

# Processutveckling av borstgradning

---

Thomas Harbom





UPPSALA  
UNIVERSITET

Teknisk- naturvetenskaplig fakultet  
UTH-enheten

Besöksadress:  
Ångströmlaboratoriet  
Lägerhyddsvägen 1  
Hus 4, Plan 0

Postadress:  
Box 536  
751 21 Uppsala

Telefon:  
018 – 471 30 03

Telefax:  
018 – 471 30 00

Hemsida:  
<http://www.teknat.uu.se/student>

## Abstract

### Processutveckling av borstgradning

## Process improvement of brushdeburring

---

*Thomas Harbom*

During the milling of Sandvik Coromant's world leading Drill with replaceable inserts, the CoroDrill880©, burrs appear around the milled surfaces. The burrs are removed using different methods, one of which is deburring with special brushing machines that are integrated into milling cells. The machines of the type Sinjet, use a Siemens guidance system. The deburring results are not satisfying and manual deburring is required afterwards. The manual deburring may cause damage to important edges and measurements of the product and is also very time consuming for the machine operators.

As almost no engineering work has been done with the process, it has to be evaluated and improved. The objective is to present a proposition of an improved process, where no manual deburring is required and also to present an instruction manual of how the implementation should be carried out.

The evaluation of the deburring process revealed some flaws that lead to the machines bad performance. The greatest flaw was that many dimensions of the products use the same recipe, where few parameters are adapted to the different dimensions, which gives an uneven performance. Another problem was the general lack of knowledge about the guidance system.

Many experiments were carried out to find which adjustable parameters that had the most influence on the machines performance. The tests showed that the brushing angle against the part and the brushes in feed depth had the most effect. By designing a new program that was better adapted to the problematic areas of the part, as well as making better use of the parameters that gave the best results, a significant improvement was achieved.

An instruction manual was made in order to explain the changes in the program and the different parameters contribution to the performance of the machines. The implementation process was also thoroughly explained to make the work easier for the ones doing it.

Handledare: Jacob Wiberg  
Ämnesgranskare: Claes Aldman  
Examinator: Lars Degerman  
ISRN UTH-INGUTB-EX-M-2011/10-SE



# Sammanfattning

Vid fräsningen av Coromants världsledande vändsskårsborr CoroDrill880© uppstår grader på kanterna kring de frästa ytorna. Graderna tas bort med olika metoder varav en är borstgradning med specialmaskiner som är integrerade i tillverkningscellerna. Maskinerna av typen Sinjet styrs av ett Siemens-styrsystem. Resultatet av gradningen blir oftast inte tillräckligt bra och manuell gradning måste utföras efteråt. Den manuella gradningen ger i större utsträckning upphov till olika skador på produkten och tar även upp mycket operatörstid.

Nästan inget produktionstekniskt arbete har gjorts med borstgradningsprocessen och den måste därför kartläggas och förbättras. Målet är att lämna ett förslag på en utvecklad process där ingen manuell gradning måste utföras och skriva en instruktion för hur implementeringsarbetet ska utföras.

En kartläggning av borstgradningsprocessen visar på ett antal brister som leder till otillräckligt gradningsresultat. Den största bristen var att många produktdimensioner kör på samma recept där få parametrar är anpassade, vilket ger ett oflexibelt och ojämnt gradningsresultat. Ett annat problem var att kunskapen om styrsystemet var bristfällig hos operatörerna.

Flera försöksgångar gjordes för att undersöka vilka påverkningsbara parametrar som hade störst inverkan på resultaten. Testerna visade att borstarnas angreppsvinklar mot detaljen och deras ingreppsdjup hade störst inverkan. Genom att skriva ett nytt program som bättre tog hänsyn till problemområdena på borren och parametrarnas inverkan kunde en stor förbättring i gradningsresultaten konstateras.

För att stödja implementeringsarbetet som återstår skrevs en instruktion där det nya programmet och parametrarnas inverkan förklaras. Tillvägagångssättet för införandet av det nya arbetssättet beskrivs också noggrant för att arbetet lätt ska kunna påbörjas.

# Förord

Examensarbetet utfördes på Sandvik Coromant i Gimo vid den produktionstekniska avdelningen för roterande verktyg GRV10. Handledare för examensarbetet var Jacob Wiberg. Jag vill tacka Jacob Wiberg och hela avdelningen med Henrik Risberg i spetsen för många goda råd och ett gott samarbete. Tack till operatörerna på avdelningarna GVR6, GVR7 och GVR3 som frikostigt delat med sin av sin erfarenhet och kunskap. Tack också till ämnesgranskaren Claes Aldman som stöttat mig under projektets gång.

Gimo, Maj 2011

Thomas Harbom

# Innehållsförteckning

<b>1 Inledning</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Nulägesanalys</b> .....	<b>3</b>
<b>2.1 Bakgrund</b> .....	<b>3</b>
<b>2.2 Uppgiftsbeskrivning</b> .....	<b>4</b>
<b>2.3 Metoder</b> .....	<b>4</b>
2.3.1 Utredning av processen .....	4
2.3.2 Inläring av styrsystem .....	4
2.3.3 Försök .....	5
<b>2.3 Processkartläggning</b> .....	<b>5</b>
2.3.1 Tidskartläggning .....	5
2.3.2 Kartläggning av faktorer .....	5
2.3.3 Maskinstyrningen .....	6
2.3.4 Maskinriggning och programuppbyggnad .....	7
2.3.5 Borstslitage .....	8
2.3.6 Problemområden .....	9
<b>3 Riktlinjer</b> .....	<b>11</b>
3.1 Tid .....	11
3.2 Utrustning .....	11
<b>4 Försök</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1 Manuell borstning</b> .....	<b>13</b>
4.1.1 Medborstning .....	13
4.1.2 Motborstning .....	14
4.1.3 Resultat .....	15
<b>4.2 Försök med vinklar</b> .....	<b>15</b>
4.2.1 Resultat .....	17
<b>4.3 Ingrepp och slitage</b> .....	<b>18</b>
4.3.1 Resultat .....	18
<b>4.4 Borstar</b> .....	<b>18</b>
<b>5 Programuppbyggnad</b> .....	<b>19</b>
5.1 Steg 1 och 2 .....	19
5.2 Steg 3 .....	19
5.3 Steg 4 .....	20
5.4 Indexering av plattlägen .....	20
5.5 Optimeringsutrymme .....	20
5.6 Resultat .....	21
<b>6 Implementering</b> .....	<b>23</b>

6.1 Möjligheter.....	23
6.2 Risker .....	23
6.3 Överlämning.....	24
6.4 Genomförande.....	24
<b>7 Slutsatser.....</b>	<b>25</b>
7.1 Slutsatser av nulägesanalys.....	25
7.2 Resultat .....	25
7.3 Implementering.....	25
7.4 Förslag på vidare förbättringar.....	26
7.4.1 Bättre rutiner .....	26
7.4.2 Förbättringar på GVR7 .....	26
<b>Referenser .....</b>	<b>27</b>

## Figurförteckning

Figur 2.1 Sinjetmaskin med Siemens-styrssystem (Osborn International AB 2011).....	7
Figur 2.2 Sinjet uppbyggnad.....	8
Figur 2.3 Problemområden.....	9
Figur 4.1 Manuell borste.....	13
Figur 4.2 Illustrering av medborstning.....	14
Figur 4.3 Nedtryckt grad.....	14
Figur 4.4 Illustrering av motborstning .....	15
Figur 4.5 Tillbakavinklad grad.....	15
Figur 4.6 Testade borstvinklar .....	17
Figur 4.7 Optimala vinklar.....	17
Figur 5.1 Program steg 1 och 2 .....	19
Figur 5.2 Program steg 3.....	20
Figur 5.3 Program steg 4.....	20
Figur 5.4 Indexering.....	20

## Tabellförteckning

Tabell 4:1 Försök med vinklar .....	16
Tabell 4:2 Försök med ingreppsdjup.....	18





# 1 Inledning

Sandvik Coromant i Gimo är en världsledande tillverkare av produkter för skärande bearbetning. Avdelningen GVR3 tillverkar U-borrar som använder vändskär för korthålsborrning. Under fräsningen av borren uppstår grader som måste avlägsnas för att borren ska uppfylla sin funktion och vara lätthanterlig. För att få bort graderna används en rad olika metoder, varav en är borstgradning i Sinjetmaskiner.

