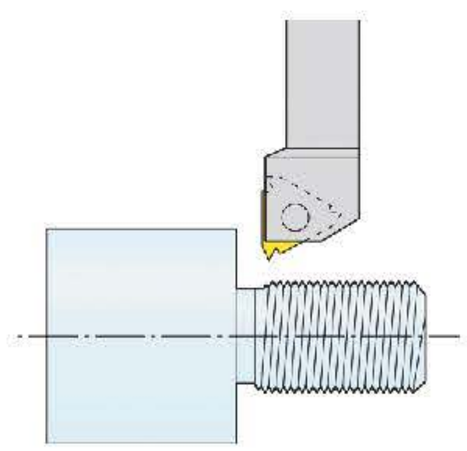


N… X18.68
Positionering 3:e skäret
Skärdjup 0,17 mm

N… G33 Z-34 F1.5
Gängning



N… X18.40
Positionering 4:e skäret
Skärdjup 0,14 mm

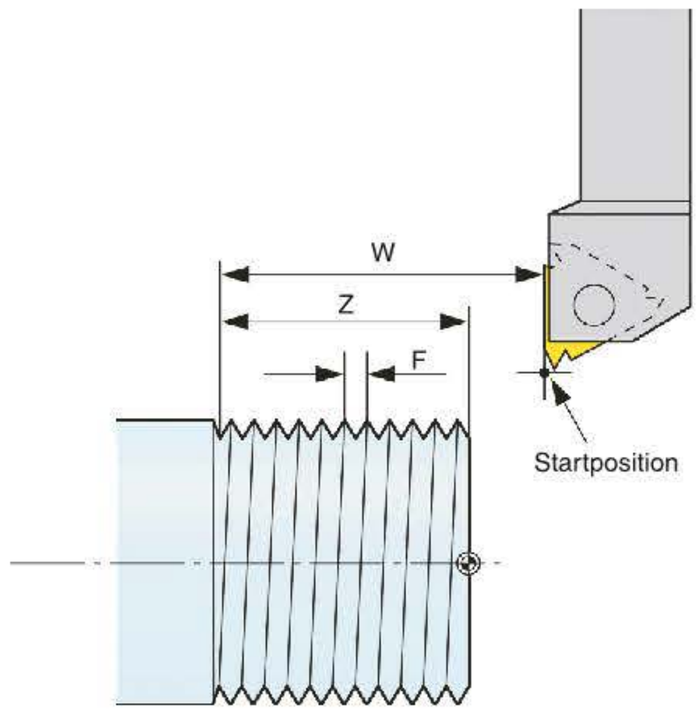


N… X18.16
Positionering 5:e skäret
Skärdjup 0,14 mm

N… X18.04
Positionering 6:e skäret
Skärdjup 0,06 mm

Förenklad gängcykel

Som synes blir det relativt långa program genom att programmera med enkelblock. I Fanuc finns en förenklad gängcykel som nästan kan jämföras med enkelblocksprogrammering, men som innehåller återgångsrörelsen. Detta gör att det blir betydligt färre block för programmeringen. Koden för denna förenklade gängcykel är G21 och övriga adresser är samma som vid G33-programmeringen. Samma exempel som tidigare programmeras på följande vis med gängcykel G21.



Inmatningsparametrar för gängcykel G21.

Format för gängsvarvningscykel G21

N … G21 X(U) … Z(W) … F…

N…

N… G28 U0 W0

N… T0303

N… G97 S……. M3

N… G00 X24 Z3

N… G21 X19.48 Z-34 F1.5

N… G21 X19.02 Z-34 F1.5

N… G21 X18.68 Z-34 F1.5

N… G21 X18.40 Z-34 F1.5

N… G21 X18.16 Z-34 F1.5

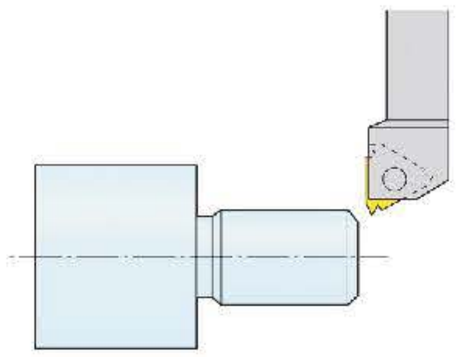
N… G21 X18.04 Z-34 F1.5

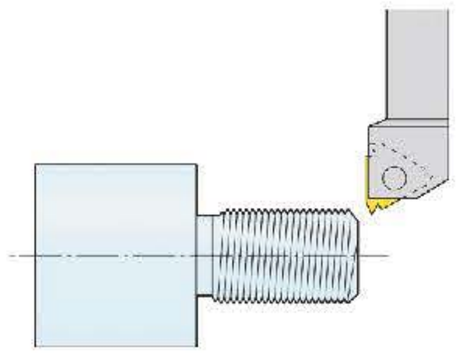
N… G28 U0 W0

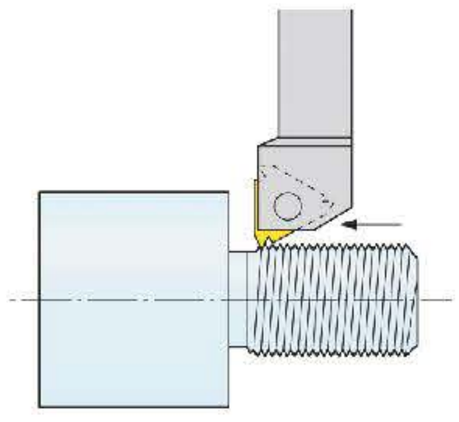
N…

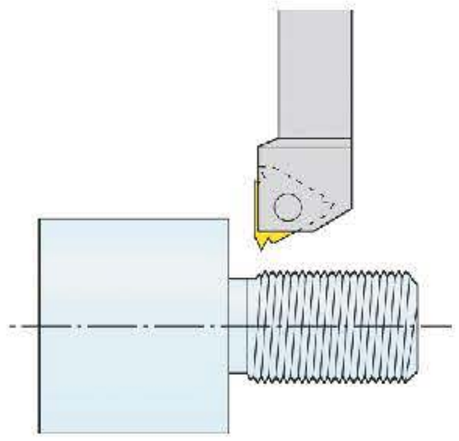
N… G00 X24 Z3
Positionering inför cykelanrop

Gängcykel









Gängsvarvningscykel

Med en gängsvarvningscykel programmeras hela gängsekvensen i ett respektive två block beroende på styrsystem. Som vanligt med cykler så kan det vara svårt att utföra bearbetningen på det mest optimala sättet. Gängningen utförs kanske med ett eller flera gängskär mer än nödvändigt eller med ett inmatningsdjup som inte överensstämmer med dina önskemål. Programmeringstiden är dock väsentligt kortare och skillnaden i tillverkningstid kan förändras genom trimning av programmeringen för cykeln. Det är därför mycket vanligt att gängsvarvning utförs med en gängsvarvningscykel även vid produktionen av en större serie detaljer. Det finns också andra stora fördelar med att använda en gängsvarvningscykel. Man kan till exempel bestämma inmatningsmetod, frånkörningsätt och finskär. En annan viktig faktor är att det är mycket lättare att korrigera gängförloppet i en cykel än med enkelblocksprogrammering.

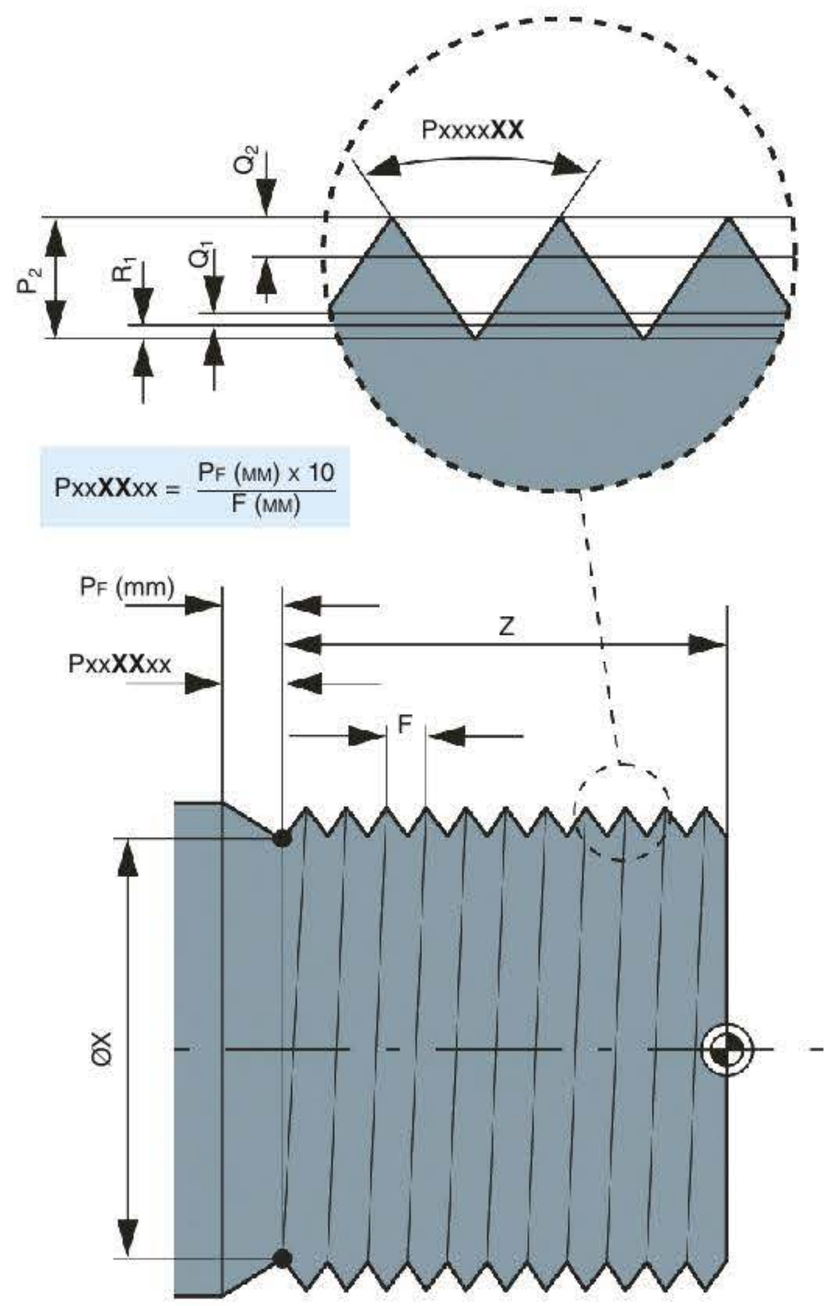
Gängsvarvningscykel G78 – Fanuc

I Fanuc heter gängsvarvningscykeln G78 (C-listan) alternativt G76 för de maskiner som använder sig av A- eller B-listan som programmeringsspråk. Innan cykeln programmeras måste en startposition för gängningen programmeras i X och Z. De värden som anges i startpositionen används av cykeln som återgångsposition vid skäruppdelningen. Cykeln programmeras på två blockrader med följande format för programmeringen:

Parameterbeskrivning G78 Fanuc:

N… G78 P_1… Q_1… R_1…

N… G78 X (U) … Z (W) … R_2 … P_2 … Q_2 … F…



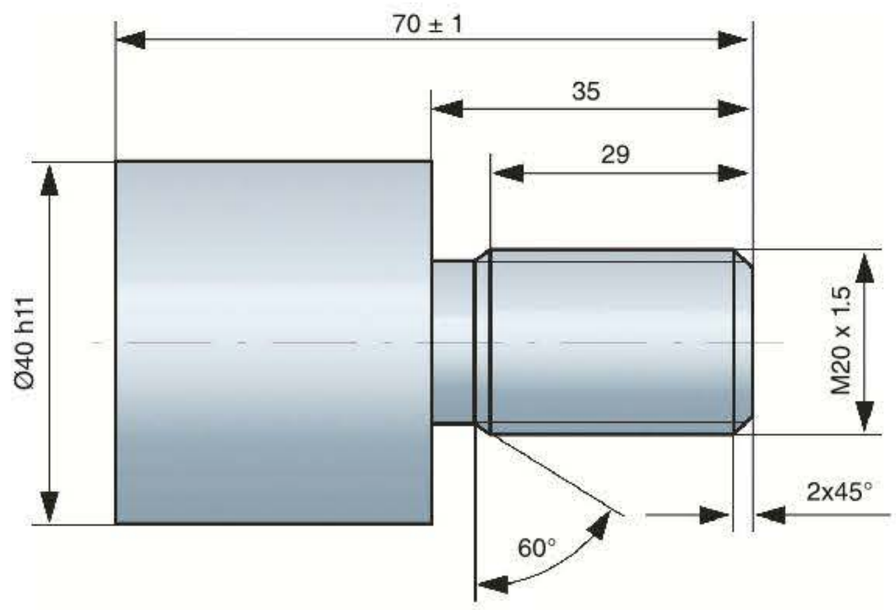
Inmatningsparametrar för gängsvarvningscykel G78

	Första blockradens parametrar
P_1	Parameter P_1 består av 6 siffror indelade i 3 grupper. Varje grupp programmeras med två siffror. De första två siffrorna (P**XX**xxxx) anger hur många finskär som ska köras efter grovbearbetningen. Inmatningsdjupet för varje finskär programmeras i parameter R_1. Siffra tre och fyra (Pxx**XX**xx) anger fasningsvärdet för frånkörningssträckan PF. Om det finns ett gängfrispår programmeras detta med noll (0) i annat fall räknas ett värde, se parameterbeskrivningen. Eventuella decimaler avrundas enligt matematiska regler. De sista två siffrorna (Pxxxx**XX**) anger flankvinkeln på gängan. De vinklar som kan knappas in är 0, 29, 30, 56, 60 och 80. Programmeringen av parametern kan exempelvis se ut på följande sätt: P020060.
Q_1	I parameter Q_1 programmeras minsta inmatningsdjup. Observera att inmatningsdjupet anges i μ, det vill säga i tusendels millimeter. Som exempel så programmeras inmatningsdjupet 0.06 mm med Q60.
R_1	Arbetsmån eller finskärmån, det vill säga det värde som används vid sista inmatningen av gängan. Det antal gånger som finskäret körs skrivs in i parameter P_1.
	Andra blockradens parametrar
X (U)	I adress X programmeras slutpositionen i X-led för gängan. För en utvändig gänga fås den genom minskning av totalt gängdjup (P_2) x 2 från gängans ytterdiameter. Siffran 2 används för att få fram diametermåttet eftersom gängdjupet (P_2) är ett radiellt mått. Det totala inmatningsdjupet fås fram genom att multiplicera stigningen med 0.65 alternativt 0.60 beroende på om det är en in- eller utvändig gänga som ska bearbetas. Exempel utvändig gänga M10: Stigning 1.5 mm Totalt inmatningsdjup = 1.5 x 0.65 = 0.975. X = 12 – (2 x 0.975) = 8.05 För en invändig gänga programmeras den nominella diametern vid X. Nominell diameter innebär det värde som anger gängans storlek, exempelvis 20 millimeters ytterdiameter för gänga M20.
Z (W)	I adress Z programmeras gängans slutpunkt i Z-riktning. Om ett fasvärde har programmerats i parameter P i första G78-blocket så minskas gänglängden för den korrekta gängprofilen med fasvärdets längd. Därför förflyttas verktyget aldrig längre än det programmerade Z-värdet.
R_2	Inkrementalt konvärde för gängan som programmeras med förtecken (+ eller -) och anges i millimeter. En konisk gänga som bearbetas in mot chucken programmeras exempelvis med ett negativt R-värde. **En cylindrisk gänga programmeras med R0.**
P_2	Gängdjup. Beräknas enligt formeln 0.65 alternativt 0.60 x gängstigningen för utvändig respektive invändig gänga. Observera att djupet anges i μ, det vill säga tusendels millimeter.
Q_2	Med parameter Q_2 i andra blockraden programmeras första skärdjupet/inmatningsdjupet för gängan. Eftersom det inte finns någon parameter för att välja antal skär/pass som gängan ska skäras med, så får man öka respektive minska parametrarna Q i första och andra blockraden för att få lämpligt antal gängpass. Antal pass syns vid simuleringen av gängningen. Även parameter Q_2 programmeras i μ, det vill säga tusendels millimeter.
F	Den sista parametern som behöver programmeras är F, som anger vilken gängstigning som ska programmeras. Parameter F anges i millimeter.

Fanuc – Utvändig gängsvarvning – Exempel 8

Programmeringen för gängan på ritning nr 13 programmeras i Fanuc på följande sätt, där inmatningsdjupen för första och sista inmatningen har hämtats från tabell i Sandviken Coromants Svarvguide, avsnitt gängning. Gängningen programmeras för ett högerverktyg som är placerat upp och ner och med skärriktning in mot chucken.

Ritning 13



Detaljen plan- och kontursvarvas innan gängcykel.

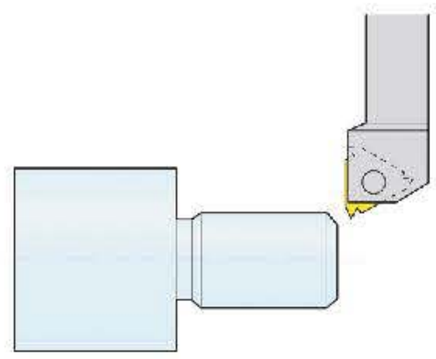
N … G28 U0 W0

N … T0303

N … G97 S… M3

N … G00 X24 Z3

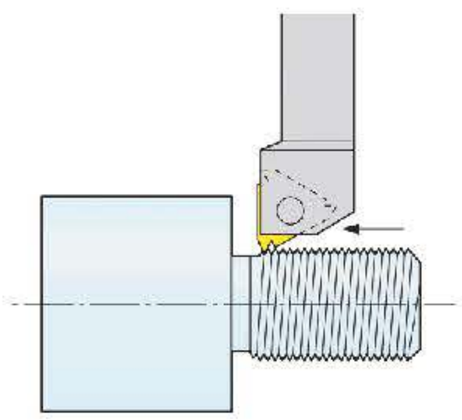
N … G00 X24 Z3
Positionering



N … G78 P010060 Q60 R0.06

N … G78 X18.05 Z-34 R0 P975 Q260 F1.5

Gängcykel



N … G28 U0 W0

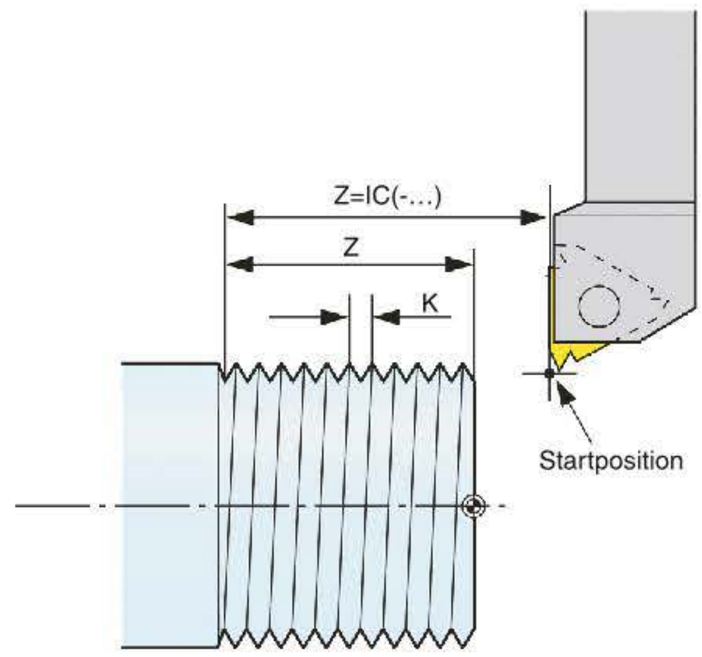
N … M30

ÖVNINGSUPPGIFT 6
GÄNGSVARVNING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 14. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Utvändig gängsvarvning

Gängsvarvning med enkelblock programmeras med adress G33. Gängor kan bearbetas i såväl plan- (X) som längdaxeln (Z). Vanligast är dock gängning i längdaxeln.



Med enkelblocksmetoden programmeras framkörning till startposition, gängning och frånkörning samt ny positionering. Förutom själva gängförloppet programmeras all förflyttning med snabbförflyttning (G0). I samma blockrad som G33 anges gängans slutpunkt och gängstigningen, som programmeras med adress K för gängning i längdriktningen (Z). Vid gängning i planaxeln (X) programmeras stigningen med adress I.

Format för cylindrisk gänga:

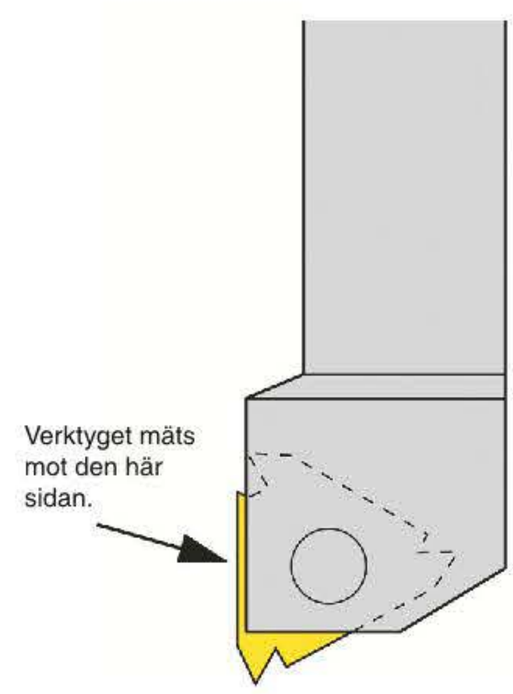
N … G33 Z … K …

Gängans slutpunkt kan även programmeras med inkrementala koordinater IZ=(…) alternativt IX=(….).

Förutom cylindriska gängor i längd- och planaxeln kan även koniska gängor svarvas.

Gängstigningen programmeras som vid cylindriska gängor. Koniciteten programmeras med adress I alternativt K, beroende på vilken konvinkel som ska programmeras. Koniska gängor används exempelvis för rör och andra ställen där det behövs tätande förband.

Som exempel för att visa programmering av gängningen används ritning nr. 13. Det är en metrisk fingänga M20x1.5, det vill säga 20 millimeters ytterdiameter och 1.5 millimeter stigning. Totalt inmatningsdjup enligt formeln 0.65 x stigningen är 0,975 millimeter. Detta ska fördelas på 6 pass enligt tabell i Sandviken Coromants skärdatakatalog med skärdjupen 0.26, 0.23, 0.17, 0.14, 0.12, och 0.06 millimeter.

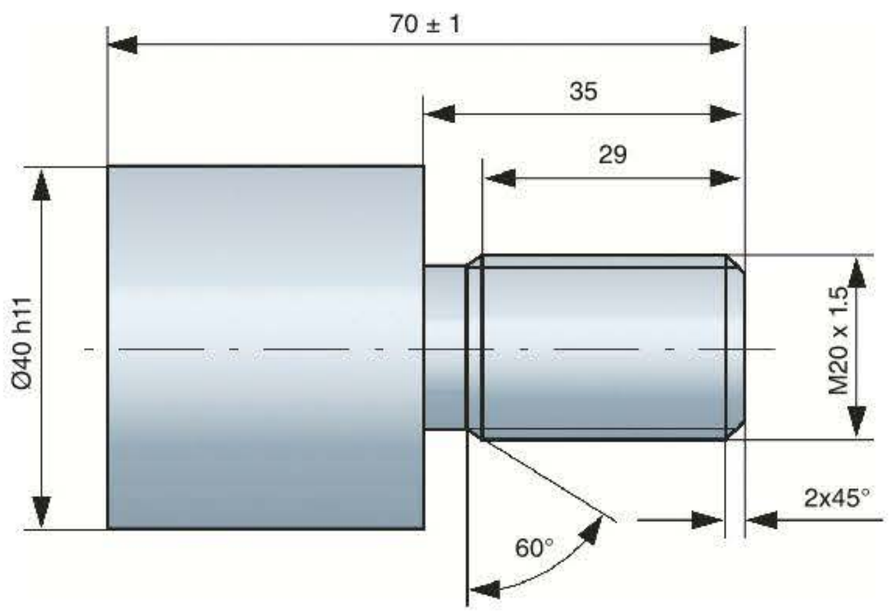


Gängstålet uppmätt mot vändskärets sida.

Vid programmering av slutpositioner i Z-riktning måste hänsyn tas till hur verktyget har blivit uppmätt. Vanligen mäts det upp till sidan på skäret, och då måste halva flankvinkeln läggas till Z-måttet för att gängan ska skära rent ända ut i gängfrispåret. När gängskäret har mätts upp på detta sätt kan man ge en slutposition som bara är något mindre än måttet till ansatsen.

I exempel 8 programmeras gänglängden till Z-33.

Ritning nr 13



N…

N… G00 X19.48 Z3

N… G33 Z-34 K1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X19.02

N… G33 Z-34 K1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X18.68

N… G33 Z-34 K1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X18.40

N… G33 Z-34 K1.5

N… G00 X24

N… X18.16

N… G33 Z-34 K1.5

N… G00 X24

N… Z3

N… X18.04

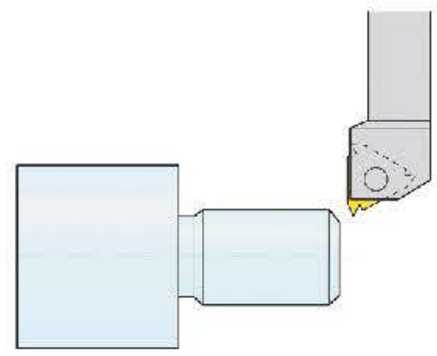
N… G33 Z-34 K1.5

N… G00 X24

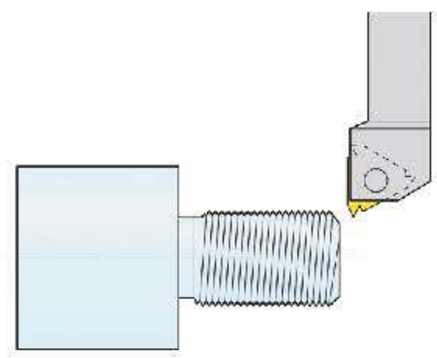
N… G53 X240 Z300 D0

N…

N… G00 X19.48 Z3
Positionering 1:a skäret
Skärdjup 0,26 mm

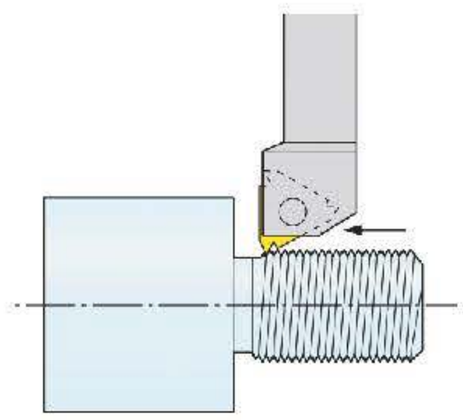


N… X19.02
Positionering 2:a skäret
Skärdjup 0,23 mm

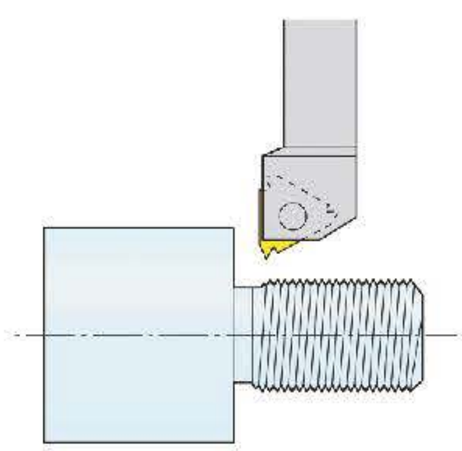


N… X18.68
Positionering 3:e skäret
Skärdjup 0,17 mm

N… G33 Z-34 F1.5
Gängning



N… X18.40
Positionering 4:e skäret
Skärdjup 0,14 mm



N… X18.16
Positionering 5:e skäret
Skärdjup 0,14 mm

N… X18.04
Positionering 6:e skäret
Skärdjup 0,06 mm

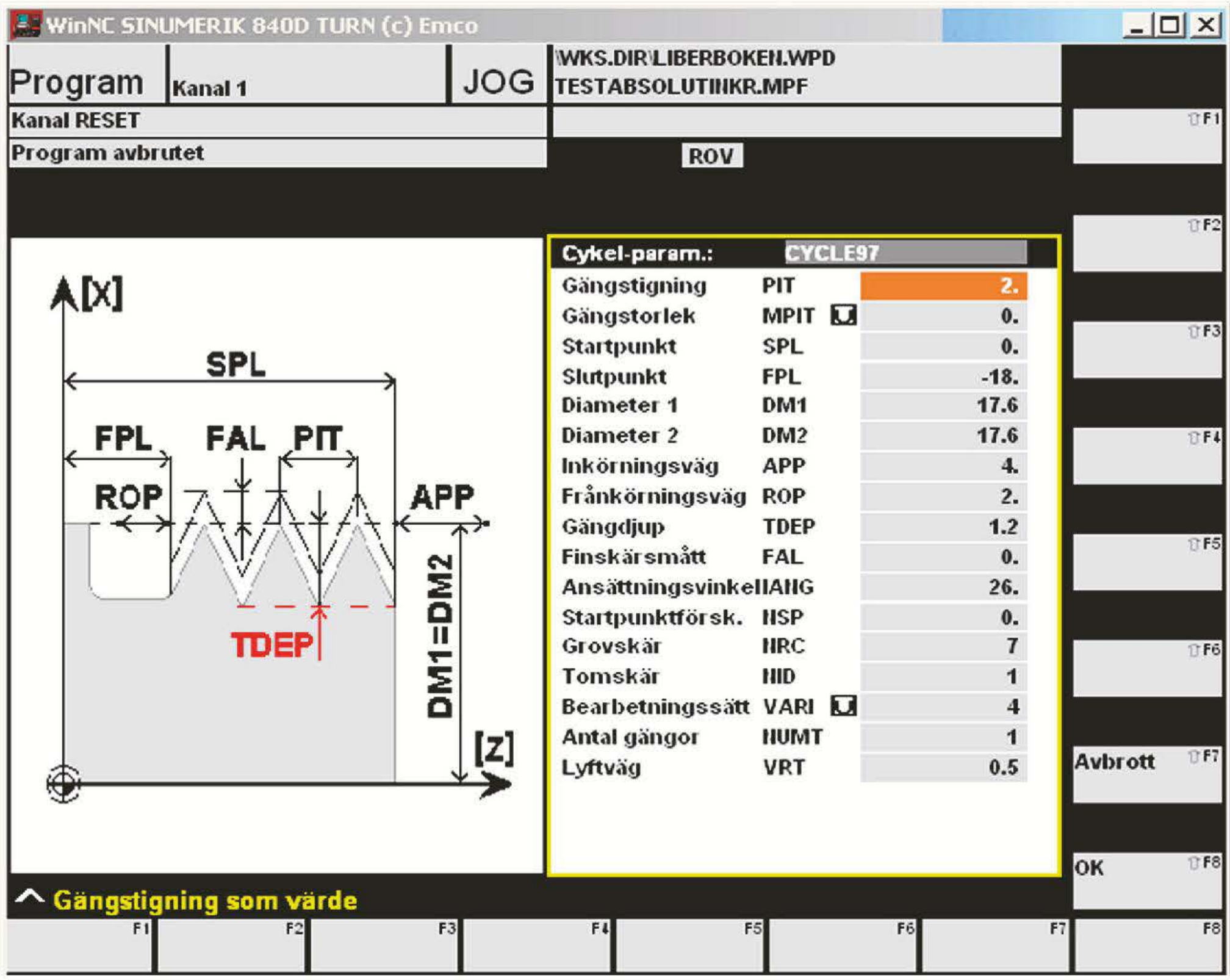
Siemens – Utvändig gängsvarvning – Exempel 8

Programmeringen av Fanuc och Siemens skiljer sig väsentligt från varandra. I Siemens görs programmeringen på ett interaktivt sätt, vilket innebär att man får upp en meny tillsammans med en bild och vid varje parameter som ska knappas in finns en kort text som anger parameterns betydelse. I Fanuc däremot ges ingen sådan hjälp utan man är hänvisad till programmeringsmanualen eller kunskap om cykelns parametrar. I de fall Fanucs styrsystem är kompletterat med Manual Guide finns det dock liknande interaktiv typ av programmering som i Siemens.

Gängsvarvningscykel, CYCLE97 – Siemens

I Siemens heter gängsvarvningscykeln CYCLE97. Cykeln hittar själv sin startposition från verktygsväxlingspunkten vid en utvändig gängning som visas i exempel 8. Men i vissa situationer, exempelvis vid simulering, kan det vara en fördel om man har programmerat en startpunkt i X och Z innan anropet av gängsvarvningscykeln.

Cykeln programmeras på ett interaktivt sätt med understöd av text och figur, som visar de olika parametrarnas betydelser, se figur. Varje parameter har en förkortning från den engelska betydelsen exempelvis ”Diameter 1” (DM1), ”Pitch” (PI) och ”Thread depth” (TDEP). De skrivs in och ändras med hjälp av en understödsfunktion, därför behöver man inte lära dig ordningsföljden på parametrarna. Däremot måste man veta vad de betyder och kunna programmera in riktiga värden på dem.



Gängsvarvningscykel CYCLE97.

Parameterbeskrivning för CYCLE98 – Siemens

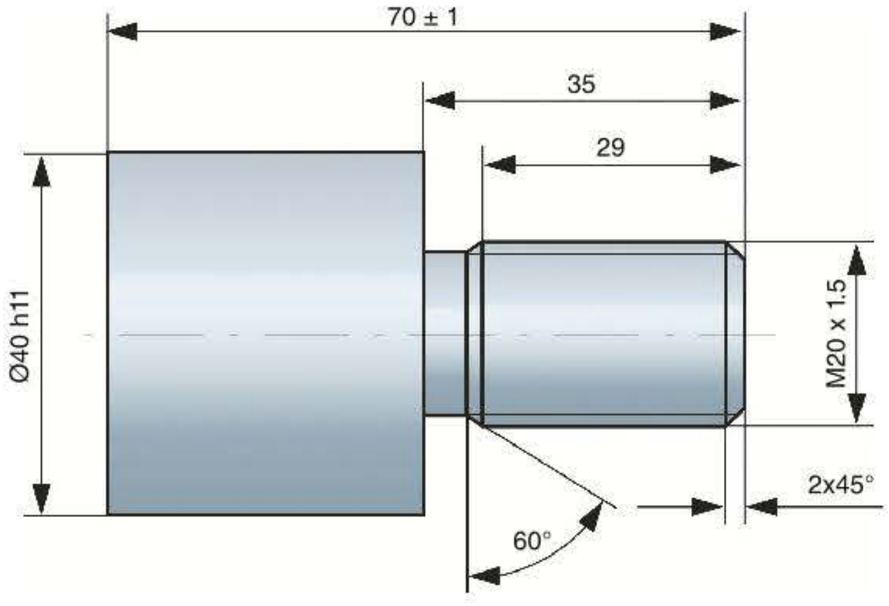
N…CYCLE97(PIT,MPIT,SPL,FPL,DM1,DM2,APP,ROP,TDEP,FAL,IANG,NSP,NRC,NID,VARI,NUMT,VRT)

PIT	Gängstigning
MPIT	Gängans nominella värde, exempelvis M12. Kan användas för ISO-grovgängor mellan M3 och M60.
SPL	Gängans startpunkt i längdaxeln (Z).
FPL	Gängans slutpunkt i längdaxeln (Z).
DM1	Gängans diameter vid startpunkten.
DM2	Gängans diameter vid slutpunkten. Om det är en cylindrisk gänga är värdet samma som parameter DM1.
APP	Inkörningssträcka eller accelerationsträcka. Lämpligt värde är 2-3 x stigningen.
ROP	Inbromsningssträcka. Observera att värdet på parametern läggs till gängans slutpunkt.
TDEP	Gängdjup. Beräknas enligt formeln 0.65 alternativt 0.60 x gängstigningen för utvändig respektive invändig gänga.
FAL	Finskärsmått för gängan. Hämtas från handböcker men brukar normalt ligga mellan 0.05 och 0.08 mm.
IANG	Val av inmatningsvinkel/metod. Radiell inmatning programmeras med 0, flankinmatning med 30, modifierad inmatning med 25-27 och växelvis inmatning med ett negativt förtecken för gradtalet, exempelvis -26.
NSP	Bestämmer i vilket gradtal som gängingången ska göras. Behöver i regel inte ändras från 0.
NRC	Antal grovskär som gängan ska skäras med. Lämpligt antal kan man se i skärdatahandböcker.
NID	Parametern anger hur många gånger verktyget kör med samma djupinställning för att rensa gängan. Värdet är beroende på vilket material som bearbetas.
VARI	Bestämmer med vilken metod gängsvarvning ska utföras. Det finns 4 varianter, utvändig bearbetning, konstant inmatning invändig bearbetning, konstant inmatning utvändig bearbetning, konstant spånarea invändig bearbetning, konstant spånarea. Vanligen programmeras parametern med värde 3 eller 4 beroende på typ av gängning annars får man ofta problem med bearbetningen, på grund av exempelvis vibrationer.
NUMT	Antal gängingångar. Parametern används endast om man ska svarva en gänga med fler ingångar.
VRT	Frånkörningsvärde efter gängskärningen. Om inget värde programmeras (0) så hämtar cykeln ett förprogrammerat värde (1 mm).

Siemens – Utvändig gängsvarvning – Exempel 8

Programmeringen för gängan på ritning nr. 13 programmeras i Siemens på följande sätt; skärvillkoren har hämtats från tabell i Sandviken Coromants Svarvguide, avsnitt gängning. Gängningen programmeras för ett högerverktyg placerat upp och ner i verktygshållaren, och med skärriktning in mot chucken.

Ritning 13



Detaljen plan- och kontursvarvas innan gängcykeln.

N …

N … G53 X240 Z300 D0

N … T3 D1

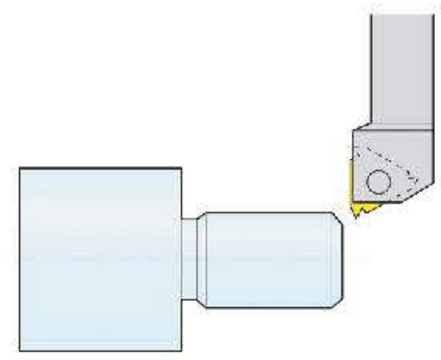
N … G95 S… M3

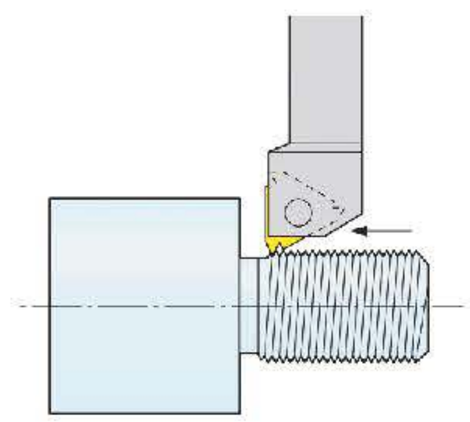
N … G0 X24 Z3

N … CYCLE97(1.5,0,0,-33,20,20,3,1,0.975,0.06,26,0,5,1,3,0,0)

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … M30





ÖVNINGSUPPGIFT 6
GÄNGSVARVNING

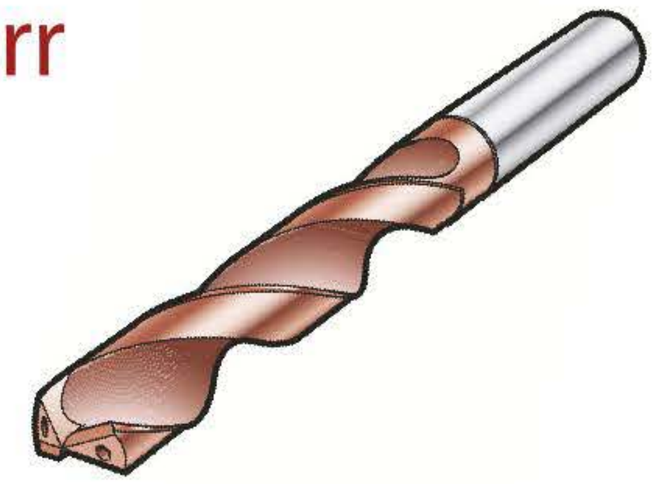
Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 14. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Borrning

I många detaljer är det hål som ska bearbetas. Det kan vara hål som färdigbearbetas med ett borrverktyg eller hål som borras för att sedan bearbetas ytterligare till slutligt form och mått. Beroende på faktorer som borrlängd, material i verktyg och svarvämne samt toleranser kan man välja olika typer av borrverktyg.

Vilket borrverktyg som slutligen väljs bestäms erfarenhetsmässigt eller med hjälp av verktygstillverkarnas kataloger, där det finns anvisningar och sammanställningar över verktygens användningsområden. De vanligaste borrverktygen som används i en CNC-svarv är dock spiralborrar, och vändskärsborrar i olika modeller.

Spiralborr



Spiralborrarna tillverkas dels i snabbstål med eller utan legeringar, dels i solid hårdmetall, det vill säga hela borret är tillverkat i hårdmetall. Vissa borrar definieras som standardborrar. Dessa klarar av att borra i många olika material. Andra borrar tillverkas med speciella geometrier anpassade för exempelvis aluminium, rostfritt eller titan.

För att förbättra borrfunktionerna beläggs snabbstålsborrarna med olika beläggningar, som titannitrid och titanaluminiumnitrid.

De solida hårdmetallborrarna tillverkas i diametrar upp till 20 millimeter. Fördelen med dessa framför vanliga spiralborrar som är tillverkade i snabbstål, är att man kan uppnå mycket fin ytjämnhet och snäva toleranser. Med solida hårdmetallborrar kan man vid gynnsamma förutsättningar

Titannitrid (TiN)

Titannitrid är en guldfärgad beläggning. Hög hårdhet kombinerad med egenskaper som låg friktion garanterar avsevärt längre livslängder eller bättre skärprestanda hos verktyg som har blivit belagda. TiN-beläggningen används i huvudsak för borr och gängtappar.

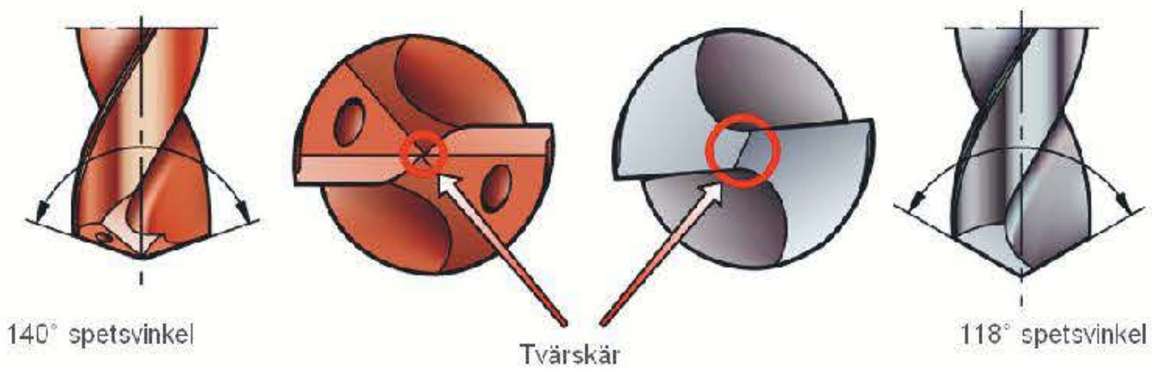
Titanaluminiumnitrid (TiAlN)

Titanaluminiumnitrid är en flerskiktsbeläggning som har hög seghet och oxidationstemperatur. Dessa egenskaper gör den idealisk för höga skärhastigheter och matningar. Samtidigt förbättras livslängden.

TiAlN är lämplig för borrning och gängning. Den är också lämpad för torrbearbetning.

borra och få en ytjämnhet på Ra 0.5–2 µm och med tolerans H7/H8, medan man med ”vanliga” standardborrar i snabbstål kan uppnå H12-passning på hålen. Att man kan uppnå så liten tolerans som H7/H8 med solida hårdmetallborrar beror på hårdmetallens styvhet och skärspetsens geometri.

En viktig detalj vid användning av solida hårdmetallborrar är att inte centrumborra innan borrningen på grund av skärspetsens utformning. Skärspetsen är redan utformad för mycket noggrann hålpositionering. Risken för slitage på skärspetsens hörn är också stor på grund av borrarnas olika skärvinklar.

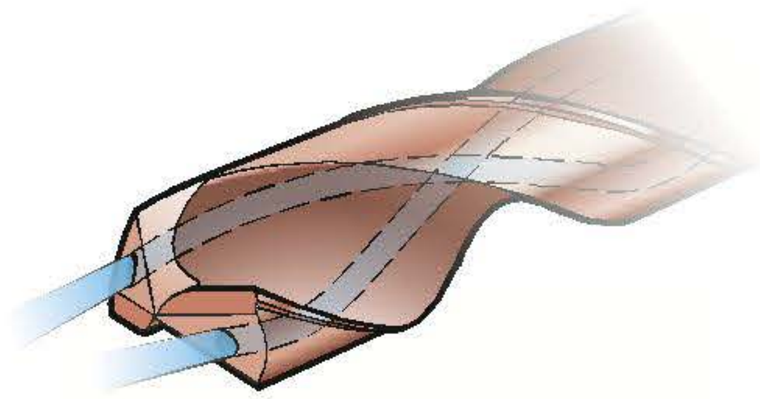


Skärvätska och spånform

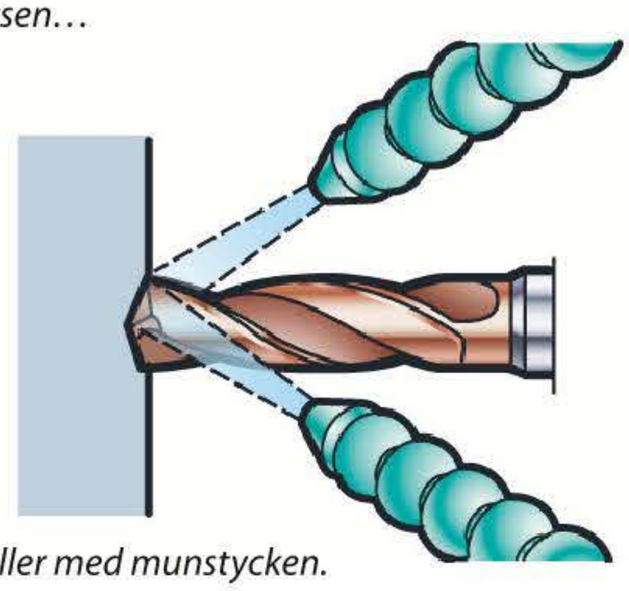
När det gäller all borrning så är det mycket viktigt att använda skärvätska vid bearbetningen. Både för kylning av arbetsstycke och verktyg, men framför allt för att transportera bort spånorna ur hålet för att undvika spånstockning.

Här har spånformen mycket stor betydelse. Små ”kommaformade” spånor är lättast att transportera ur hålet. Dessa är också enklast att ta hand om efter bearbetningen.

Borrlängden som man kan borra med spiralborren varierar 2 till 10 gånger borrdiametern beroende på typ av borrverktyg.

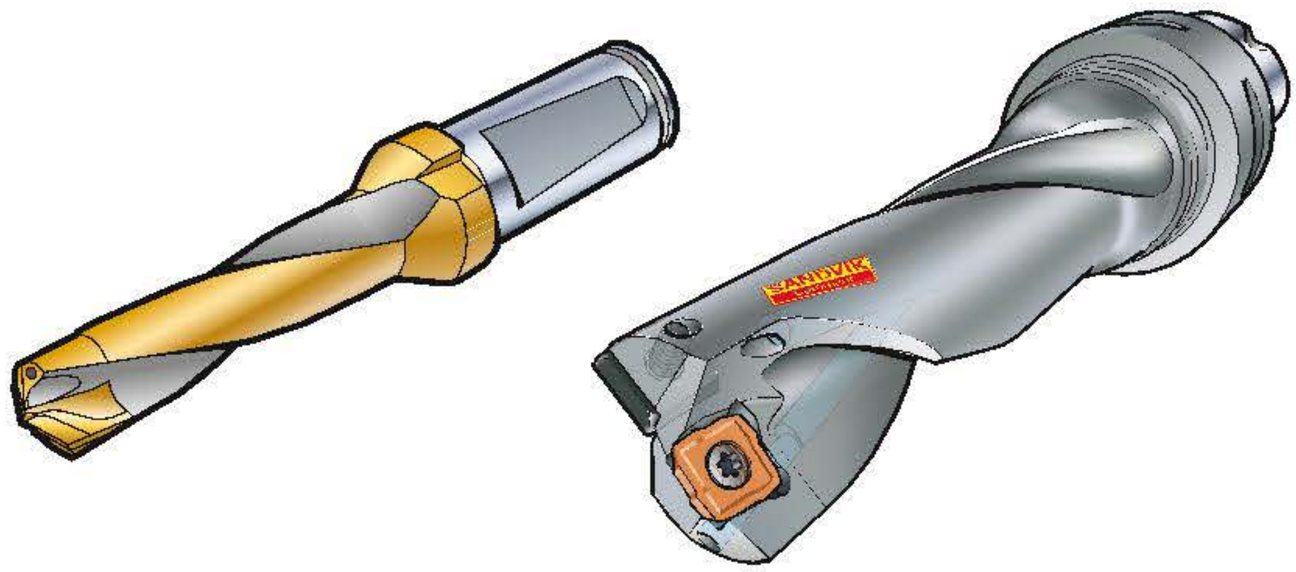


Skärvätska kan tillföras genom borrspetsen…

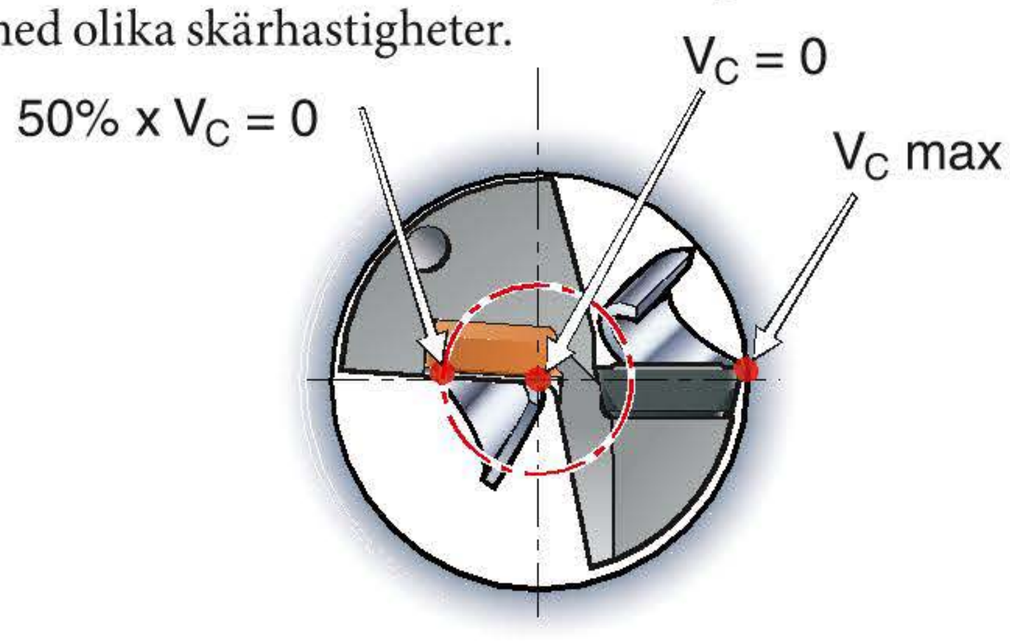


… eller med munstycken.

Vändskärsborr



Vändskärsborrar, eller som de också ofta kallas ”korthålsborrar”, har ett centrumskär och ett perferiskär som arbetar med olika skärhastigheter.

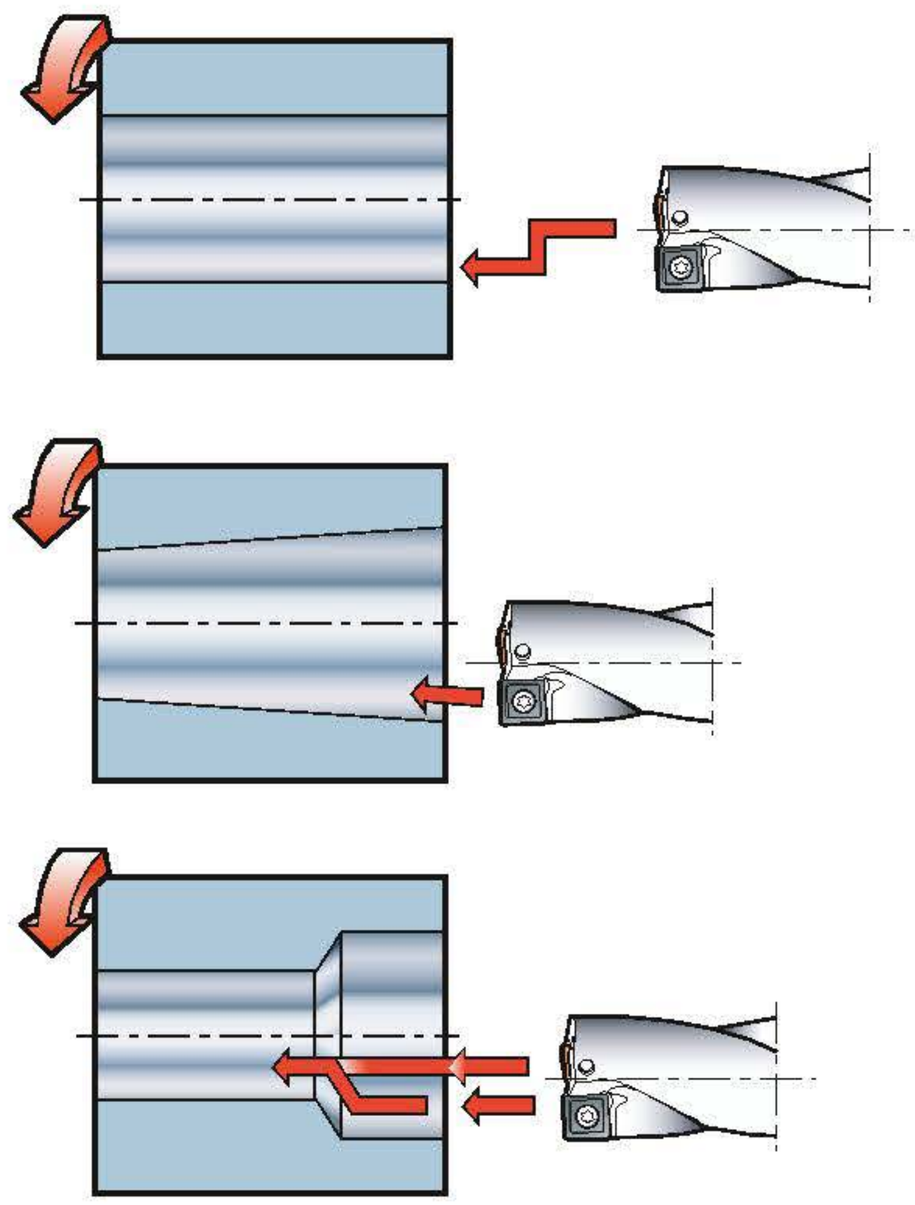


Vändskärsborrar arbetar med olika skärhastigheter

Borrarna finns för dimensioner från 12 upp till 64 millimeter i diameter. De nämnda dimensionerna kan variera något beroende på borrtillverkare.

De här borrarna används ofta som ett förstahandsval vid diametrar över 12 millimeter, eftersom de har en lägre kostnad per hål och inte är så känsliga för vibrationer eller andra instabila förhållanden. Borrlängden varierar beroende på verktygstyp 2 till 5 gånger borrdiametern. Med dessa borrar kan man även göra radiella justeringar från centrumläget. Då kan man öka den maximala borrdiametern från det nominella måttet med upp till 4 millimeter beroende på borrtyp.

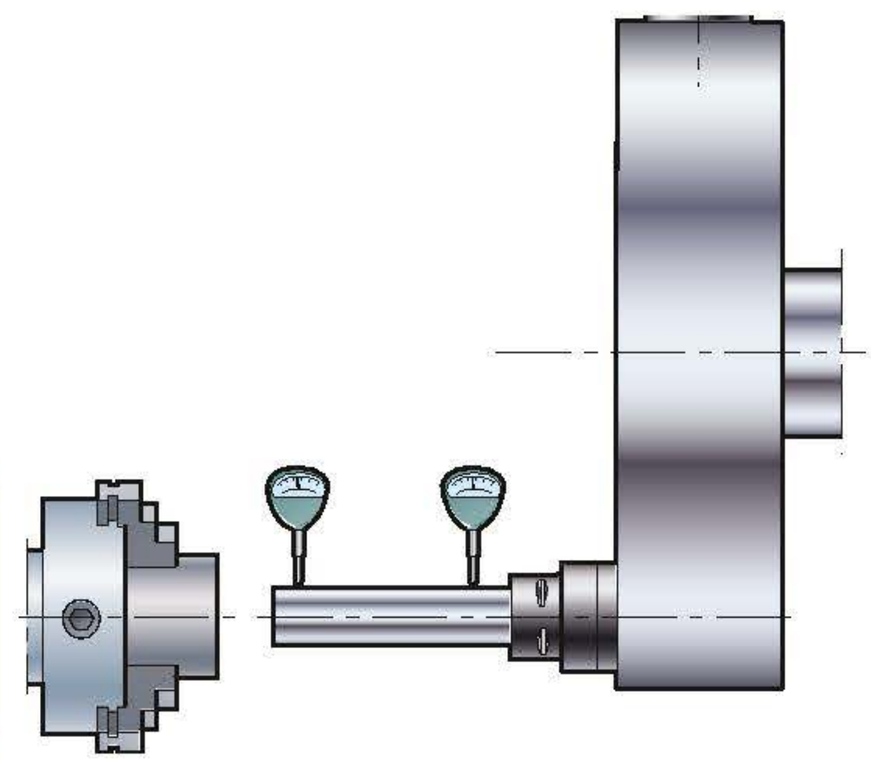
Med vändskärsborrar kan man borra ett hål med H12-passning och med en ytjämnhet av ett Ra-värde mellan 0.5-5.0µm.



Några möjligheter med vändskärsborr

Tips!

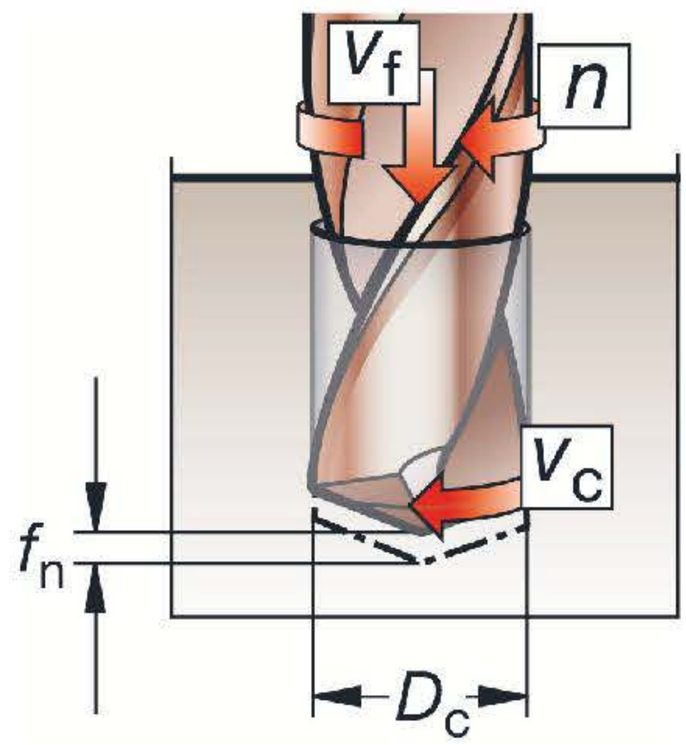
För ett bra hålresultat måste borrets uppsättning i verktygsrevolvern kontrolleras.



Skärdata

Vid borrning beräknas vanligen matningen $\mathbf{f_n}$ i millimeter per varv och varvtalet programmeras i varv per minut. I skärdatahandböckerna ges alltid skärdatarekommendationerna i meter per minut, men räknas om av programmeraren till varv per minut.

Med matningen kontrolleras spånformen så att man får en spåna som kan tas om hand, och inte orsakar några problem inne i bearbetningsrummet. Högre spindelhastighet ger bättre spånbildning i mjuka långspånande material. Men det ger även högre temperaturer på skären vilket ökar förslitningen. Vid mycket höga krav på ytjämnhet i normalt stål bör man därför välja låg matning i kombination med hög skärhastighet.



- n = *spindelvarvtal (varv/min)*
- V_c = *skärhastighet (m/min)*
- f_n = *matning per varv (mm/varv)*
- V_f = *borrsjunkningshastighet (mm/min)*
- D_c = *borrdiameter*

$$V_c = \frac{\pi \times D_c \times n}{1000}$$

$$V_f = f_n \times n$$

Programmering

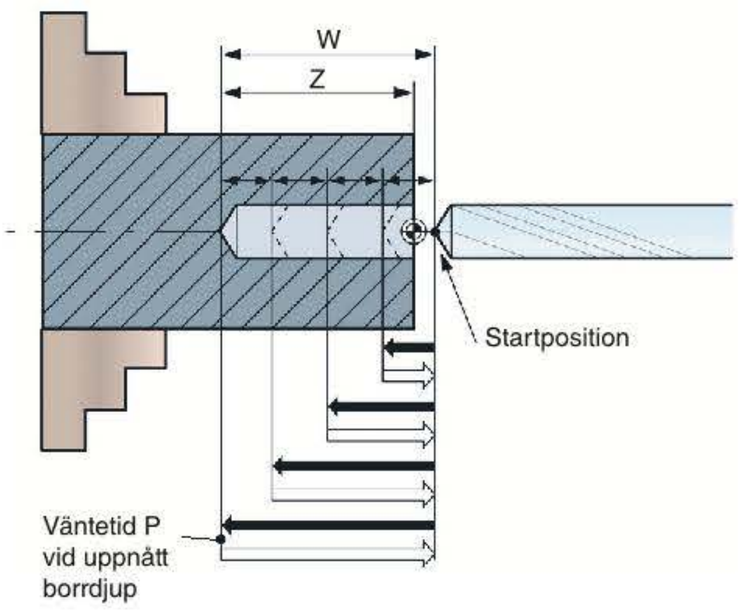
Programmering av borrningen kan göras på olika sätt beroende på vilken typ av borr som används och, hur skärvätskan har möjlighet att komma åt att spola bort spånorna.

I vändskärsborrarna och de solida hårdmetallborrarna finns kanaler så att skärvätskan med stor kraft kan spola undan spånorna. I dessa fall matar den på med en linjär rörelse in i materialet. Denna rörelse görs utan att lyfta ut borret ur hålet för att tömma spånkanalerna från spånor. Inte heller stoppas matningsrörelsen för att bryta av spånor.

När borrningen programmeras för andra typer av borrar eller med hjälp av borrcykler, används främst spånbrytning och urspåning för att underlätta bortforsling av spånorna ur hålet.

Urspåning

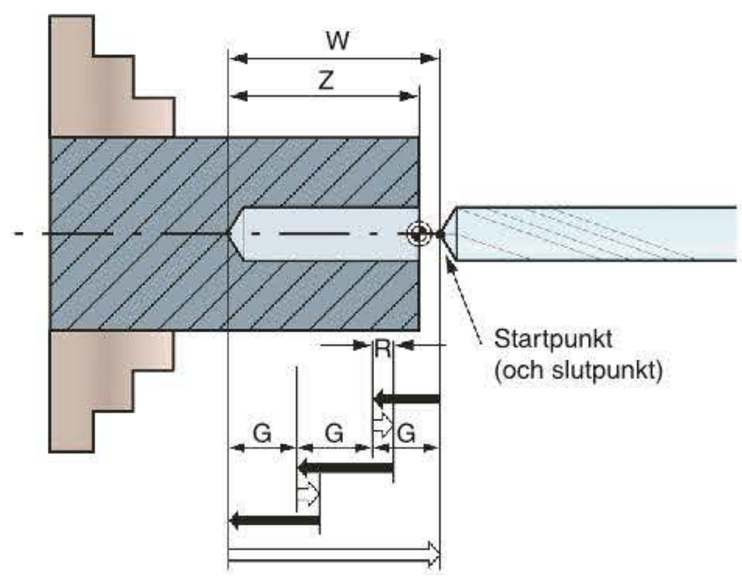
Vid användning av snabbstålsborrar och borrar med utvändig spolning av skärvätskan måste man göra urspåningar av verktyget, det vill säga gå ut ur hålet så att spånorna följer med tillbaka eller spolas bort av borret. Därefter går man snabbt tillbaka till borrpositionen för ytterligare borrning. Vid den här typen av bearbetning används ofta en borrcykel där hela borrprocessen upprepas i flera steg med nya inmatningar.



Urspåningscykel

Spånbrytning

En variant av urspåning är en borrcykel som endast bryter av spånan,vilket innebär att, verktygsrörelsen in i materialet stannar upp, backar tillbaka någon millimeter för att sedan påbörja inmatningen igen. Den här typen av borrcykel används framför allt vid sega material som ger spånor som är svåra att bryta av i lätthanterliga spånor.



Spånbrytningscykel

Förberedelse innan bearbetning

Verktyget måste sättas upp på önskad plats i verktygsrevolvern och mätas upp innan borrningen påbörjas. Inmätningen behöver endast göras i Z-riktning eftersom verktyget placeras i en känd position i X-riktning. Positionen kan variera, beroende på typ av verktygsrevolver och verktygshållare.

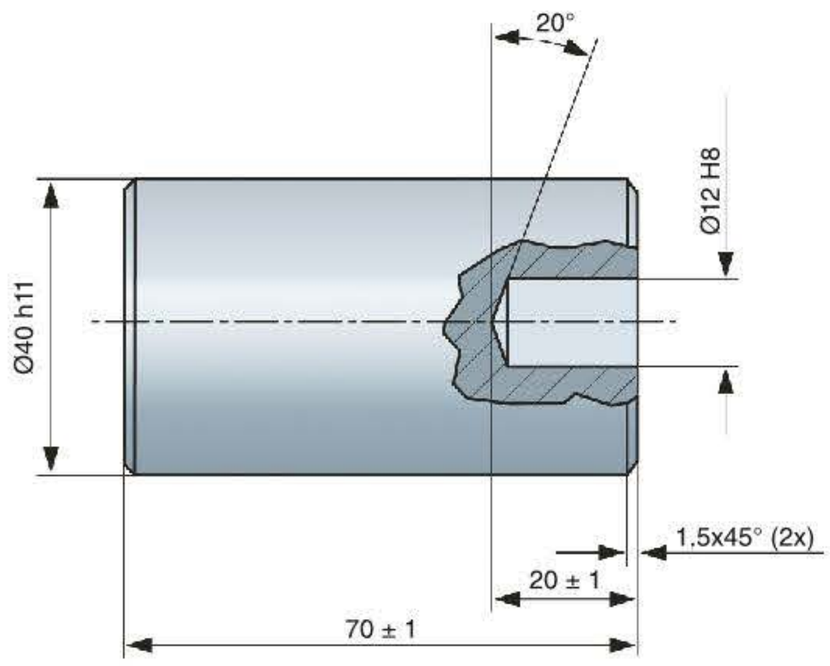
Vid den typ av verktygsrevolver som visas på bilden i programmeringsexemplen är infästningen för verktygen placerade på två hålcirklar med 30 millimeters radieskillnad. Verktygens nollpunkt i X-led är placerad i den yttre hålcirkeln. Placeras verktyget i den yttre hålcirkeln anges därför noll (0) i verktygsregistret. Om verktyget placeras i den inre hålcirkeln skrivs -30 in för Siemens 810/840D styrsystem och -60 för Fanuc styrsystem beroende på att Fanuc använder diameterinskrivning av verktygsvärdet i X.

*I **Fanucs styrsystem** ser verktygsregistret likadant ut för svarvverktyg som för borr- och gängverktyg. Observera att längderna skrivs in i GEOM (Geometry) medan eventuella förslitningsvärden för verktygen skrivs in i WEAR-registret.*

Fanuc Verktygsregister

Fanuc – Borrning – Exempel 9

Ritning nr 15



N5 G28 U0 W0

N10 G92 S3500

N15 T0202

N20 G96 … F... M...

N25 G0 X44 Z0

N30 G1 X-1

N35 G0 X33 Z2

N40 G1 X42 Z-2.5

N45 G28 U0 W0

N50 T0505

N55 G95 G97 S… F… M3 M8

N60 G0 X0 Z2

N65 G1 Z-20

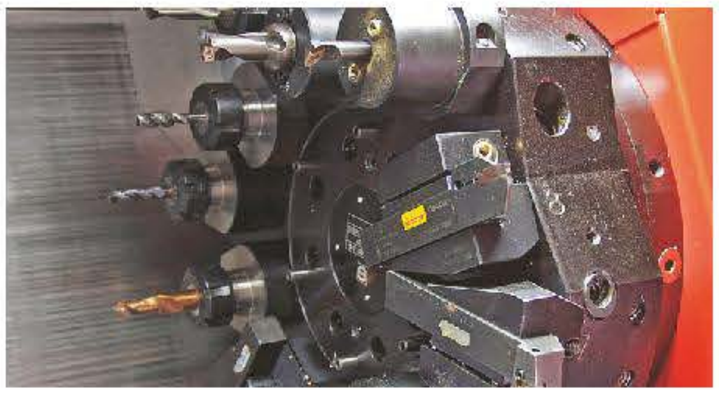
N70 G0 Z2

N75 G28 U0 W0

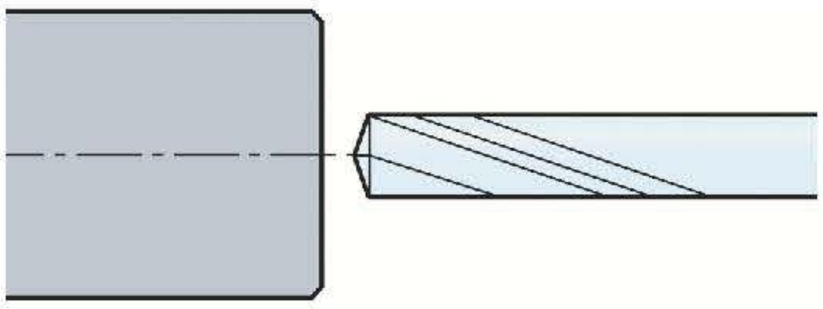
N80 M30

N50 T0505
Verktygsanrop
N55 G95 G97 S…. F… M3

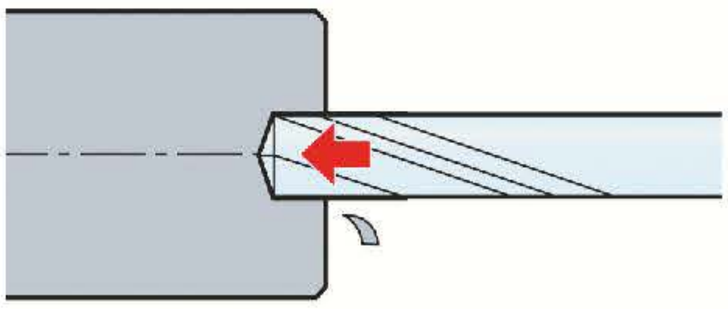
Matningstyp, konstant varvtal, matning och spindelstart/ rotationsriktning.



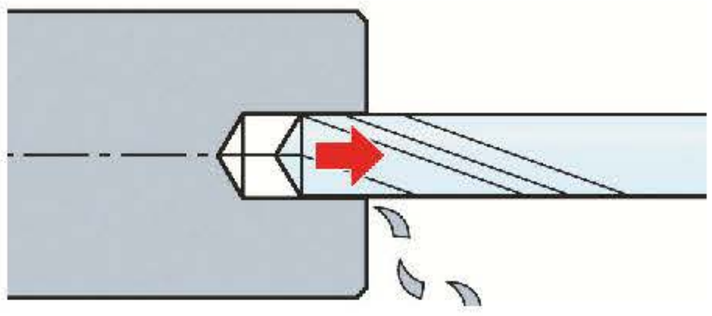
N60 G0 X0 Z2
Borret stannar ca 2 mm innan den börjar borra.



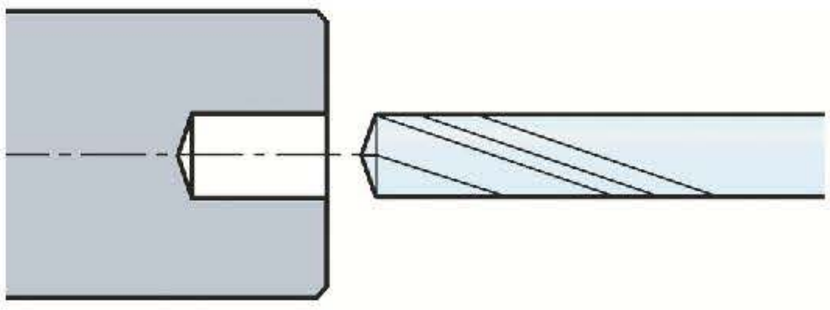
N65 G1 Z-20
Borret är ca 10 mm in i arbetsstycket. Borret är på väg in.



N70 G0 Z2
Borret är ca 15 mm in i arbetsstycket. Hålet är ca 20 mm djupt. Borret är på väg ut.



Borrning avslutad.
Borret är vid position Z2.



Borrning – verktygsregister

I Siemens verktygsregister kan man radera och/eller skapa nytt register för varje verktyg som sätts upp i verktygsrevolvern. Registret kan skapas med namn på den verktygstyp som används. Det finns fem förutbestämda huvudtyper av verktyg som kan väljas. Varje huvudtyp börjar med en specifik siffra. Exempelvis börjar alla borrverktyg med siffran 2. Av dessa fem huvudtyper är det endast två som är aktuella här, nämligen *Borrverktyg* och *Svarvverktyg*. I varje huvudtyp finns det ytterligare val som mer precist anger vilket verktyg som menas, exempelvis spiralborr eller korthålsborr. Även detta val anges med siffror. För den exakta bestämningen av verktygstypen används tre siffror. Se tabellen som visar numreringen av borrverktyg

200 Spiralborr

205 Korthålsborr

210 Borrstång

220 Centrerborr

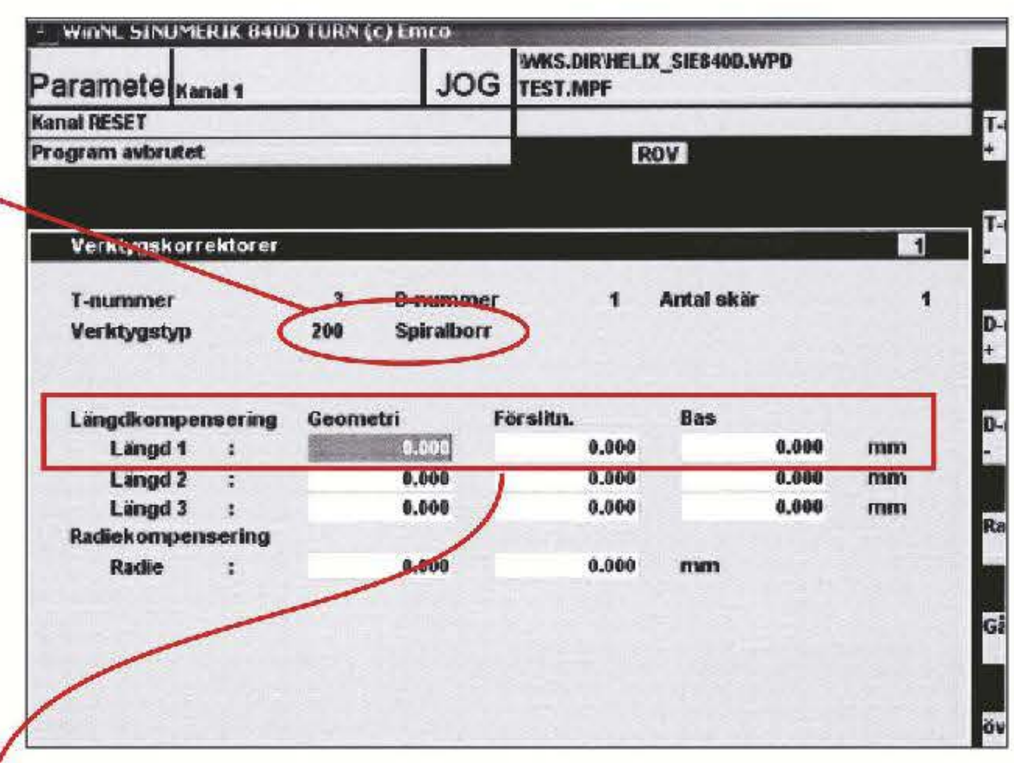
230 Spetsförsänkare

231 Planförsänkare

240 Gängtapp med standardgänga

241 Gängtapp med fingänga

242 Gängtapp med Withworthgänga



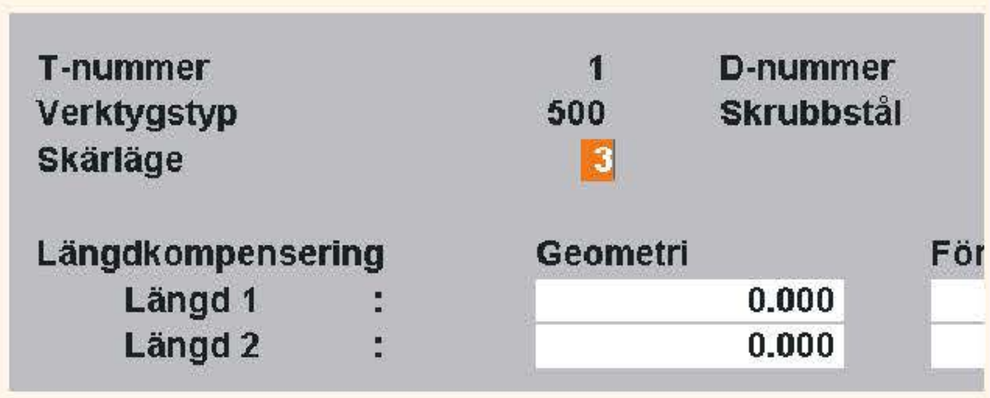
När man väljer något av dessa alternativ kommer verktygsregistret att visas med 3 rader (Längd 1, Längd 2 och Längd 3) där man ska välja var X- och Z-längdmåtten för borret ska skrivas in. Se figur. Anger man dessa längder på fel plats i registret kan det få allvarliga konsekvenser, som att verktyget kolliderar med chucken. Därför är det mycket viktigt att man är säker på hur värdena ska föras in.

Vid programmering måste man meddela styrsystemet i vilket plan man ska arbeta, så att verktygskompenseringsvärdena kan beräknas korrekt. På vilken rad i verktygsregistret som verktygslängderna skrivs in, avgörs av det arbetsplan som är aktivt i programmet. ”Vanlig” svarvning och borrning/gängning görs vanligen i arbetsplan Z/X som programmeras med koden G18, det vill säga genom programmering av Z- och X-koordinater. Arbetsplanet Z/X är aktivt när maskinen startas, därför behöver det inte programmeras. De andra arbetsplanen (X/Y och Y/Z) programmeras med G17 och G19 och används vid speciella typer av bearbetning, exempelvis vid fräsoperationer i svarven. För att kunna utföra detta krävs en CNC-maskin som är anpassad för detta.

Vid mätningar av verktygslängden, för arbetsplan G18, ska X-värdet för borret (eller gängtappen) skrivas in vid Längd 2. Detta värde är fast och beror på verktygsrevolverns utseende/storlek samt i vilken position på revolvern som verktyget är uppsatt. Längden på verktyget i Z-led skrivs in vid Längd 3 och mäts på vanligt sätt.

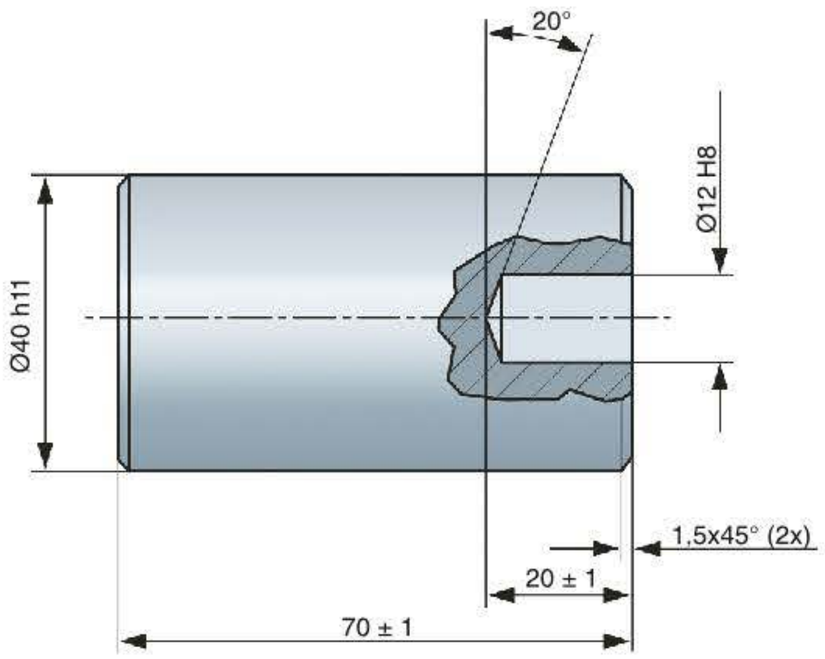
Tips!

Ett alternativ till att välja ”2XX Borrverktyg” är att välja svarvverktyg (typ 5XX) vid skapandet av verktygskorrektör. Vid verktygstyp visas då en felaktig verktygstyp och ett felaktigt verktygsnamn. Detta har dock ingen betydelse för bearbetningen. Inskrivningen av verktygslängderna i X- och Z-riktning blir emellertid enklare eftersom det endast visas två längder i verktygsregistret. Se bilden till höger.



När svarvverktyg (till exempel skrubbstål) väljs visas endast två rader med möjlighet att skriva in verktygslängden i X-led på Längd 1 och Z-värdet på Längd 2 precis som man gör för de övriga svarvstålen.

Ritning 15



N5 G54

N10 TRANS Z70

N15 LIMS=3500

N20 G0 G53 X240 Z300 D0

N25 T2 D1

N30 G96 S… F… M...

N35 G0 X44 Z0

N40 G1 X-1

N45 G0 X33 Z2

N50 G1 X42 Z-2.5

N55 G0 G53 X240 Z300 D0

N60 T5 D1

N65 G95 S... F... M3 M8

N70 G0 X0 Z2

N75 G1 Z-20

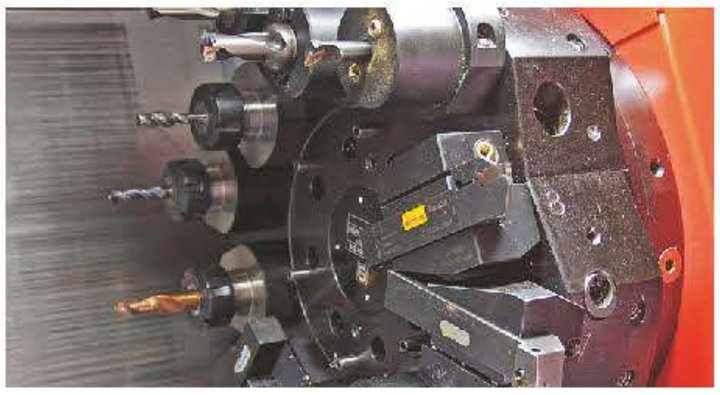
N80 G0 Z2

N85 G0 G53 X240 Z300 D0

N90 M30

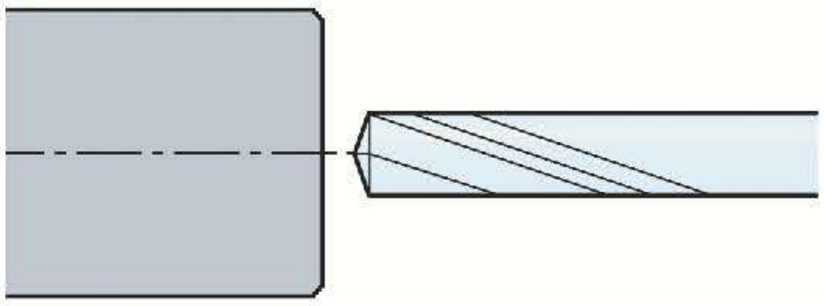
N65 G95 S2000 F0.14 M3

Matningstyp, konstant varvtal, matning och spindelstart/ rotationsriktning.



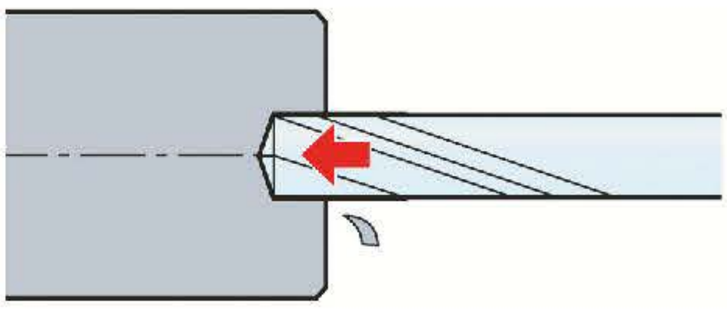
N70 G0 X0 Z2

Borret stannar ca 2 mm innan den börjar borra.



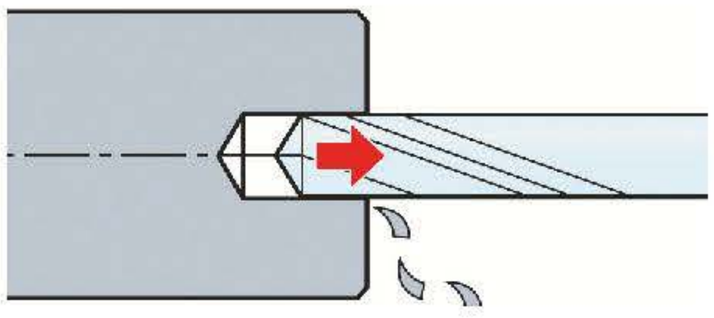
N75 G1 Z-20

Borret är ca 10 mm in i arbetsstycket. Borret är på väg in.



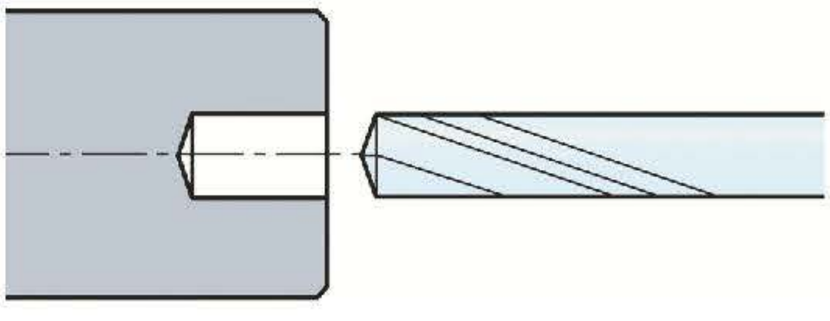
N80 G0 Z2

Borret är ca 15 mm in i arbetsstycket. Hålet är ca 20 mm djupt. Borret är på väg ut.



Borrning avslutad.

Borret är vid position Z2.



Borrcykler

För att förenkla programmeringen vid borrning används borrcykler. En borrcykel programmeras vanligen i en enda blockrad. I denna blockrad programmeras de arbetsmoment som ska utföras och väntetiderna mellan dessa. I cykeln programmeras också sträckan som borret ska matas in i materialet.

I borrcykeln används två olika metoder för att se till att spånorna bryts av till korta hanterbara spånor, innan de lämnar hålet och ramlar ned i spånlådan.

Vid **spånbrytning** stannar borret upp och backar tillbaka en kort sträcka innan det fortsätter att borra. Om man använder spånbrytning vid djupare hål händer det att spånorna inte kan komma ut ur hålet. Detta kan orsaka slitage på borret och dålig ytjämnhet i hålet.

Urspåning används vid djupare hål. Urspåning innebär att borret stannar upp, precis som i spånbrytningsmetoden. Men vid urspåning backar borret hela vägen ut ur hålet så att spånorna lätt kan ramla ned i spånlådan. Vid urspåning spolar kylvätskan bort eventuella resterande spånor från borret och kyler av det. Dessutom kommer skärvätska in i hålet och spolar bort spånor och kyler av materialet.

Vid urspåning utförs förflyttningen ut ur hålet med snabbtransport (G0). Det gäller också rörelsen in i hålet till borrstället; borret stannar upp någon millimeter från materialet.

Förutom ovanstående två metoder kan man programmera väntetider för borret. Det går att programmera väntetider såväl vid borrets urspåningsposition som vid borrets slutposition. Man ska dock vara medveten om att långa väntetider kan orsaka slitage om borrverktyget ligger mot materialet i vänteläget.

Fanuc

I Fanucs enklare styrsystem finns två borrcykler, en för spånbrytning och en för urspåning. Adresserna för dessa är G76 respektive G83. Borrdjupet avgör vilken metod som används.