Sinjetmaskinerna använder borstar för att göra rent detaljen från grader. Resultatet efter borstgradningen i dagsläget är att grader på detaljerna återstår och därför måste gradas för hand. Den manuella gradningen gör att resultatet blir olika beroende på vilka verktyg som används och vilken operatör som utför gradningen. Det finns även ökad risk för att slagskador uppstår och att viktiga egenskaper på detaljer påverkas, vilket kan leda till att defekta produkter levereras till kunder.

De kortsiktiga målen med arbetet är att kartlägga och utveckla processen så att den bättre uppfyller de krav som finns på den samt lämna förslag på arbetssätt för att vidareutveckla och förbättra processen. Det långsiktiga målet är att förbättra gradningsprocessen så att ingen gradning sker utanför cellerna där borstgradningsutrustningen finns installerad.

Avgränsningarna för projektet är att det endast innefattar gradningen för produkterna som tillverkas på GVR3 och inte andra avdelningar som också använder borstgradningsutrustning. Fysiska ombyggnationer i maskinerna avgränsas också bort då det innebär för stora risker för produktionsstopp och haveri.



## 2 Nulägesanalys

### 2.1 Bakgrund

Sandvik Coromant är en del av Sandvik Tooling som tillverkar verktyg för skärande bearbetning. Produktionsanläggningen i Gimo är den största inom Coromant och har ca 1600 anställda (Sandvik 2011). Avdelningen GRV3 tillverkar vändskärsborren CoroDrill880© som används för korthålsborrning (Sandvik Coromant 2009). Produktionen sker i många steg varav fräsning är ett av dem. Fräsningen lämnar grader runt de bearbetade ytorna som måste tas bort för att produkten ska fungera och vara lätthanterlig. De olika metoder som används för att grada produkterna är glidslipning, borstgradning samt manuell gradning med fil och annan utrustning. Examensarbetet behandlar borstgradningen och hur den ska kunna utvecklas.

Borstgradningen sker i maskiner av typen Sinjet som är integrerade i fräsningsceller. Cellerna består av två fräsmaskiner av typen SAJO och en Sinjetmaskin. Arbetsstyckena laddas i paletter av operatören och flyttas runt i cellen med en ABB-robot. De färdigfrästa och gradade detaljerna flyttas sedan tillbaka till samma palettposition de laddades in ifrån. Sinjetmaskinerna finns med två olika styrsystem, nämligen Siemens och FANUC. Maskinerna med FANUC styrning är nyare och styrsystemet erbjuder högre flexibilitet i programmeringen. Maskinerna med Siemenssystemet är äldre och är mer begränsade. De maskiner som behandlas i examensarbetet har Siemens-styrsystemet.

Resultatet från gradningen är inte tillfredsställande och manuell gradning av operatörerna krävs innan produkterna kan skickas ut. Den manuella gradningen innebär en förhöjd risk för slagskador och andra skador på känsliga delar av produkten. Den manuella gradningen tar även upp operatörstid som annars kan användas till annat.

Kompetensen inom området borstgradning är begränsad på avdelningarna som använder utrustningen och på Produktionstekniska avdelningen. Detta har medfört att lite eller inget arbete har gjorts för att förbättra processen och dess resultat. Examensarbetet är ämnat för

att förbättra kunskaperna inom området och för att bedöma vilka möjligheter och begränsningar som finns med metoden och utrustningen. Målet är en förbättrad process och en ökad kompetens på avdelningar för att underlätta ständiga förbättringar inom området.

## **2.2 Uppgiftsbeskrivning**

Då borstgradningen inte uppnår eftertraktat resultat ska en kartläggning över processen göras. Sandvik Coromant i Gimo strävar efter en gradfri verkstad vilket innebär att ingen manuell gradning ska förekomma. För att visionen ska förverkligas måste utrustningen, som är avsedd för att lösa problemet, fungera rätt. Examensarbetet ska förbereda ett underlag för hur processutvecklingen ska ske.

Kunskapen kring gradningsmaskinerna är i dagsläget bristfällig, vilket har lett till att inga förbättringar har gjorts inom området. För att implementeringen av förbättringarna ska fungera krävs en ökad kunskap hos operatörerna. Arbetssättet kring maskinerna måste även göras om för att lämna mer utrymme för optimeringar av programmen.

## **2.3 Metoder**

Metoderna för arbetet har utvecklats allt eftersom mer kunskap om styrsystemet framkommit. Då kunskapen kring maskinen och styrsystemet varit mycket bristfällig hos företaget, har utredningen kring dem tagit upp mycket tid.

### **2.3.1 Utredning av processen**

Processen har utretts för att skapa nulägesanalysen. Nulägesanalysen grundar sig på iakttagelser från verkstäderna på avdelningarna GVR3, GVR6 och GVR7 och informella diskussioner med operatörer. Tidtagning på olika moment i processen har gjorts för att få fram de viktiga styrande tiderna.

### **2.3.2 Inläring av styrsystem**

För att förstå hur maskinen och förutsättningarna ser ut har bekantning med styrsystemet varit en stor del av arbetet. Detta har gjorts genom intervjuer och diskussioner med

operatörer samt genom att läsa manualen till maskinen. Osborn International tillhandahöll också en dagutbildning i styrsystemet.

### 2.3.3 Försök

För att testa olika faktorer och antaganden har flera tester gjorts. I en manuell borste gjordes grundläggande försök för att se hur graderna betedde sig och hur de lättast avlägsnades.

Mer utförliga tester gjordes i en fristående Sinjetmaskin där de olika parametrarnas inverkan testades.

## 2.3 Processkartläggning

Produktfloran delas in i ett antal recept för att inte behöva skriva ett program för varje produktkod. Vilket recept som ska användas anges av jobbfilen som skapas till varje order. Varje recept motsvaras av en siffra som laddas till borstgradningsmaskinen då detaljen laddas in. I jobbfilen finns även tre utgångsparametrar som laddas över till maskinen: borrens längd, borrens diameter och avståndet från chucken där bearbetningen ska påbörjas. Uppdelningen kan beskrivas som oflexibel då parametrar i nuläget inte kan kopplas ihop. Styrningen skapar en spridning i gradningsresultatet och borstslitaget.

### 2.3.1 Tidskartläggning

Gradningsprocessen i fräscellerna får inte vara begränsande för produktens ledtid genom fräsningsoperationen. Tiden som gradningsprogrammet får ta är därför begränsat av ett antal faktorer: frästiden, laddningstid från fräs till Sinjet och urladdningstid från Sinjet till palett. För att ta reda på tidsutrymmet gjordes tidsmätningar på de olika stegen i cellen. Vid tiderna för gradningsprogrammet gäller att mindre diameter och kortare längd ger kortare gradningsprogram. Den minsta tiden som uppmättes var 3,33 minuter.