Start- och återgångsplan

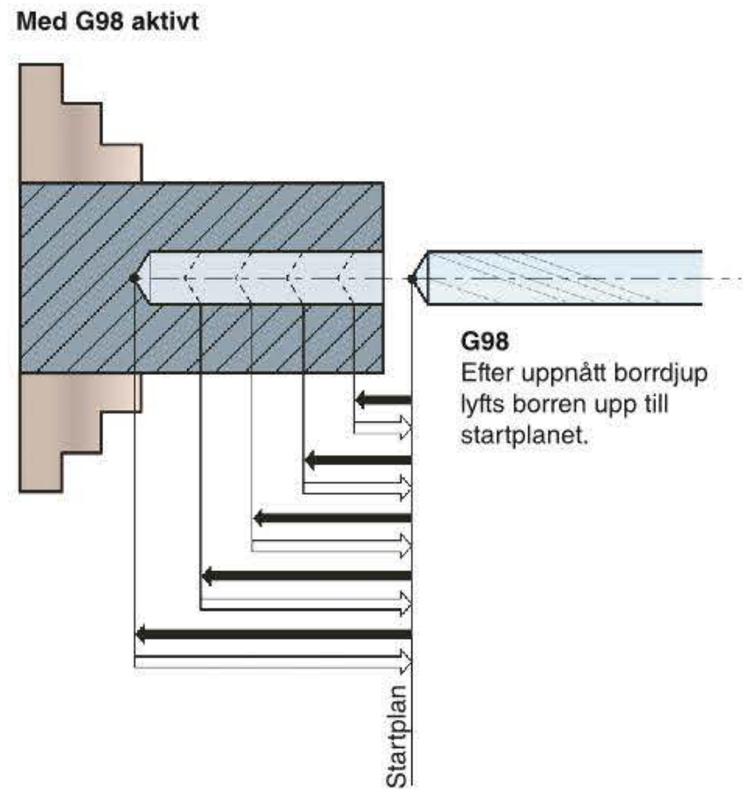
Med G98 och G99 ange start- och återgångsposition för borr- och gängcyklerna G76, G83, G84 och G85. De programmeras tillsammans med en R-parameter som visar hur startplanet är positionerat i förhållande till verktygets placering. R-parametern programmeras som ett inkrementalt värde. I båda fallen sker förflyttning till startplanet för cykeln med snabbtransport. Borret förflyttas till startplanet för urspåning. Skillnaden är att med G99 aktivt så förflyttas verktyget tillbaka till den position det hade innan cykeln, och med G98 sker tillbakagången till startplanet. Figuren visar skillnaden mellan de båda planen. Vid vanlig bearbetning har den ingen betydelse. Därför kan det vara bättre att helt utelämna de båda koderna och istället positionera en lämplig startposition för borrningen direkt, utan hjälp av G98/G99 samt R-parameter.

Programmering

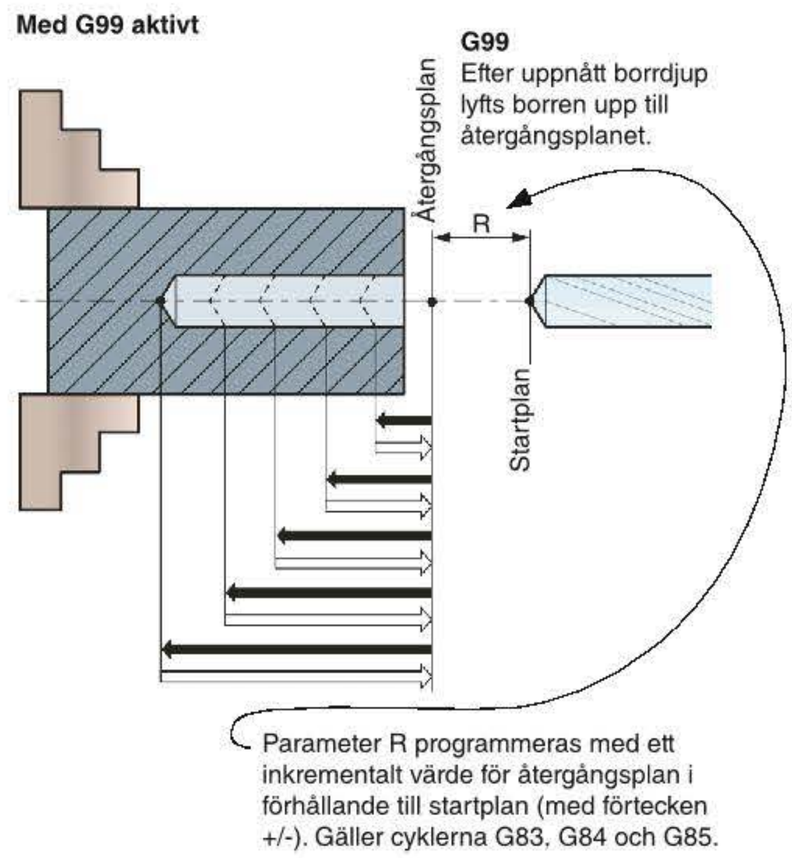
När endast spånbrytning ska användas programmeras koden G76 och programmeras med två blockrader. I borrcyklerna G76 och G83 är det möjligt att programmera inmatningsdjup (parameter Q) och väntetid vid färdigt borrdjup. I cykel G76 kan man även programmera sträckan som borret går tillbaka efter spånbrytningen. För båda cyklerna gäller att verktyget måste vara placerat i positionen X0 innan det anropas i programmet. Observera att inmatningsdjupet, som programmeras i parameter Q anges i tusendels millimeter, dvs, µm. Exempelvis motsvaras Q6000 av ett inmatningsdjup på 6 millimeter.

Man måste också programmera en avbrytning av cyklerna (G83 till G85) eftersom de annars fortsätter att borra vid varje position efter cykelblocket. Detta görs med koden G80.

Observera att borrcykel G76 är samma cykel som används som insticksycykel i X-riktning. När G76 används som borrcykel så får inte någon X-koordinat eller P-parameter programmeras i cykelbeskrivningen



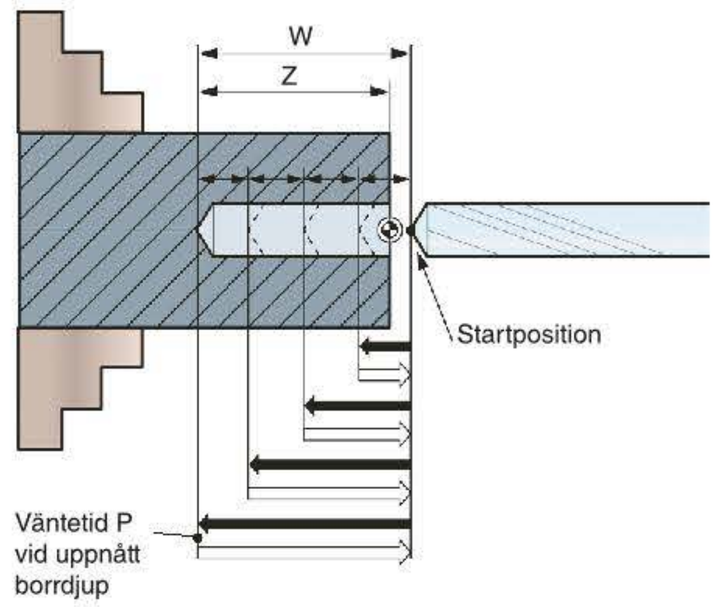
G98 – återgång till startplan.



G99 – återgång till återgångsplan.

Cykel G83

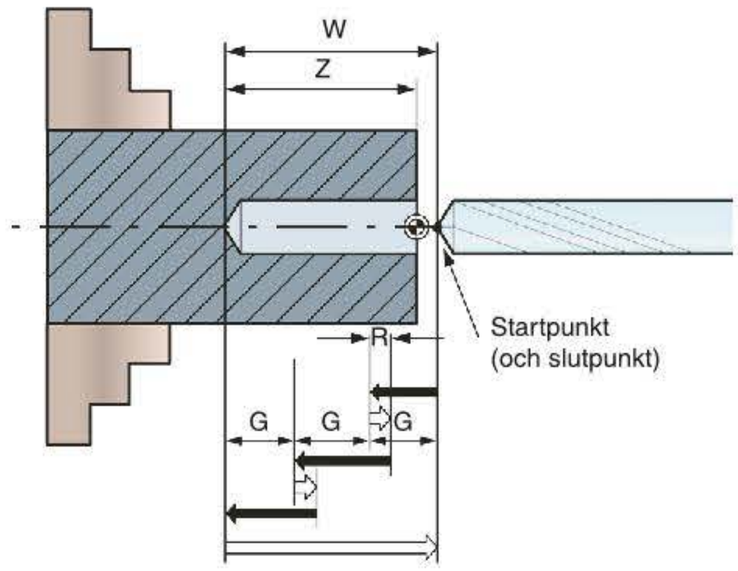
G83	Djupborrningscykel med urspåning.
G98	Returrörelse till startplan. Verktyget förflyttas till startplanet efter att borrningen har slutförts.
G99	Returrörelse till återgångsplan. Programmeras i samband med parameter R som beskriver startplanets läge i förhållande till detaljen. Programmeras med inkrementala koordinater.
Z/(W)	Borrdjup, absoluta koordinater/ Inkrementalt borrdjup.
R	Inkrementalt värde för återgångsplan. Programmeras ihop med G99. Om inte G99 har programmerats behöver inget värde anges för parameter R.
Q	Borrdjup vid varje inmatning i materialet. Observera att Q anges i µm (tusendels millimeter).
P	Fördröjningstid vid hålets botten (P1000=1 sek).
F	Matning (kan även programmeras innan cykeln).



G 83
Format för cykel G83,
N… G83 G98 (G99) Z (W)… R … Q…
P…F…

Första blocket med G76

G76	Borrcykel med spånbrytning.
R	Uppdragningshöjd för spånbrytning i mm. Inkrementalt värde.



G76
Format för G76,
N… G76 R…
N… G76 Z(W)… Q… F…

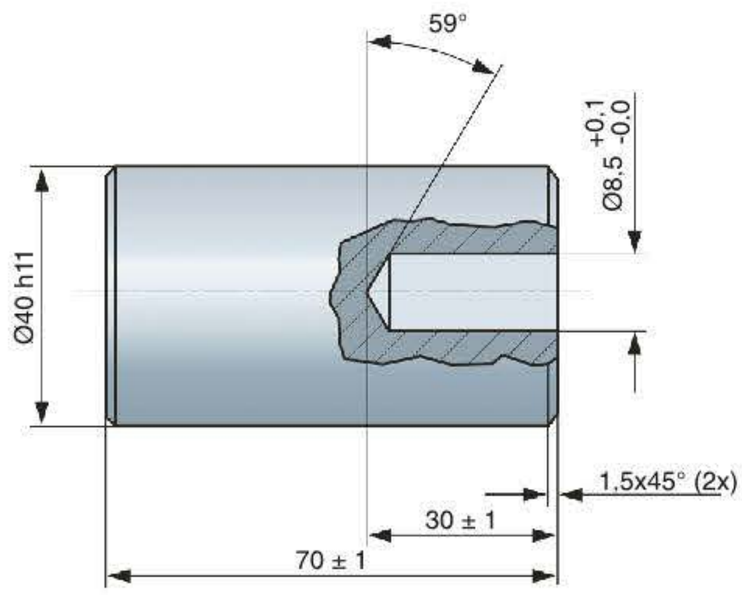
Andra blocket med G76

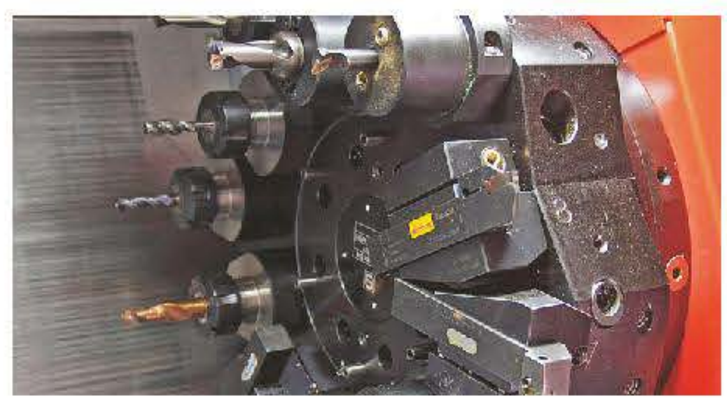
G76	Borrcykel med spånbrytning.
Z/(W)	Borrdjup, absoluta koordinater/ Inkrementalt borrdjup.
Q	Borrdjup vid varje inmatning i materialet. Observera att Q anges i µm (tusendels millimeter).
F	Matning.

Fanuc – Borrning – Exempel 10

Ritning 16

Cykeln är väldigt enkel att programmera. Endast borrdjup och inmatningsdjup behöver programmeras i detta exempel. Matning och rotationsriktning har programmerats i skärdatablocket. R-parametern behöver endast programmeras när G99 används.

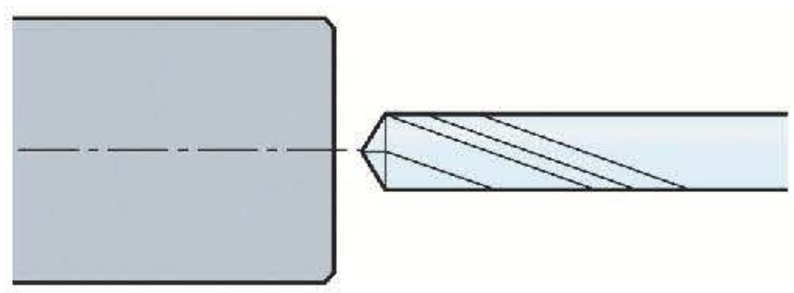




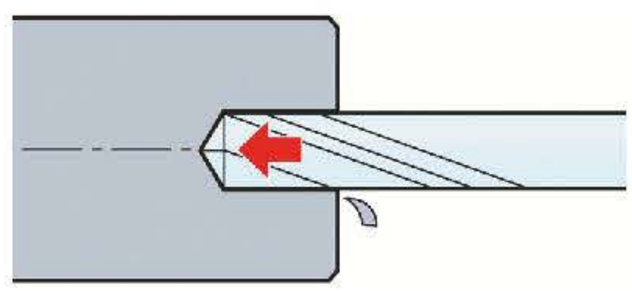
```
O0010
N5 G28 U0 W0
N10 G92 S3500
N15 T0202
N20 G96 … F... M...
N25 G0 X44 Z0
N30 G1 X-1
N35 G0 X33 Z2
N40 G1 X42 Z-2.5
N45 G28 U0 W0
N50 T0505
N55 G95 G97 S.... F... M3 M8
N60 G0 X0 Z2
N65 G83 G98 Z-30 Q4000
N70 G80
N75 G28 U0 W0
N80 M30
```

N60 T0505
Verktygsanrop.

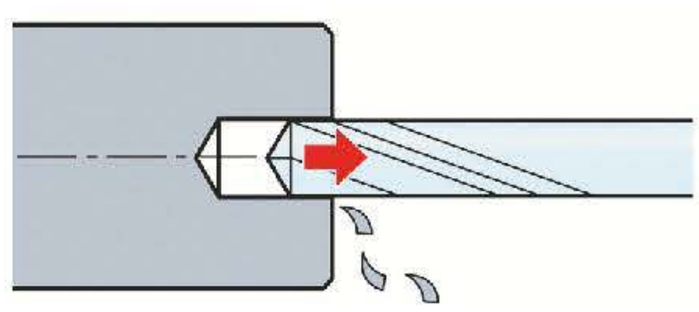
N55 G95 G97 S.... F... M3
Matningstyp, konstant varvtal, matning och spindelstart/ rotationsriktning.



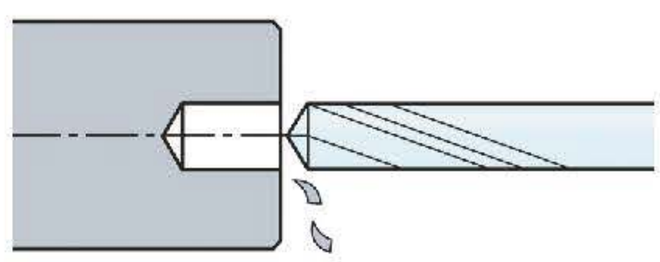
N60 G0 X0 Z2
Borret stannar 2 mm innan den börjar borra.



N65 G83 G98 Z-30 Q4000
Borret är ca 10 mm in i arbetsstycket. Borret är på väg in.



N70 G80
Borret är ca 15 mm in i arbetsstycket. Hålet är ca 20 mm djupt. Borret är på väg ut.



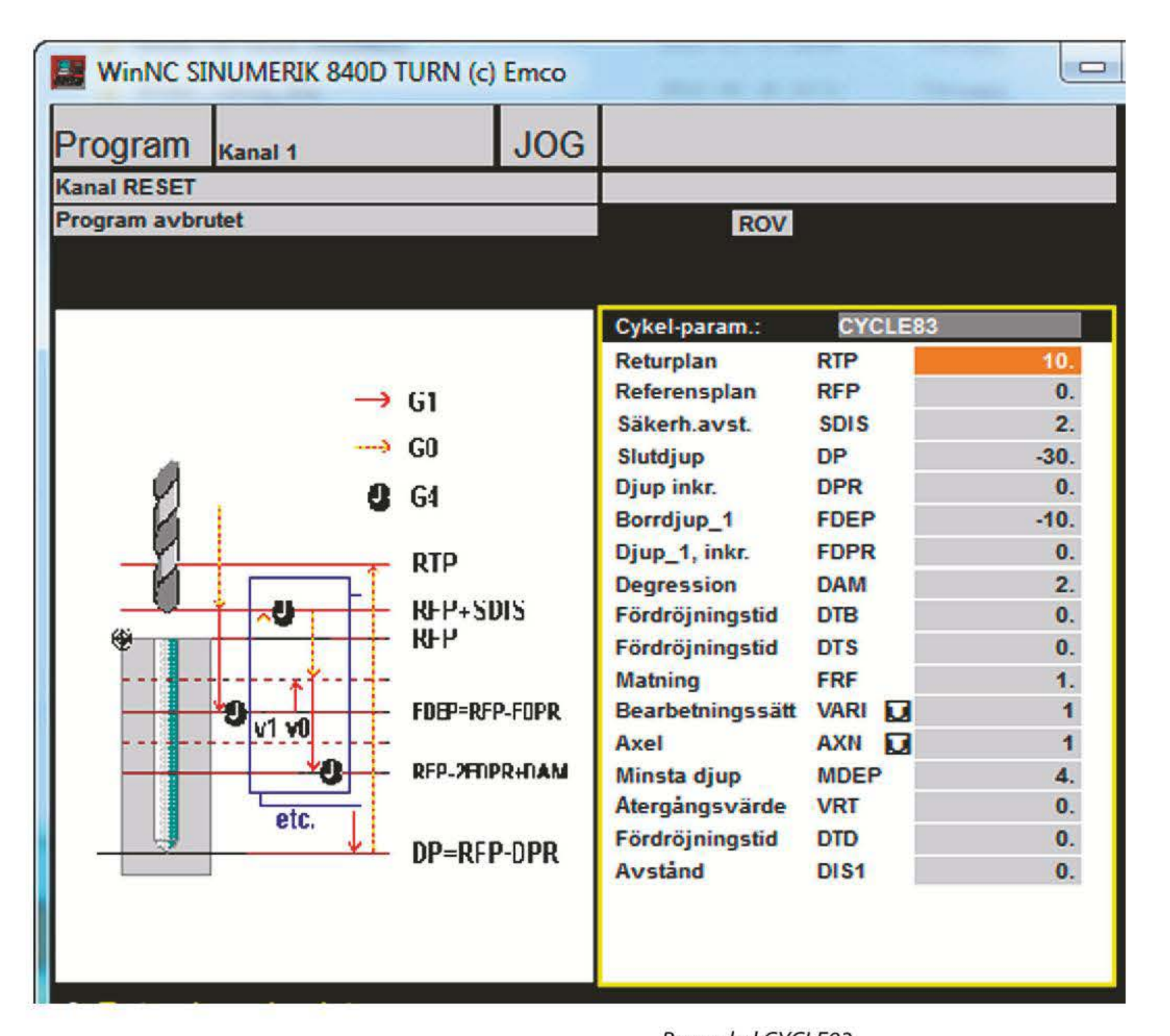
Cykeln avslutad. Borret vid utgångsposition.

ÖVNINGSUPPGIFT 7
BORRNING MED CYKEL

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 17. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Siemens

I Siemens finns flera borrcykler. Den vanligaste av dem är CYCLE83. Cykeln har ett relativt stort antal parametrar och kan upplevas som komplicerad på grund av detta. Cykeln knappas dock in med ett interaktivt programmeringssätt, vilket innebär att det finns en bild och förklarande text till de parametrar som man ska ange i cykeln. Många av parametrarna används också i andra cykler, man lär sig betydelsen av dem ganska snabbt. Det finns ytterligare borrcykler, men undvik att använda dem. De förutsätter att man ändrar arbetsplan i programmet, vilket kan orsaka problem med hur verktygslängderna ska anges i verktygsregistret.



Borrcykel CYCLE83

Arbetssätt:

- Snabbtransport till säkerhetsplanet.
- Borrning till 1:a borrdjupet med angiven matning.
- Urspåning eller spånbrytning enligt parameterbeskrivning.
- Borrning till nästa borrdjup.

Ovanstående upprepas tills borrdjupet är uppnått.

- Eventuell väntetid i hålbotten.
- Snabbtransport ur hålet till returplanet.

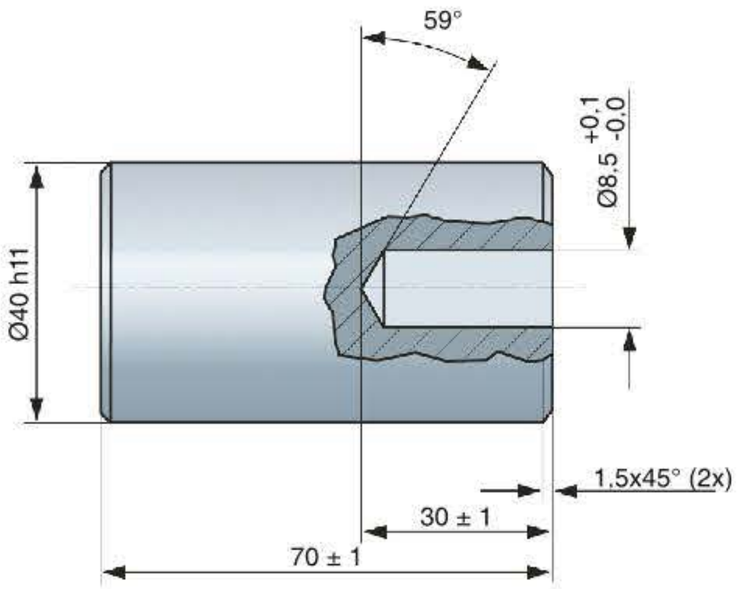
N CYCLE83(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,FDEP,FDPR,DAM,DTP,DTS,FRF,VARI,AXN,MDEP,VRT,DTD,DIS1)

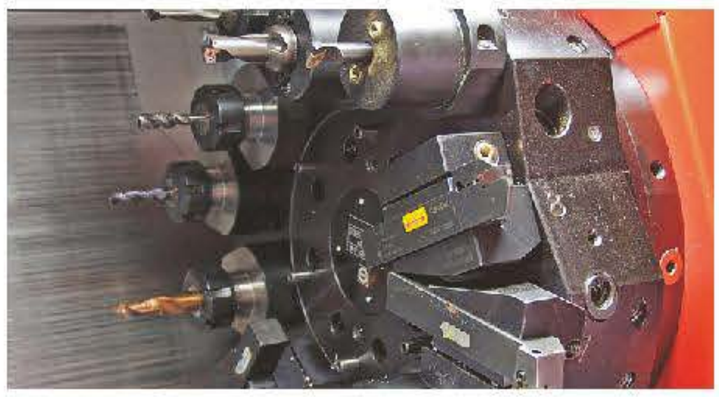
RTP	Returplan. Den position som verktyget flyttas till efter att borrcykeln har avslutats.
RFP	Referensplan. Utgångsplan för borrningen. Programmeras med absoluta koordinater.
SDIS	Säkerhetsavstånd. Detta är den position som verktyget förflyttas till med snabb-transport (G0) innan borrningen börjar.
DP	Slutdjup för hålet, absoluta koordinater.
DPR	Slutdjup för hålet, inkrementala koordinater. Observera att endast parameter DP eller DPR ska programmeras. Om båda programmeras gäller värdet i parameter DPR.
FDEP	Första borrdjupet, absoluta koordinater. Parametern anger hur långt inmatningen ska göras innan första spånbrytningen eller urspåningen görs.
FTPR	Första borrdjupet, inkrementala koordinater. Samma som parameter FDEP fast programmeringen sker med inkrementala koordinater.
DAM	Minskning av borrdjup. Den här parametern beskriver hur mycket föregående inmatning ska minskas med.
DTP	Väntetid vid uppnått borrdjup (innan urspåning eller spånbrytning).
DTS	Väntetid vid startpunkten. Kan eventuellt användas för renspolning och kylning av borret.
FRF	Matningsminskning. Matningsfaktor för minskning av matningen för första borrdjupet.
VARI	Bearbetningsvariant. Om parametern programmeras 0 innebär det att cykeln gör spånbrytningar vid nedmatningen, och om den programmeras med 1 görs urspåningar av verktyget ur hålet.
AXN	Verktygsaxel. Parametern anger i vilken axelriktning som borrningen görs. Vid borrning i Z-axeln och i plan G18 programmeras värde 1 för parametern.
MDEP	Minsta borrdjup. Anger ett minsta värde för nedmatningen i materialet.
VRT	Återgångsvärde. Anger hur långt verktyget ska backa vid spånbrytningen. Om inget värde programmeras används ett förprogrammerat värde.
DTD	Fördröjningstid. Tid som verktyget skär rent vid slutligt borrdjup.
DIS1	Avstånd vid förnyad inmatning. Anger hur nära verktyget ska förflyttas föregående borrdjup vid nästa inmatning.

10

Ritning nr 16

Programexemplet visar hur borrningen i exempel 10 kan programmeras. Borrningen görs med ett spiralborr i snabbstål och utförs med flera urspåningar.





N5 G54

N10 TRANS Z70

N15 LIMS=3500

N20 G0 G53 X240 Z300 D0

N25 T2 D1

N30 G96 S…. F… M...

N35 G0 X44 Z0

N40 G1 X-1

N45 G0 X33 Z2

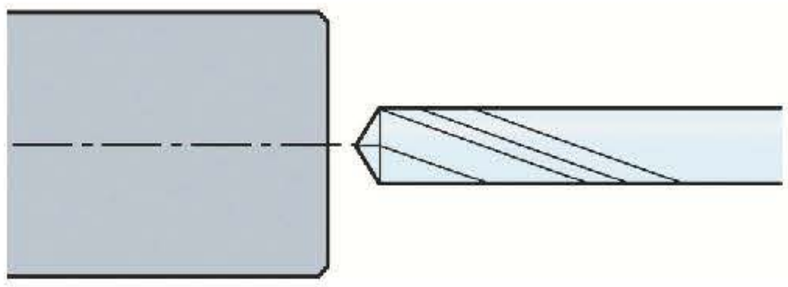
N50 G1 X42 Z-2.5

N55 G0 G53 X240 Z300 D0

N60 T5D1

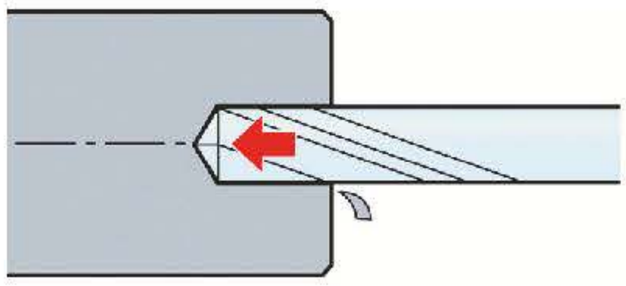
N60 T0505
Verktygsanrop.

N55 G95 G97 S.... F... M3
Matningstyp, konstant varvtal, matning och spindelstart/ rotationsriktning.



N65 G95 S... F... M3 M8

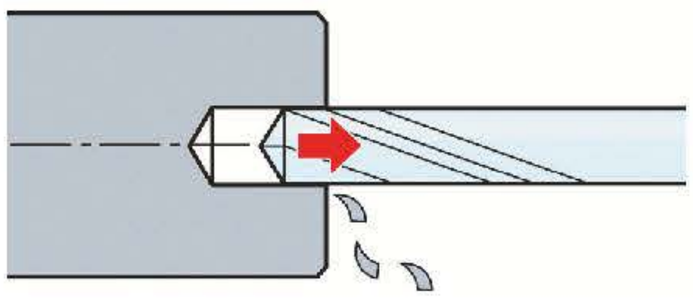
N60 G0 X0 Z2
Borret stannar 2 mm innan den börjar borra.



N70 G0 X0 Z2

N65 G83 G98 Z-30 Q4000
Borret är ca 10 mm in i arbetsstycket. Borret är på väg in.

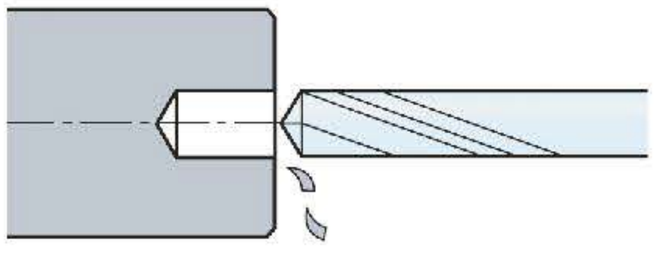
N75 CYCLE83(5,0,2,-30,0,-8, 0, 2, 0, 0, 1, 1,1,3,3,0,0,0)



N85 G0 G53 X240 Z300 D0

N90 M30

N70 G80
Borret är ca 15 mm in i arbetsstycket. Hålet är ca 20 mm djupt. Borret är på väg ut.

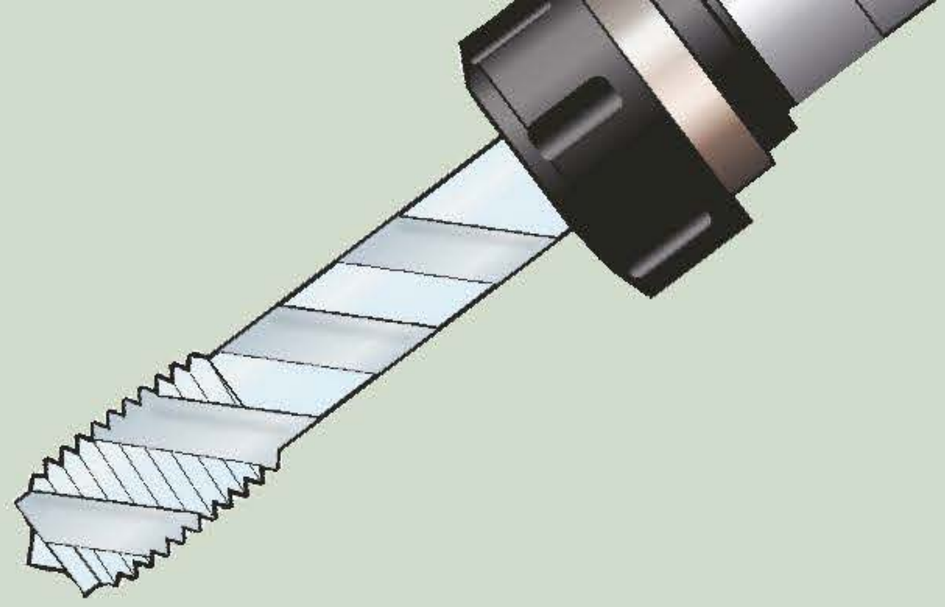


ÖVNINGSUPPGIFT 7
BORRNING MED CYKEL

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 17. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Cykeln avslutad.
Borret vid utgångsposition.

Gängning med gängtapp



Metoder

Gängning av hål med små dimensioner i en CNC-maskin görs ofta med gängtappar. Gängtapparna finns i två huvudgrupper, ”pressgängtappar” och ”spånskärande tappar”.

Pressgängning

Pressgängtappar eller ”rullgängtappar” som de också kallas skiljer sig från de spånskärande tapparna genom att gängan formas genom plastisk deformation. Fördelen med detta är att man slipper spånor och annat som kan orsaka problem vid skärande bearbetning. Materialet måste dock ha vissa egenskaper vad gäller sträckgräns och förlängningsfaktor. Därför kan man inte tillämpa metoden på alla material. Pressgängning ger starkare gängor jämfört med en gänga skuren med spånskärande metoder. Andra fördelar är att man kan använda högre skärhastighet, verktyget håller längre och gängan får oftast bättre ytor samt ger rätt tolerans på den färdiga gängan. Samma tapp kan dessutom användas för både bottenhål och genomgående hål. Rekommenderat gängdjup för dessa tappar är upp till 2.5 x diametern. Nackdelen med pressgängning är att metoden kräver mera effekt av maskinerna. Observera att håldiametrarna för gängningen inte är lika som vid spånskärande bearbetning.

Pressgängtapp

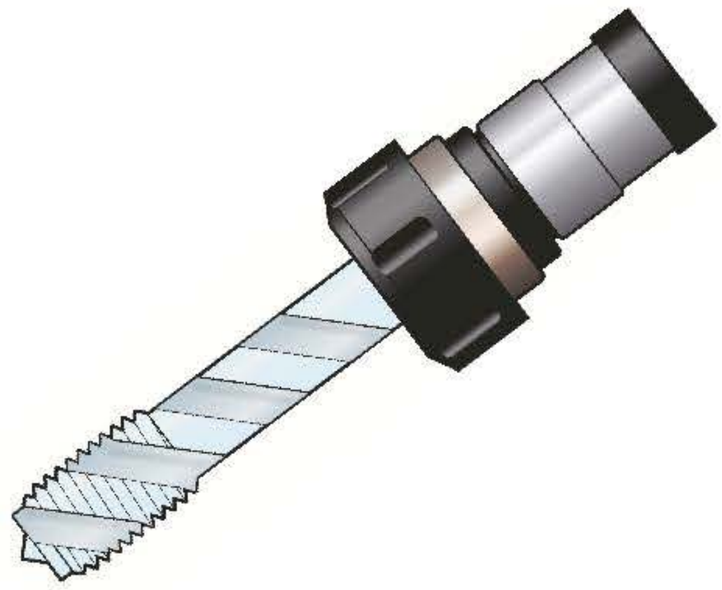
Spånskärande metod

Med denna metod görs gängan med gängtappen som spånskärande verktyg. Spånan som bildas vid gängskärningen kan orsaka problem både när det gäller resultat och hållbarhet på verktyget. Det gäller därför att välja gängtappar som är anpassade för den typ av bearbetning man ska göra. För spånskärande gängning i maskiner finns många olika typer av gängtappar, som är specialinriktade mot olika bearbetningstyper och material.

Metoden kan utföras på två sätt beroende på maskinens uppbyggnad. Dels med gängtappen fastspänd i en chuck som inte tillåter att den rör sig. Dels med ”flytande” gängtappshållare, det vill säga med utjämningschuck som utjämnar eventuella skillnader mellan matningen och stigningen.

Fast uppspänning av gängtappen

Metoden kallas gängning med fast tapp alternativt gängning utan utjämningschuck, så kallad rigid tapping. Rigid tapping fungerar inte på alla maskiner. För att detta ska fungera krävs att servosystemet kan klara förflyttningar och rotationsändringar utan väntetider. Vid rigid tapping är matningen synkroniserad med spindelvarvtalet, vilket innebär att om man minskar matningen till noll under gängoperationen så stannar gängtappen. Om man ökar matningen så fortsätter gängoperationen med ett spindelvarvtal som är synkroniserat med matningen.



Fast uppspänning av gängtappen

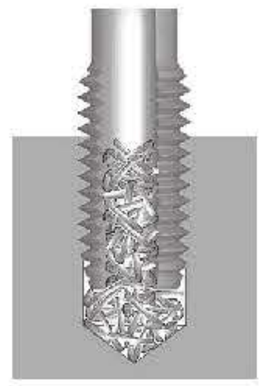
Utjämningschuck

Den andra metoden kallas gängning med flytande hållare eller gängning med utjämningschuck. Gängtappen sätts då fast i en hållare som har möjlighet att följa med och utjämna skillnader mellan gängans stigning och matningen på maskinen.

Olika typer av gängtappar

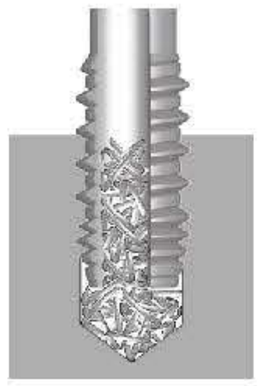
Varje gängtappstyp har rekommendationer för gängdjup samt om de är lämpliga för gängning i bottenhål eller för genomgående hål. De vanligaste typerna är:

Tapp med raka spår. Denna tapp är vanligast och fungerar i de flesta material, men är lämpligast för kortspånat material som exempelvis mässing. Fungerar både för gängning i bottenhål och genomgående hål. Rekommenderat gängdjup cirka 1.5 x diametern.



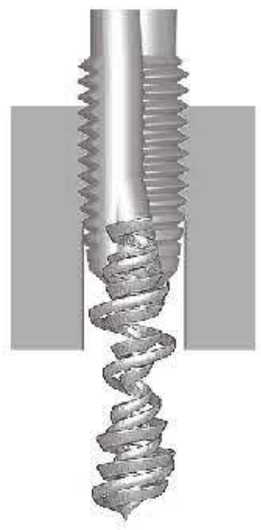
Lämpligast för kortspånat material

Tapp med varannan gänga. Dessa tapp ger mindre friktion och därför ett lägre moment, vilket kan vara viktigt i besvärliga material. Skärvätskan har också lättare att komma åt att smörja och kyla där den bäst behövs, vilket även detta minskar momentet. Lämpliga både för gängning i bottenhål och genomgående hål. Rekommenderat gängdjup cirka 2 x diametern.



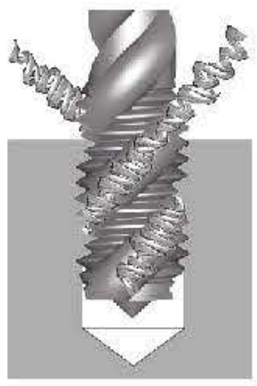
Mindre friktion och lättare för skärvätskan att jkomma åt att kyla och smörja

Spåndrivande gängtapp. Detta är en gängtapp med relativt grunda spår och med en utformning som gör att spånan drivs framför tappen. Utformningen gör också så att skärvätska kommer åt att smörja och kyla skäreggen på tappen. Rekommenderat gängdjup är upp till 2.5 x diametern och den är bara lämplig för genomgående hål.



Spånan skjuts framför tappen

Spiralgängtapp. Gängtappen är skuren med spiralspår som ska transportera spånan ut ur hålet. Det innebär att många problem, exempelvis spånklämning och spånstockning i botten av hålet, undviks. Gängtappen är avsedd för bottenhål och beroende på tappens utformning kan den användas för gängdjup upp till 3 x diametern.



Spånan transporteras upp ur hålet

Råd vid gängning med gängtapp

När man ska utföra en gänga med gängtapp är det viktigt att välja tapp som är anpassad efter den tänkta operationen och det material som ska användas. Man ska också försäkra sig om att detalj och verktyg är ordentligt fastspända. Även små rörelser i verktyg eller material kan orsaka verktygshaveri eller dålig kvalitet på gängan. En viktig faktor för att få en bra gänga är att borra så att man har rekommenderad håldimension. Tabeller med rekommenderade håldimensioner finns för de flesta gängsystem.

Tips!

Vid hårda material kan man öka borrdiametern något för att säkerställa en bättre gängning. Vid användning av spiralgängtappar i kombination med flytande hållare bör man programmera en matning som motsvarar 97–98% av stigningen, för att motverka att gängtappen självmatar. Till slut ska man se till att tappen får en mjuk ingång i arbetsstycket, genom att fasa hålets ingång i arbetsstycket så att matningen blir jämn in i materialet.

DORMER

Gängning med tapp

BORRDIAMETER FÖR SKÄRANDE GÄNGTAPPAR – REKOMMENDATIONSTABELLER

Borrdiametern kan beräknas utifrån:

$$D = D_{nom} - P$$

D = Borrdiameter (mm)
D_{nom} = Nominell Gängtappsdiameter (mm)
P = Gängstigning (mm)

ISO METRISK GÄNGA				
TAPP M	Stigning mm	Max Inv. Diam. mm	Borr Diam. mm	Borr Diam. inch
1.6	0.35	1.321	1.25	3/64
1.8	0.35	1.521	1.45	54
2	0.4	1.679	1.6	1/16
2.2	0.45	1.833	1.75	50
2.5	0.45	2.138	2.05	46
3	0.5	2.599	2.5	40
3.5	0.6	3.010	2.9	33
4	0.7	3.422	3.3	30
4.5	0.75	3.878	3.8	27
5	0.8	4.334	4.2	19
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
8	1.25	7.153	7.1	[illegible]

ISO METRISK FINGÄNGA						
TAPP MF	Max. Inv. Diam. mm	Borr Diam mm	Borr Diam inch	TAPP MF	Max. Inv. Diam. mm	Borr Diam. mm
3x0.35	2.721	2.65	37	25X1	24.153	24
3.5x0.35	3.221	3.2	1/8	25X1.5	23.676	23.5
4x0.5	3.599	3.5	29	25x2	23.210	23
5x0.5	4.599	4.5	16	26x1.5	24.676	24.5
5.5x0.50	5.099	5	9	27x1.5	25.676	25.5
6x0.75	5.378	5.3	5	27x2	25.210	25
7x0.75	6.378	6.3	D	28x1.5	26.676	26.5
8x0.75	7.378	7.3	9/32	28x2	26.210	26
8x1	7.153	7	J	30x1.5	28.676	28.5
9x1	8.153	8	O	30x2	28.210	28
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Borrdiametrar för gängning med skärande gängtappar.

Vid programmering av gängdjupet ska man tänka på att faslängderna på gängtapparna varierar beroende på typ. Detta måste man ta hänsyn till vid programmeringen.

Vid programmeringen måste hänsyn tas till olika faslängder på gängtappen.

Programmering

När man gängar med gängtapp i en svarv används ofta cykler för programmering av gängningen. I en cykel styrs nämligen både in- och frånrörelsen, och man får även direkt med vissa extrafunktioner, exempelvis rotationsändringen. Nackdelen med att använda cykler kan vara att vissa variabler i cyklerna kan upplevas som komplicerade, och att man därför blir tveksam till vilka värden som ska användas. Ett sådant exempel är variabel TECH i Siemens 810/840D gängtappscykel CYCLE84.

Programmering utan cykel

Gängning med gängtapp kan dock enkelt programmeras utan användning av cykel. Tillsammans med koden för gängförloppet programmeras gängans slutdjup samt matningshastighet. Den programmerade matningshastigheten beror på den matningstyp som är aktiv i programmet. Är matningen angiven i mm/varv överensstämmer matningshastigheten med stigningen. Men om den aktiva matningen är angiven i mm/min måste stigningen räknas om till den sorten, det vill säga stigningen måste multipliceras med det programmerade varvtalet. Exempel– stigning 1.5 och varvtal 400 innebär att matningen ska programmeras 600. Observera att utgången ur gängan samt rotationsändring (M3/M4) måste programmeras i ett separat nästföljande block

I båda styrsystemen finns möjlighet att programmera och utföra en gänga med en gängtapp som är fastspänd i en fast chuck, så kallad rigid tapping. Men för att man ska kunna gänga utan utjämningschuck måste maskinen vara utrustad med en lägesrelaterad spindel och förberedas med aktivering av C-axeln. I de exempel som vi visar här i boken går vi därför bara igenom gängning med utjämningschuck, så kallad flytande hållare.

Det är viktigt att observera att man vid den här typen av programmering inte kan utföra gängningen med enkelblockskörning (single block), vilket ju är vanligt vid till exempel testkörning av program. När koderna för gängning används är såväl spindeln som matningsvredet avaktiverade så gängningen utförs med programmerat varvtal och stigning.

Fanuc

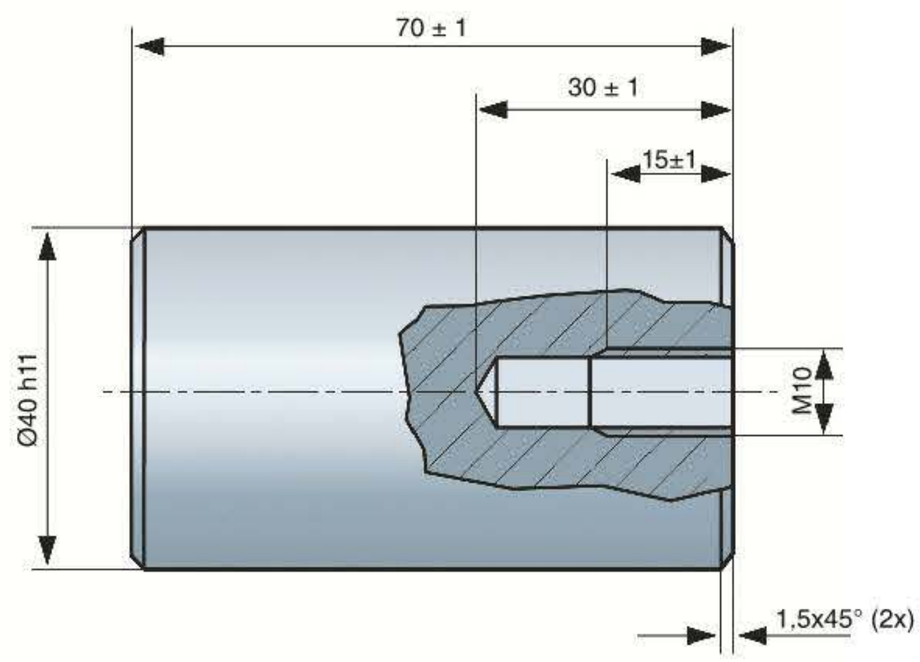
I Fanuc används adress G33 för gängning med enkelblock. I blocket med G33 programmeras förutom gängans slutpunkt även stigningen. Stigningen för gängan anges med parameter F (feed) och programmeras i millimeter/varv alternativt mm/min. Observera att utgången ur gängan programmeras i ett separat G33-block som även måste innehålla en rotationsändring (M3/M4). Beroende på hur lång ”flytningen” av gängtappen i hållaren är måste man försäkra sig om att gängtappen har lämnat hålet innan ny positionering kan ske. Det är därför lämpligt att programmera en Z-position cirka 5-10 millimeter utanför hålet vid återrörelsen.