### 2.3.2 Kartläggning av faktorer

De faktorer som påverkar resultatet är följande:

- *Verktögsförslitning* Beroende på hur verktygsförslitningen i fräsningen ser ut kommer detaljen att ha olika mycket grader.

- *Ingreppsdjup* Det avstånd borstarna går in mot detaljens centrum räknat från dess ytterdiameter.
- *Borstvinklar* Borstarnas ingreppsvinkel mot detaljen.
- *Varvtal* Borstarnas varvtal mätt i rpm.
- *Rotationsriktning* Den riktning som borstarna roterar. Anges i medurs eller moturs.
- *Borstar* Olika egenskaper hos borstarna kan påverka resultatet.
- *Ingreppstid* Bestäms av parametrarna bearbetningslängd, spindelvarv, spindel hastighet, pinolhastighet och tidsfördröjning.

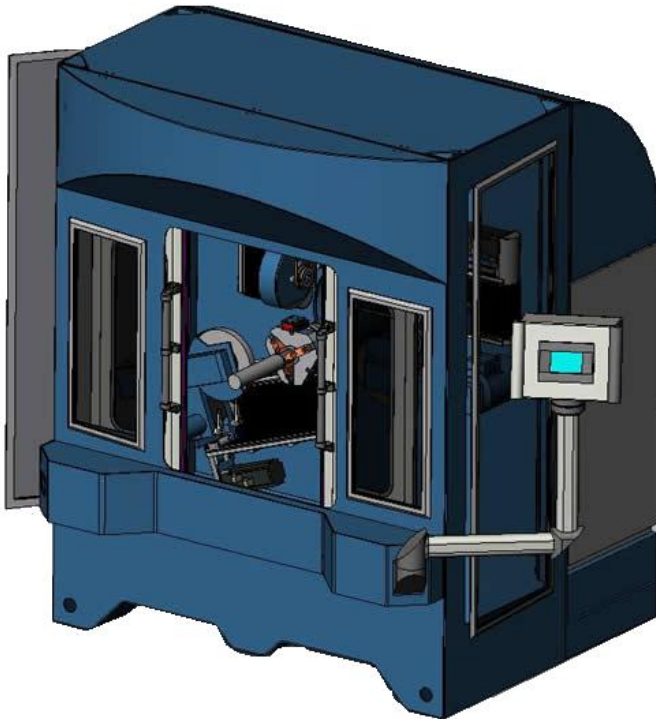
Då verktygsförslitningens inverkan på graderna är tydlig, men svår att påverka utan att ändra i produkternas beredning, lämnades faktorn utanför projektets avgränsningar.

### **2.3.3 Maskinstyrningen**

Maskinerna använder Siemens-styrssystem och är väldigt begränsade jämfört med FANUC. Operatörspanelen används för att skapa och editera program, och även styra maskinen. När recept skapas görs det under två kategorier: borr eller fräs. Skillnaden är att fräskategorin har en funktion där antal plattlägen och vinkeln mellan dem anges vid indexering. I borkategorin måste varje läge anges med placering och vinkel.

När ett program skapas kan operationernas fördelas på fyra steg och tre indexeringssteg. För varje steg anges vilka borstar som ska användas och var de ska bearbeta. Begränsningen ligger i att bara en riktning och längd kan användas per steg vilket medför

att borstningen blir oflexibel. Indexering kan väljas en gång för varje borste. Vid indexeringen anges var borsten ska arbeta längdmässigt, vilket vinkel som ska riktas upp och hur länge borsten ska dröja kvar vid läget. Vilka steg som ska användas anges i början av programmet. Ordningsföljden på stegen är Steg 1-4 följt av indexeringsteg för Borste 1, 2 och 3. Om något av stegen är inaktiverat, hoppas det över. När alla steg är körda är detaljen färdig och pinolen ställer sig i laddningsläge och dörrarna öppnas så att roboten kan ladda ur.

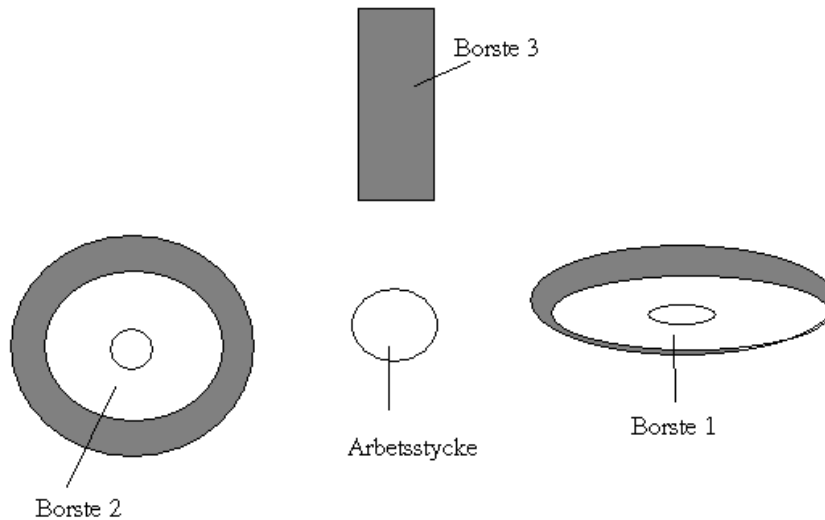


*Figur 2.1 Sinjetmaskin med Siemens-styrssystem (Osborn International AB 2011)*

### **2.3.4 Maskinriggning och programuppbyggnad**

I dagsläget är maskinen riggad som Figur 2.2 visar med en rak sidaborste (Borste 2) och en vinklad borste (Borste 1) med en vinkel på 60° från sitt ursprungsläge. Toppborsten (Borste 3) sitter även den rakt fast i detaljens längdriktning.





Figur 2.2 Sinjet uppbyggnad

Programmet använder en borste i taget för att borsta de olika delarna. Borste 2 borstar hela borrens längd med omvänd rotationsriktning efter första passeringen. Borste 3 kör toppen på arbetsstycket. Borste 1 används i ett indexeringssteg där plattlägena borstas av. Samma eller snarlika programstruktur används på samtliga produkter med varierande resultat.

### 2.3.5 Borstslitage

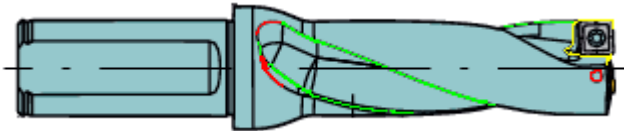
Det varierande ingreppsdjupet som beror på receptet och diametern på produkten gör att borstarnas slitage är svårt att beräkna och förutse. På produkter där borstarna har högt ingrepp slits borstarna fortare. Med jämna mellanrum mäts borstarna genom att en mätplatta borstas. När trycket mot plattan uppgår till en viss nivå, räknas den nya diametern på borsten ut och produktionen fortsätter. Borstarna kan också jämnas till genom att de körs mot en platta med en vass egg. De längsta stråna klipps då av och borsten får en jämnare diameter.

Rutiner för när borstar ska bytas saknas och därför byts borstarna när operatörerna bedömer att det behövs. Byte av borstar sker ibland för sällan och borstar med bara enstaka strån kvar har upptäckts när maskinerna inspekterats. Slitna borstar påverkar gradningsresultatet negativt.

En studie som gjordes på avdelningen GVR7 visade att många av programmen hade mycket högt ingreppdjup (8-12mm) vilket medförde att borstarna slets mycket fort och ibland lämnade svårborttagna beläggningar på detaljerna. Detaljerna slogs i vissa fall även ut ur chucken vilket medförde att produkterna ibland fick kasseras på grund av slagskador. Anledningen till de höga ingreppsdjupen är att operatörer som har varit missnöjda med gradningsresultaten har ändrat på ingreppsdjupet istället för att byta ut eller mäta upp borstar. När en ny borste sätts in eller ny diameter mäts upp är värdena på ingreppsdjupet för höga. Det medför att trycket mot biten blir för stort så att den slås ut chocken eller så blir belastningen på borsten för hög så stråna går av och lämnar en beläggning med slipmedel på detaljen.

### 2.3.6 Problemområden

Bilden visar områden där graderna uppstår efter fräsningen. Gradernas egenskaper beror på vilken produkt det är, vilken maskin produkten är körd i och verktygsförslitning under fräsningen. Verktyg med kort kvarvarande livslängd lämnar större och kraftigare grader än nya verktyg.



Figur 2.3 Problemområden

De röda fälten visar var de svåraste graderna är placerade, de gröna fälten visar vilka delar som har lättare grader och de gula fälten visar känsliga områden där viktiga mått kan påverkas.

De största problemområdena är där materialet har trycks ihop och bildat en tjock grad med stark bindning till materialet. De graderna försvinner i nuläget aldrig under borstgradning utan måste manuellt tas bort med hjälp av en fil eller liknande. Vid andra områden såsom runt plattläget och längs spånrummet ger borstningen oftast ett godkänt resultat.



## 3 Riktlinjer

### 3.1 Tid

Eftersom Sinjetmaskinerna är integrerade i celler är det viktigt att gradningstiden inte är begränsande för cellen. För att kartlägga vilket tidsutrymme som fanns i cellen klockades de olika momentens tider. Parallellt med examensarbetet pågår ett projekt för att sänka frästiderna med 25 % på avdelningen. För att gradningen inte skulle bli begränsande ifall de målen nåddes, togs förbättringen med i beräkningen.

$$\frac{0,75(M_1 + M_2)}{2} > (2P_1 + 2P_2 + S_1 + S_2) \quad (3.1)$$

I Ekvation 3.1 representerar  $M_1$  och  $M_2$  frästiden i maskin 1 och 2 där 0.75 är den effektivitetshöjning som eftersträvas.  $P_1$  representerar plocktiden från fräs till Sinjet.  $P_2$  representerar plocktiden från Sinjet till palett.  $S_1$  och  $S_2$  representerar tiden som de olika produkterna tar upp i gradningsmaskinen.

I ett extremfall där båda maskinerna producerar borrar med kort maskintid blir den maximala Sinjettiden 4,6 minuter. För att jobba ikapp eventuell köbildning dimensioneras gradningsprogrammet med 30 % överkapacitet vilket ger en tid på 3,2 minuter.

### 3.2 Utrustning

Kunskapen om Sinjetmaskinerna och framförallt de med Siemens-styrssystem var väldigt liten, vilket ledde till att en utredning gjordes för att undersöka dess potential. Siemens jämfördes med FANUC för att urskilja systemets fördelar och nackdelar.

Sinjetmaskinerna med FANUC-styrssystem använder recept som är parameterstyrda. Parametrarna läggs in i arbetsfilen och skickas över till maskinen då produkten laddas in. Maskinen anpassar programmet efter dessa parametrar vilket ger ett jämt resultat även om diameter och längd skiljer mellan olika produkter som använder samma recept.

Parametrarna kan kopplas ihop för att anpassa receptet för många olika produkter. FANUC recepten går även att editera och anpassas från arbetsstationer på annan plats än vid maskinen, vilket ger större flexibilitet.

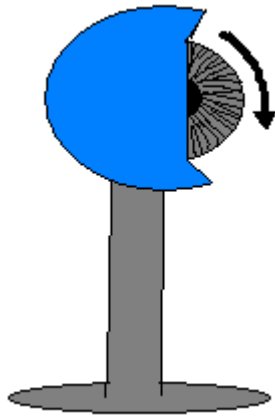
Maskinerna med Siemens styrning kan i nuläget inte nyttja parameterstyrning i samma utsträckning som FANUC. De tre parametrar som kan laddas in är diameter, längd och startposition för bearbetning. Det innebär att resultatet inte alltid blir lika bra för två olika produkter som använder samma recept då vissa värden inte passar in på alla dimensioner. När ändringar ska göras i recepten måste de göras från operatörspanelen i verkstaden, vilket försvårar för Produktionstekniska avdelningen eftersom alla ändringar måste göras enskilt på alla maskiner, istället för att de görs centralt, vilket är möjligt med FANUC.

Leverantören av maskinerna kontaktades för att utreda om det fanns möjligheter att låsa upp Siemenssystemet och göra det mer flexibelt, men det visade sig inte vara möjligt i dagsläget. Anledningen var att systemet blivit obsolet och att leverantören inte längre arbetade med Siemens system. Kostnaden för att byta ut Siemenssystemet mot FANUC uppgick enligt leverantören till ungefär en miljon kronor per maskin (Wickström, M. 2011), vilket är hälften av kostnaden för en ny maskin. Slutsatsen blev att bättre utnyttjande av befintlig utrustning var enda alternativet.

## 4 Försök

### 4.1 Manuell borstning

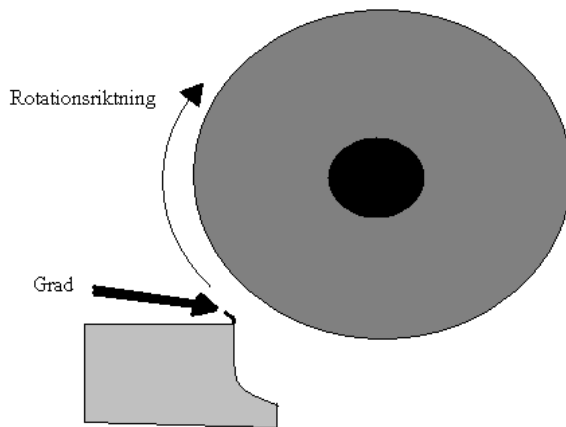
För att skapa en ökad förståelse för hur graderna bör bearbetas och hur produkten är utformad gjordes tester med en manuell borste. Den manuella borsten är begränsad till en rotationsriktning och ett varvtal. För att testa lämpliga rotationsriktningar fick därför produkten vridas istället för att borsten byter riktning. Försöken behandlade med- och motborstning och inom vilka problemområden de bäst lämpade sig. Resultaten bedömdes okulärt och genom att känna efter hur stora grader som kvarstod efter försöken.



*Figur 4.1 Manuell borste*

#### 4.1.1 Medborstning

Graden vinklas ut från kanten där fräsen har passerat. Vid medborstning roterar borsten i samma riktning som graden är vinklad (Figur 4.2). Effekten av medborstningen är nötande mot basen av graden medan toppen trycks ned mot arbetsstycket. Försöken visade att om inte tillräcklig kraft appliceras mot gradens bas, trycks graden närmare biten utan att lossna och blir svårare att få bort (Figur 4.3).