N… G33 Z… F… M3

N… G33 Z … F… M4

Fanuc – Gängning med tapp – Exempel 11

Ritning nr 18

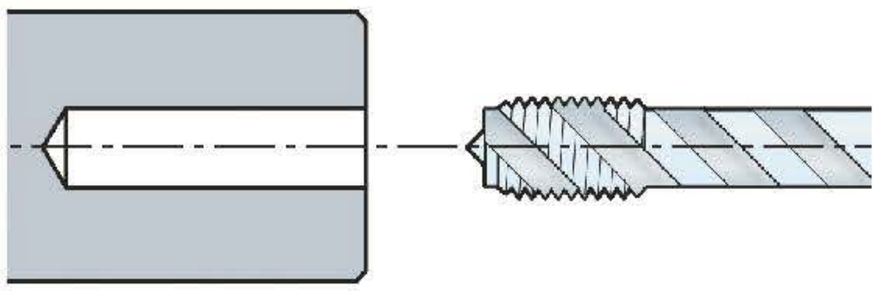


```
O0011
N5 G28 U0 W0
N10 G92 S3500
N15 T0101
N20 G96 … F.… M...
N25 G00 X44 Z0
N30 G01 X-1
N35 G00 X33 Z2
N40 G01 X42 Z-2.5
N45 G28 U0 W0
N50 T0404
N55 G95 G97 S… F… M3 M8
N60 G00 X0 Z2
N65 G83 G98 Z-30 Q4000
N70 G80
N75 G28 U0 W0
N80 T0505 (GAENGTAPP M10)
N85 G95 G97 S... M3 M8
N90 G00 X0 Z5
N95 G33 Z-15 F1.25
N100 G33 Z5 F1.25 M4
N105 G28 U0 W0
N110 M30
```

N80 T0505 (GAENGTAPP M10)
Verktygsval.

N85 G95 G97 S... M3 M8
Skärdata.

N90 G00 X0 Z5
Positionering.



N95 G33 Z-15 F1.25
Gängning inmatning.

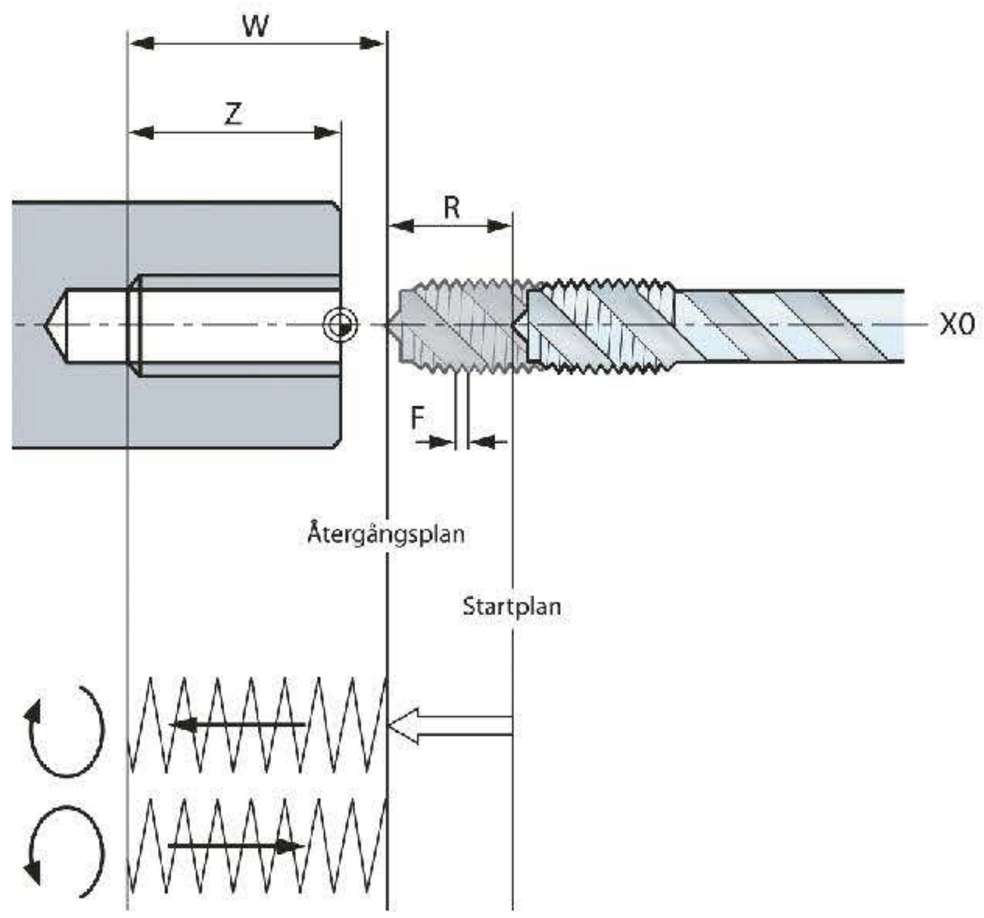
N100 G33 Z5 F1.25 M4
Gängning utmatning.

Programmering med cykel

Vanligast är kanske att man använder sig av en cykel som gör hela gängförloppet i ett moment. I Fanuc är adressen för detta G84. Cykeln sköter själv om reversering av rotationsriktningen vid uppnått borrdjup. Precis som vid föregående exempel med enkelblocksprogrammering är matningsvredet och spindelvarvtalet avaktiverat under gängförloppet.

Före gängningen måste man positionera verktyget till en lämplig position i X- och Z-led. I X-led positioneras alltid till X0 och i Z-led till cirka 5-10 millimeter utanför gängans startpunkt. Detta beror på att gängtappen måste komma ur hålet vid återgången innan nästa positionering. Positionering i X-led kan programmeras i samma block som cykelanropet men det är lämpligt att göra detta i blocket innan cykelanropet. Det är då lätt att se om gängan hamnar i centrum av detaljen innan gängcykeln startar. Följande parametrar behöver programmeras i G84. Observera att någon väntetid (P) inte ska programmeras i detta fall.

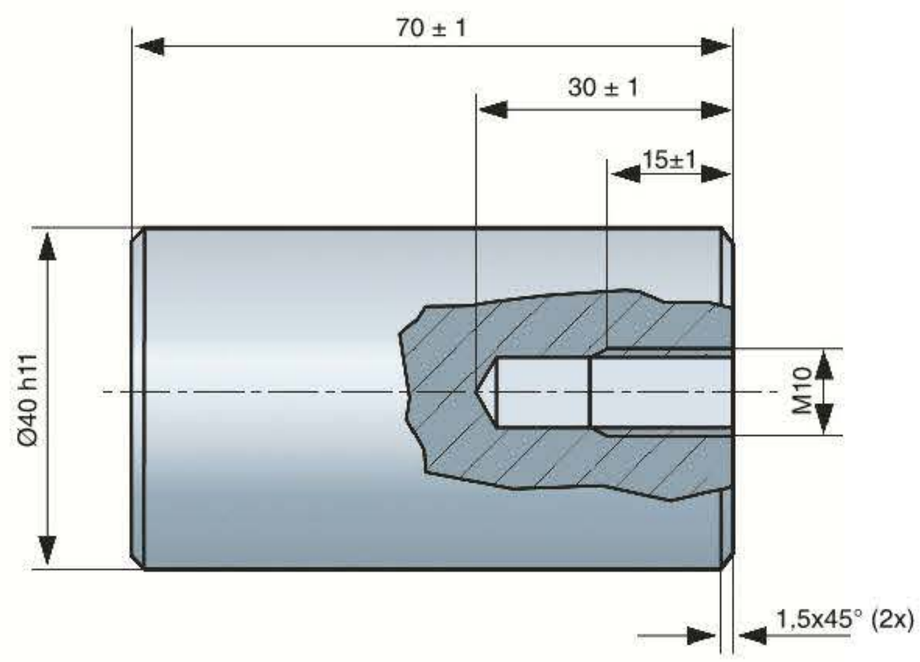
För att avsluta cykeln programmeras koden G80. Om inte G80 programmeras utförs gängcykeln även vid nästa positionering.



N… G84 (G98/G99) X… Z… R… P… F… ;

G84	Cykel för gängning med tapp
X	Hålläge i radiell riktning
Z	Gängdjup, programmerat med absoluta koordinater
R	Avståndet mellan startplan och återgångsplan, behöver endast programmeras i samband med G99. Koden G99 anger till vilken position verktyget förflyttas efter att gängningen är utförd. Parameter R programmeras i millimeter.
P	Paustid (endast för maskiner med möjlighet till **rigid tapping,** P1000 är 1 sekund)
F	Gängstigning, alternativt matningshastighet, beroende på vilken matningstyp som är programmerad innan anropet av cykeln. Gängstigningen programmeras i mm/varv vid aktiv G95 och i mm/min om G94 är programmerad innan anrop av cykeln. Observera att vid det senare alternativet måste matningen räknas ut, exempelvis 400 varv/min och 1.25 millimeter i stigning för M10-gängan. Det gör att F programmeras till 500 när G94 är aktiv.

Ritning 18 – Cykel G84

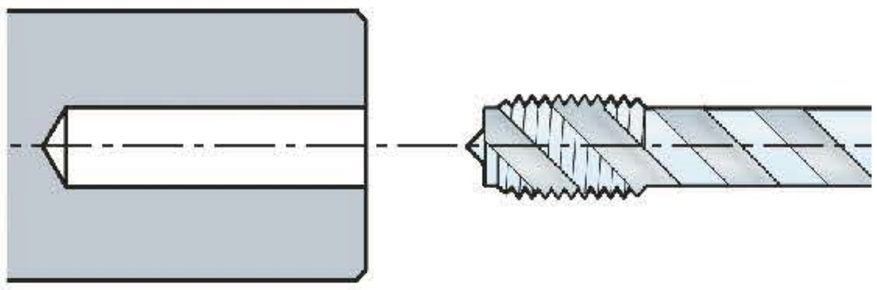


```
O0011
N5 G28 U0 W0
N10 G92 S3500
N15 T0202
N20 G96 … F.… M...
N25 G00 X44 Z0
N30 G01 X-1
N35 G00 X33 Z2
N40 G01 X42 Z-2.5
N45 G28 U0 W0
N50 T0505
N55 G95 G97 S… F… M3 M8
N60 G00 X0 Z2
N65 G83 G98 Z-30 Q4000
N70 G80
N75 G28 U0 W0
N80 T0707 (GAENGTAPP M10)
N85 G95 G97 S... M3 M8
N90 G00 X0 Z5
N95 G84 Z-15 F1.25
N100 G80
N105 G28 U0 W0
N110 M30
```

N80 T0707 (GAENGTAPP M10)
Verktygsval.

N85 G95 G97 S... M3 M8
Skärdata.

N90 G00 X0 Z5
Positionering.



N95 G84 Z-15 F1.25
Gängcykel.

N100 G80
Avaktivering gängcykel.

ÖVNINGSUPPGIFT 8
GÄNGNING MED GÄNGTAPP

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 19. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Siemens

Programmering med utjämningschuck

När man gängar med gängtapp med enkelblocksmetoden används i Siemens koden G63. Denna kod är avsedd för gängning med gängtappen fastspänd i en utjämningschuck (flytande hållare). I blocket med G63 måste även matningen (F) programmeras. Matningen programmeras med hänsyn till vilken matningstyp som är programmerad. Om den programmerade matningen är mm/varv programmeras stigningen som matningshastighet. Är matningen däremot programmerad i mm/min, måste matningshastigheten räknas fram genom att varvtalet multipliceras med gängans stigning.

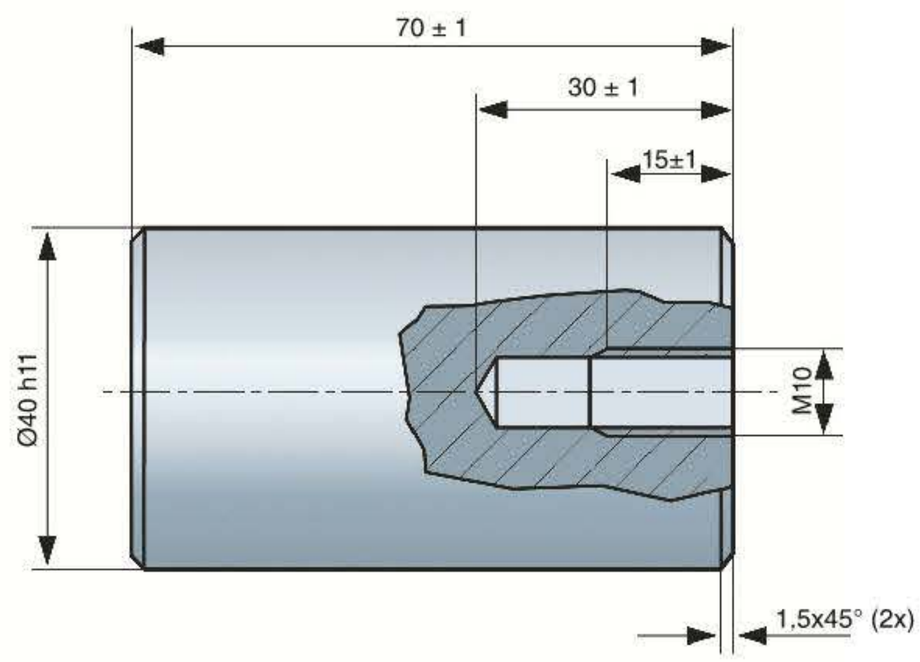
Återrörelsen ur hålet programmeras också med G63. I blocket med återrörelsen måste en rotationsändring (M3/M4) programmeras. Blocket med återrörelsen måste programmeras direkt efter själva gängningen. När en sådan hållare används måste gängtappen ha möjlighet att komma ur hålet innan någon ny positionering görs. Programmera därför utgången ur gängan efter utförd gängning till en Z-position som ligger cirka 5–10 millimeter utanför materialet. Både matningshastigheten och spindelvarvtalet fastställs till 100 % under gängning.

N… G63 Z… F… M3

N… G63 Z… F… M4

Siemens – Gängning med tapp – Exempel 11

Ritning 18



N5 G54

N10 TRANS Z70

N15 LIMS=3500

N20 G00 G53 X240 Z300 D0

N25 T1 D1

N30 G96 S… F… M...

N35 G00 X44 Z0

N40 G01 X-1

N45 G00 X33 Z2

N50 G01 X42 Z-2.5

N55 G00 G53 X240 Z300 D0

N60 T5 D1; BORR 8.8 MM

N65 G95 S … F… M3 M8

N70 G00 X0 Z10

N75 CYCLE83(10,0,2,-30,0,-12,0,2,0,0,1,1,1,3,0,0,0)

N80 G00 G53 X240 Z300 D0

N85 T7 D1 ; GAENGTAPP M10

N90 G95 S … M3 M8

N95 X0 Z5

N100 G63 Z-15 F1.25

N105 G63 Z5 F1.25 M4

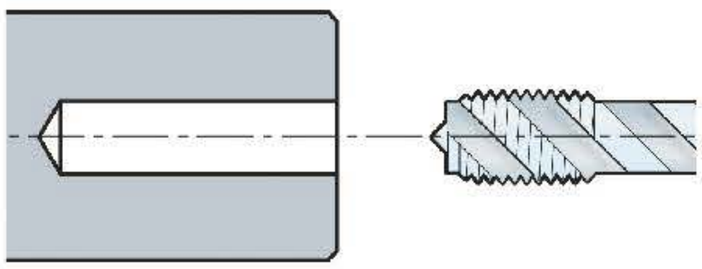
N105 G00 G53 X240 Z300 D0

N110 M30

N85 T7 D1 ; GAENGTAPP M10
Verktygsval.

N90 G95 S … M3 M8
Skärdata.

N95 X0 Z5
Positionering.



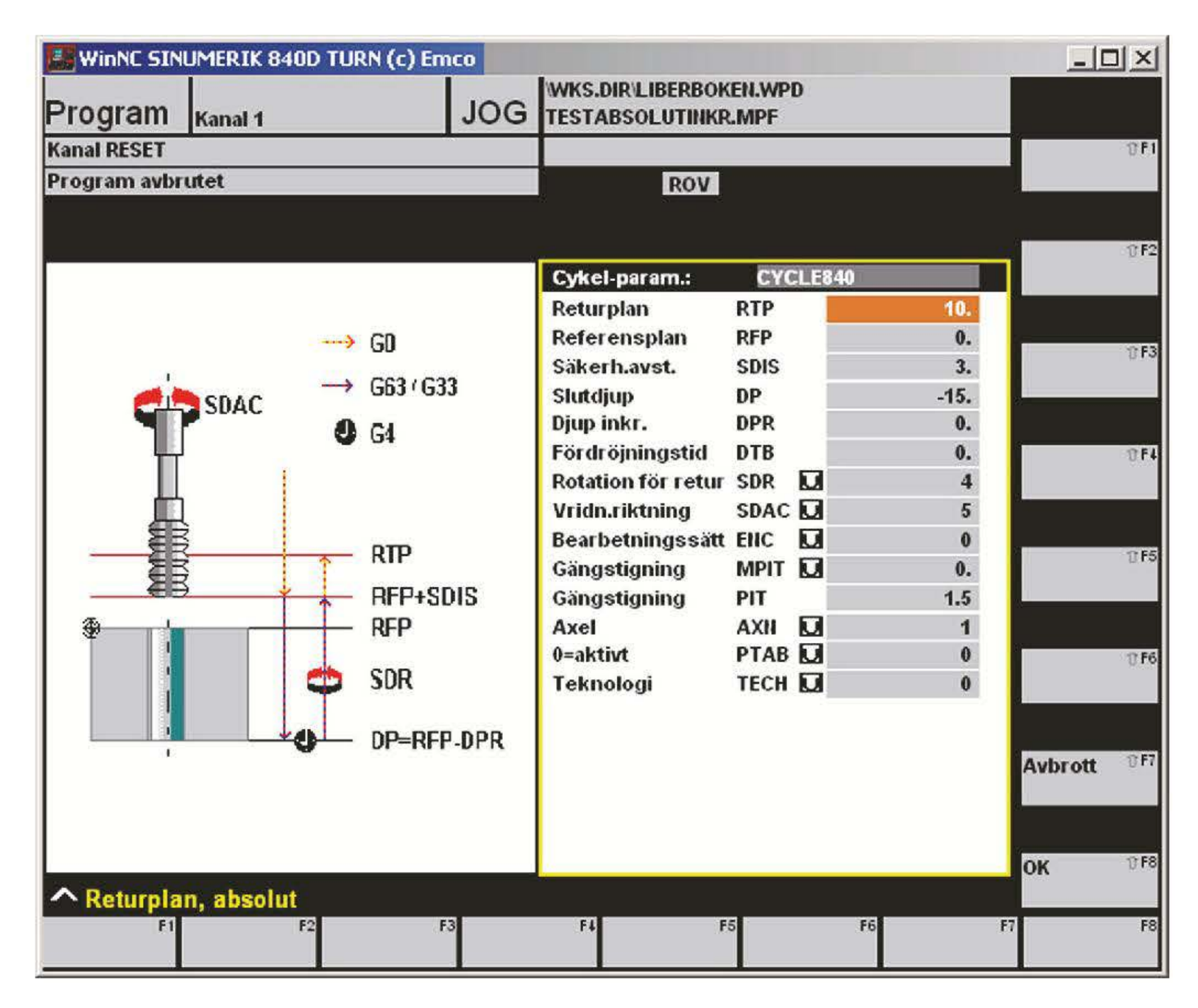
N100 G63 Z-15 F1.25
Gängning inmatning.

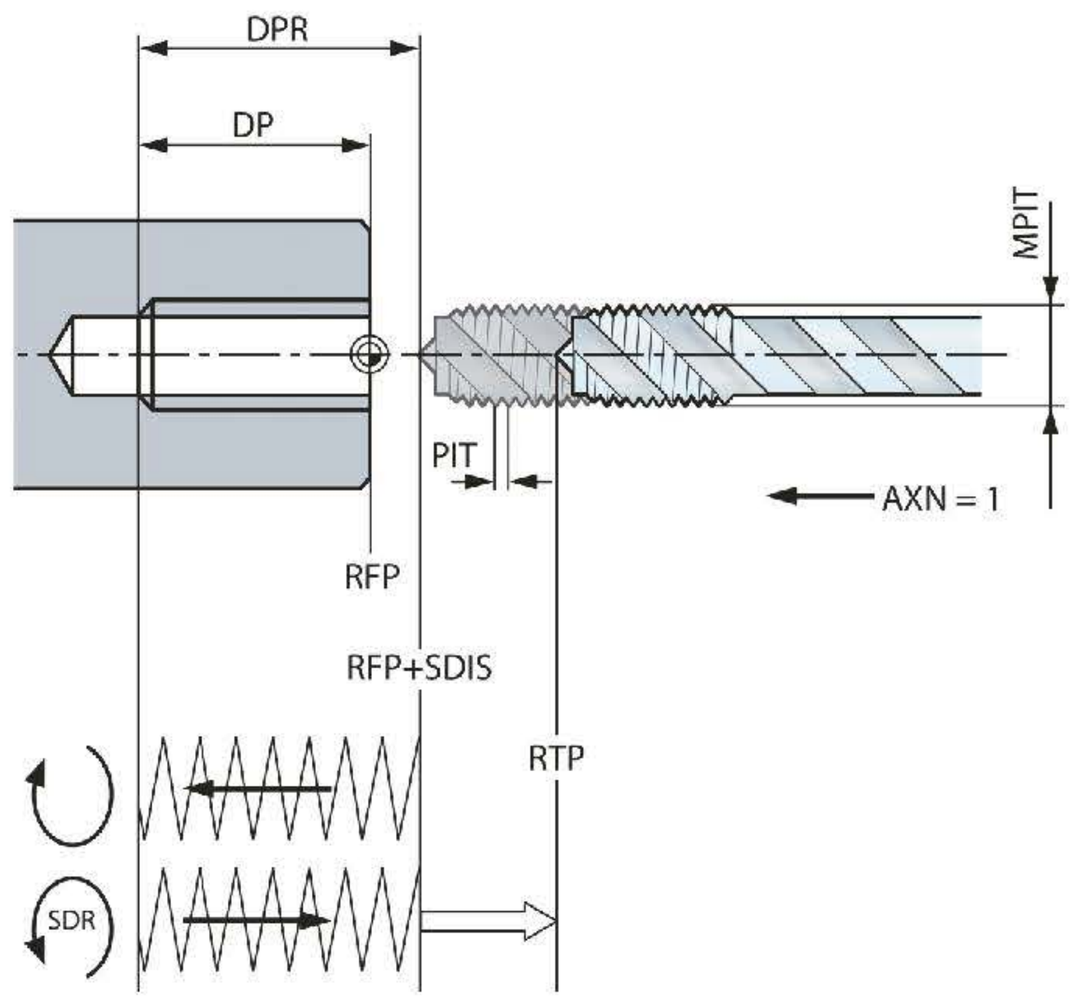
N105 G63 Z5 F1.25 M4
Gängning utmatning.

Programmering med gängcykel

I Siemens 810/840D finns det en särskild cykel för gängning utan utjämningschuck, ”rigid tapping” och en för gängning med utjämningschuck, ”flytande hållare”. Cykeln för gängning med fast hållare programmeras med CYCLE84 medan cykeln för gängning med flytande hållare programmeras med CYCLE840. Det är därför viktigt att välja rätt cykel beroende på vilken typ av fastspänning av gängtappen som används, och framför allt vilken typ av maskin som används. Gängning med fast hållare innebär att en maskin med lägesrelaterad spindel måste användas. Det är inte fallet i den här boken och därför är endast gängning med cykel CYCLE840 aktuell.

Först måste en positionering göras innan anropet av cykeln. Positionen i X-led görs i detta fall alltid till X0 eftersom borrning och gängning inte kan utföras i andra X-positioner, för den typ av maskin som vi använder oss av här. För att borra hål och gänga i positioner som inte är placerade i centrum av detaljen, måste maskinen ha möjlighet att bearbeta med drivna verktyg och vara utrustad med C-axel. Returpositionen är den position som verktyget förflyttas till efter utförd gängning. Den positionen måste vara sådan att gängtappen hinner lämna hålet innan ny positionering påbörjas, eftersom tappen annars kommer att brytas av.



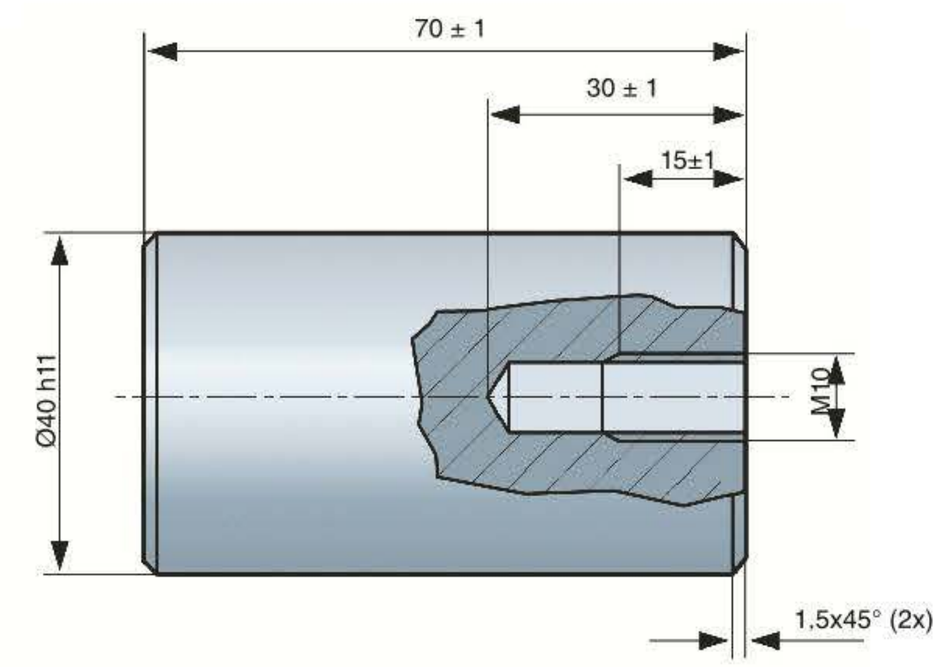


CYCLE840:

N…CYCLE840(RTP,RFP,SDIS,DP,DPR,DTB,SDR,SDAC,ENC,MPIT,PIT, AXN,PTAB,TECH,

RTP	Återgångsplan (absoluta koordinater). Till den här positionen flyttas verktyget efter gängning.
RFP	Referensplan (absoluta kordinater): Utgångsplan för gängningen, ofta Z0.
SDIS	Säkerhetsavstånd (anges utan förtecken). Startpunkt för gängningen.
DP	Gängdjup (absoluta koordinater).
DPR	Gängdjup relativt referensplanet, (anges utan förtecken).
DTB	Tidsfördröjning vid gängdjupet– används inte.
SDR	Rotationsriktning för återgångsvärden: 0 – Automatisk omkastning av rotationsriktningen. 3 – M3. 4 – M4.
SDAC	Rotationsriktning efter cykelslut värde: 3, 4 eller 5 (för M3, M4 eller M5).
ENC	Gängning med/utan givare– Värde: 0 = med givare 1 = utan givare.
MPIT	Gängstigning som gängstorlek– Värdeområde: 3 (för M3) … 48 (för M48).
PIT	Gängstigning som värde– Värdeområde: 0.001 … 2000.000 mm.
AXN	Val av axel, det vill säga om gängningen ska göras i axiell eller radiell riktning. För att gängningen ska kunna göras i radiell riktning fordras att maskinen är utrustad med drivna verktyg och C-axel. I den här boken används varken drivna verktyg eller C-axel. Därför utförs gängningen här endast i axiell riktning, det vill säga i Z-riktning. Parameter AXN programmeras därför i detta fall med värde 1. (Axelplan G18, inmatning i Z-riktning).
PTAB	Värde för vilket mätsystem som ska användas. Värde 0 anger det mätsystem som är aktivt i styrsystemet, det vill säga millimeter. Övriga inställningsmöjligheter: 1 = stigningen anges i millimeter, 2 = stigningen anges i gängor per tum, 3 = stigningen anges i tum per varv.
TECH	Special inställningar. Parametern programmeras med värde 0, vilket innebär att maskinen arbetar med de inställningar som gällde före cykelanropet.

Ritning 18 – med utjämningschuck



EXEMPEL_11

N5 G54

N10 TRANS Z70

N15 LIMS=3500

N20 G00 G53 X240 Z300 D0

N25 T1 D1

N30 G96 S… F… M...

N35 G00 X44 Z0

N40 G01 X-1

N45 G00 X33 Z2

N50 G01 X42 Z-2.5

N55 G00 G53 X240 Z300 D0

N60 T5 D1

N65 G95 S... F... M3 M8

N70 G00 X0 Z2

N75 CYCLE83(5,0,2,-18,0,-8,0,2,0,0,1,1,1,3,3,0,0,0)

N85 G00 G53 X240 Z300 D0

N90 T7 D1

N95 G95 S... M3 M8

N100 G00 X0 Z5

N105 CYCLE840(5,0,5,15,0,0,0,5,0,0,1.25,1,0,0)

N110 G00 G53 X240 Z300 D0

N115 M30

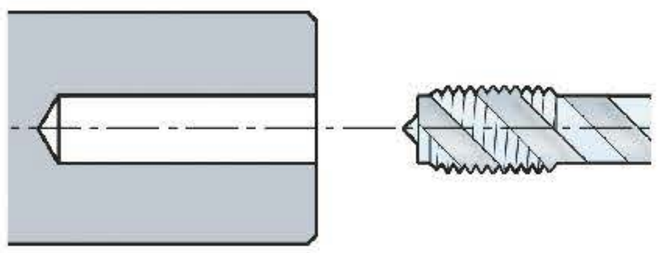
ÖVNINGSUPPGIFT 8
GÄNGNING MED GÄNGTAPP

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 19. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

N90 T7 D1
Verktygsval.

N95 G95 S... M3 M8
Skärdata.

N100 G00 X0 Z5
Positionering.

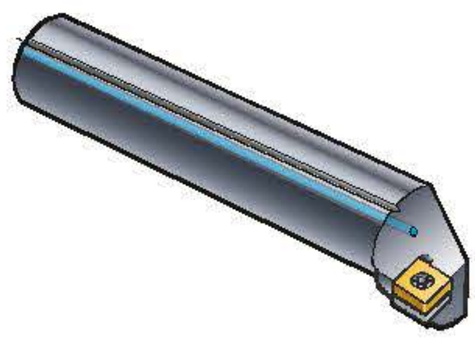


N105 CYCLE840(5,0,5,15,0,0,0,5,0,0,1.25,1,0,0)
Gängcykel.

Invändig svarvning

Invändig svarvning föregås alltid av en uppborrning av ett hål för svarvningen. Skärhållaren som används för den invändiga svarvningen kallas *svarvbom* och finns i standardiserade dimensioner.

Vid invändig svarvning tillkommer en del faktorer som man vid utvändig svarvning i regel inte behöver ta hänsyn till, exempelvis verktygets utstick och skärverktygets storlek. Risken för vibrationer gör att man alltid måste minimera verktygslängden samt anpassa verktygets storlek till diametern på hålet. Stabiliteten och därmed noggrannheten ökar om största möjliga verktyg används för svarvoperationen. Problem kan då istället uppstå med att spånorna får svårt att komma ur hålet samt att den radiella rörelsen för frikörning vid återgången minskar.

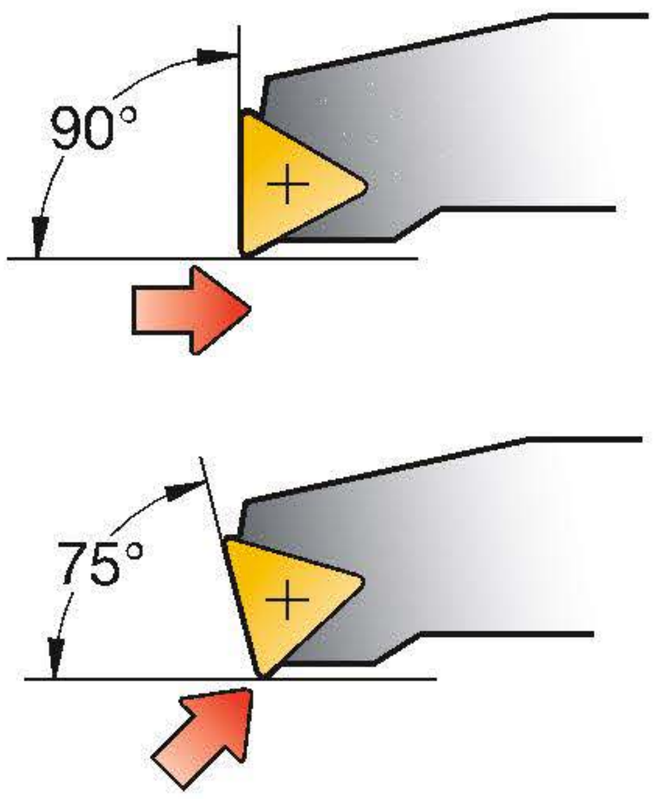


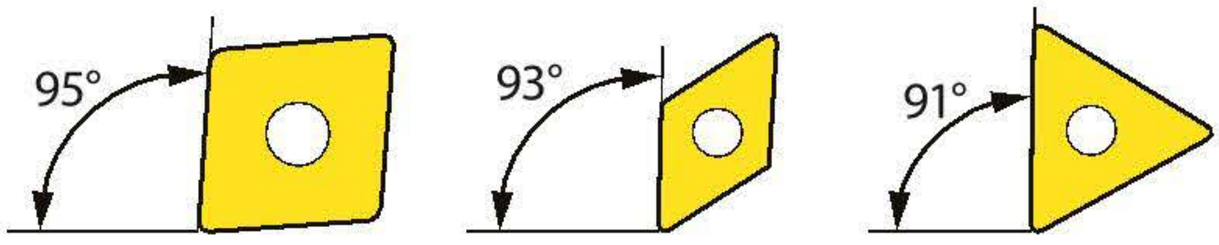
Svarvbom för invändig svarvning.

Verktyg

Ställvinkel

Ställvinkeln påverkar riktningen och storleken på axiella och radiella skärkrafterna och därmed utböjningen. En stor ställvinkel, till exempel 90 grader påverkar den axiella skärkraften medan en liten, exempelvis 45 grader ger en större skärkraft i tangentiell riktning. Den axiella skärkraften verkar längs med svarvbommen och har normalt ingen stor inverkan på bearbetningen. Den radiella påverkar utböjningen i mycket hög grad och inverkar negativt på resultatet. Rekommendationen är därför att välja verktyg med en ställvinkel så nära 90 grader som möjligt och aldrig mindre är 75 grader.

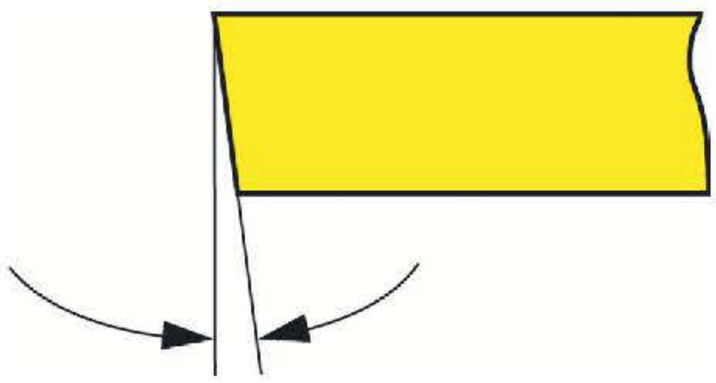




Rekommenderade släppningsvinklar.

Skärkrafters påverkan

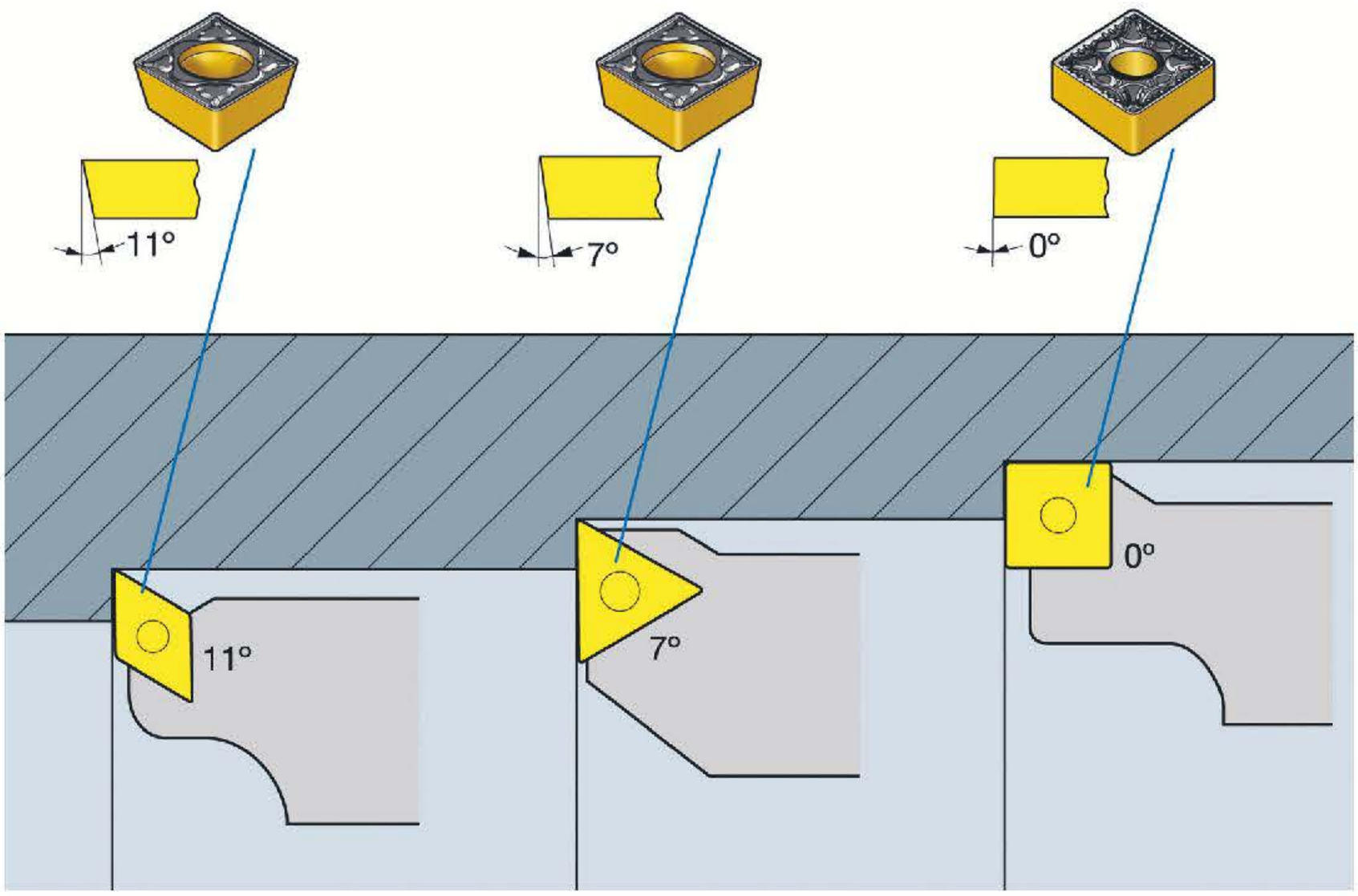
Vid ingrepp i materialet strävar skärkrafterna efter att böja ut skäret från arbetsstycket. Det innebär att skärets *släppningsvinkel* måste vara tillräcklig stor så att kontakt mellan skär och hålets vägg undviks.



Släppningsvinkel

Skärgeometri

Skärets grundform, dess positiva eller negativa släppningsvinkel, har en avgörande inverkan på svarvningen.



Bör ritas om. Vändskären måste vridas lite. jag skickar med en

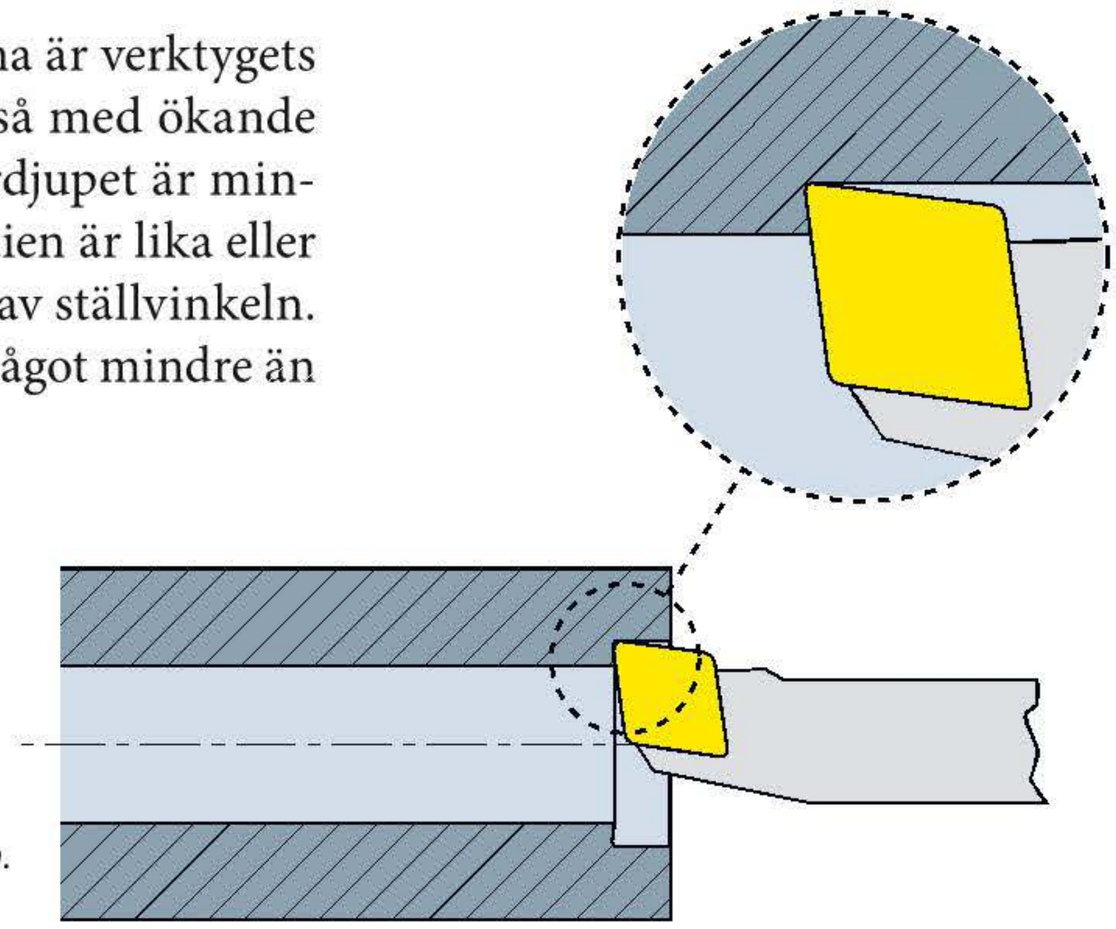
Första val vid små och medelstora hål

Första val vid små skärkrafter och långa överhäng är nödvändiga

Negativa skär–bäst ekonomi, fordrar korta överhäng och stabila förutsättningar

Nosradie

En annan faktor som påverkar skärkrafterna är verktygets nosradie. Risken för vibrationer ökar också med ökande nosradie. Allra störst påverkan fås då skärdjupet är mindre än skärverktygets nosradie. När nosradien är lika eller större än skärdjupet så avgörs utböjningen av ställvinkeln. Välj därför om möjligt en nosradie som är något mindre än skärdjupet, se figur.