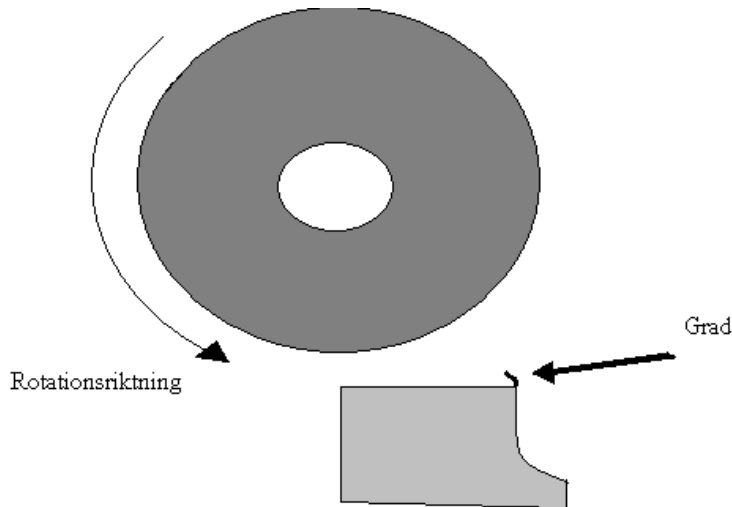
*Figur 4.2 Illustrering av medborstning*



*Figur 4.3 Nedtryckt grad*

#### **4.1.2 Motborstning**

Vid motborstning roterar borsten i motsatt riktning mot gradens vinkel (Figur 4.4). Det medför att graden böjs tillbaka och lossnar. I de fall då graden inte lossnat har den istället vinklats in mot den främsta ytan (Figur 4.5), vilket kan påverka produktens egenskaper negativt.



Figur 4.4 Illustrering av motborstning



Figur 4.5 Tillbakavinklad grad

### 4.1.3 Resultat

Resultaten från de manuella testerna visade att en kombination mellan med- och motborstning och angrepp från olika vinklar gav bäst resultat. Detta ledde till att vidare försök med vinklade borstar var nödvändigt.

## 4.2 Försök med vinklar

Avdelningen GVR7 tillverkar småfräsar och använder sig även de av Sinjetmaskiner för gradning. En studie gjordes därför vid den avdelningen för att undersöka hur de löst problemet med gradningen. Maskinerna på GVR7 har vinklade borstar som går i kors för att angripa graderna från olika håll (Figur 4.7). Då borstningen av pinnfräsar som gav goda resultat, liknar den som görs på borrar, valdes dessa vinklar med i försöken.

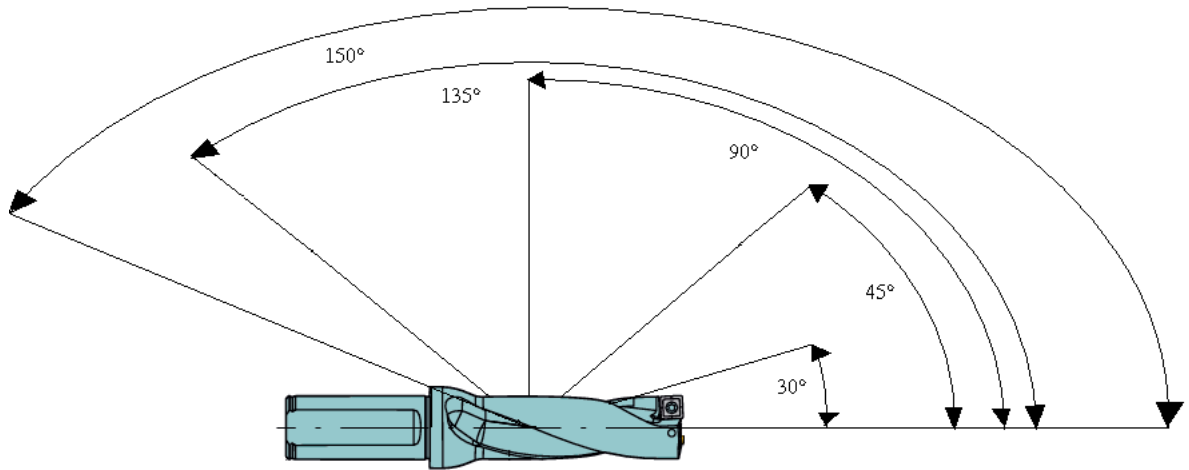


Inverkan av vinkeln på Borste 1 och 2 mättes genom att borsta borrens skaft med olika inställningar. Båda borstarna kördes samtidigt som vid borstningen av pinnfräsar vid GVR7. Borste 1 används för att borsta plattlägena och måste därför ha en vinkel för att komma åt längst in vid plattläget, därav testades bara två vinklar. Vinkeln som används i nuläget är 30° men även vinkeln 45° testades. För Borste 2 användes ett större testintervall med borsten vinklad åt motsatt håll för att få fler angreppsvinklar mot graderna.

Tabell 4:1 visar vilka vinklar på Borste 1 och 2 som användes under försöken. Försöken utfördes på en fristående Sinjetmaskin på avdelningen GRV6 som använder FANUC-styrssystem. För att resultaten skulle bli likvärda de som skulle fås från maskiner med Siemens-styrssystem användes bara de parametrar som var gemensamma för båda systemen. Vinklarna ställdes in mekaniskt genom att ändra vinkeln på upphängningen på borsten. Vinkeln lästes av en gradskiva i maskinen. Resultaten bedömdes okulärt och genom att känna efter hur stora grader som kvarstod efter försöken.

*Tabell 4:1 Försök med vinklar*

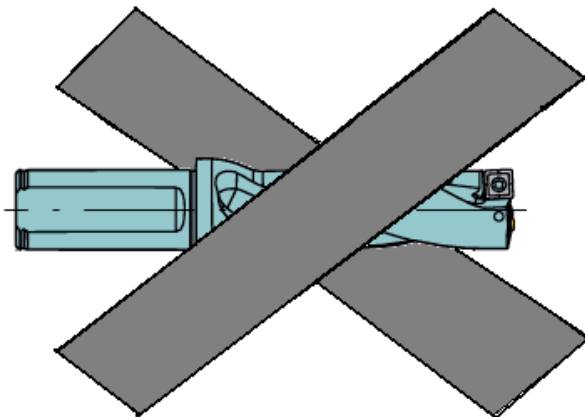
	<b>Borste 1</b>	<b>Borste 2</b>
Försök 1	45°	90°
Försök 2	45°	150°
Försök 3	45°	135°
Försök 4	30°	90°
Försök 5	30°	150°
Försök 6	30°	135°



Figur 4.6 Testade borstvinklar

#### 4.2.1 Resultat

Försök 1 och 4, där Borste 2 hade 90° vinkel (vilket används i nuläget), gav sämst resultat med kvarvarande grader i botten på spånrummet. De övriga försöken gav jämna resultat utan märkbara grader kvar. Den lämpligaste uppsättningen är då vinkeln på Borste 1 är 45° och vinkeln på Borste 2 är 135° (Figur 4.7), eftersom krafterna i detaljens längdriktning blir lika stora om rätt rotationsriktning används. Att vinklarna är motsatta underlättar även vid programmeringen av maskinen då borstarnas bredd och höjd mot detaljen alltid kommer att vara lika.



Figur 4.7 Optimala vinklar

## 4.3 Ingrepp och slitage

Försöken gjordes i den fristående Sinjetmaskinen på GVR6. Ingreppsdjupet ändrades stegvis från 1 mm tills graderna i spånrummet försvann. Varvtal, pinolhastighet och spindelns rotationshastighet sattes som konstanta och togs från befintliga program. För att få en referens gjordes samma test med inställningarna som används i nuläget där bara en borste med en vinkel på 90° används. Tabell 4:2 visar upplägget och resultaten. Resultaten bedömdes okulärt och genom att känna efter hur stora grader som kvarstod efter försöken.

*Tabell 4:2 Försök med ingreppsdjup*

Försök	Vinkel Borste 1	Vinkel Borste 2	Ingreppsdjup (mm)
1	90°	-	6
2	45°	135°	2

### 4.3.1 Resultat

Försök 1 som använde de nuvarande inställningarna på borstarna behövde ett ingreppsdjup på 6 mm för att resultatet skulle bli godkänt. I Försök 2 blev resultatet bra med ingreppsdjupet 2 mm. Det låga ingreppsdjupet fördelat på två borstar är att föredra då det även innebär mindre slitage på borstarna, vilket ger ett jämnare resultat under en längre tid.

## 4.4 Borstar

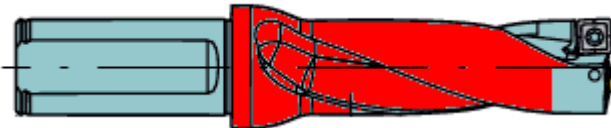
De borstar som används på GVR3 har stor diameter och långa strån, dels för att kunna komma åt längst in vid plattläget på alla produkter och dels för att de långa stråna inte slits lika fort. Försöken som gjorts med borstar med mindre diameter och kortare strån gav bra resultat även med väldigt små ingreppsdjup. Den enda borsten som kräver längre strån är borste 1 som bearbetar området kring plattlägena, vilket betyder att de andra två borstarna skulle kunna bytas ut mot de mindre med kortare strån.

## 5 Programuppbyggnad

Med resultaten från testerna som grund skrevs ett nytt program för gradning av borrarna. Programmet skrevs anpassat för en produkt avsedd att fungera som mall för implementeringen av förändringarna. Utformningen av programmet gjordes med hänsyn till problemområdena på produkten, extra stor vikt lades därför vid spånrumsbotten där gradningsresultatet tidigare aldrig blivit bra.

### 5.1 Steg 1 och 2

Steg 1 i programmet borstar skaftet på biten med början i spånrumsbotten där de värsta graderna fanns. Både borste 1 och 2 används i steget där ena borsten roterar medurs och den andra moturs. Då diametern som anges är skaftets diameter, blir ingreppet högre vid botten där diametern är större. Borstningen slutar strax före plattläget då det annars kan ta skada av borstarna.

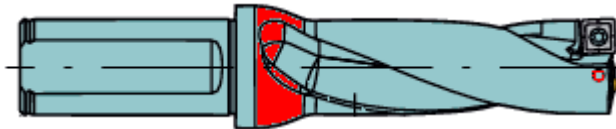


*Figur 5.1 Program steg 1 och 2*

Steg 2 är identiskt med steg 1 förutom att borstarnas rotationsriktning är omvänd. Vinkeln på borstarna och den omvända rotationsriktningen gör att alla kanter med grader angrips från flera olika håll.

### 5.2 Steg 3

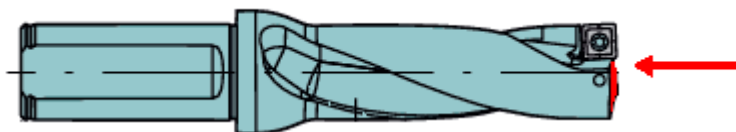
Steg 3 i programmet är avsedd för att rensa spånrumsbotten från grader. Redan i Steg 1 och 2 har området behandlats, men då med vinklade borstar från sidorna. I Steg 3 används Borste 3, som arbetsmatas längs skaftet, och borstar de yttre ytorna såsom baksidan på gänghållet fram till spånrumsbotten. I sitt ändläge stannar pinolen och spindeln snurrar ett antal varv med borsten i bearbetning.



Figur 5.2 Program steg 3

### 5.3 Steg 4

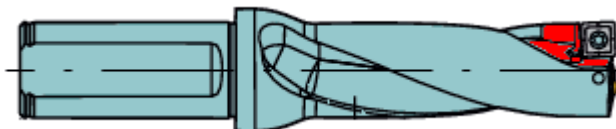
Det fjärde steget borstar toppen av borren med Borste 3. Borsten är placerad något över centrum på detaljen så att hela detaljen inte ska bearbetas samtidigt. Det gör att graden angrips flera gånger med något varierande vinkel.



Figur 5.3 Program steg 4

### 5.4 Indexering av plattlägen

Den sista delen av programmet är avsedd för att borsta de känsliga områdena kring plattläget. Programmet anger vilka vinklar som ska vinklas upp för att borsten ska komma åt längst in. Indexeringen görs med Borste 1 som borstar varje plattläge en angiven tid.



Figur 5.4 Indexering

### 5.5 Optimeringsutrymme

Programmet innehåller många delar där det finns utrymme för att både optimera tiden och resultatet. Hur optimeringen görs står beskrivet i Bilaga 1.14-1.15

## 5.6 Resultat

Gradningsresultatet med det nya programmet och vinklarna på borstarna blev bra. Ett försök gjordes på fem detaljer och resultatet blev gradfritt på samtliga och utan skador på känsliga delar av produkten. Programmet behöver dock mycket anpassning för att passa samtliga dimensioner på produkter.

Tiden som uppmättes för det nya programmet var 3 minuter vilket var inom det riktvärde (3,2 minuter) som beräknats. Utrymme finns dock för ytterligare tidsförbättringar om de skulle bli nödvändiga.



# 6 Implementering

## 6.1 Möjligheter

Genom att implementera det nya programmet på avdelningen GVR3 kan de komma ett steg närmre gradfritt resultat. Arbetssättet som programmet är utformat efter kan även tillämpas på andra avdelningar med liknande utrustning.

Operatörerna kan genom bättre kunskap om maskinen bli mer involverad i utvecklingen av gradningsprocessen. Det kommer alltid att finnas behov av förbättringar inom området och därför är det viktigt med bred kompetens inom ämnet.

## 6.2 Risker

Liksom med alla projekt är den största risken att det förblir oanvänt och ingen implementering sker. Om implementeringen sker men utan uppföljning och vidare optimering är risken att resultaten inte blir bättre utan kanske till och med sämre. För att minska risken för att projektet ska förbli oanvänt kommer en utförlig instruktion skrivas och operatörer utbildas. Chefer för avdelningen ska rekommenderas att utse ansvariga för implementeringen för att arbetet ska bli genomfört.

Under implementeringens gång kan flera olika saker ske som kan orsaka kassationer på produkter och stillestånd i tillverkningscellerna. Det kan ske genom framförallt programmeringsfel. För att undvika problem med programmeringen ska implementeringsinstruktionen vara utförlig och tydlig och operatörerna bör ha kunskap om hur styrsystemet fungerar.



### **6.3 Överlämning**

Överlämningen av projektet sker till ansvariga på produktionsteknik (GVR10) samt till chefen för borrhullverknigen (GVR3). Överlämningen består av rapporten samt en implementeringsinstruktion som utförligt beskriver vilka nästa steg i utförandet är. En utbildning med operatörer ansvariga för implementeringen kommer även att genomföras för att arbetet lättare ska initieras.

### **6.4 Genomförande**

Implementeringsarbetet kommer att genomföras av operatörer på avdelningen GVR3 med stöd av implementeringsinstruktionen och Produktionstekniska avdelningen. Implementeringen bör göras på en tillverkningscell i taget för att programmen ska hinna testas och för att undvika onödiga produktionsstopp i fler celler än nödvändigt. Det rekommenderas även att arbetet sker då produktionstakten inte är den högsta då arbetet är tidskrävande och kan innebära stillestånd och kassationer.