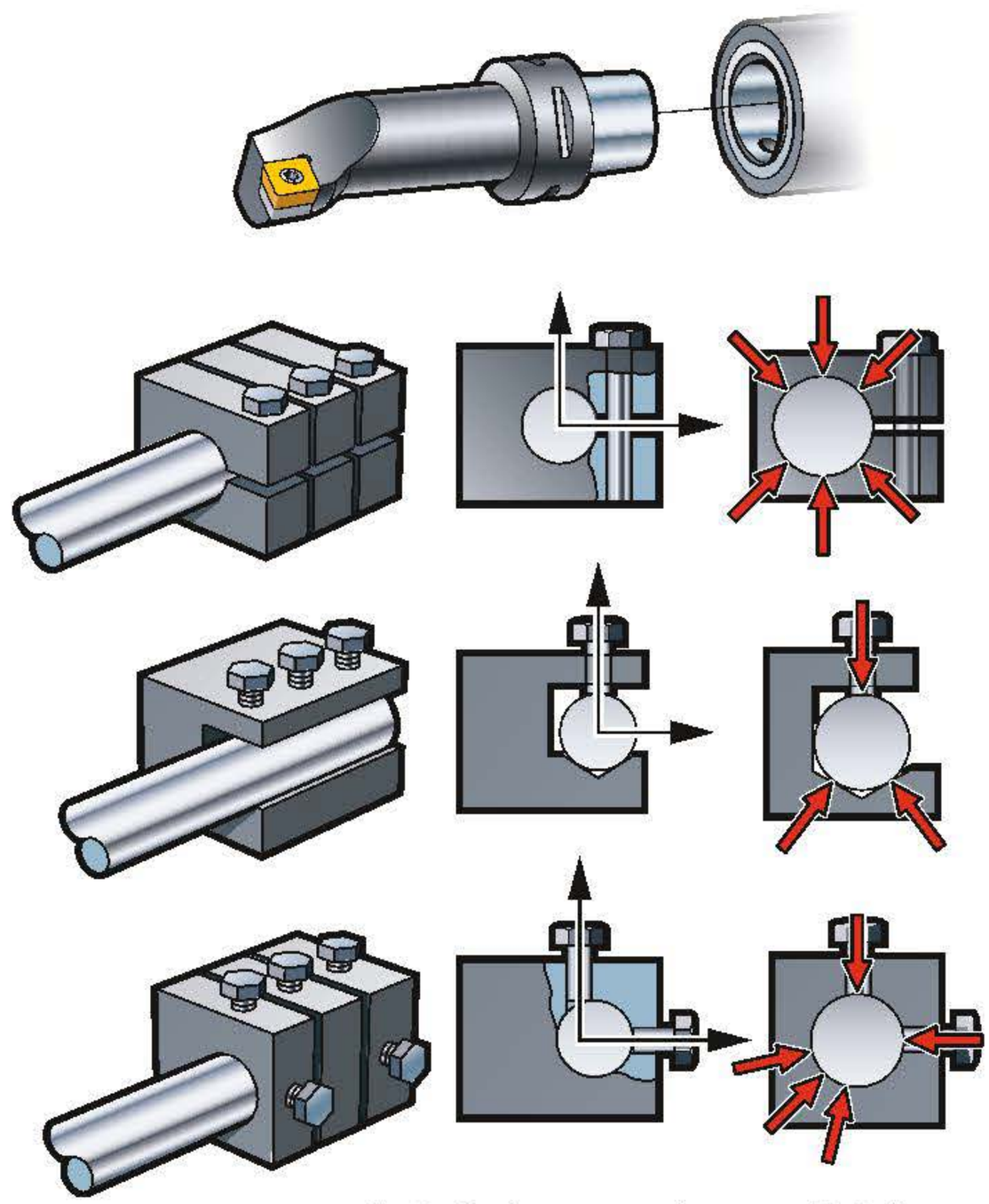
Skärdjupet är större än nosradien.

Svarvbommar

Utböjningen av svarvbommen påverkas i hög grad av hur svarvbommen är monterad i maskinen. Faktorer som avgör är materialet i bommen, storleken på svarvbommen, det vill säga diametern, och utstick från fastspänningen.

Varje rörelse i den fastspända delen av svarvbommen leder till en utböjning av skäret. För att undvika detta måste samtliga ytor i uppspänningen vara rengjorda, ha hög ytjämnhet och vara hårda för att tåla tryck. Figuren visar olika uppspänningsmetoder samt vilka som är bra ur stabilitetssynpunkt.

Det finns i princip två typer av svarvbommar. Dels konventionella som är tillverkade i ett homogent stålmaterial eller hårdmetall, dels vibrationsdämpande svarvbommar.



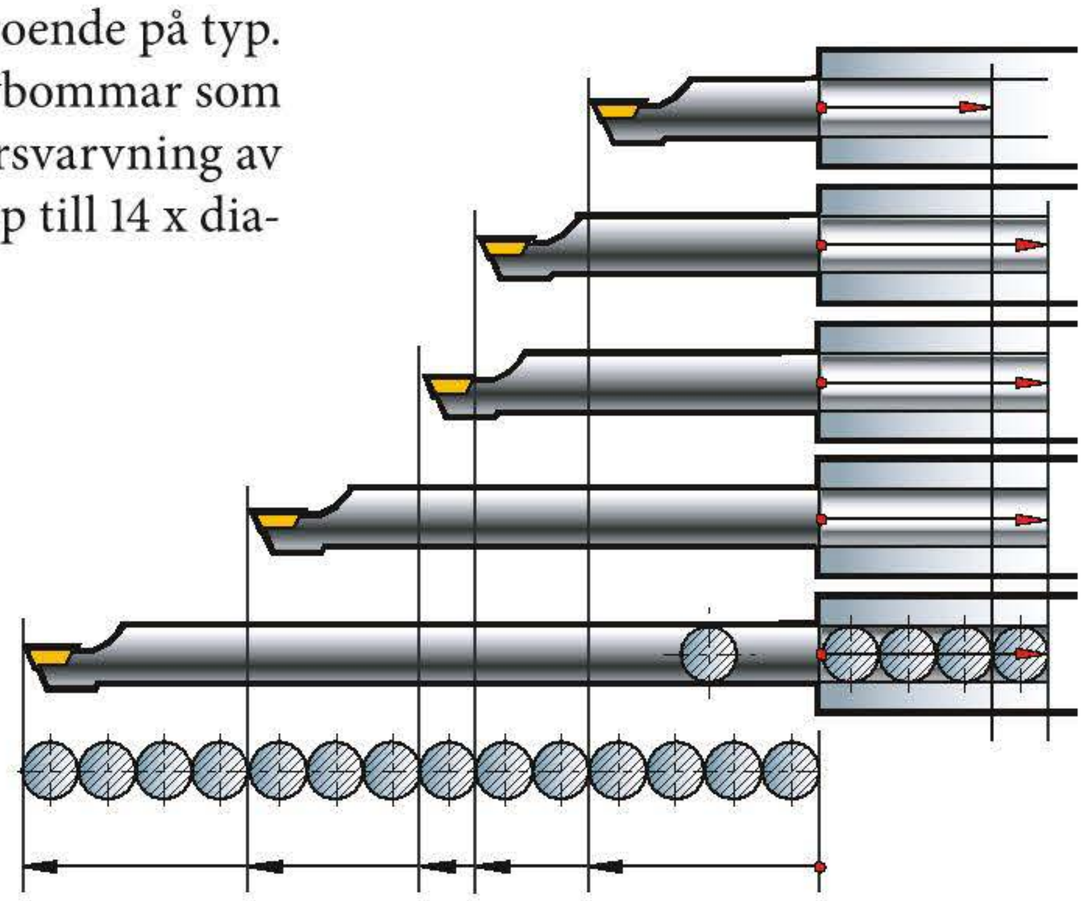
Fastspänning av svarvbommar. De två översta fastspänningar är mest lämpliga. De övriga rekommenderas inte. Kontakten mellan verktyget och verktygshållaren är viktig.

Samtliga ska spännas fast i hållare som helt omsluter svarvbommen. Fastspänning med skruvar kan skada de konventionella bommarna och ger ingen stabil uppspänning av svarvbommen. Vibrationsdämpande svarvbommar får aldrig skruvas fast med skruvar.

Vibrationsdämpande svarvbom – jämnare yta och snävare toleranser.

Överhäng

Rekommenderade överhäng för konventionella svarvbommar i stålmaterial är maximalt cirka 4 x diametern på bommen. Med svarvbommar av hårdmetall kan överhänget ökas till 6 x diametern. Motsvarande siffra för en vibrationsdämpande svarvbom är 7–10 x diametern beroende på typ. Det finns även hårdmetallförstärkta stålsvarvbommar som används för mycket stora överhäng, vid innersvarvning av mycket långa hål. Dessa kan man använda upp till 14 x diametern på svarvbommen.



Utstick från verktygshållaren varierar från fyra gånger diametern för svarvbommar i stål upp till 14 gånger diametern för hårdmetallsförstärkta vibrationsdämpande svarvbommar.

Fastspänningslängd

En annan viktig faktor för stabiliteten är uppspänningslängden. Det finns rekommenderade värden även för detta. En tumregel är att fastspänningslängden aldrig får understiga 3 x bomdiametern.

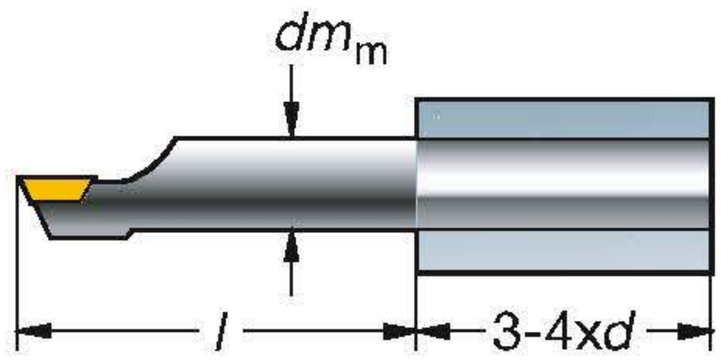


Bild 11

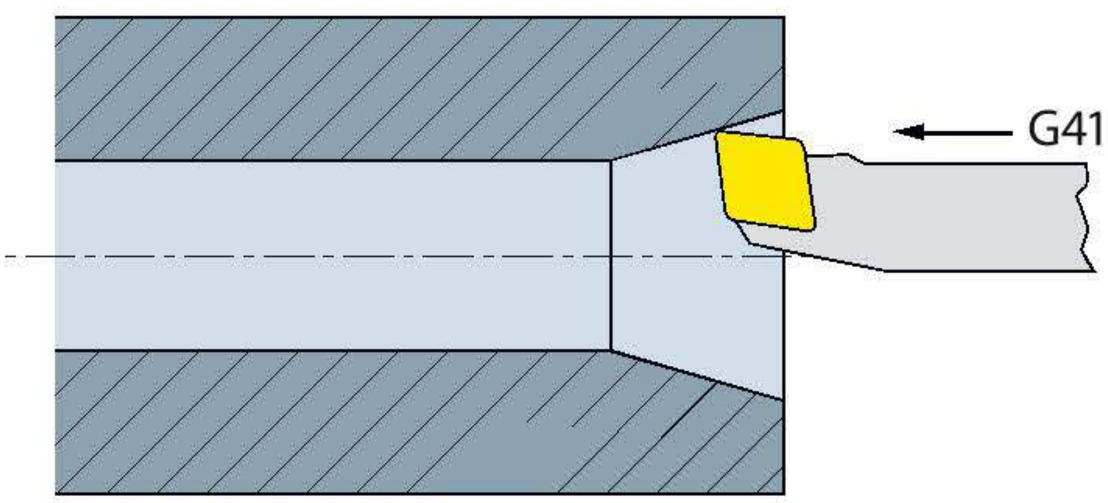
Spånkontroll

Vid såväl utvändig som invändig svarvning måste man försäkra sig om att få spånor som inte ställer till problem vid bearbetningen. Vid invändig svarvning ska man försöka få korta spiralformade spånor, eftersom dessa är lättast att få ut ur hålet och inte ger så stora påfrestningar på skäret när de bryts. Att få bort spånorna ur hålet är viktigt eftersom de annars orsakar spånstockning, vilket skadar ytan eller verktyget. Ett sätt att effektivt få ut spånorna ur hålet är att använda skärvätsketillförsel och allra helst verktyg med invändig spolning, det vill säga spolning som går igenom verktyget och kommer ut vid skärspetsen.

Kontrollista för invändig svarvning

Programmering och förberedelse

Programmeringen vid invändig svarvning är lika som vid utvändig svarvning. Samma koder och cykler används. Beskrivningen för parametrarna för längdsvarvningscyklerna kan ses i avsnittet *Allmän svarvning*. De skillnader gentemot utvändig svarvning som man ska observera är framför allt att nosradiekompenseringen i regel programmeras med G41 (kompensering till vänster om konturen).



Nosradiekompensering vid invändig svarvning – G41.

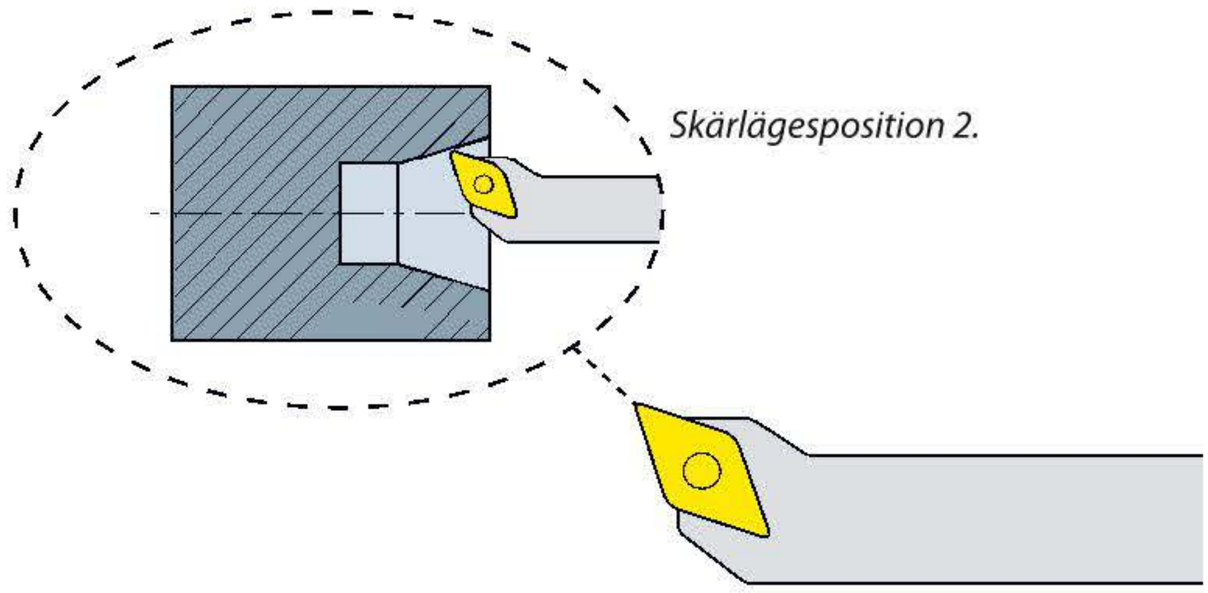
Faktaruta

- Välj största möjliga borrdiameter, med hänsyn tagen till spånavgång och radiell förflyttning.
- Välj minsta möjliga överhäng som samtidigt har den minst den rekommenderade fastspänningslängden.
- Välj en ställvinkel som är så nära 90 grader som möjligt.
- Välj om möjligt skär med positiv grundform.
- Välj en nosradie som är mindre än skärdjupet.
- Små skärdjup kan ge vibrationer på grund av friktion istället för ett skärförlopp.
- Stora skärdjup kan ge upphov till vibrationer på grund av verktygsutböjning.

Skärläge och uppspänning

Vid invändig svarvning enligt figur måste man också ange skärläget med en tvåa i verktygsregistret. Observera att verktygsspetsen måste monteras så att den är riktad på det sätt som figuren visar.

Vid den typ av verktygsrevolver som visas på figuren innebär det att verktygslängden i X-riktning får ett negativt (-) värde. Anledningen till att verktygsspetsen måste riktas på så sätt är att rörelsen i X-led är begränsad.



Skärlägesposition 2.

Längdsvarvningscykler – invändigt: Återgångsrörelse

Vid invändig svarvning med cykler måste man ta hänsyn till återgångsrörelsen, det vill säga förflyttningen från konturen efter bearbetningsskäret. Det är ett moment som kan orsaka en kollision eftersom utrymmet för svarvbommen är begränsat, och risken för att gå emot svarvbommens baksida vid returrörelsen är mycket stor.

Man måste även vara observant på spånstockning som kan uppstå om utrymmet mellan verktyg och hålvägg är sådant att spånorna kan fastna. Det gäller därför att kontrollera så att spånorna har möjlighet att transporteras ut ur hålet utan att skada verktyget eller den svarvade ytan. Användning av skärvätska underlättar detta, särskilt om spolningen av skärvätskan sker genom verktyget så att vätskan kommer åt att trycka ut spånorna.

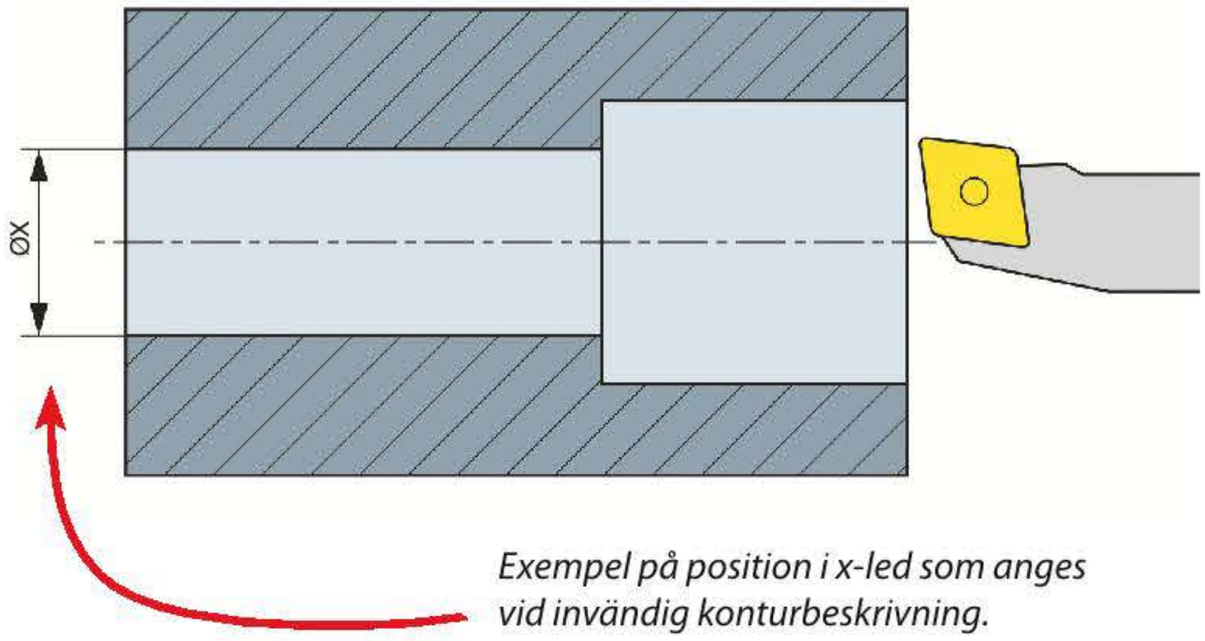
Beskrivning av konturen

Konturbeskrivningen görs på samma sätt som vid utvändig bearbetning, genom att ange den färdiga konturens olika delkonturer, med rörelser som programmerats med de koder som behövs för detta. Men det är mycket viktigt att tänka på att man inte beskriver den längre än till den tidigare borrade diametern. Se figur. Det beror på att cykeln utgår vid sin beräkning av bearbetningsbanorna från konturbeskrivningens sista X-position.

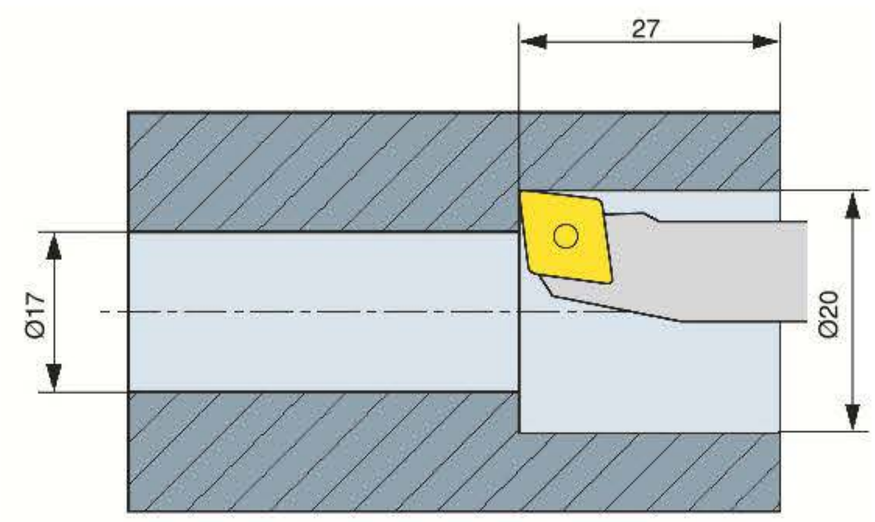
Det kan ofta vara svårt att förutse vid vilka positioner som en svarvcykel gör sitt första bearbetningsskär.

Gör därför en simulering eller enkelblockskörning för att avläsa X-positionerna vid första skäret. Både tillsättning av skärdjup och återgång ur materialet kontrolleras.

Dessutom kontrollerar man om rörelserna är möjliga utan kollision mot hålväggens andra sida. Vid osäkerhet kan ett skär med ”vanlig” programmering innan användningen av cykeln vara en enkel metod för att undvika problem.



Exempel på position i x-led som anges vid invändig konturbeskrivning.



N…

N… G0 X20 Z2

N… G1 Z-26.9

N… G0 X19 Z2

N… Cykelanrop

N…

Programexempel med manuellt programmerat skär vid ”trånga utrymmen”.

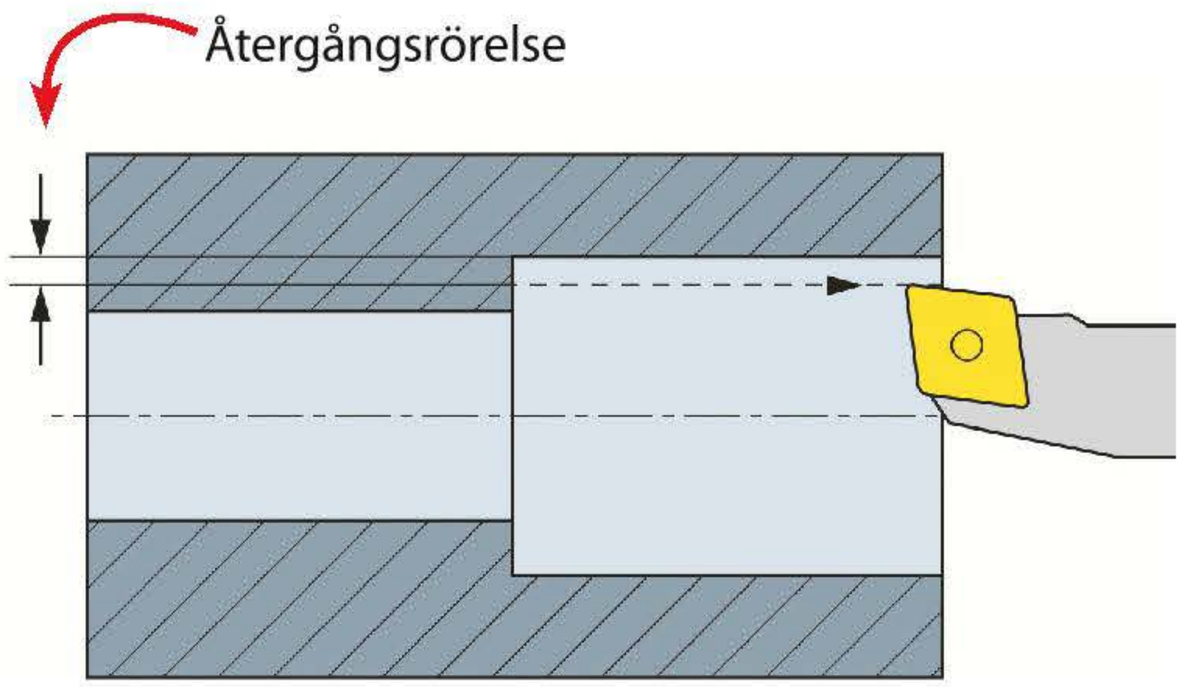
Gör först ett skär med enkelblocksprogrammering innan cykeln anropas.

Fanuc 21

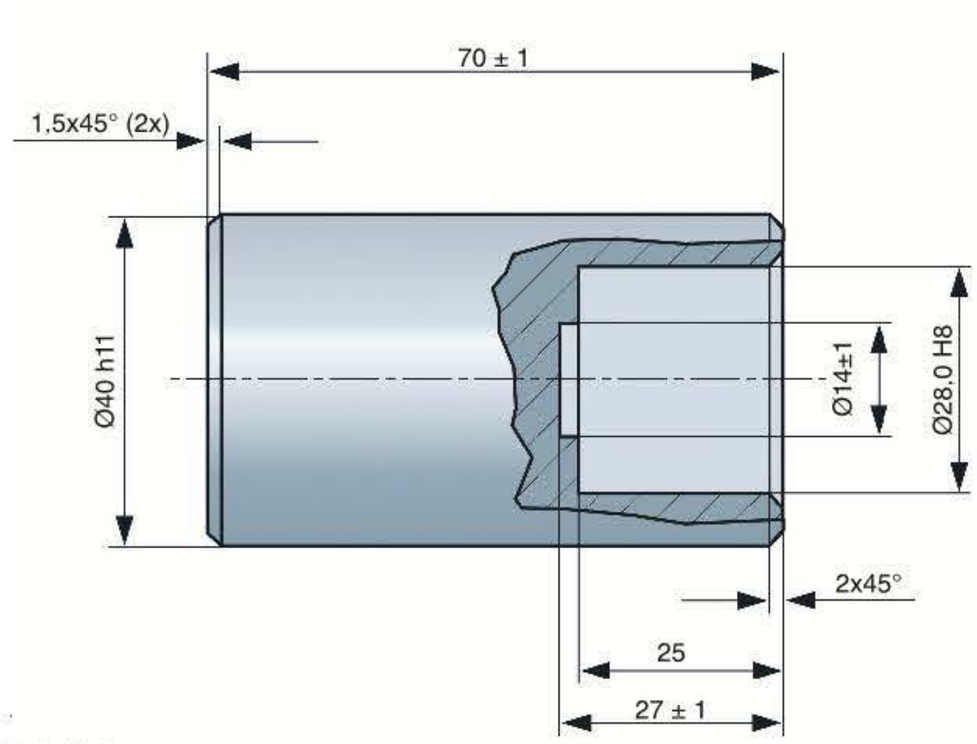
Återgångsrörelsen programmeras med adress R i Fanuc. Parametern är ett radiellt värde som programmeras utan förtecken både vid in- och utvändig svarvning. Det är vid det sista bearbetningsskäret i cykeln som den minsta X-positionen uppsöks. Därför måste man vara särskilt försiktig vid provkörningen. Startpunkten för det första skäret vid cykelbearbetningen kan man styra genom att välja utgångspunkten för cykeln så att första skäret körs med fullt skärdjup. Kontrollera och avläs positioner vid simuleringen alternativt vid körning utan detalj.

N… G73 U… **R…**

N… G73 P… Q… U… W…



Ritning 20



N … G28 U0 W0

N … T0606 (Korthålsborr Ø14 mm)

N … G97 S... M3 F... M8.

N … G00 X0 Z2

N … G01 Z-27

N … G00 Z2

N … G28 U0 W0

N … T0909 (SVARVBOM 12 MM)

N … G96 S… F… M... M8

N … G00 X17 Z2

N … G01 Z-24.9

N … G00 X16 Z2

N … G73 U1.5 R0.5

N … G73 P1 Q2 U0.5 W0.1

N 1 G00 G41 X36 Z2

N … G01 X28 A225 F…..

N … Z-25

N2 G40 X13.8

N … G28 U0 W0

N … T1111 (SVARVBOM 12 MM)

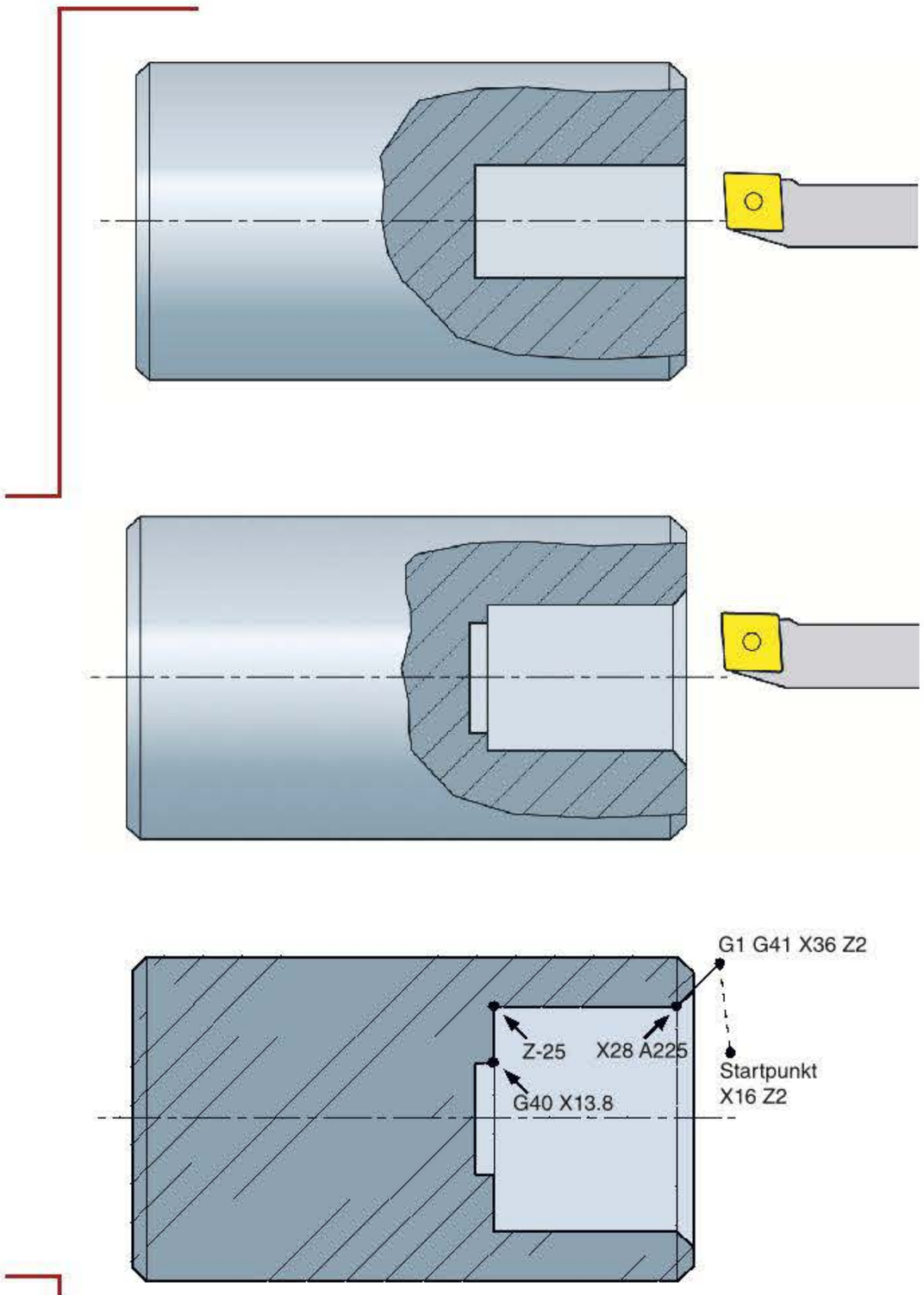
N … G96 S… F... M... M8

N … G00 X10 Z2

N … G72 P1 Q2

N … G28 U0 W0

N … M30

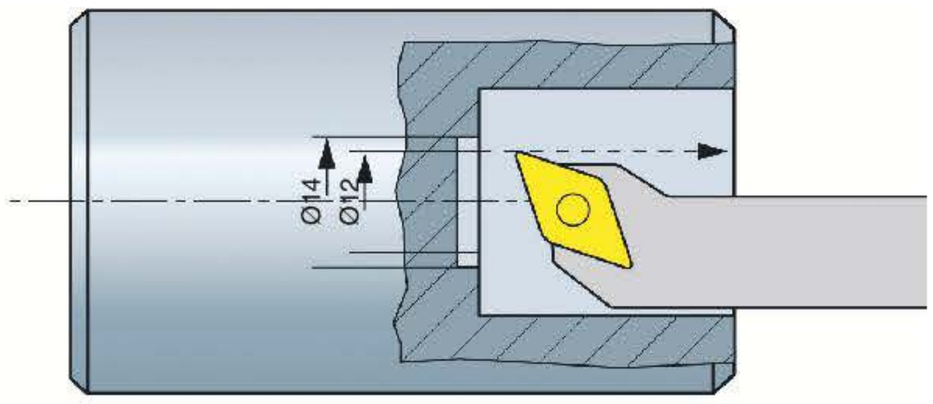


Invändig kontur, exempel 12.

ÖVNINGSUPPGIFT 9
INVÄNDIG SVARVNING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 21. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

Siemens 810/840D



Parameter VRT – frånkörningsvärde.

Körning från konturen efter bearbetningen programmeras i parameter VRT och kallas i Siemens för lyftväg. Parametern är ett radiellt värde som programmeras utan förtecken både vid in- och utvändig svarvning. Om inget värde programmeras för parametern tar den ett förprogrammerat värde på 1 millimeter. Frånkörningen sker till den avslutande positionen i konturbeskrivningen minskad med lyftvägen (VRT).

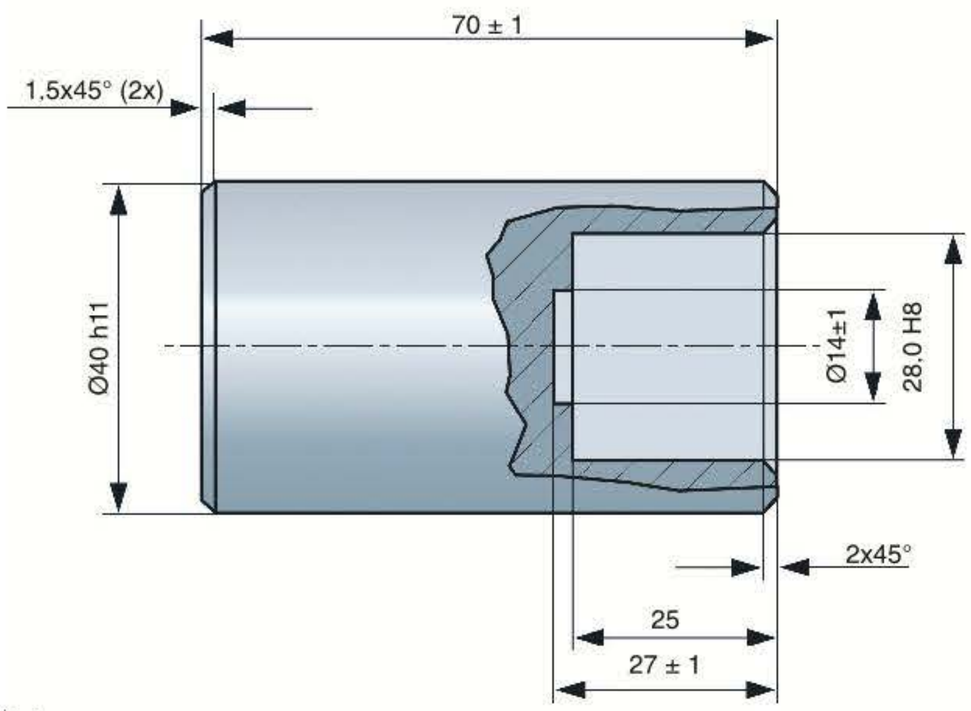
Exempel. Figuren visar positionen vid frånkörningen i exempel 12 om parameter VRT har programmerats så att lyftvägen är 1 millimeter, och när slutpositionen för konturbeskrivningen är 14 millimeter.

Parametern VARI programmeras med värde 3, 7 eller 11. Vid värde 3 görs en grovbearbetning med de skärdjup som programmerats, och som lämnar kvar finbearbetningsmånen i X och Z. Värde 7 anger att cykeln enbart gör ett finskär och svarvar bort finsvarvningsmånen. Observera att detta görs även om värdena för finsvarvningsmånen är kvar i cykeln. Vid värde 11 utförs en komplett bearbetning, såväl grov- som finsvarvning. I detta fall sker svarvningen med samma verktyg för grov- och finkörningen.

Tips!

För WinNC-användare. För att kontrollera hur hela bearbetningen ser ut så kan man skapa ett verktyg i ToolGenerator som överensstämmer med det faktiska verktyget och simulera i 3D. Välj att visa endast halva detaljen under menyvalet Vy så syns den invändiga bearbetningen. Simulera med enkelblockskörning så hinner man läsa av alla positioner.

Ritning 20



Underprogram för konturbeskrivningen

KONTUR_20

N5 G1 X32 Z0

N10 X28 CHR=2

N15 Z-25

N20 X14

N25 M17

N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … T6 D1 ; KORTHAALSBORR Ø14 MM

N … G97 S… F… M3 M8

N … G00 X0 Z2

N … G01 Z-27

N … G00 Z2

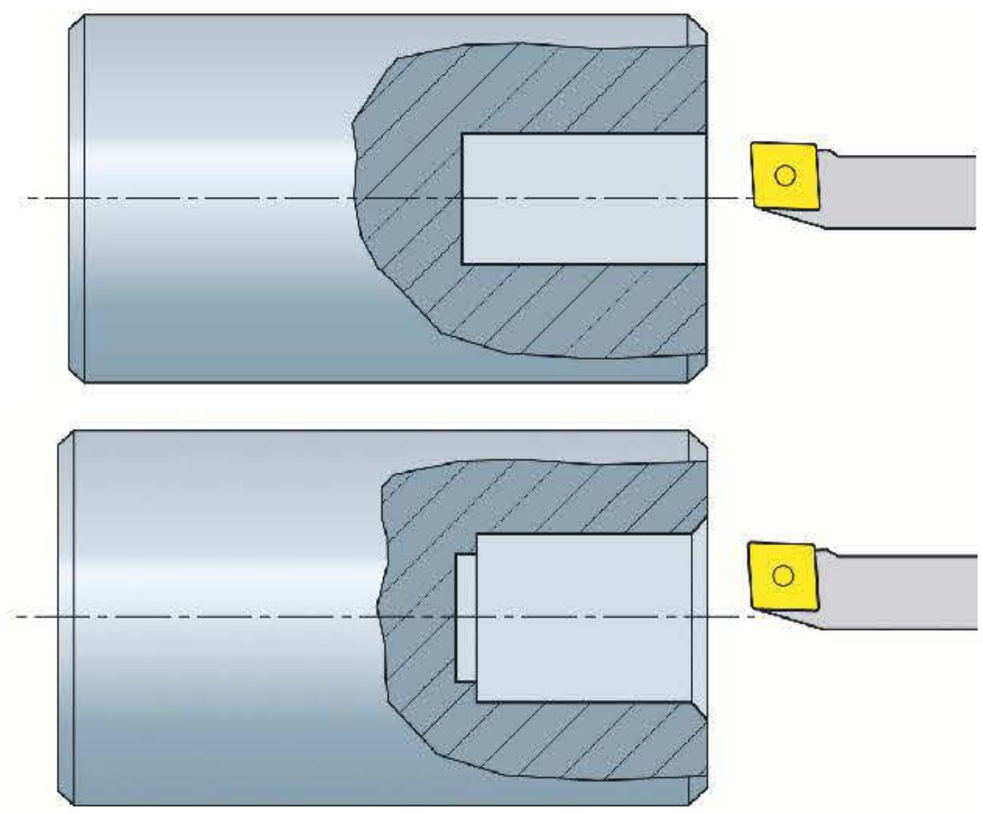
N … G00 G53 X240 Z300 D0

; ==== GROVSVARVNING =====

N … T9 D1

N … G96 S… F… M... M8

N … CYCLE95("KONT_20",1.5,0.1,0.5,0,0.20,0,0,3,0,0,0.5)



N … CYCLE95
Cykelanrop invändig grovsvarvning.

N … G00 G53 X240 Z300 D0

; ==== FINSVARVNING ====

N … T11 D1 ; SVARVBOM Ø12 MM

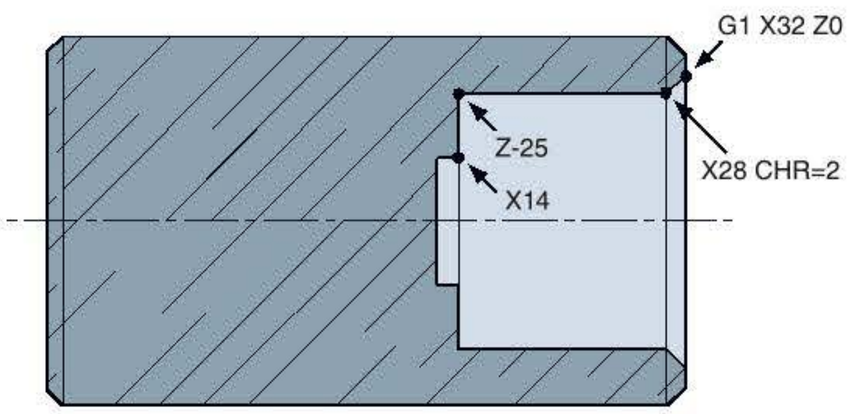
N … G96 S…. M... M8

N … CYCLE95("KONT_20",0,0,0,0,0,0,0,0.12,7,0 ,0,0.5)

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … M30

N … CYCLE95
Cykelanrop invändig finsvarvning.

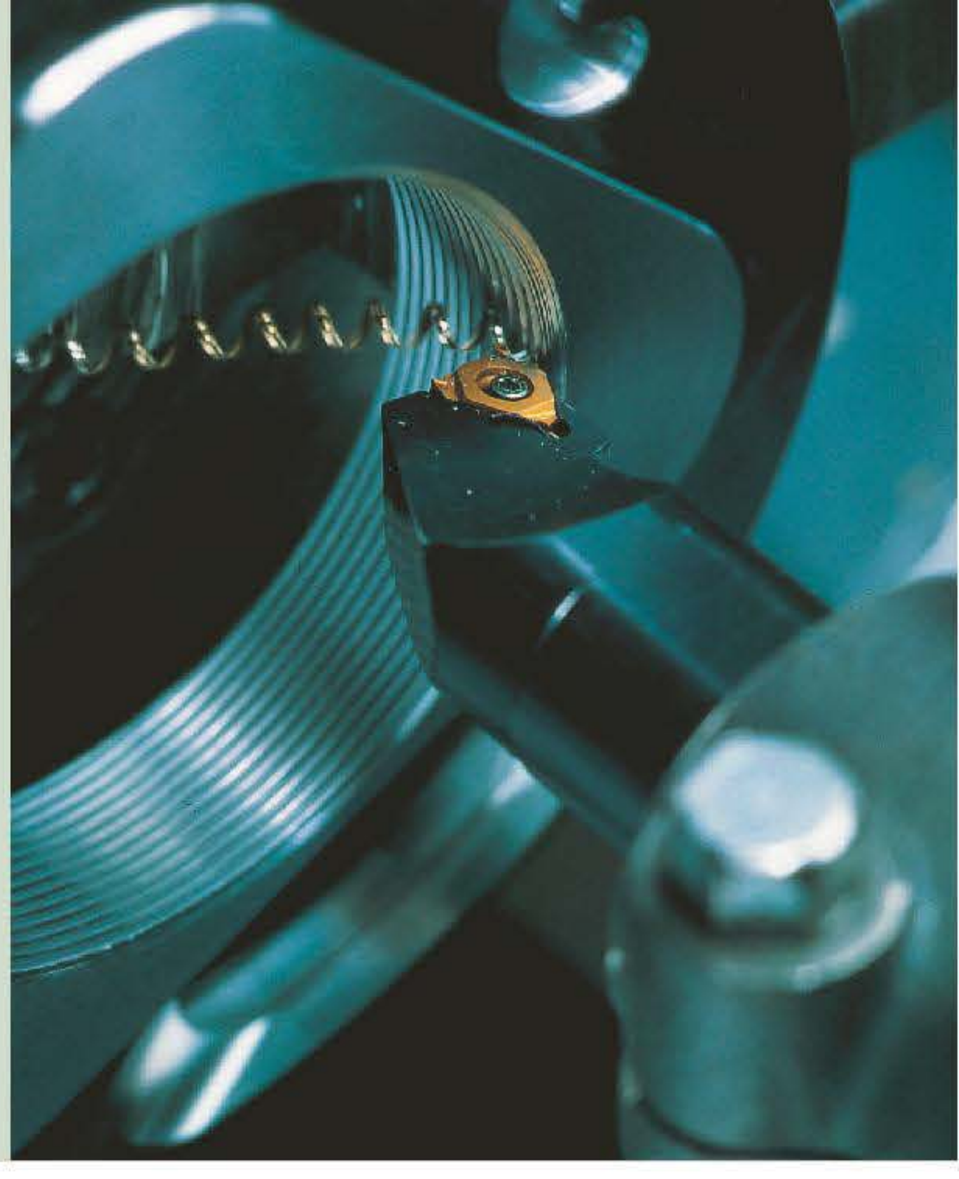


Svarvbom ø12 mm

ÖVNINGSUPPGIFT 9
INVÄNDIG SVARVNING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 21. Programförslag till övningen finns i Plustjänsten.

Invändig gängsvarvning



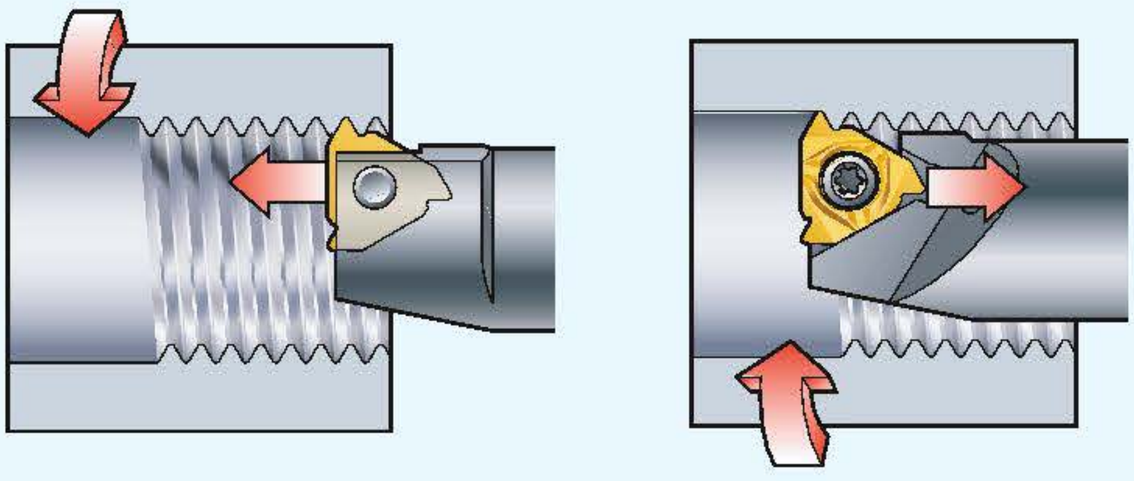
Allmänt

Invändig gängning skiljer sig inte mycket från utvändig gängning förutom de problem som finns med skärkrafternas inverkan på utböjningen av verktygsstålet. De åtgärdas på samma sätt som vid invändig bearbetning. Det innebär att de faktorer som nämnts i avsnittet om utvändig gängning gäller även vid invändig gängning.

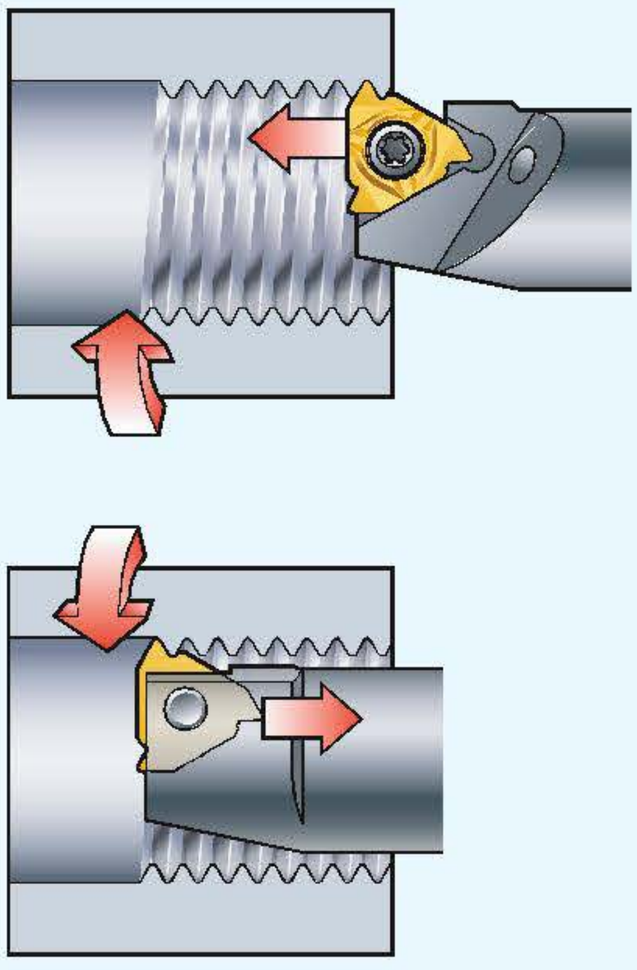
Metod

Vid invändig gängning är det en fördel att använda ett vänsterverktyg för att svarva en högergänga. Verktyget kommer då att matas från chucken. Detta gör att spånorna lättare kommer ut ur hålet. Det ger stora fördelar ur bearbetningssynpunkt, eftersom just spånstockning mellan svarvbom och hålets yta är ett mycket stort problem.

Metoder för högergängor



Metoder för vänstergängor



Inmatningsdjup

ISO-gängprofil och även andra gängsystem är konstruerade så att gängdjupet skiljer mellan skruv och mutter. Detta innebär att man inte kan använda samma fullprofilvändskär för in- och utvändig gängning. Det teoretiska profildjupet för ISO-gängprofil på en *invändig gänga* är lika med 0,54127 x stigningen. Se figur.

Vid praktisk användning används istället 0.6 x stigningen som ett startvärde för att beräkna det totala inmatningsdjupet. Om man inte vill använda den beräkningen finns det i verktygstillverkarnas skärdatahandböcker tabeller med det totala inmatningsdjupet samt förslag på uppdelning i antal gängpass och inmatningsdjup för varje pass.

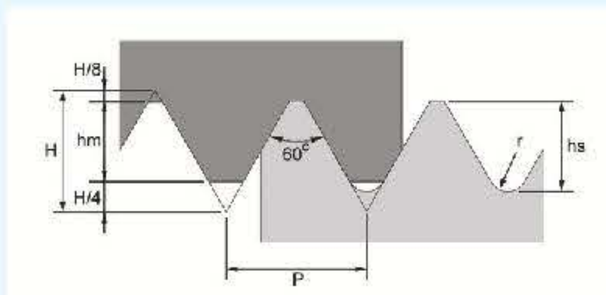
DORMER

Gängning med tapp

GÄNG PROFILER

ISO-gängor
Metriska gängor, M
Unified gängor, UN

H	=	0,86603 P
Hm	=	5/8H = 0,54127 P
Hs	=	17/24H = 0,613343 P
H/8	=	0,10825 P
H/4	=	0,21651 P
R	=	H/6 = 0,14434P



ISO metrisk, invändig

Antal inmatningar	Stigning mm ← Sänk skärhastigheten.								
	0.5	0.75	1.0	1.25	1.5	1.75	2.0	2.5	3.0
	Radiell inmatning per passering, mm								
1	0.11	0.17	0.19	0.20	0.22	0.22	0.25	0.27	0.28
2	0.09	0.14	0.16	0.17	0.21	0.21	0.23	0.25	0.26
3	0.07	0.10	0.11	0.13	0.15	0.15	0.17	0.18	0.20
4	0.07	0.07	0.09	0.10	0.13	0.13	0.14	0.15	0.16
5	0.34	0.48	0.08	0.09	0.11	0.10	0.12	0.13	0.14
6			0.63	0.08	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13
7				0.77	0.90	0.09	0.10	0.11	0.12

Tabell för antal passeringar och inmatningsdjup för ISO-metruíska invändiga gängor

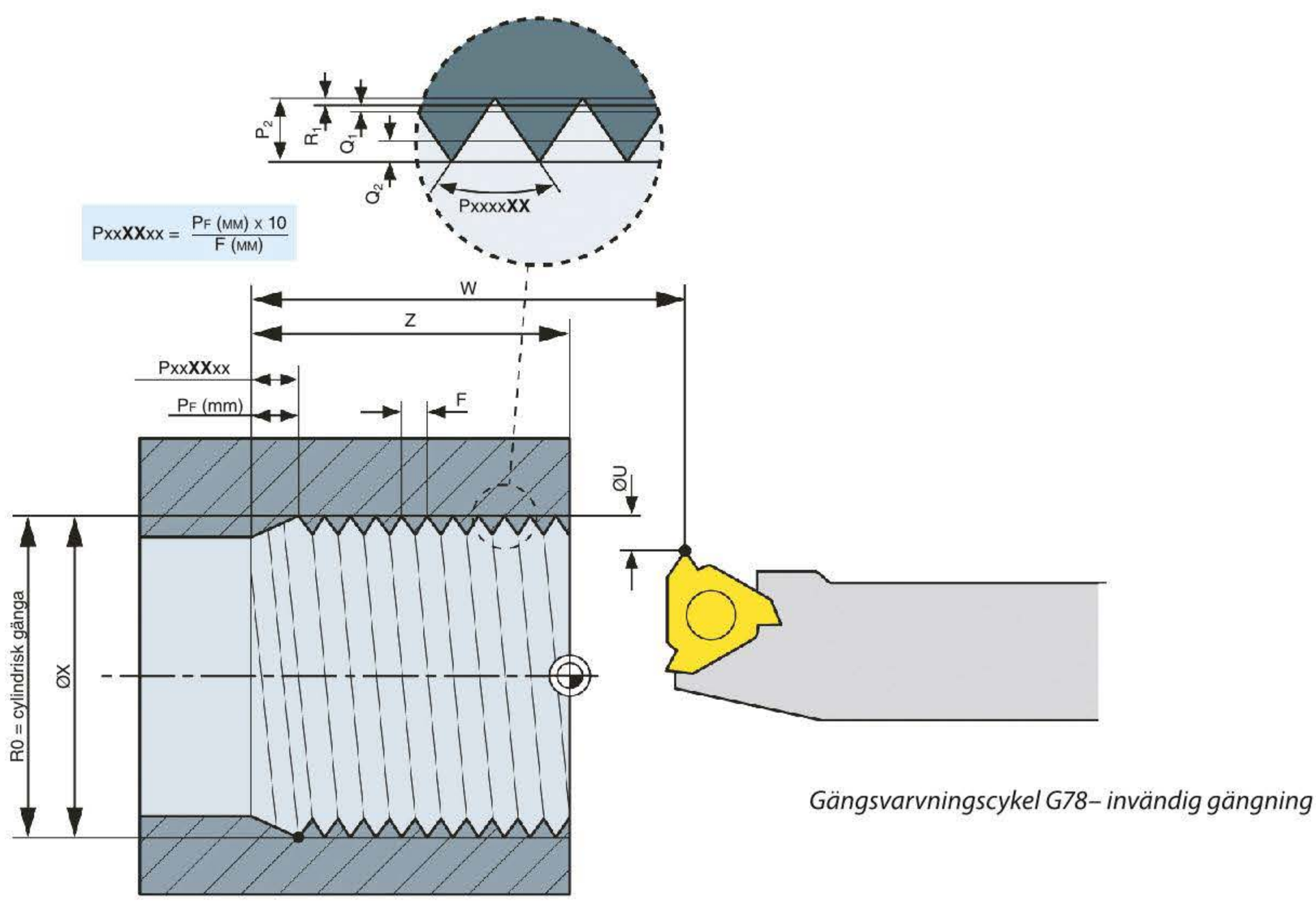
Programmering

Programmeringen för en invändig gänga utförs på samma sätt som för en utvändig gänga. Detta gäller såväl vid enkelblocksprogrammering som vid programmering med gängsvarvningscykel. Samma koder och cykeladresser används som vid utvändig gängning.

Fanuc

Gängsvarvningscykel G 78

En komplett parameterbeskrivning visas i kapitlet för utvändig gängning.



Gängsvarvningscykel G78– invändig gängning

N… G78 P… Q_1… R…

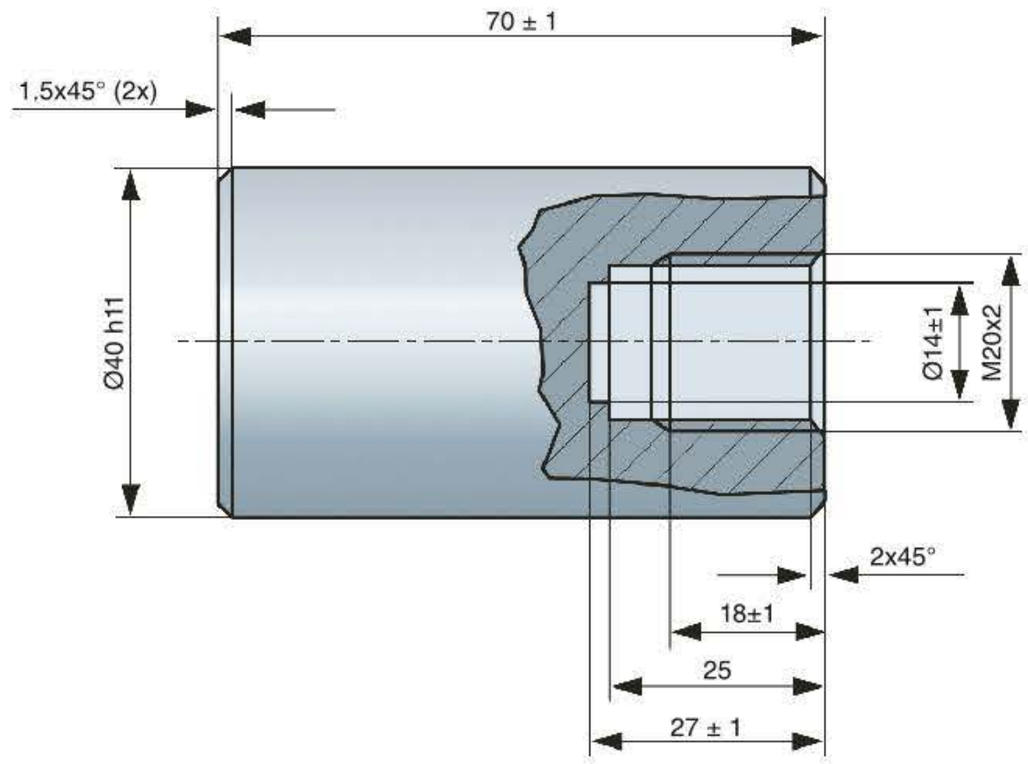
N… G78 X… Z… R… P… Q_2… F…

Återgångsvärdet i cykeln beror på startpunkten i cykeln. Startpunkten är den position som verktyget har placerats vid innan anropet av cykeln. Det gäller därför att försäkra sig om att verktyget inte tar emot baksidan av hålet vid återgångsrörelsen.

Gängdjup, i exempel 13, programmeras enligt beräkningen 0.6 x stigningen 2 mm = 1.2 mm. Detta innebär att innerdiametern blir 20 – (2 x 1.2) = 17.6 millimeter. Gängdjupet programmeras under adress P och anges liksom adresserna Q_1 och Q_2 i µm– tusendels millimeter. Programmering med de värden som anges i cykeln innebär att gängningen utförs med 10 pass. Om man vill förändra detta så får man ange andra värden för parameter Q_1 och Q_2.

Fanuc – Invändig gängsvarvning – Exempel 13

Ritning 22



N …

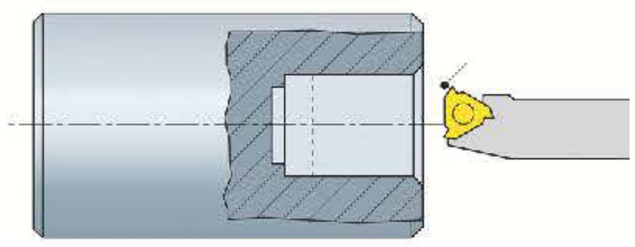
N … G28 U0 W0

N … T1010 (GAENGBOM)

N … G97 S… M3 M8

N … G0 X16 Z4

N … G0 X16 Z4
Positionering.



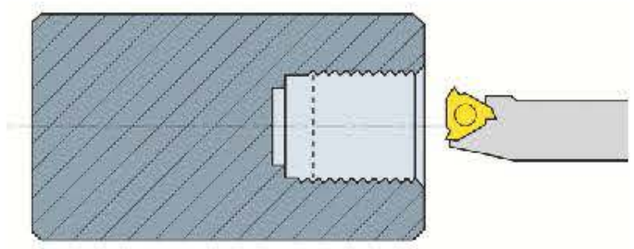
N … G78 P011060 Q100 R0.08

N … G78 X20 Z-20 P1200 Q330 R0 F2

N … G28 U0 W0

N … M30

N … G78 P011060 Q100 R0.08
N … G78 X20 Z-20 P1200 Q330 R0 F2
Anrop gängcykel.

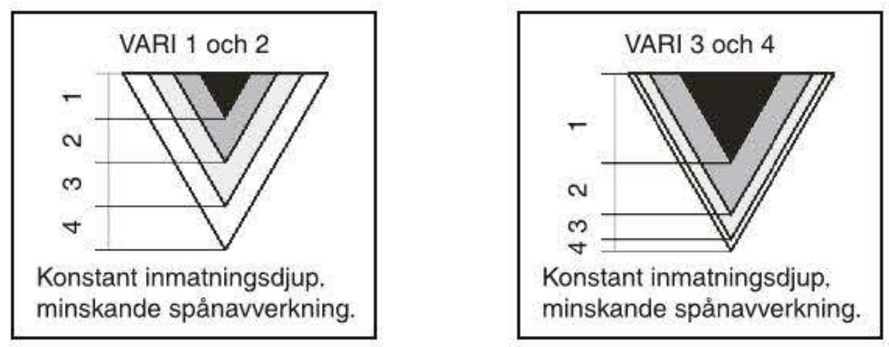


Siemens

Gängsvarvningscykel – CYCLE97

I Siemens är det en enda parameter som avgör om det är en utvändig eller invändig gänga som ska göras, nämligen parameter VARI som kan programmeras med fyra olika värden (1, 2, 3 och 4). Värde 2 och 4 i parametern talar om att det är en invändig gänga som ska göras. Skillnaden mellan de båda är att värde 2 anger att inmatningen ska göras med lika stort inmatningsdjup i varje tillsättning, medan värde 4 anger att inmatningen görs så att man har konstant spånarea i varje tillsättning. Man måste dock ta stor hänsyn till vilket värde parameter VRT programmeras eftersom den anger återgångsrörelsen storlek.

VARI	invändigt/ utvändigt	Typ av inmatning
1	utvändigt	konstant inmatningsdjup – minskande spånavverkn.
2	invändigt	konstant inmatningsdjup – minskande spånavverkn
3	utvändigt	konstant spånavverkn – minskande inmatningsdjup
4	invändigt	konstant spånavverkn – minskande inmatningsdjup



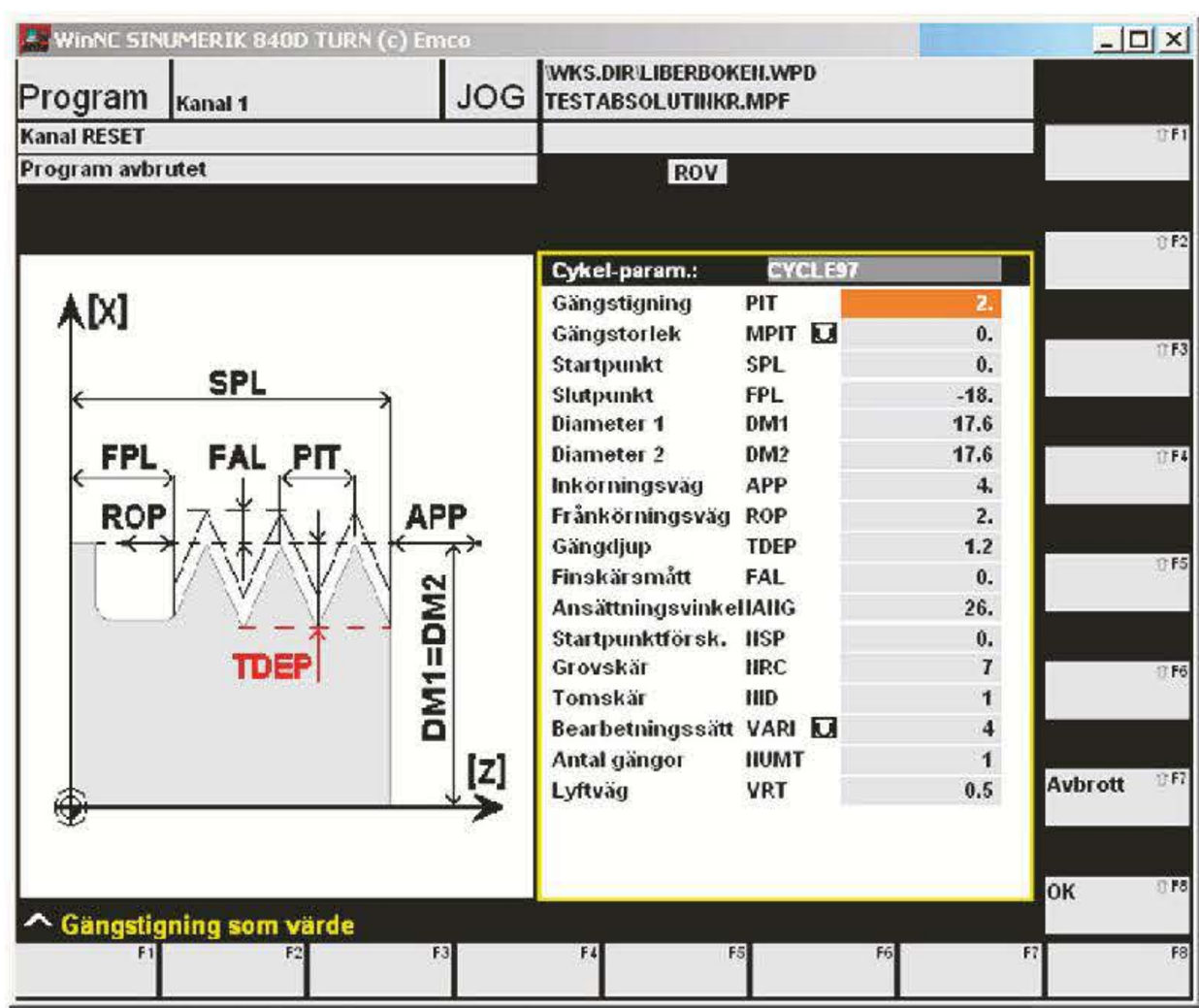
Parameter VARI bestämmer avverkningstyp samt om in- eller utvändig gängskärning.

Format

CYCLE97(PIT,MPIT,SPL,FPL,DM1,DM2,APP,ROP,TDEP,FAL,IANG,NSP,NRC,NID,VARI,NUMT,VRT)

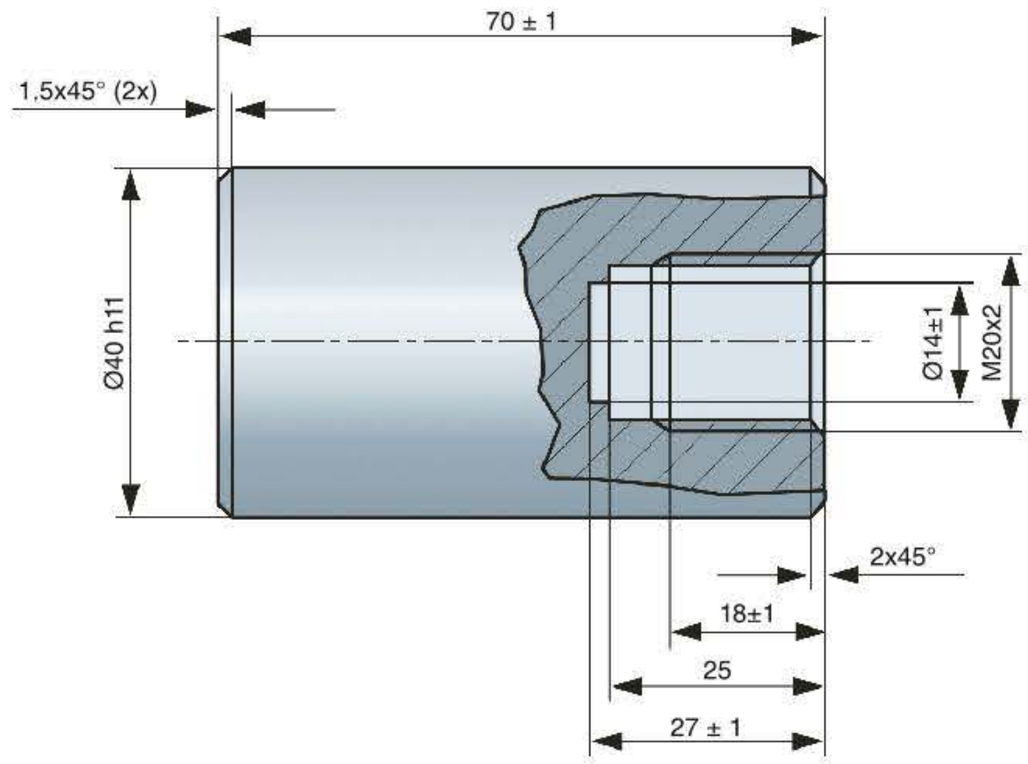
Beräkning av gängdjup

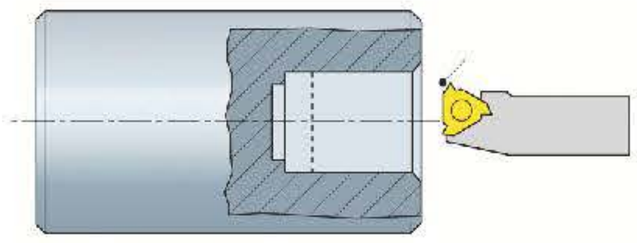
Gängdjup, i exempel 13, programmeras enligt beräkning 0.6 x stigningen 2 mm = 1.2 mm. Detta innebär att innerdiametern blir 20 – (2 x 1.2) = 17.6 millimeter.



Grafisk bild på gängsvarvningscykel CYCLE97.

Ritning 22





N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … T10 D1

N … G95 S M3 M8

N … CYCLE97(2,0,0,18,20,20,4,2,1.2, 0.08,26,0,7,1,4,1,0.5)

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … M30

N … T10 D1
Verktygsanrop.

N … G95 S M3 M8
Skärdata.

N … CYCLE97(2,0,0,18,20,20,4,2,1.2, 0.08,26,0,7,1,4,1,0.5)
Anrop cykel.

Underprogram för konturbeskrivningen

KONTUR_19

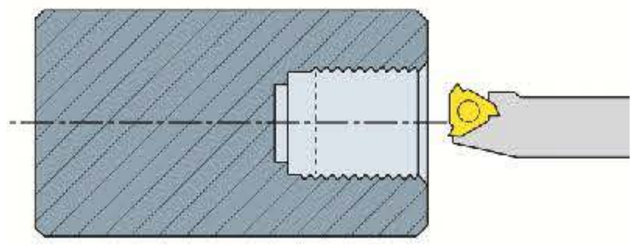
N5 G01 X22 Z0

N10 X17.6 ANG=225

N15 Z-25

N20 X13.8

N25 M17



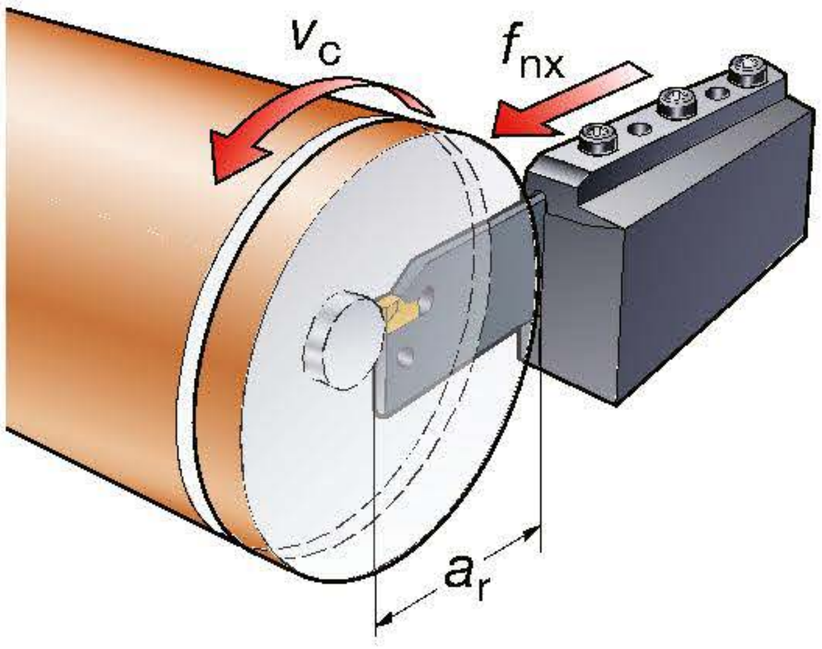
Av- och spårstickning

Avstickning

Med avstickning menas att man kapar material till önskad längd. Avstickning görs framför allt i maskiner som bearbetar stångmaterial frammatat av ett stångmagasin. Stångmaterialet styrs upp av stångmagasinet fram till spindelröret. Där stabiliseras sedan materialet av plasthylsor svarvade till stångens diameter.

Avstickningar görs också av andra ämnen/detaljer som spänts upp i maskinen för att bearbetas och sedan stickas av till en önskad längd. Inmatningen sker endast i radiell riktning med radiella skärkrafter, som gör så att materialet kommer att brista innan skäret skurit igen vid diameter noll. Detta innebär att det alltid kommer att finnas en tapp på den avstuckna delen. Men den kan minskas genom anpassningar av olika faktorer så som skärets geometri, matning och stöd för den avstuckna delen.

CNC-svarv med stångmagasin.



n = spindelvarvtal/min

v_c = skärhastighet m/min

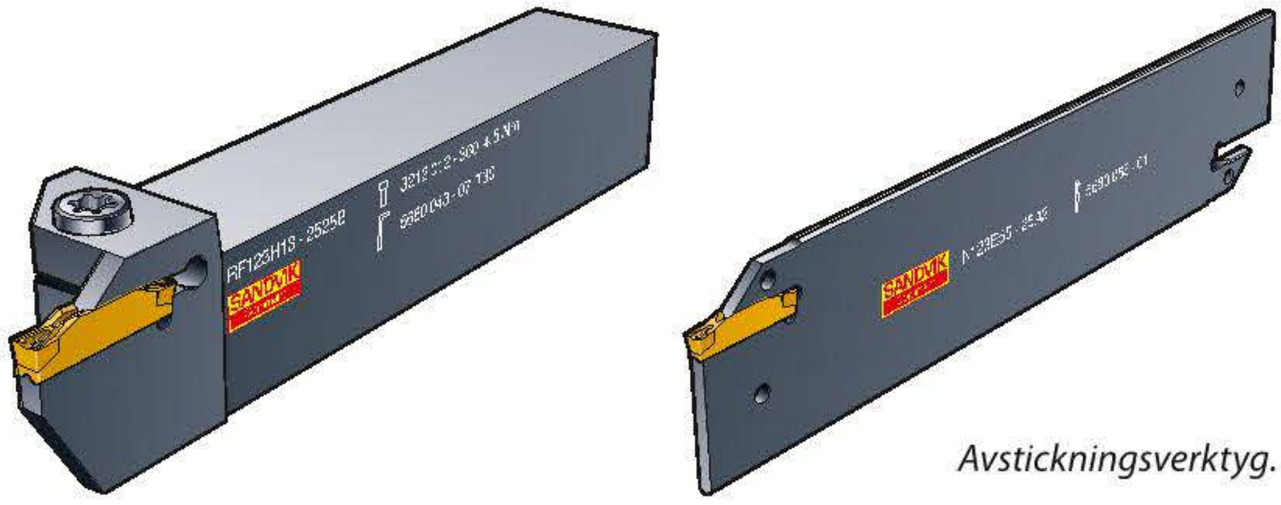
f_{nx} = radiell matning mm/varv

a_r = skärdjup (mm)
(ytterdiameter mot spårets centrum eller botten)

Parametrar som används vid avstickning av material.

Verktyg

Det finns två olika typer av verktyg för avstickning. Dels hållare av skafttyp, som innebär att skäret fixeras med en spännklamp som är fastspänd med en skruv, dels hållare av bladtyp, se figurer här nedan. De senare används för avstickning vid större diametrar. Avstickningsdjupet för dessa kan vara upp till 50 millimeter i stål, och för mera lättbearbetade material upp till 80 millimeter.



Avstickningsverktyg.

Vid avstickning finns det flera faktorer som är viktiga att tänka på vid verktygsvalet.

- Välj bladhållare eller blad med minsta överhäng. Om detaljerna har stora diametrar är vanligen en hållare av bladtyp bästa valet. Vid stabilitetsproblem ska man välja en hållare där vändskäret spänns fast med en skruv. Verktygsöverhänget bör om möjligt aldrig överstiga 8 gånger skärbredden.

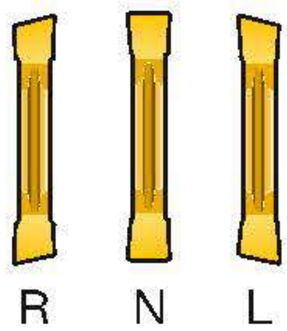
När en hållare av bladtyp används bör hela skärbredden vara i ingrepp. Med ingrepp menas den del av vändskärets bredd som skär en spåna. Vid mindre ingreppsyta får den aldrig understiga ¾ av skärbredden, annars riskerar bladet att vika sig från avsticksytan.

- Välj stor skaftdimension på skärhållaren för att förbättra stabiliteten.

- Välj minsta möjliga skärbredd. Valet av skärbredd är en kompromiss mellan verktygsstyrkan och stabiliteten mot lägre skärkrafter och materialåtgång. Olika ställvinklar och nosradier på vändskäret kan användas för att optimera avstickningen, beroende på vilken effekt man vill uppnå.

  Bästa spånutformningen fås av neutrala skär (se figur), medan skär med höger- eller vänsterställd ställvinkel (se figur) används där man vill minska den kvarvarande tappens storlek.

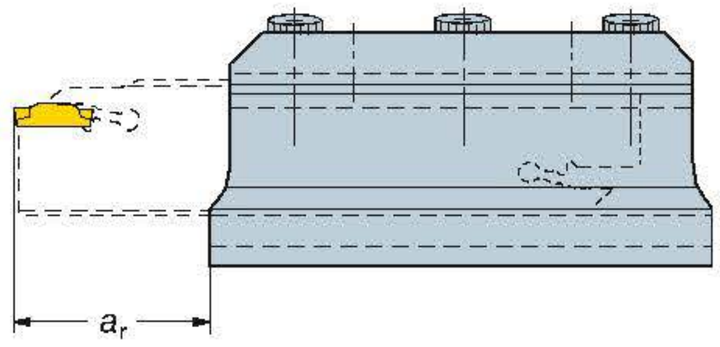
De typiska spånorna vid avstickning ser ut som klockfjädrar.



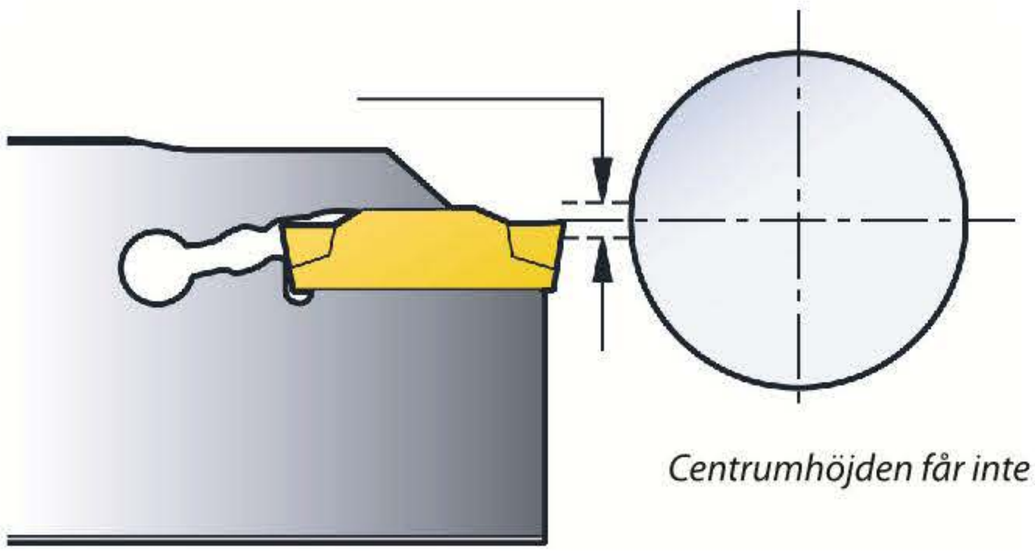
Vändskärsformer som används vid avstickning. R och L används för att minska "avstickningstappen" .

- Välj en bladhöjd som är minst lika med insticklängden.

Verktygets position är av största vikt vid avstickningen. Vinkelriktigheten mot centrumlinjen styrs oftast upp av av inspänningen i maskinen, medan det på vissa verktygshållare finns justering i höjdled för verktyget. Avvikelsen från centrumlinjen bör inte överstiga +/- 0.1 mm



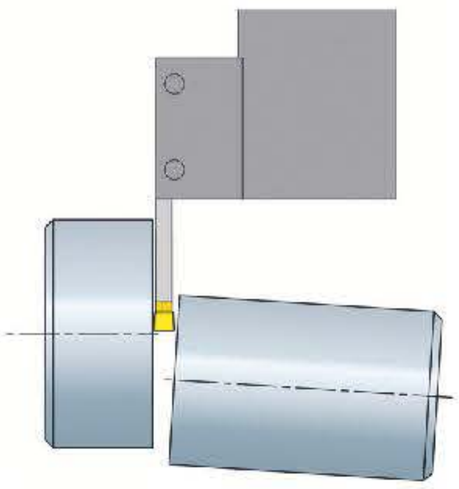
Bladhöjden ska vara lika med eller större än bladets insticklängd.

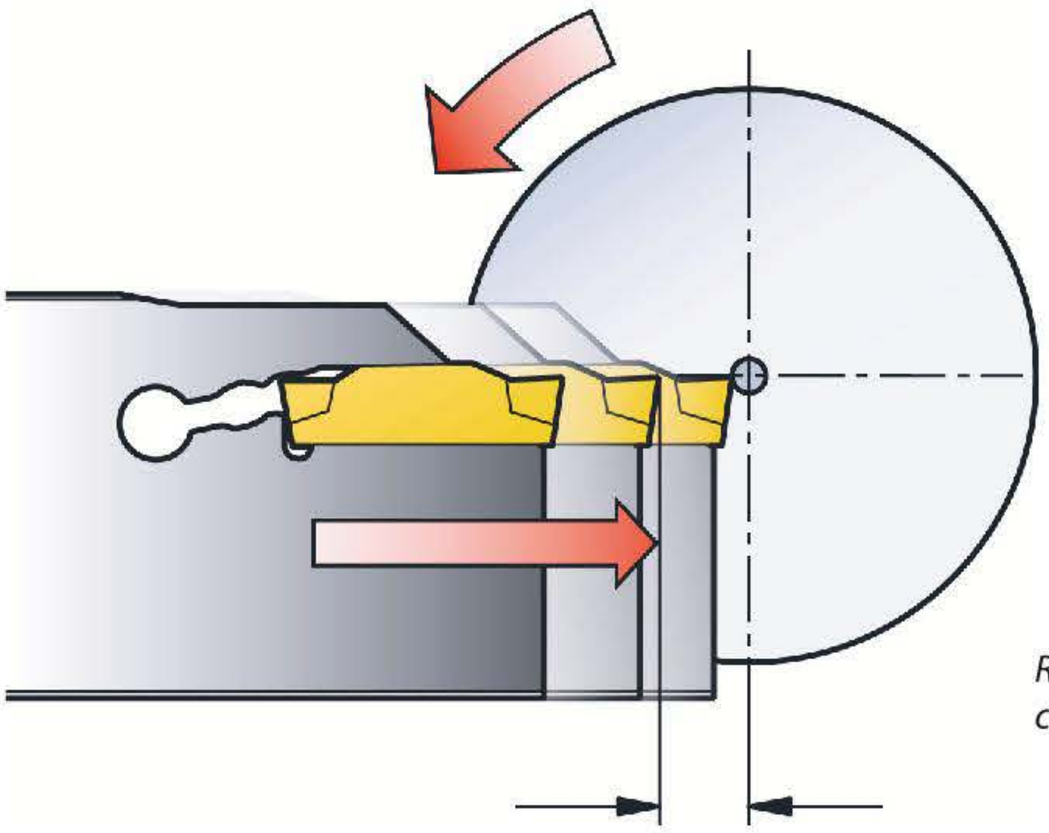


Centrumhöjden får inte avvika mer än ± 0.1 mm.

Tips!

Under själva avstickningen bör riklig mängd skärvätska användas. För att minska tappens storlek bör matningen minskas med upp till 75 % när verktyget närmar sig centrum, det vill säga ungefär 2 mm. innan ämnet går av. I samband med detta bör skärdata anpassas för att minska eventuella vibrationer. I de fall när en detaljhämtare ska fånga upp detaljen är det viktigt att anpassa varvtalet så att detaljen hamnar i uppfångningsskålen. Vid manuell hantering kanske det är lämpligt att avbryta avstickningen precis innan detaljen går av och bryta av den för hand. Då undviker man att detaljen skadas när den ramlar ned i bearbetningsrummet. Eftersom skärhastigheten närmar sig noll vid centrum bör man, om möjligt, avbryta avstickningen cirka 1 mm från centrum och låta detaljens tyngd få den av ramla ned i spånlådan eller uppfångningsanordningen. För att optimera stabiliteten görs alltid avstickningar så nära chucken som möjligt.





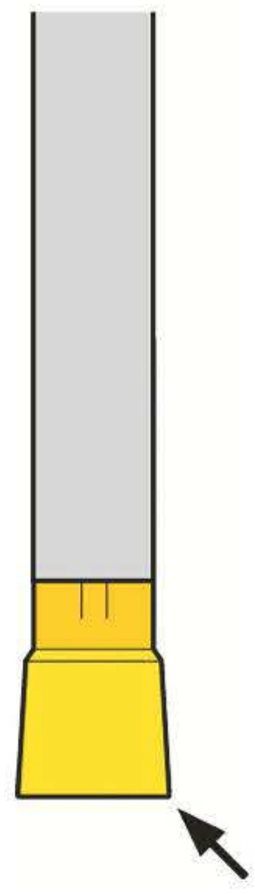
Reducera matningen med upp till 75 procent cirka 2 mm innan centrum.

Programmering

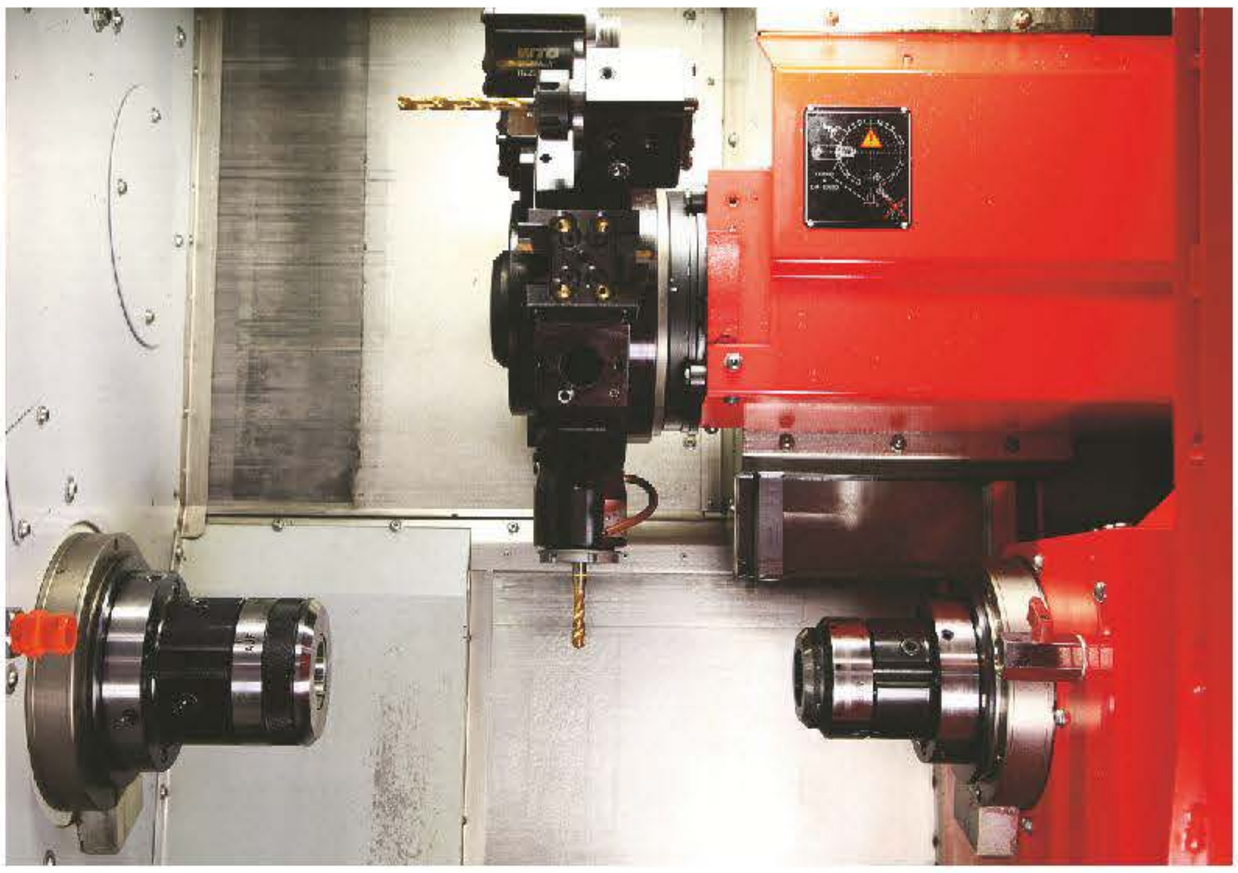
För avstickning av ämnen finns inga särskilda cykler utan den programmeras med enkelblocksprogrammering. Det innebär att varje rörelse och funktion programmeras med ett block i taget. Om den avstuckna detaljen ska vändas, och bearbetas från andra sidan, behöver man i regel inte ta hänsyn till tappens storlek eller eventuell fasning vid avstickningen. Men ofta är bearbetningen klar vid avstickningen eftersom planing och fasning medför kostnader. Därför vill man eventuellt göra en avfasning innan avstickningen, samt reducera tappens storlek genom de metoder som nämnts här ovan.