# 7 Slutsatser

## 7.1 Slutsatser av nulägesanalys

Kartläggningen av processen visade ett antal brister som behöver åtgärdas. Gradningen är ej fokuserad på de problemområden som finns på produkten och arbetssättet kring maskinerna får därför göras om. Styrsystemet visade sig vara oflexibelt och väldigt svårt att åtgärda vilket ledde till att befintligt system får utnyttjas i den mån som är möjligt.

De recept som används på avdelningen GVR3 är för oflexibla och leder till dåligt gradresultat och i vissa fall stort slitage på borstarna. I programmet används bara en borste per steg vilket leder till att stegen tar slut fort utan att resultatet blir bra.

En undersökning på avdelningen GVR7 visade också på stora brister i programmen, där ibland mycket stora ingreppsdjup användes, vilket ibland ledde till att det blev beläggningar på bitarna eller att bitarna slogs ur chucken av borstarna.

## 7.2 Resultat

Utredningen angående maskinernas potential visade att det fanns mycket att utveckla kring maskinerna. Försök med nya program visade att bra gradningsresultat kan uppnås med nytt arbetssätt. Genom att ändra vinklarna på borstarna och skriva om programmet kunde gradningen på försöksbitarna förbättras avsevärt. I kombination med mer anpassade recept tros gradningen på alla produkter som tillverkas på GVR3 kunna bli bra.

## 7.3 Implementering

Implementeringsarbetet kräver tid och tankekraft och därför skrevs en instruktion som stöd för de som ska genomföra implementeringen. Där beskrivs den nya programstrukturen och vad som måste tas i beaktande när det börjar användas. Om arbetssättet börjar användas finns det möjlighet förbättra gradningen i alla maskiner och att föra över arbetssättet till andra avdelningar. Den största risken är att arbetet förblir oanvänt och inte genomförs.

## **7.4 Förslag på vidare förbättringar**

### **7.4.1 Bättre rutiner**

Rutiner kring hur borstarna används och hur ofta de ska bytas verkar saknas på avdelningarna som nämnts i rapporten. Att införa kontroll av borstar i den dagliga rutinen vore ett sätt att säkerställa att resultaten blir jämna.

### **7.4.2 Förbättringar på GVR7**

Under utredningens gång upptäcktes stora brister med borstgradningsmaskinerna på avdelningen GVR7. Recepten var väldigt övergripande och många gradningsprogram slutade med kasserade bitar på grund av för höga värden på till exempel ingreppsdjupet, som nämns i rapporten. En genomgång av recepten och programmets utformning på avdelningen skulle därför vara på sin plats.

# Referenser

Manual gradningmaskin “3-Bips”, skriven för Sandvik Coromant av OSBORN International AB.

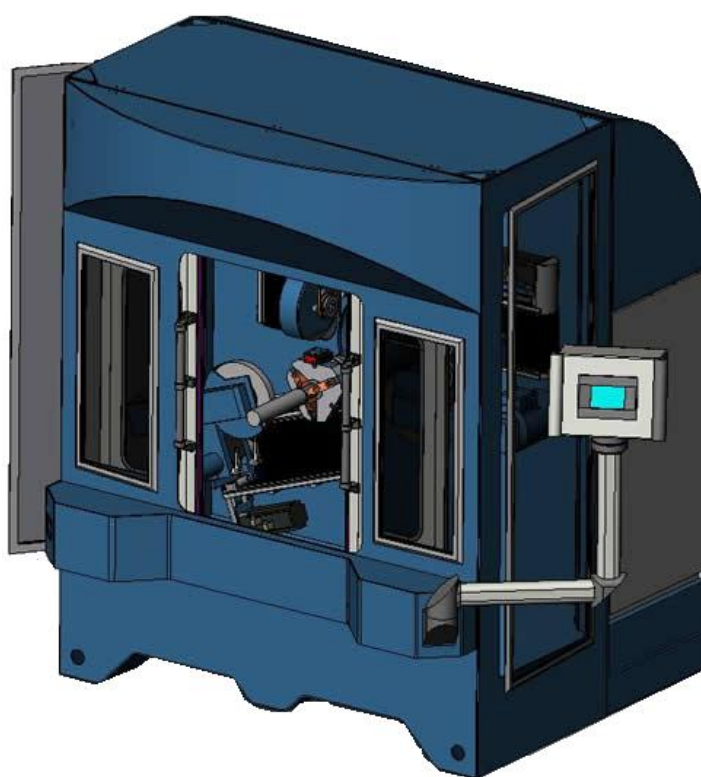
Osborn International AB (2011). Produkter, Maskiner, [www.osborn.de](http://www.osborn.de) (2011-06-16)

Sandvik (2011). Karriär och jobb, [www.sandvik.com](http://www.sandvik.com) (2011-05-29)

Sandvik Coromant (2009). CoroDrill® 880, [www.sandvik.coromant.com](http://www.sandvik.coromant.com) (2011-05-29)

Wickström, M. (2011). Service technician, After Sales department, OSBORN International AB (Muntlig information)

# Implementeringsmanual för processutveckling av borstgradning.



## Innehållsförteckning

1	Bakgrund.....	3
2	Recept och jobbfiler .....	4
2.1	Jobbfiler.....	4
2.2	Recept.....	4
3	Programuppbyggnad .....	5
3.1	Beskrivning .....	5
3.2	Exempel på grundrecept.....	6
4	Tillvägagångssätt.....	8
4.1	Allmänt.....	8
4.2	Recept.....	8
4.3	Vinklar på borstar.....	8
4.4	Testkörning .....	9
4.5	Övrigt .....	9
5	Vidare optimering .....	10
5.1	Resultat optimering .....	10
5.2	Tidsoptimering .....	11

## 1 Bakgrund

Borstgradningsutrustningen på avdelning GVR3 ger inte ett tillfredsställande resultat och kräver ofta manuell gradning efteråt. Därför har en utredning gjorts vad som skulle kunna göras annorlunda för att uppnå ett bättre resultat. Utredningen kartlade vilka faktorer som är viktiga för ett bra gradresultat och ett nytt recept skrevs efter de parametrarna. Receptet är mer inriktad på de områden är graderna är som värst och initiala tester visade på goda resultat.

För att det nya receptet och arbetssättet ska kunna användas måste det testas ytterligare och vissa ändringar måste göras i riggningen av Sinjet maskinerna. För att underlätta implementeringsarbetet skrevs en manual för arbetet som beskriver vad som behöver göras och hur det ska göras. Implementeringen av förbättringarna kommer att utföras av operatörer med stöd av denna manual, manualen för Sinjet och personal på avdelningen för produktionsteknik GVR10.

## 2 Recept och jobbfiler

### 2.1 Jobbfiler

Från cellens jobbfil laddas ett antal parametrar över till maskinen. Parametrarna anger vilket recept som ska användas för att grada produkten och dess längd och diameter.

**Exempel:**

Deburring<d>=10	(Recept nr)
DeburrLength<f>=95	(Detaljens längd (mm) från backarna)
DeburrStart<f>=4.6000	(Startposition från (mm) från backarna)
DcBody<f>=18.4	(Borr diameter (mm))

Dessa parametrar laddas sedan över till maskinen som räknar ut ett program för produkten.

### 2.2 Recept

Borstningen styrs av recept som finns inlagda i maskinen. Recepten kontrollerar maskinens olika funktioner genom ett antal parametrar. Exempel på parametrar som används är borstens varvtal, längd som ska borstas, ingreppsdjup osv.