Verktygsuppmätning

Vid avstickning i vanliga 2-axliga CNC-svarvar är det lämpligt att mäta upp avsticksstålets högra hörn. Se figuren. Då kan man programmera den längd som visas på ritningen plus eventuell finsvarvningsmån om detaljen ska bearbetas även på den avstuckna sidan.



Uppmätt sida på avsticksverktyget.

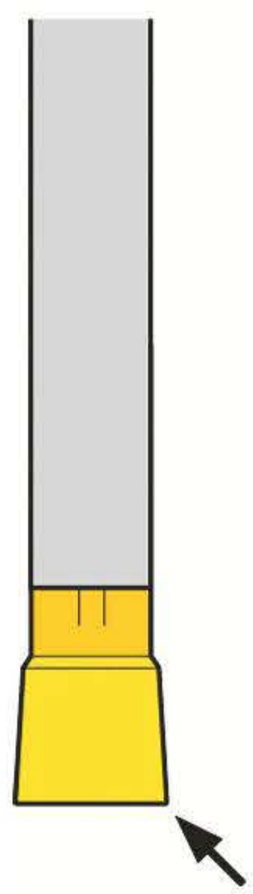


CNC-maskin med motspindel.

Vid bearbetning i en CNC-maskin med motspindel eller subspindel, sker avstickningen av den svarvade detaljen efter utdragning av nästkommande ämne. Avstickningen brukar i dessa fall göras vid en Z-position, som ligger nära noll och som framför allt utgår från verktygets vänstra sida. Vanligen lämnas endast några tiondels millimeter kvar för en plansvarvning på det nya ämnet.

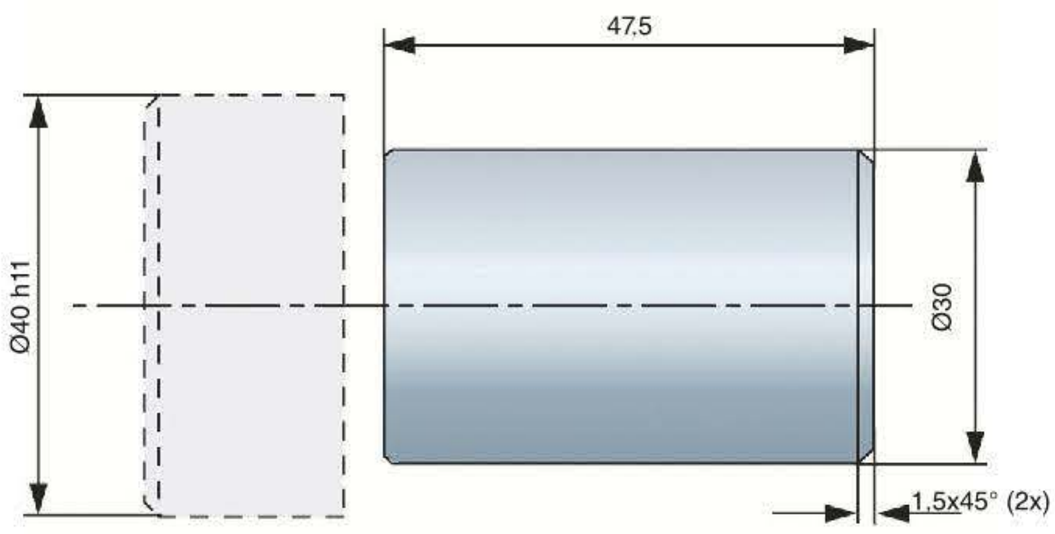
Skillnader mellan styrsystemen

De finns flera skillnader mellan styrsystemen hos Fanuc och Siemens. Här berörs endast programmeringen av positioneringen innan verktygsanrop, verktygsanropet samt programmeringen av varvtalet. Verktyget är i detta fall uppmätt på skärets högra sida. Se figur.



Uppmätt sida på avsticksverktyget.

Ritning 23



N …

N … G28 U0 W0

N … T1212

N … G96 S… F … M... M8

N … G00 X44 Z-47.5

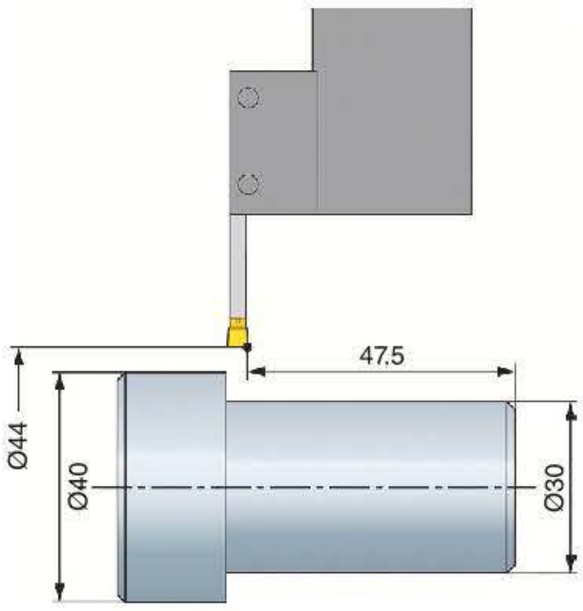
N … G01 X3

N … G97 S500 F …

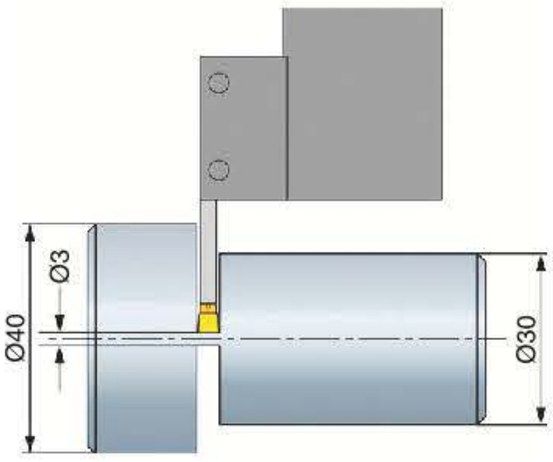
N … G00 X44

N … G28 U0 W0

N …

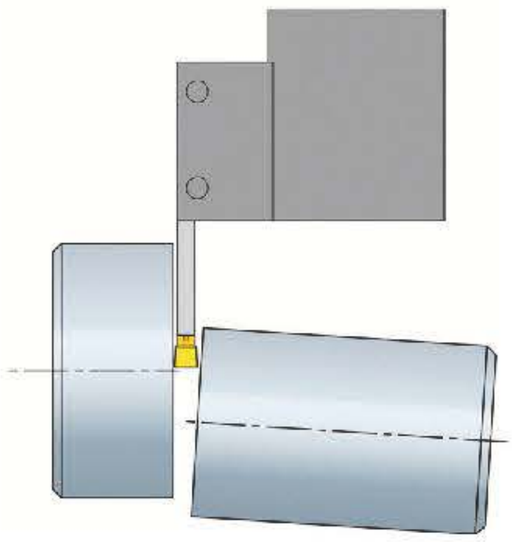


N … G00 X44 Z-47.5
Positionering.

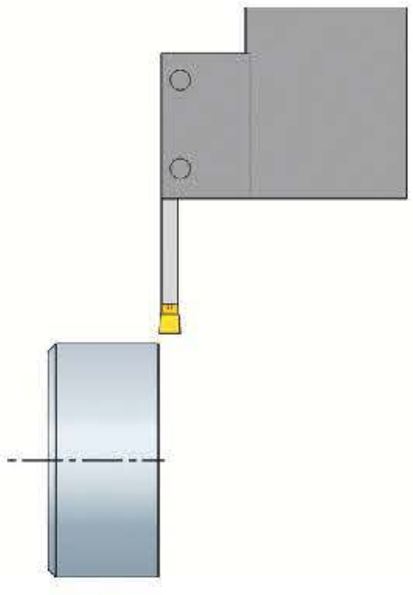


N … G01 X3
Stickning till X3.

N … G97 S500 F …
Sänkning av varvtal.



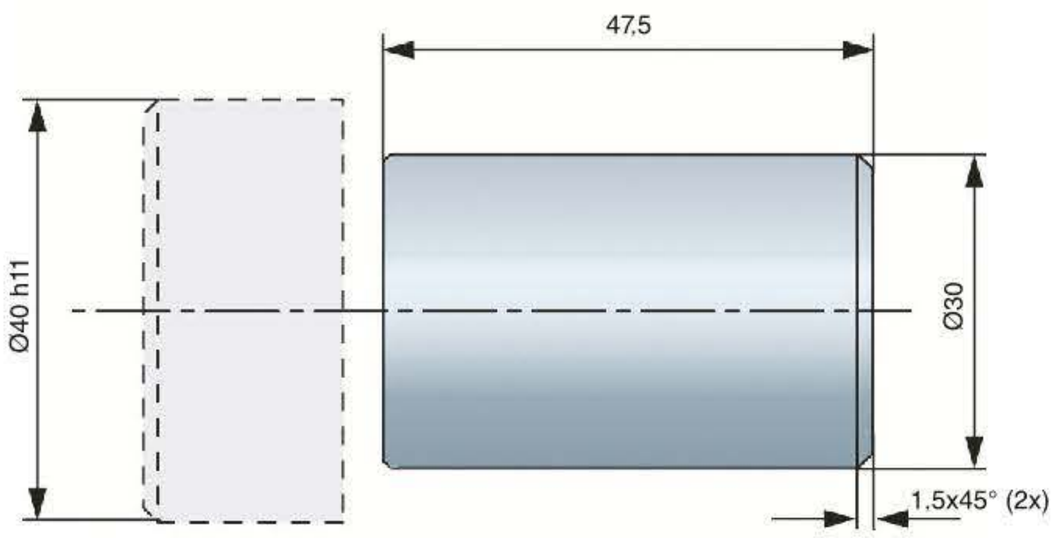
N … G01 X0
Avstickning.

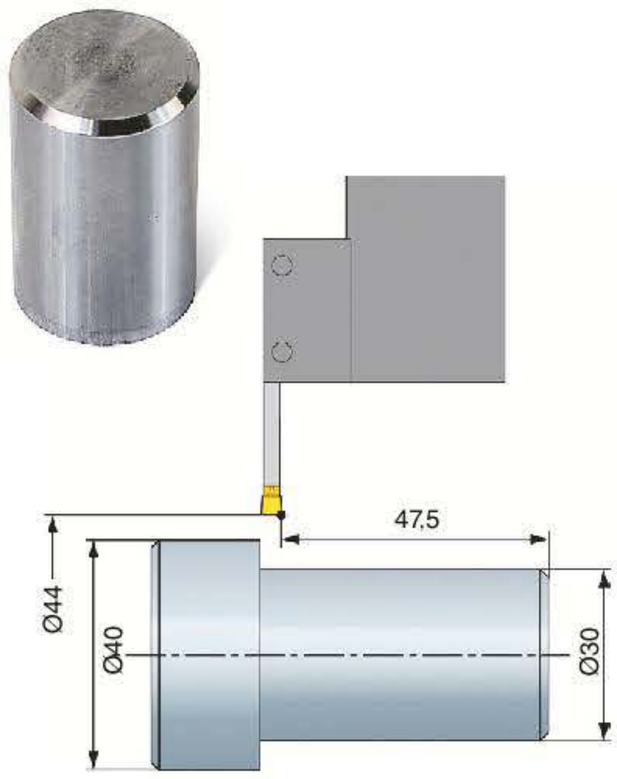


N … G00 X44
Återgång i X-led.

Siemens – Avstickning – Exempel 14

Ritning 23





N …

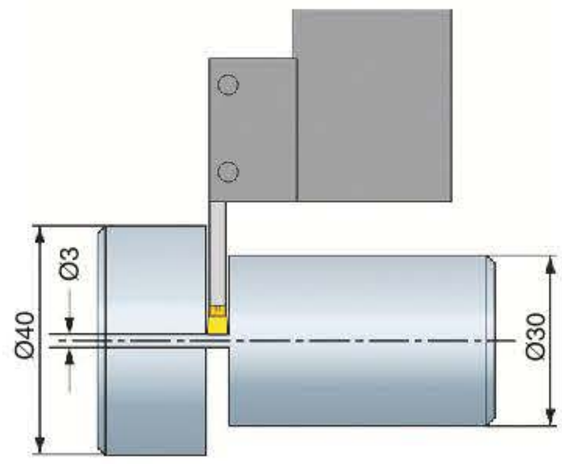
N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … T12 D1

N … G96 S… F … M... M8

N … G00 X44 Z-47.5

N … G00 X44 Z-47.5
Positionering.



N … G01 X3

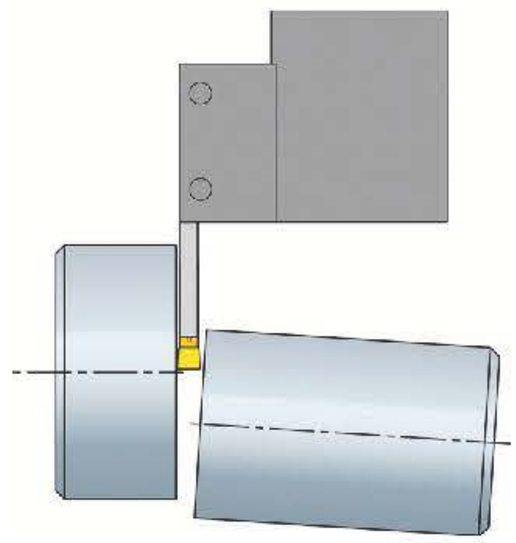
N … G95 S500 F …

N … G01 X0

N … G01 X3
Stickning till X3.

N … G00 X44

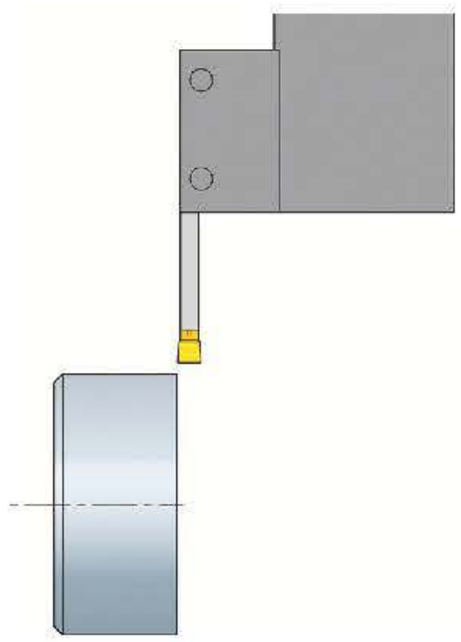
N … G95 S500 F …
Sänkning av varvtal.



N … G00 G53 X240 Z300 D0

N …

N … G01 X0
Avstickning.



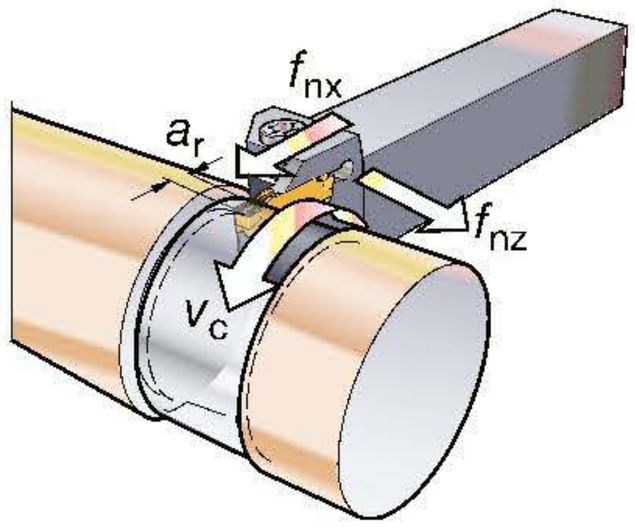
N … G00 X44
Återgång i X-led.

Spårstickning och spårsvarvning

Metoder

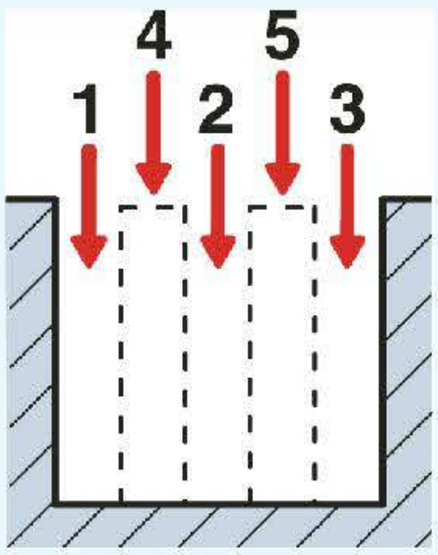
Spårstickning liknar avstickning och i många fall kan samma verktygshållarsystem användas. Det gäller de fall där skäret spänns fast med skruv. De metoder som används är i huvudsak stickning, insticksvarvning och rampning. Se figur.

Som grundregel används följande resonemang för att välja bästa metoden– Om spårets bredd är mindre än djupet används *stickning*. I detta fall bör bredast möjliga skär användas och en alternativ instickningsordning. Se figuren. Fördelen med detta är att spånorna styrs in till mitten, vilket gör att spånkontrollen och verktygets livslängd ökar. Bredden på de kvarlämnade delarna i spåret bör vara 0.6 till 0.8 gånger skärets bredd. Metoden lämpar sig för mindre serier och axiell stickning. Metoden kan dock inte användas när man programmerar ett spår med hjälp av en spårcykel.

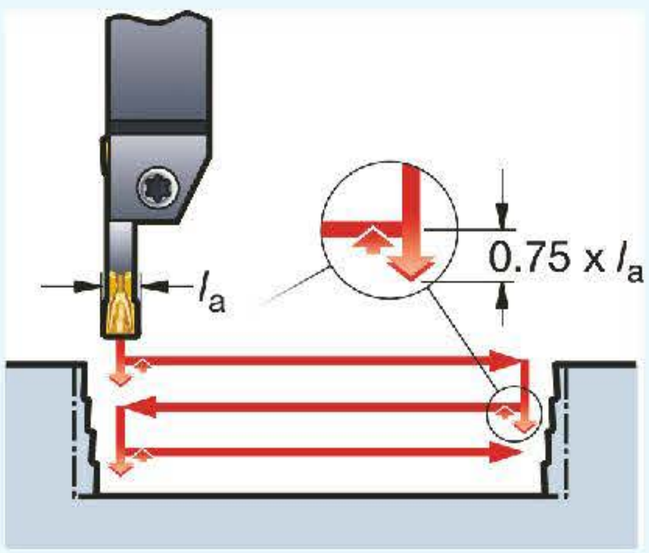


Definition av termer

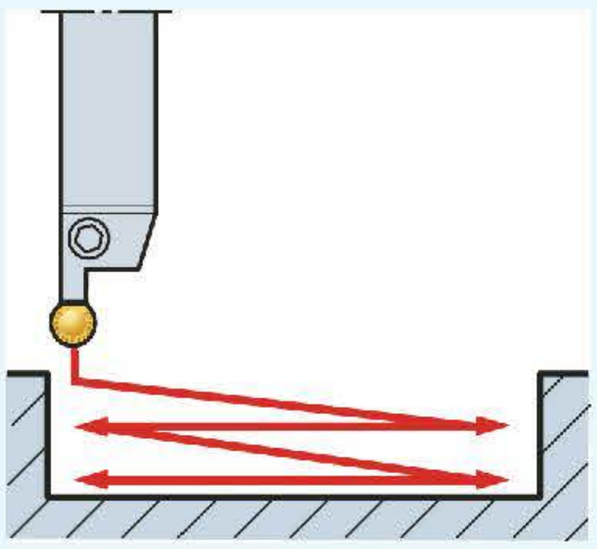
n = spindelvarvtal (varv/min)
f_{nx} = radiell matning (mm/varv)
f_{nz} = axiell matning (mm/varv)
v_c = skärhastighet (m/min)
a_r = skärdjup (mm)
(ytterdiameter mot spårets centrum eller botten)



Spårstickning



Insticksvarvning



Rampning

Om spårets bredd är större än djupet används *insticksvarvning*. I den här metoden bör det axiella svarvningsdjupet inte överstiga 0.75 gånger skärkantslängden på skäret. För att minska vibrationsrisken i hörnen minskas matningen där. Fördelen med metoden är att den är snabb, ger god spånkontroll samt att samtliga tre skärkanter på vändskäret utnyttjas.

Om detaljen eller bommen (invändiga spår) som används är svag används rampning. En rampning innebär att dubbelt så många skär körs. Detta kan vara den enda metoden för att få ett fullgott resultat när detaljen eller svarvbommen är klen.

Verktygsval

Val av verktyg görs efter verktygsfabrikanternas anvisningar, där framför allt bearbetningstyp styr valet, exempelvis

- avstickning
- utvändig eller invändig spårstickning
- utvändig eller invändig svarvning
- svarvning av släppningar, profiler etc.

Skärgeometri och hållarsystem och skärdata är därefter de val som måste anpassas efter det valda verktyget.

Finbearbetning

Vid finbearbetning av spår ska man vara försiktig vid hörnen. Om man har för liten finbearbetningsmån uppstår en ”gnidning” av materialet istället för ett skärförlopp varvid vibrationer kan uppstå. För att motverka detta ska skärets axiella och radiella djup vara 0.5-1.0 millimeter, och första ansättningen bör ske i spåret så att hela skäret kommer i ingrepp mot den plana botten.

Programmering

När bearbetningen sker utan problem och vid mindre seriestorlekar så är det enklast att använda en spårstickningscykel som svarvar spåret till programmerade värden. Det finns spårsvarvningscykel i såväl Fanuc 21 som Siemens 810/840. Cyklerna skiljer sig dock väsentligt åt i såväl funktion som programmering.

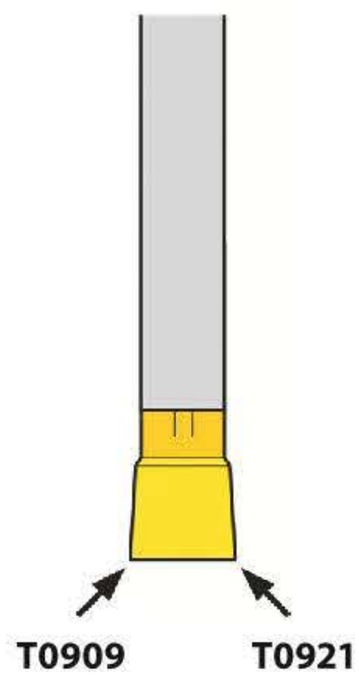
När det blir problem med exempelvis vibrationer så kan spåret svarvas upp med rampningsmetoden. Programmeringen görs då med ett block i taget, och nedmatningen i materialet sker gradvis. Se figuren. Observera att vändskäret måste vara fastsatt med skruv när den här metoden används.

Verktygsuppmätning

Uppmätning av ett stickstål sker på samma sätt som för andra verktyg. Men det är viktigt att veta vilken sida av stickstålet som man ska använda vid programmeringen av avstickningen/spårstickningen. Det är därför bäst att mäta upp båda sidorna och ange olika nummer för sidorna på verktygskorrektörerna. Man har då möjlighet att lätt växla sida vid användning av stick-/spårstålet vid programmeringen, vilket underlättar väsentligt.

Fanuc

Uppmätning av ett stick- eller spårstål i Fanucs styrsystem anges med olika nummer på verktygskorrektörerna. Den ena av dem bör lämpligen vara knuten till verktygsnumret, exempelvis T0909, medan den andra måste ha ett annat nummer. Detta nummer bör helst vara större än det antal verktyg som finns i verktygsrevolvern, exempelvis T0916. Annars kan man inte koppla samman verktyg och korrektör för de övriga verktygen i revolvern, exempelvis T0808, T1010, T1111. Som exempel kan man för verktyg med plats nummer 9 i verktygsrevolvern ange T0909 för den ena sidan av verktyget och T0916 för andra sidan. Observera att verktygslängderna måste vara korrekt införda i båda verktygsregistren. Se figur (visar ovanstående exempel med T0909 och T0916).

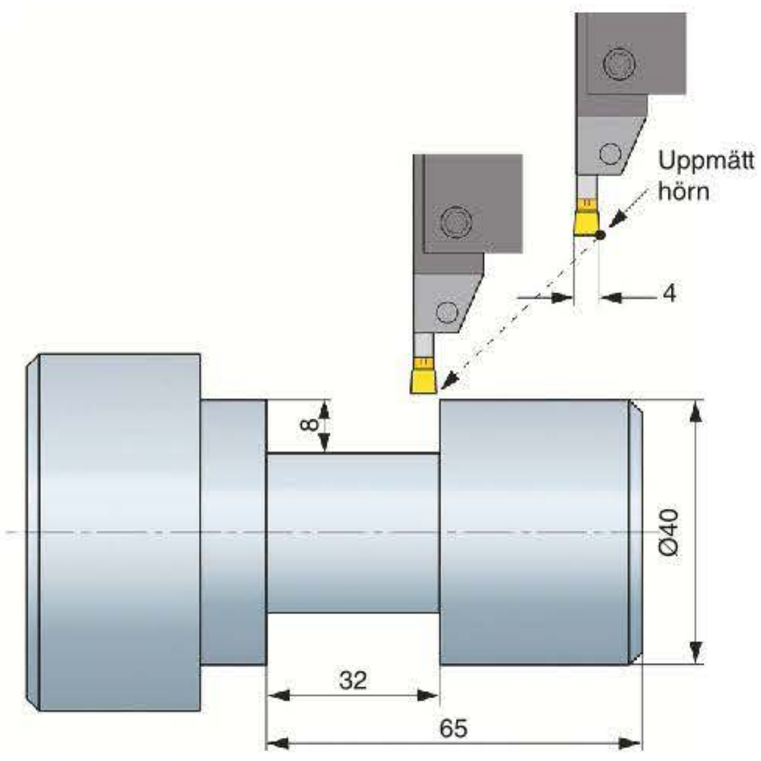


Fanuc. Exempel på hur man kan ange skärspetsarna på ett verktyg, exempelvis nr T09, med olika korrektörsnummer.

Underprogram

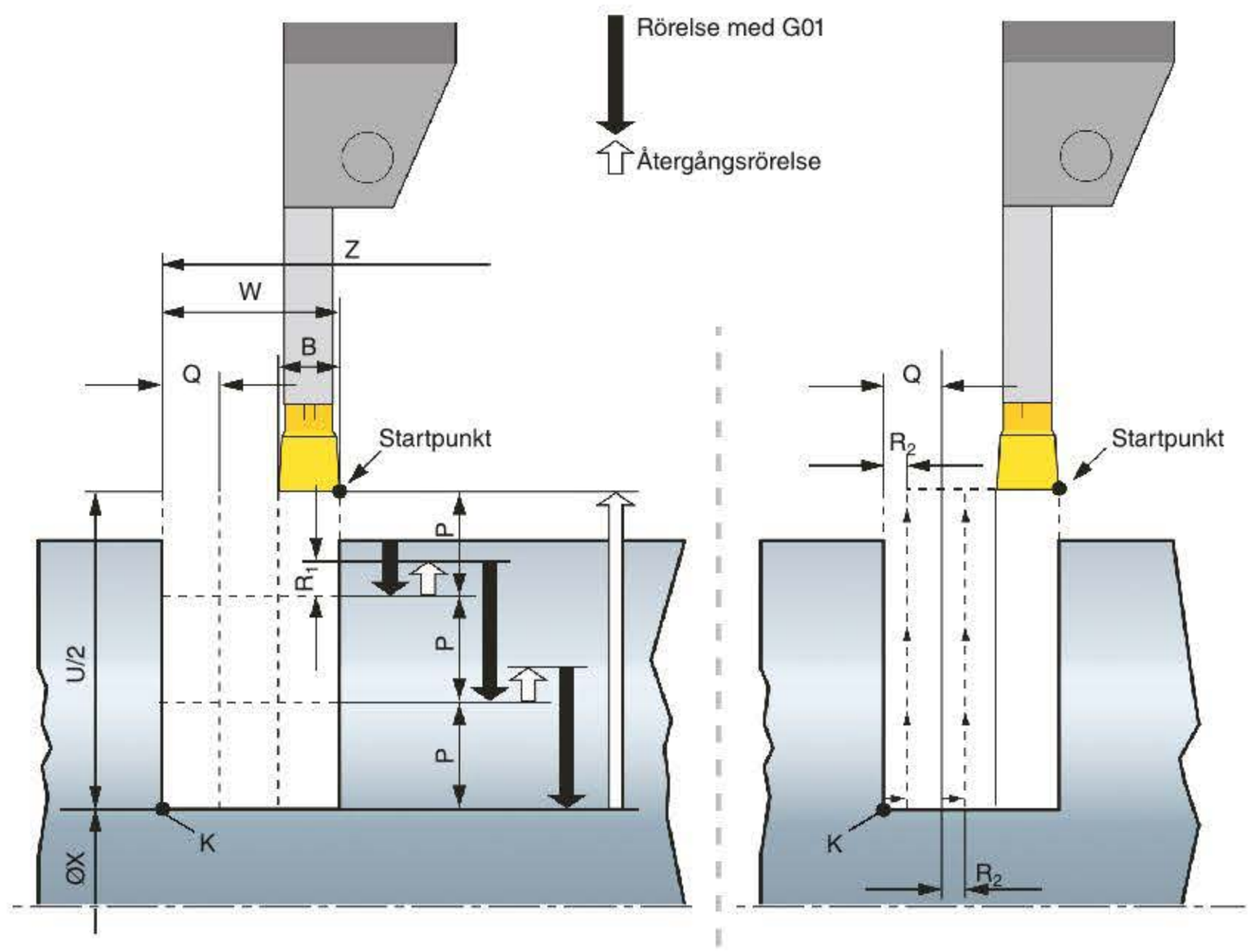
Ett annat sätt som kan användas för spårstickning av flera likadana spår är att skapa ett underprogram för bearbetningen. Programmeringen kan lämpligen göras med inkrementala koordinater, så att spåret kan placeras var som helst på axeln.

```
N ... G0 X44 Z-33
N ... G1 X40
N ... M98 P40070  ──►  O0070
N ... G0 X... Z...  ◄──  N .... G1 U-1  F...
                         N .... W-28
                         N .... U-1
                         N .... W28
                         N .... M99
```



Programmering med cykel

I Fanuc används cykel G77 som spårsvarvningscykel. Observera att cykeln inte tar hänsyn till stålbredden så man måste minska positionen för konturhörnpunkten K i Z-led med stålbredden. Q-värdet, det vill säga inmatningen i Z-led, bör därför anpassas och delas in i lika skärbredder som i exemplet här nedan. Värdet för Q får aldrig vara större än bredden på skärverktyget. Cykeln hanterar inte faser, radier och vinklar.



Blockrad 1 N … G77 R_1
Blockrad 2 N … G77 X(U) Z(W) P Q R_2 F

Förklaring av Blockrad 1

G77	Axiell spårcykel.
R_1	Återgångshöjd vid spånbrytningen.

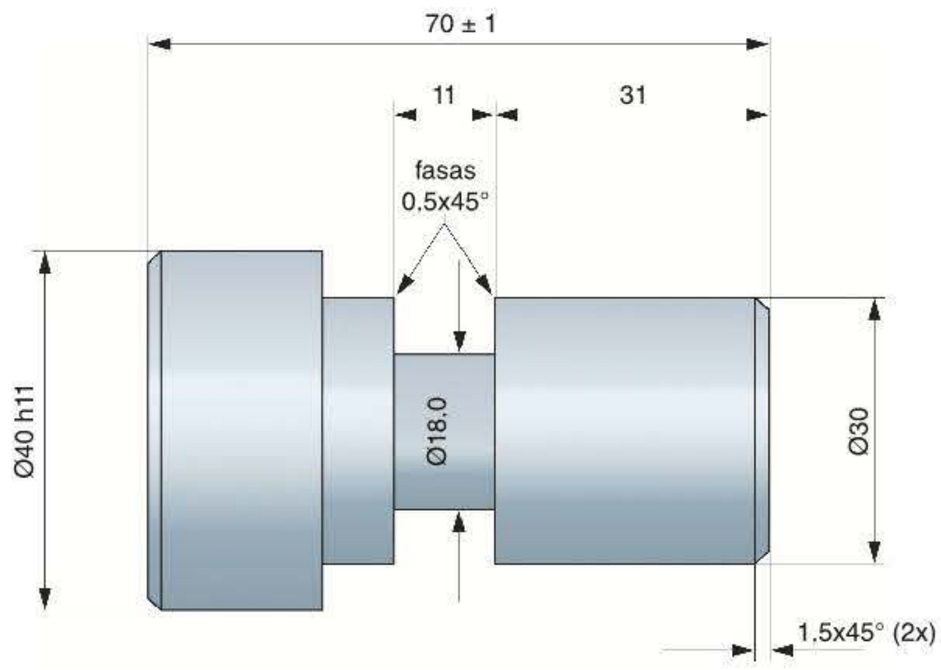
Förklaring av Blockrad 2

G77	Axiell spårcykel.
X(U), Z(W)	Positioner för X och Z till konturhörnpunkten K, vilken är placerad i spårets nedre vänstra del.
P	Skärdjup i X-riktning. Inmatas i µ (tusendels mm) .
Q	Inmatning i Z-riktning för varje skär. Inmatas i µ (tusendels mm).
W	Material som lämnas kvar till finsvarvningen i Z-riktning.
R_2	Släppningsmått.

15

Ritning 24

Verktyget är uppmätt i Z-led till dess högra sida. Se figuren. De faser som finns på ritningen för spåret måste programmeras ”manuellt”.



N …

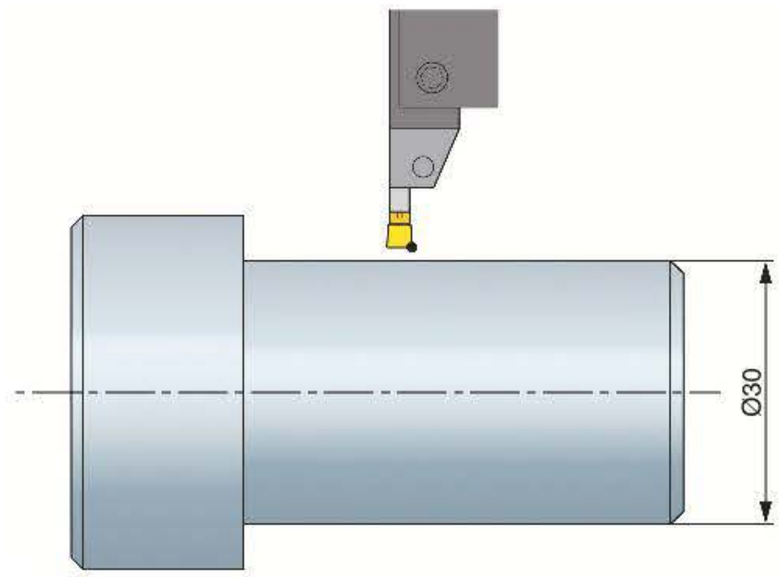
N … G28 U0 W0

N … T1010 (STAALBREDD 2.5 MM)

N … G96 S… F… M... M8

N … G00 X34 Z-31

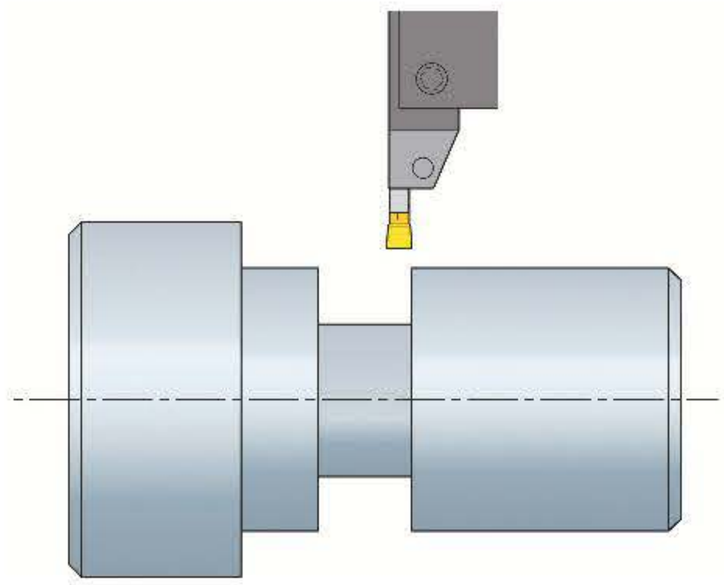
Positionering.



N … G77 R1

N … G77 X18 Z-42 P4000 Q2125 R2

Spårcykel.



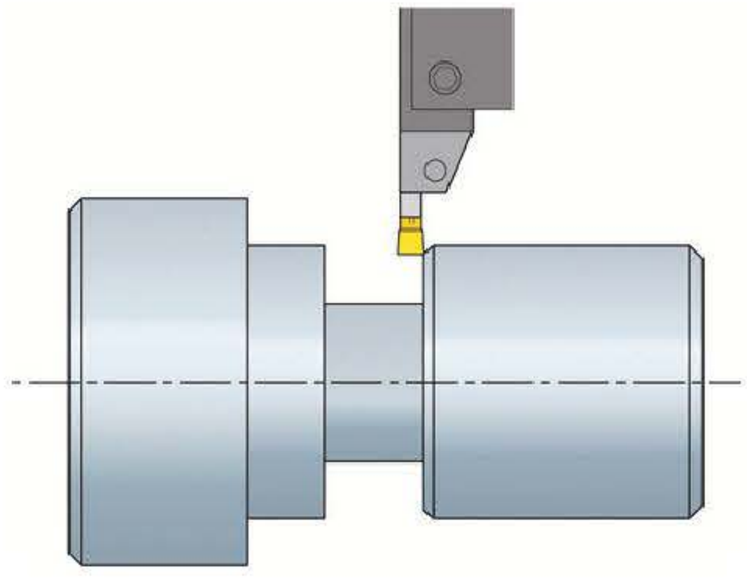
N … G00 X32 Z-29.5

N … G01 X28 A225

N … G00 Z-38.5

N … G01 X32 A135

Programmering av faser.



N … G28 U0 W0

N … M30

Siemens

Siemens spårcykel heter CYCLE93 och är en komplex cykel där man kan programmera de flesta varianter av spår, såväl i axiell som i radiell riktning. Cykeln hanterar faser, radier och vinklar samt lämnar kvar material för finbearbetning i slutet av cykeln i både X-och Z-led. Det innebär att antalet parametrar för inprogrammeringen ökar. Men eftersom inknappningen sker med ett interaktivt förfarande där både figur och en kort förklarande text visas, är det ändå ett relativt enkelt programmeringssätt.

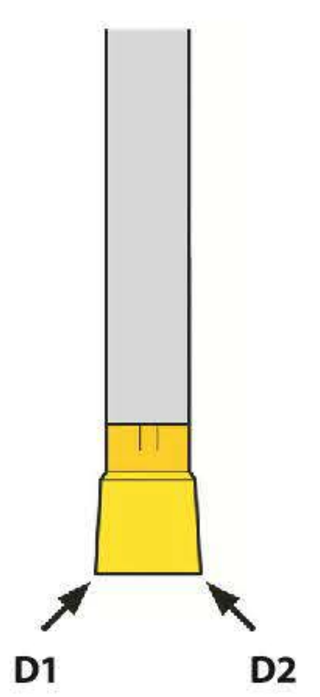
Framför allt är kombinationen av vinklar och radier/faser användbar eftersom man annars behöver ta fram många positioner för att klara programmeringen av rundningar och faser som är vanliga vid spår. Cykeln beräknar stålbredden. Det gör att man kan mata in de mått som anges på ritningen utan att ta hänsyn till stålbredden. Vid programmering av fas anges ett minustecken för fasens storlek, exempelvis -2. Vid programmering av radier anges inget förtecken vid storleksbestämningen. För utvändig axiell bearbetning kan cykeln anropas direkt från verktygsväxlingsposition. Verktyget positioneras först till en position med snabbförflyttning, som ligger vid mitten av spåret, för att sedan förflyttas till startpositionen för spårstickningen.

Spårsvarvningscykel

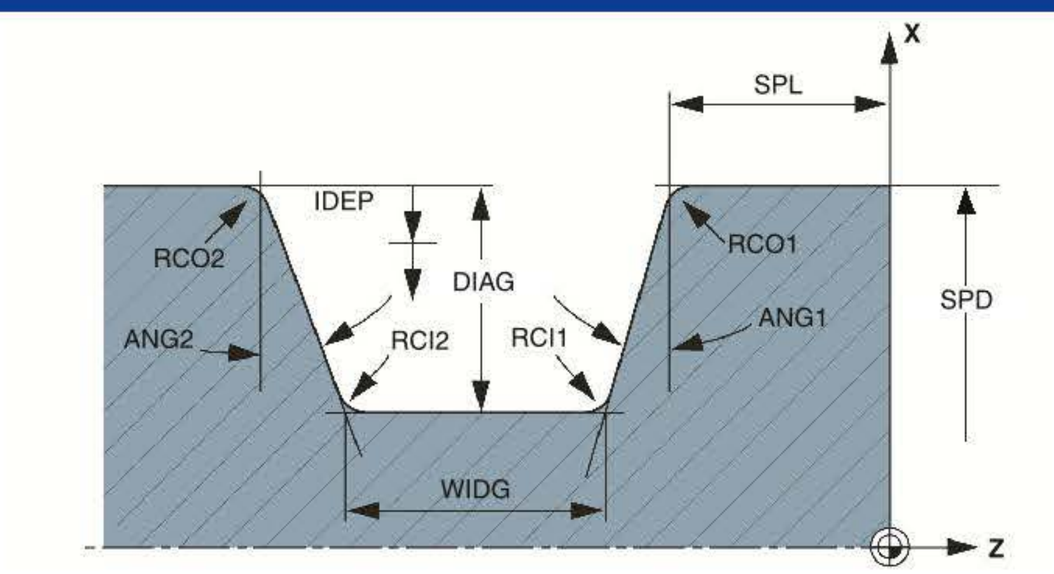
Verktygsuppmätning

När man programmerar en spårsvarvningscykel (CYCLE93) i Siemens styrsystem är man tvungen att mäta upp båda sidor av spårstålet. Cykeln läser nämligen av verktygets bredd genom att läsa i verktygsregistret för det programmerade verktyget. Verktygslängderna måste skrivas in i två på varandra följande kompenseringsnummer, exempelvis D1 och D2. Endast det nummer som har det lägsta kompenseringsnumret programmeras.

Exempel: Om spårstålet är uppsatt i position 9 i verktygsrevolvern och längderna är uppmätta i verktygsregister D1 och D2 programmeras endast T9 D1 i verktygsanropet i programmet.



Kompenseringsnummer för spårsvarvningscykel CYCLE93.

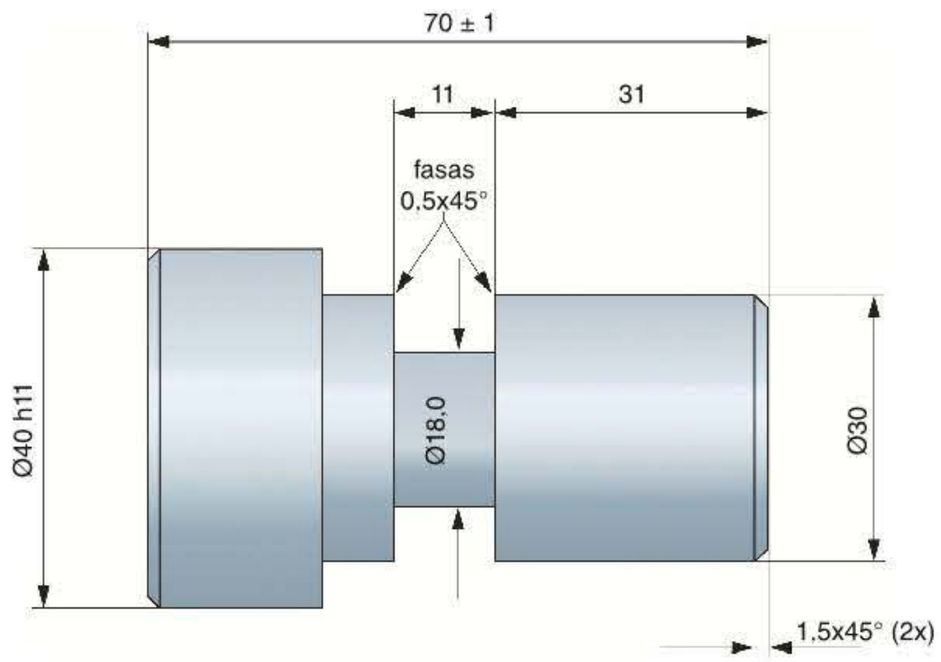


CYCLE93(SPD,SPL,WIDG,DIAG,STA1,ANG1,ANG2,RCO1,RCO2,RCI1,RCI2,FAL1,FAL2,IDEP,DTB,VARI,VRT)

SPD	Startpunkt i X-led.
SPL	Startpunkt i Z-led.
WIDG	Spårbredd.
DIAG	Spårdjup, relaterat till startpunkten i X-led.
STA1	Vinkel mellan konturen och svarvaxeln. Vid radiell spårsvarvning (X) på cylindriska detaljer programmeras den här parametern med noll (0). (Visas inte på figuren här ovan.)
ANG1	Flankvinkel på den sida där startpunken är placerad.
ANG2	Flankvinkel på motsatt sida om startpunkten.
RCO1	Utvändig radie eller fas på den sida om spåret som är längst ut från chucken. Positivt värde = radie. Negativt värde = fas.
RCO2	Utvändig radie eller fas på den sida om spåret som är närmast chucken.
	Positivt värde = radie. Negativt värde = fas.
RCI1	Invändig radie eller fas på den sida om spåret som är längst ut från chucken.
	Positivt värde = radie. Negativt värde = fas.
RCI2	Invändig radie eller fas på den sida om spåret som är närmast chucken.
	Positivt värde = radie. Negativt värde = fas.
FAL1	Finbearbetningsmån i botten av spåret.
FAL2	Finbearbetningsmån på flankerna av spåret.
IDEP	Skärdjup vid varje inmatning.
DTB	Väntetid vid botten av spåret.
VARI	Variant av spårcykel. Det finns 8 olika möjligheter, beroende på hur man placerar startpunkten för cykeln. För en utvändig radiell spårcykel kan man välja på värde 5 eller 1. Värde 1 bestämmer att spårets startpunkt är placerad närmast chucken, och värde 5 att spårets startpunkt är placerad längst bort från chucken.
VRT	Återgångsvärde från konturen. Om värde noll programmeras tar cykeln ett förprogrammerat värde (1 mm).

Siemens – Spårstickning – Exempel 15

Ritning 23



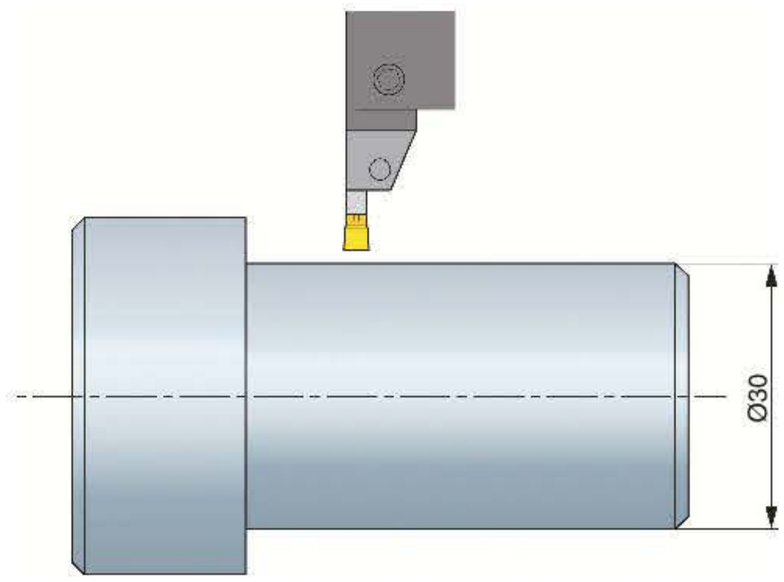
N …

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … T10 D1 ; STAALBREDD 2.5 MM

N … G96 S… F… M… M8

Verktygsanrop.
Skärdata.

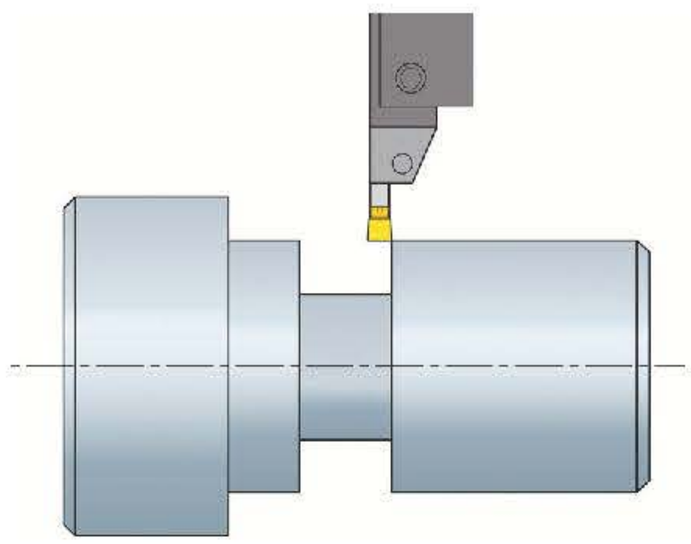


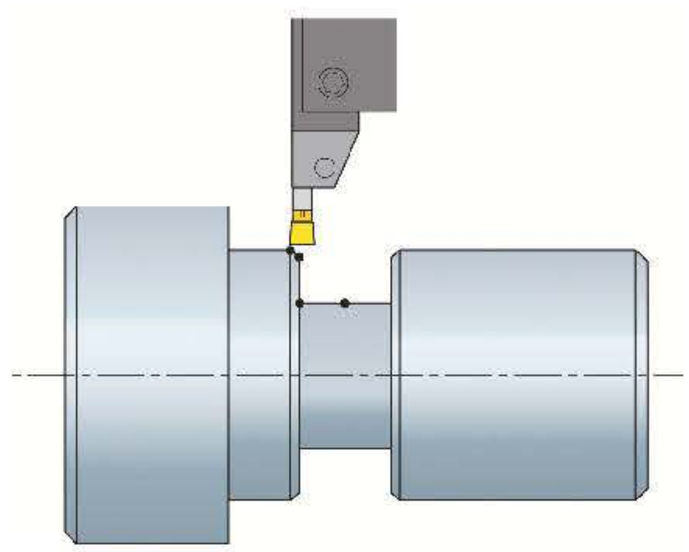
N … CYCLE93(30,-31,11,6,0,0,0,-0.5,-0.5,0,0,0.5,0.5,4,0,5,0)

N … G00 G53 X240 Z300 D0

N … M30

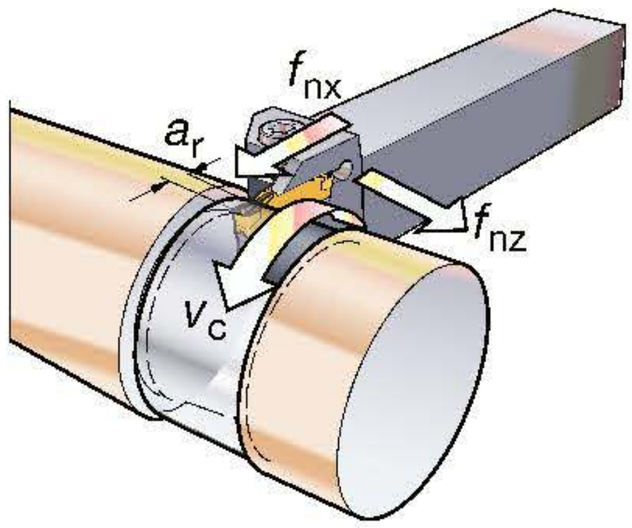
Spårcykel.





Insticksvarvning

Insticksvarning används när spårbredden är större än djupet. Det axiella skärdjupet bör inte överstiga 0.75 x skärbredden på skäret. Det innebär att man med ett 4 millimeters skär kan bearbeta i sidled upp till 3 millimeters skärdjup. I hörnen minskas matningen för att undvika vibrationer. Fördelarna med metoden är att den är snabb, ger god spånkontroll samt att samtliga tre skärkanter på vändskäret utnyttjas.



Definition av termer

n = spindelvarvtal (varv/min)

f_{nx} = radiell matning (mm/varv)

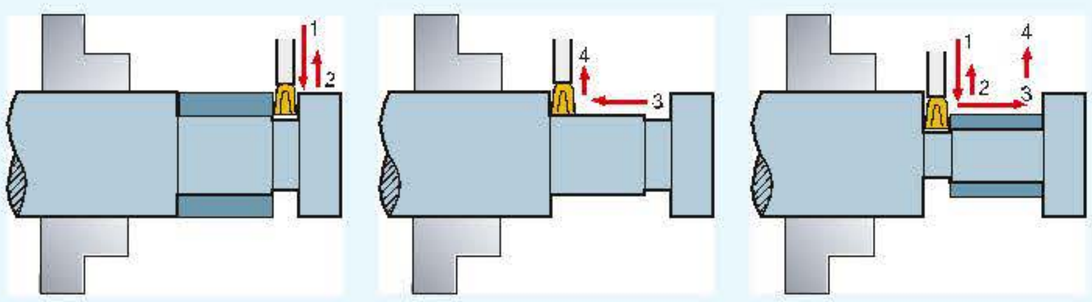
f_{nz} = axiell matning (mm/varv)

v_c = skärhastighet (m/min)

a_r = skärdjup (mm)
(ytterdiameter mot spårets centrum eller botten)

Programmeringen ser i princip likadan ut för Fanuc och Siemens 810/840D eftersom förflyttningarna görs med G1-rörelser i båda fallen. Radier och den inkrementala förflyttningen programmeras dock på olika sätt.

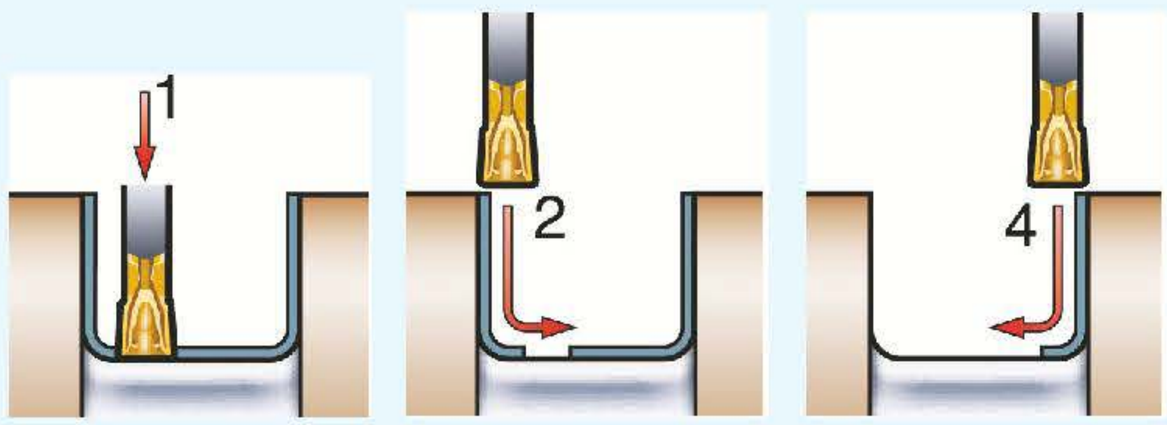
Grovbearbetning



Grovbearbetning med insticksvarvning.

Finbearbetning

Programmeringen av exempel 16, ritning 25, visar hur en bearbetning av ett spår kan göras med insticksvarvning. Programmeringen visas endast för insticksvarvningen. Verktyget har en bredd på 3 millimeter och är uppmätt i spårstålets högra hörn. Se figuren.



Finbearbetningen av ett spår görs på följande sätt:

1. Axiell instickning.

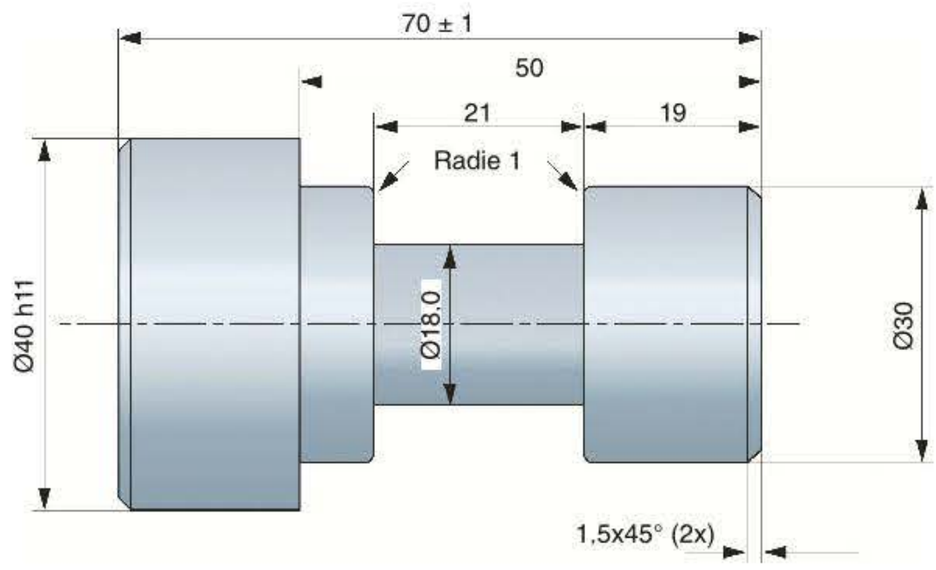
2. Spårstickning fram till föregående stickning.

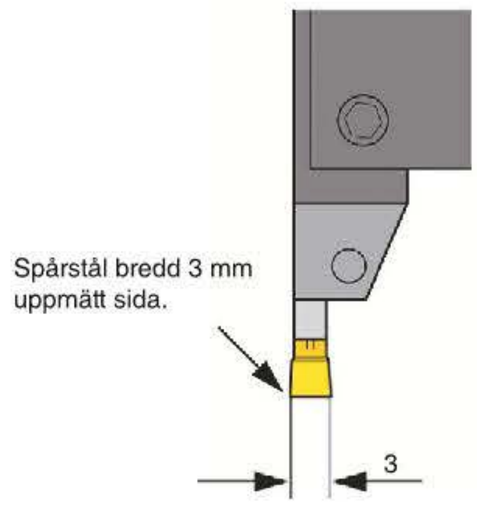
3. Svarvning i Z-riktning fram till radien.

4. Stickning enligt figur 4.

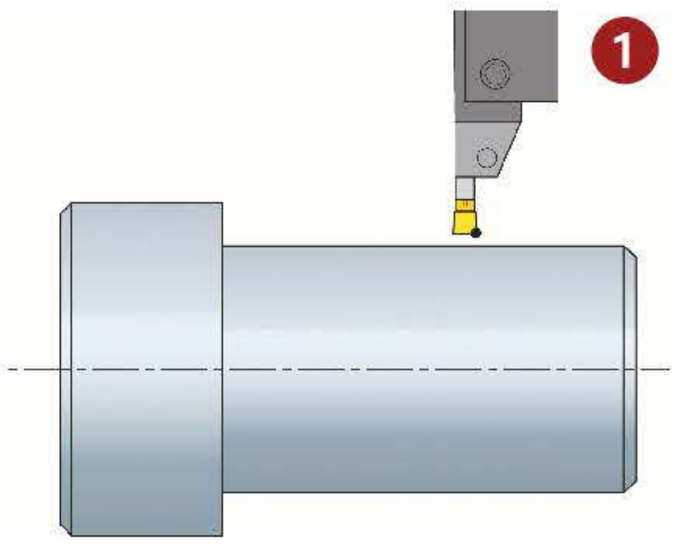
Fanuc – Spårstickning – Exempel 16

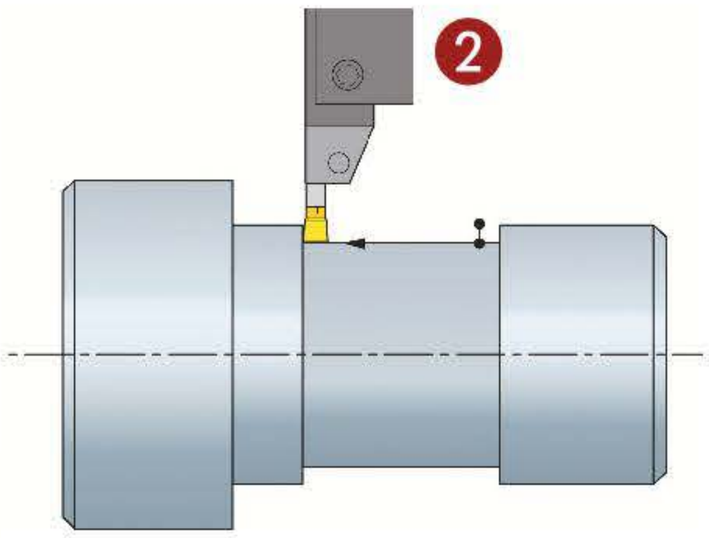
Ritning 25

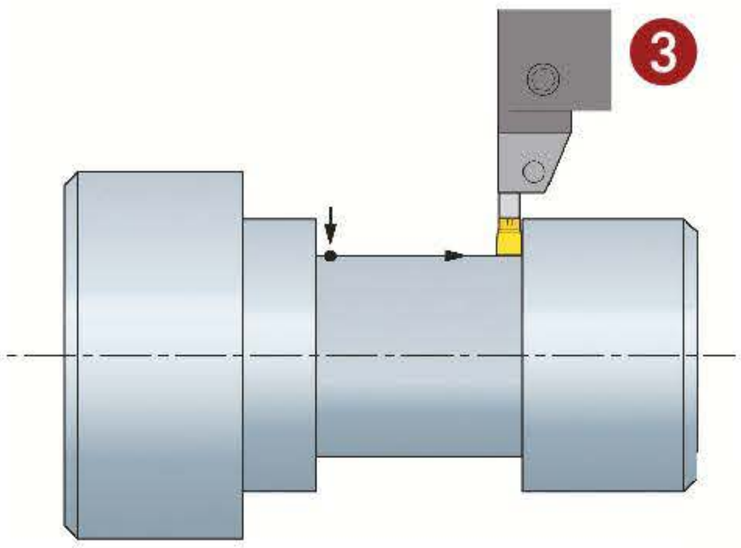


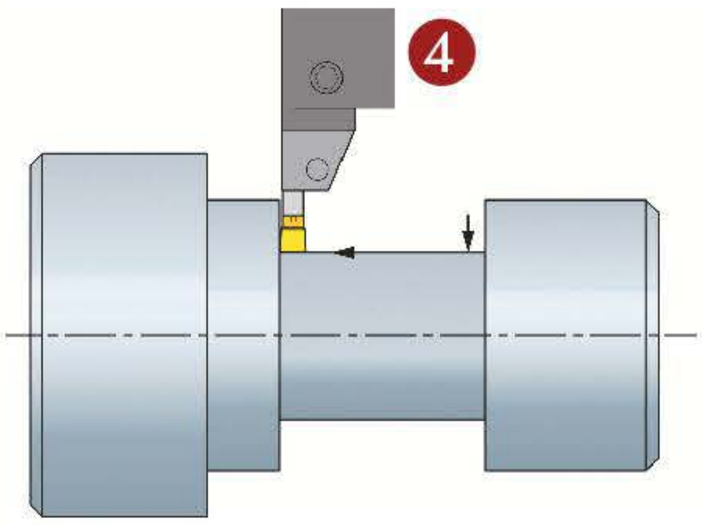


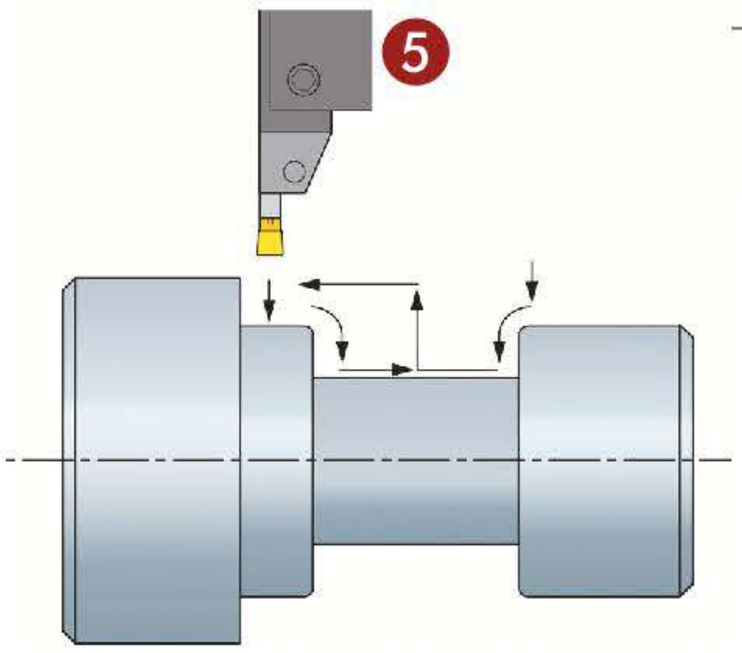

```
N…
N… G00 X32 Z-22.5          1
N… G01 X 26
N… W-19                    2
N… X22
N… W19                     3
N… X18.2
N… W-19                    4
N… G00 X32 W19
N… Z-21
N… X30
N… Z-22 R1
N… X18
N… Z-31                    5
N…G00 X32
N…Z-43
N…G01 X30
N… Z-42 R1
N… X18
N… Z-32
N… G00 X50
N…
```





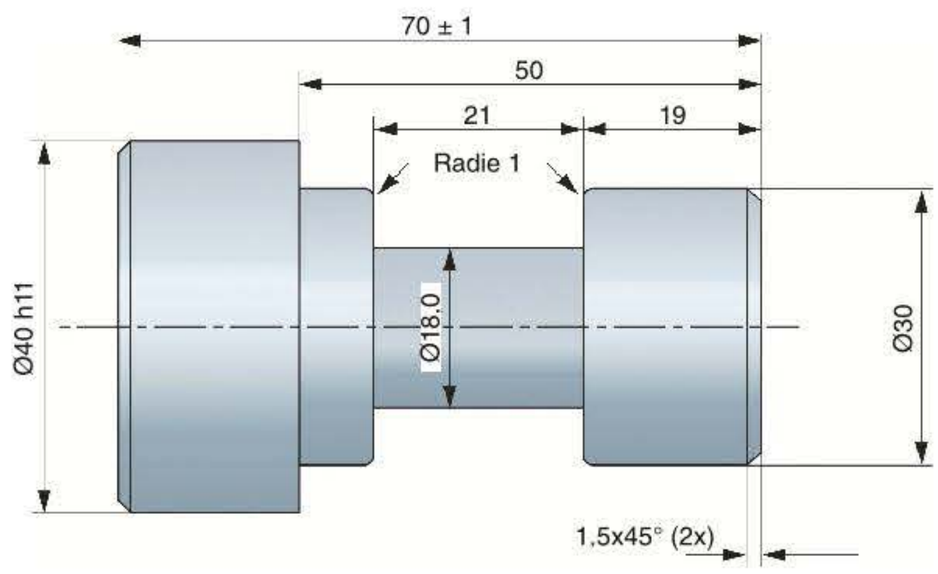


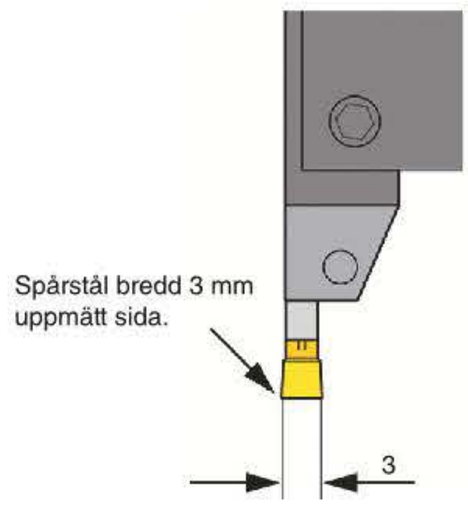




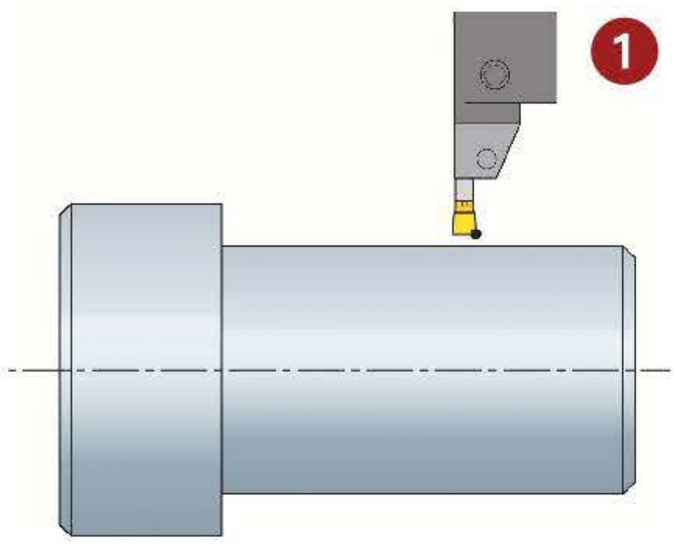
16

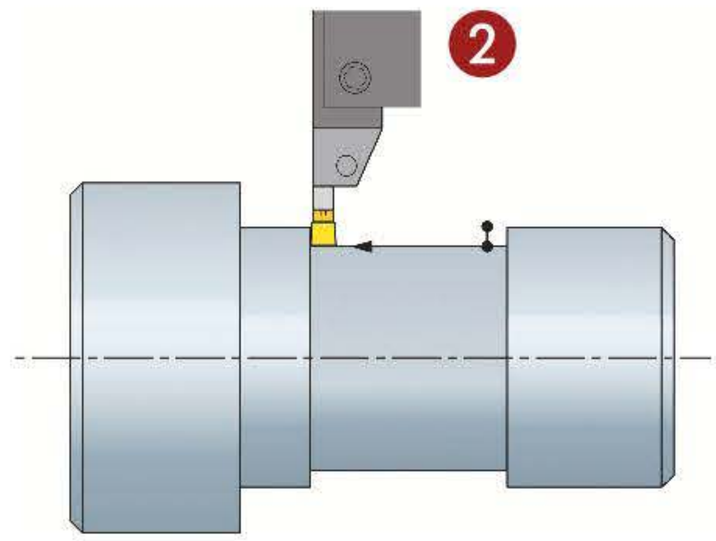
Ritning 25

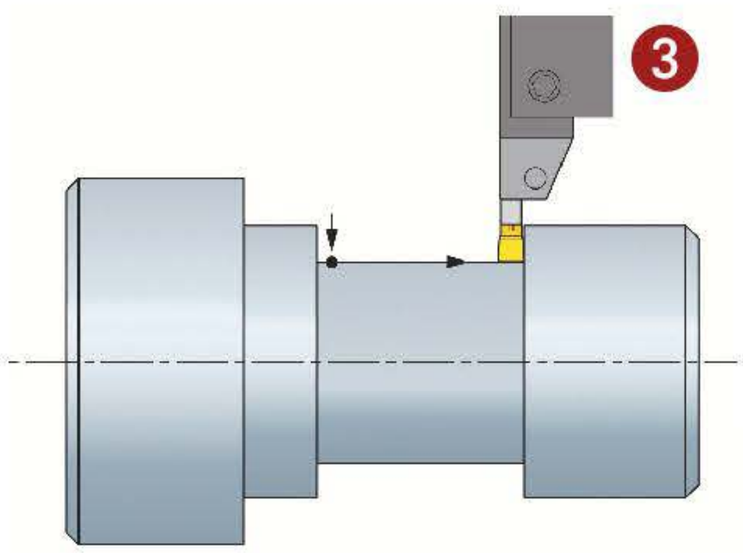


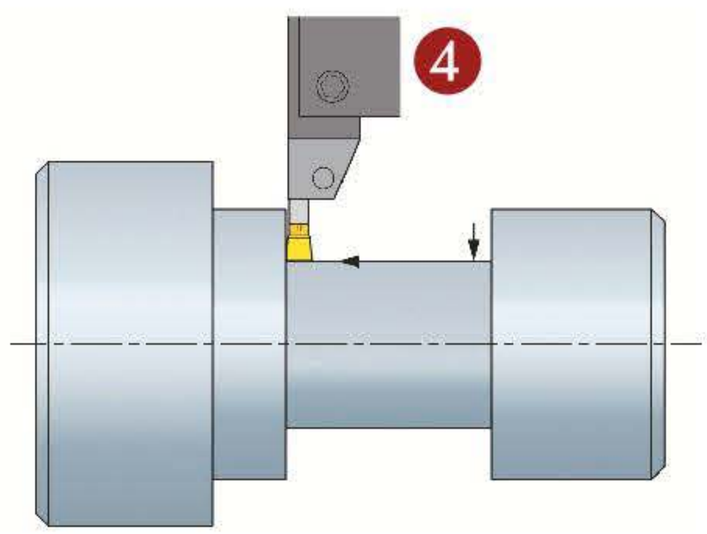


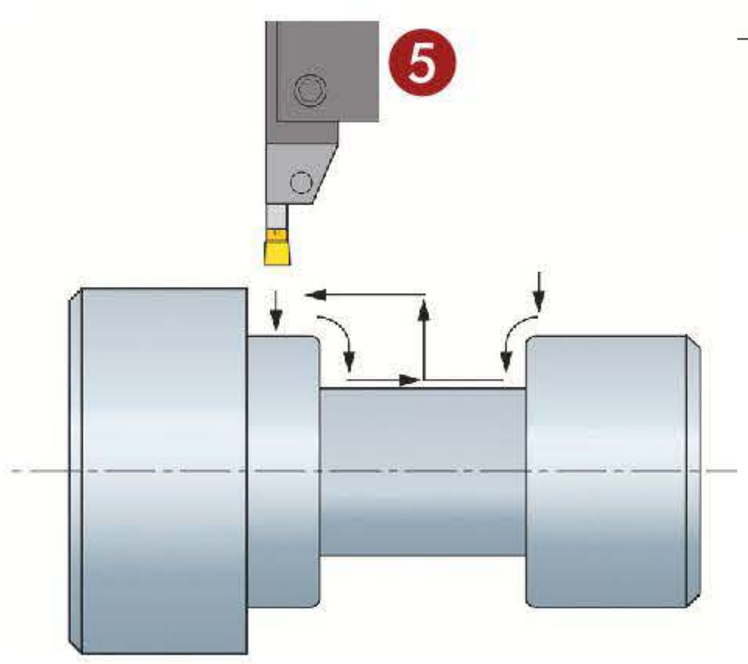

```
N…
N… G00 X32 Z-22.5
N… G01 X 26                 1
N… Z=IC(-19)
N… X22                      2
N… Z=IC(19)
N… X18.2                    3
N… Z=IC(-19)
N… X32 Z=(19)               4
N… Z-21
N… X30
N… Z-22 RND=1
N… X18
N… Z-31
N… G00 X32
N… Z-43                     5
N… G01 X30
N… Z-42 RND=1
N… X18
N… Z-32
N… G00 X44
N…
```











Fanuc

Underprogram

Vi har tidigare använt underprogram för konturbeskrivningar till CYCLE95 i Siemens 810/840D. Underprogrammering kan även användas till förenklingar av programskrivningen vid exempelvis upprepning av programavsnitt. Underprogram kan skrivas i flera nivåer, så att ett underprogram kan anropas i ett annat.

Programmering

Underprogram liksom huvudprogram programmeras i Fanuc med bokstaven O i kombination med maximalt fyra siffror, det vill säga från O1 upp till O9999. I Fanuc anropas ett underprogram med hjälpfunktionen M98. Man kan upprepa ett underprogram upp till 999 gånger så att det blir maximalt tre siffror. Programmering av ett underprogram görs på samma sätt som av ett huvudprogram förutom att det avslutas med hjälpfunktionen M99.

Tillsammans med adress P skrivs antal upprepningar och programnummer in på följande sätt. De första 3 siffrorna efter adress P anger antal upprepningar; inledande noll behöver inte skrivas ut. De sista 4 siffrorna anger programnumret. Detta innebär att exempelvis M98 P50045 anger att program O0045 ska upprepas 5 gånger. Observera att de inledande nollorna på programnumret måste skrivas ut. Men om underprogrammet endast ska köras en gång räcker det om programnumret anges M98 P45. I detta fall behöver programnumrets inledande nollor inte skrivas in. Observera att underprogramsanrop programmeras på en egen blockrad.

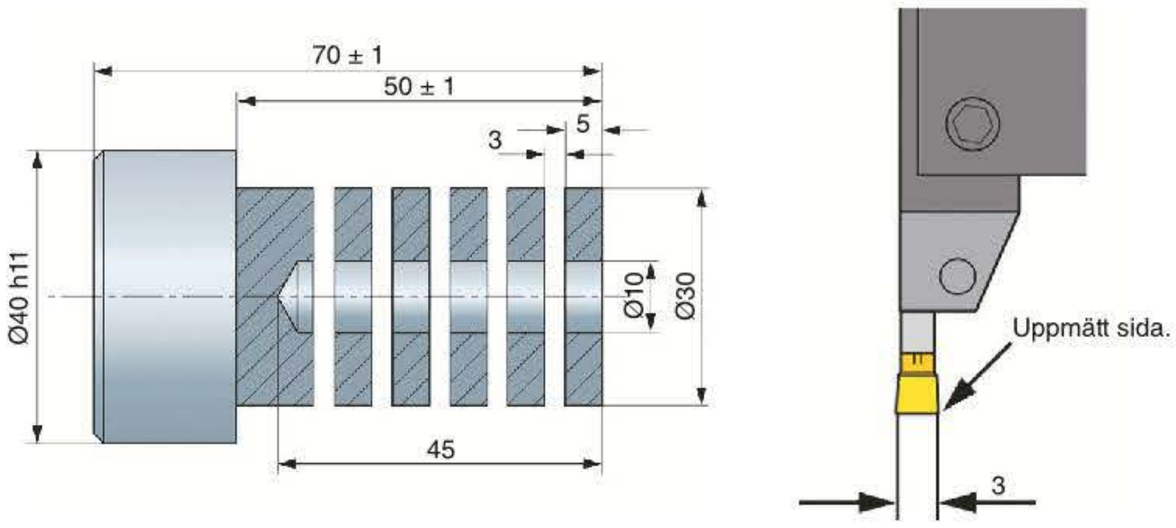
Fanuc – Avstickning med underprogram – Exempel 17

17

Ritning 26

Observera att exemplet endast visar sättet att programmera. Ingen hänsyn har tagits till ytjämnhet.

Ritningen visar brickor med 5 millimeters bredd. Dessa ska stickas av från ett ämne med 40 millimeters diameter. Underprogrammet har gjorts i två nivåer: förflyttningen i




```
O0026
N…
N…
N… T0808
N… G96 S… F… M... M8
N… G00 X44 Z3
N… M98 P50260
N…
```

```
O0260
N… G00 W-8
N… M98 P2600
N…M99
```

Z-led i ett underprogram och själva avstickningen i ett annat underprogram, som i sin tur anropas från det första underprogrammet. För att åskådliggöra avstickningen och förflyttningen visar ritningen brickorna efter avstickning från ämnet. Programavsnittet visar endast hur programmeringen med stickstålet har gjorts. Verktyget har 3 millimeters bredd och är uppmätt i dess högra hörn.

Beskrivning av programmeringen

I huvudprogrammet O0026 anropas underprogrammet O0260. Där görs förflyttningen i Z-riktningen och sedan anropas underprogram O2600 där själva spårstickningen har programmerats.

ÖVNINGSUPPGIFT 11
SPÅRSVARVNING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 27. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Siemens

Ritning 26

I Siemens 810/840D programmeras ett anrop av ett underprogram endast med namnet på programmet. Namnet kan vara en text eller en nummerserie. Det vanligaste är att man anger underprogrammet med ett namn som visar vilket huvudprogram det tillhör, exempelvis AVSTICK_BRICKA. Underprogram ges filändelsen SPF vilket betyder subroutin program file, (underprogramsfil). I Siemens avslutas underprogram med hjälpfunktionen M17. Antal upprepningar programmeras under adress P och kan vara maximalt ett 3-siffrigt värde, det vill säga 999 gånger. Om underprogrammet endast ska köras en gång räcker det med att skriva namnet på underprogrammet. Observera att underprogramsanrop programmeras på en egen blockrad. Anrop av exempelvis underprogrammet AVSTICK_BRICKA som ska köras två gånger programmeras på följande sätt:

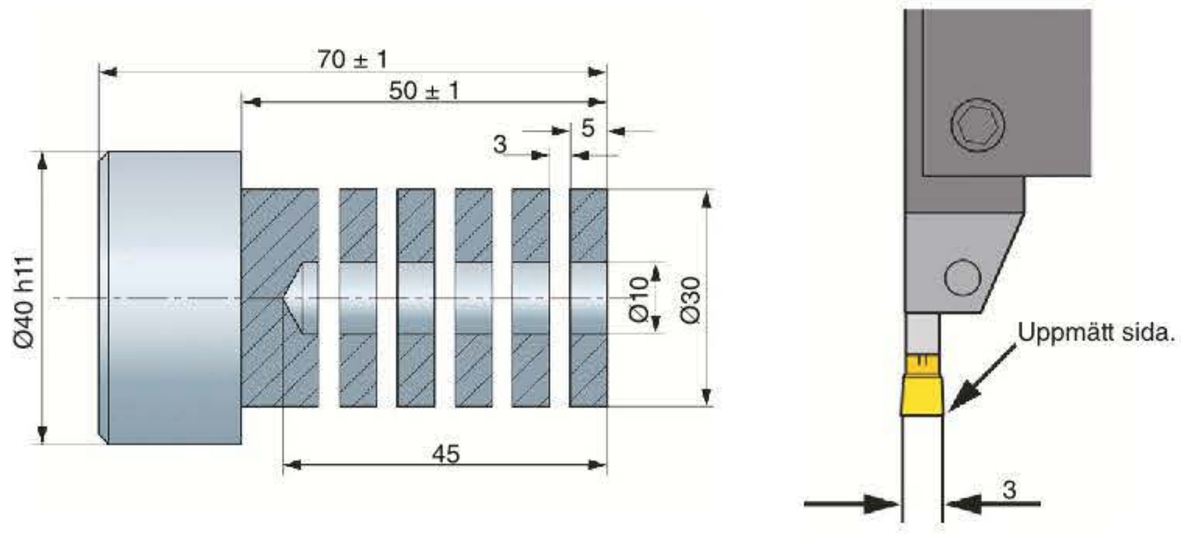
N… AVSTICK_BRICKA P2

Siemens – Avstickning med underprogram – Exempel 17

Ritning 26

Observera att exemplet endast visar sättet att programmera. Ingen hänsyn har tagits till ytjämnhet.

Ritningen visar brickor med 5 millimeters bredd. Dessa ska stickas av från ett ämne med 40 millimeters diameter. Underprogrammet har gjorts i två nivåer: Förflyttning i Z-led i ett underprogram och själva avstickningen i ett annat underprogram, som i sin tur anropas från det första underprogrammet. För att åskådliggöra avstickningen och förflyttningen visar ritningen brickorna efter avstickning från ämnet. Programavsnittet visar endast hur programmeringen med stickstålet har gjorts. Verktyget har 3 millimeters bredd och är uppmätt i dess högra hörn.



BRICKA	BRICKA_5MM	BRICKA_AVSTICK
N…	N… G00 Z=IC(-5)	N… G01 X9
N… T8 D1	N… BRICKA_AVSTICK	N… G00 X44
N… G96 S… F… M... M8	N…M17	N… M17
N… G00 X44 Z3		
N… BRICKA_5MM		
N …		

ÖVNINGSUPPGIFT 11
SPÅRSVARVNING

Programmera och tillverka detaljen som är beskriven på ritning 27. Programförslag till övningen finns i Plustjästen.

Register

A

Absolut programmering 11, 13, 30
Adress 26
Ansatssvarvning – Fanuc 74, 75
Ansatssvarvning – Siemens 76–80
Arbetsskador 17
Automatikkörning 69, 80
Avstickning 181, 186, 187
Axiell förflyttning 31

B

Bearbetning 60
Blanketter 28
Block 26
Blocknummer 25
Blockslutstecken 25
Borrcykel 146
Borrning 137, 142, 143, 145, 152
Bädd och stativ 14

C

Checklista-gängning 123
Cirkulär interpolering 11, 13, 95–101
Cirkulära rörelser 94
C-listan 13, 103, 104, 128
CNC-operatör 8, 9
CNC-svarven 14, 15

D

Detaljens nollpunkt 30, 38, 40, 71, 72
Detaljprogram 26
Detaljritning 20, 45
Drivna verktyg 163, 164
Dubbdocka 15, 16, 28

E

Elsäkerhet 17
Enkelblockskörning 80, 173
Exempel 7

F

Fassvarvning 81–84
Finsvarvning 11, 35
Förslag till arbetsgång 69

G

G-funktioner 12, 25
G-kodslista 13
Grov- och finsvarvningscykel – Fanuc 105
Grov- och finsvarvningscykel – Siemens 106
Grovsvarvning 34
Grunderna för CNC-programmering 20, 21
Gängcykel 159, 160, 163
Gängning med gängtapp 153
Gängskärning 11, 13
Gängsvarvningscykel 127, 177–179
Gängsystem 111
Gängverktyg 112

H

Hjälpfunktioner 25, 28, 36
Huvudprogram 27
Huvudspindel 15, 55, 110
Högergänga 114, 175

I

Inkremental programmering 11, 13, 30
Inmatningsdjup-gängning 118
Inmatningsmetoder – gängning 117
Invändig gängsvarvning 175
Invändig svarvning 166, 172, 174
ISO-programmering 12, 13, 106

K

Konstant skärhastighet 11, 13
Konstant spindelhastighet 11, 52, 53
Koordinatsystemet 22, 23, 29, 30, 40, 97
Kvadranter 24

L

Lutningsvinkel – gängning 115
Längdsvarvningscykel 11, 102, 103, 106

M
Maskinens kapsling 16
Maskinens skyddsdetaljer 18
Maskinmanual 27
Maskinnollpunkt 40
Matning 11, 13, 25, 53, 103, 104
M-funktioner 12, 25
Miljö 10, 18
Mjuka backar 33
M-kodslista 12
Mätning 35, 72, 122, 123

N
Nollpunktsförflyttning 13, 40, 42, 57
Nosradie 20, 34, 35, 46, 167
Nosradiekompensering 88

O
Ord 26

P
Plansvarvning 63, 68
Positionering 11, 13, 36, 39, 57, 58, 64
Programblad 28
Programmering i tio punkter 38
Programmering 32, 35, 37, 38
Programmeringsföljd 37
Programslut 38, 39, 43, 66, 75
Programstruktur 35
Påverkansfaktorer 52

R
Radiell förflyttning 31
Radiesvarvning 81–83
Referenspunkt 44, 47
Rotationsriktning 54

S
Skyddsutrustning 19
Skärdata 35, 51, 56, 73
Skärdatablock 36
Skärhastighet – gängning 121
Skärvätskor 18, 19
Spindelhastighet 25, 51, 121, 140
Spårstickning 188
Spårstickningscykel 191, 193, 195, 197, 198
Stativ 14
Stigning 111, 113
Styrsystem 10–13
Svarvbommar 168
Svarvchuck 16, 42

T
Testkörning DRY-RUN-funktionen 79
Toleranser 20, 21, 35, 69

U
Underprogram 26
Uppspänning av arbetsstycket 32
Uppspänningsmetoder 70, 168
Utjämningschuck 154, 161
Utvändig gängsvarvning 110

V
Varvtalsbegränsning 11, 13, 38, 43, 74, 76
Verktygsanrop 25, 36, 38, 45, 46, 76
Verktygsbyte 36, 39, 55, 64
Verktygshållare 45
Verktygslängder 72
Verktygsregister 38
Verktygsrevolver 15, 16, 36, 46, 47, 71
Verktygsval 34, 68, 189
Verktygsväxlingspunkt 38, 44, 57, 64
Vinkelprogrammering 84
Vinkelsvarvning 86
Väginformation 22, 25
Vändskär 34, 113
Vänstergänga 113, 114

Å
Återupprepning 65

Ö
Övningsuppgifter 7

CNC-teknik – Svarv

Den här boken riktar sig till alla som ska arbeta med CNC-styrda svarvar. Hur ska jag planera bearbetningen, vilka faktorer påverkar mitt val av parametrar och verktyg när jag ska skapa mitt CNC-program? Det och mycket mer tas upp i den här boken.

Grundläggande kunskaper inom CNC-teknik fordras för att förstå och korrigera i ett bearbetningsprogram. CNC-teknik tillsammans med aktuell kännedom om skärteknik är nödvändiga kunskaper för att bli en framgångsrik operatör.

Boken kan användas såväl inom undervisning men även som ett uppslagsverk när du behöver hitta lösningar på specifika problem inom grundläggande CNC-teknik för svarvning.

Övningar, programmeringsförslag, och instruktioner finns på Libers plustjänst.

Liber

www.liber.se

Best.nr 47-08501-9
Tryck.nr 47-08501-9

9 789147 085019