Hur många recept som behövs beror på hur stor variation det är på produkterna. I dagsläget finns det färre än 10 recept för 880. För att få ett bättre resultat med gradningen kan det behöva skapas fler recept som bättre tar hänsyn till variationer i längd och annat.

Recepten är i dagsläget uppdelade efter diameter på detaljen. För att få mer anpassade program kan de nuvarande recepten även delas in i borrhjup. Det gör det lättare att få en bra längd på bearbetningarna.

Exempel:      880 diameter 14-15.99 2xD  
                  880 diameter 14-15.99 3xD  
                  880 diameter 14-15.99 4xD  
                  880 diameter 14-15.99 5xD

Antalet recept blir då knappt 40 stycken vilket är på gränsen till för mycket för att effektivt kunna underhålla recepten. Efter tester är körda kan antalet som behövs utvärderas och eventuellt sänkas.

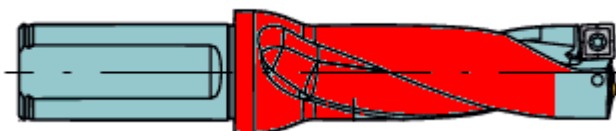


## 3 Programuppbyggnad

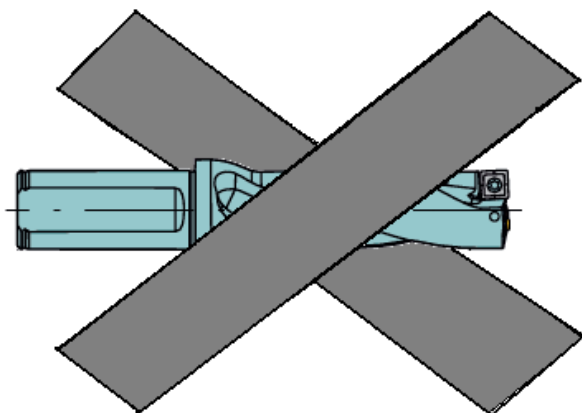
### 3.1 Beskrivning

En ny programordning skrevs för att koncentrera borstningen mer på de områden där graderna är som värst. Programmet använder 4 steg och ett indexeringssteg.

Steg 1 och 2 borstar längst borrens längd och koncentrerar sig på spånrummet. Efter första vändan ändras borstrotationen och en till vända körs. Både borste 1 och 2 bör användas och vara vinklade med 45° respektive 135° som visas i andra bilden.

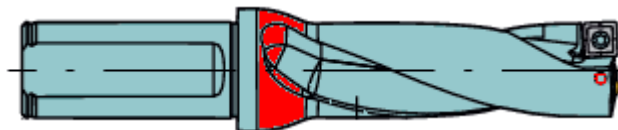


*Steg 1 och 2*



*Vinklade borstar*

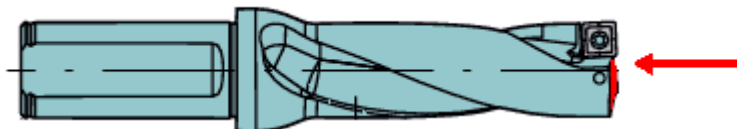
Steg 3 används bara om det är svåra grader i spånrumsbotten då det annars är ett tidskrävande steg. Den arbetsmatar då med borste 3 längst borrens längd och stannar vid botten där borsten bearbetar ett antal spindelvarv (som går att ställa in).



*Steg 3*

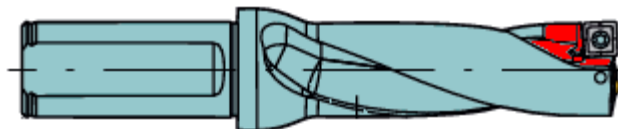
## Bilaga 1.6

Steg 4 borstar toppen på borren på samma sätt som i gamla programmen. Enda skillnaden är att borsten centrum placeras något över borrens centrum så trycket mot graderna varierar.



Steg 4

Indexeringssteget fungerar på samma sätt som tidigare med en vinkelförskjutning. Det beror på att om vinkeln på borste 1 ändras så måste även vinkeln på borren i maskinen ändras för att borsten ska komma åt.



Indexering av plattläge

### 3.2 Exempel på grundrecept

Värdena i följande program är taget från ett av testerna som gjordes på en detalj med längd 110 och diameter 20. Försöken gjordes på en fristående Sinjet på GVR6 med lite annorlunda borstar vilket ger lite skillnad i värdena.

<b>Borste 1</b>				
	Steg 1	Steg 2	Steg 3	Steg 4
<b>Rotationsriktning</b>	CCW	CW	-	-
<b>Varvtal</b>	1000	1000	-	-
<b>Ingrepp</b>	2	2	-	-
<b>Antal Spindelvarv</b>	-	-	-	-
<b>Längd bearbetning</b>	50 <sup>1</sup>	50 <sup>1</sup>	-	-

<b>Borste 2</b>				
	Steg 1	Steg 2	Steg 3	Steg 4
<b>Rotationsriktning</b>	CW	CCW	-	-
<b>Varvtal</b>	1000	1000	-	-
<b>Ingrepp</b>	2	2	-	-
<b>Antal Spindelvarv</b>	-	-	-	-
<b>Längd bearbetning</b>	70 <sup>1</sup>	70 <sup>1</sup>	-	-

## Bilaga 1.7

<b>Borste 3</b>				
	Steg 1	Steg 2	Steg 3	Steg 4
<b>Rotationsriktning</b>	-	-	CW	CW
<b>Varvtal</b>	-	-	1000	1000
<b>Ingrepp</b>	-	-	155 <sup>2</sup>	5
<b>Antal Spindelvarv</b>	-	-	3	3
<b>Position ovanför arbetsstycke</b>	-	-	100 <sup>3</sup>	30

<b>Pinol</b>				
	Steg 1	Steg 2	Steg 3	Steg 4
<b>Hastighet</b>	200	200	200	200
<b>Offset position</b>	-	-	-	-

<b>Spindel</b>				
	Steg 1	Steg 2	Steg 3	Steg 4
<b>Rotationsriktning</b>	CW	CW	CW	CW
<b>Varvtal</b>	10	10	10	10

<b>Indexering borste 1</b>					
Steg	Vinkel	Tid (s)	Ingrepp (mm)	Varvtal	Rotations riktning
1	1 <sup>4</sup>	5	5	1000	CW
2	185 <sup>4</sup>	5	5	1000	CW
3	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> = Beroende på borstens vinkel ska avståndet ange längden fram till plattläget utan att det borstas.

<sup>2</sup> = Ingreppet blir avståndet från toppen på borren till position ovanför spånrumsbotten.

<sup>3</sup> = 100 representerar borstens radie.

<sup>4</sup> = Vinkeln kommer att tas från de gamla recepten och därefter adderas med ett vinkeltal för att kompensera för den nya vinkeln på borste 1 (ca 15-30 °).

## 4 Tillvägagångssätt

### 4.1 Allmänt

Vid implementeringen krävs ganska mycket tid. En cell måste tillfälligt tas ur bruk medan programmen testas. Om försöken vill göras sakta och kontrollerat så är kan ett steg i taget aktiveras, vilket ställs in enligt manualen för Sinjet. Steg 3 är svårt att anpassa till alla produkter då ingreppet hänger ihop med detaljens längd. Att koppla ihop parametrarna är inte möjligt för oss i dagsläget vilket medför att fler recept måste skapas om det uppstår problem med någon specifik produkt.

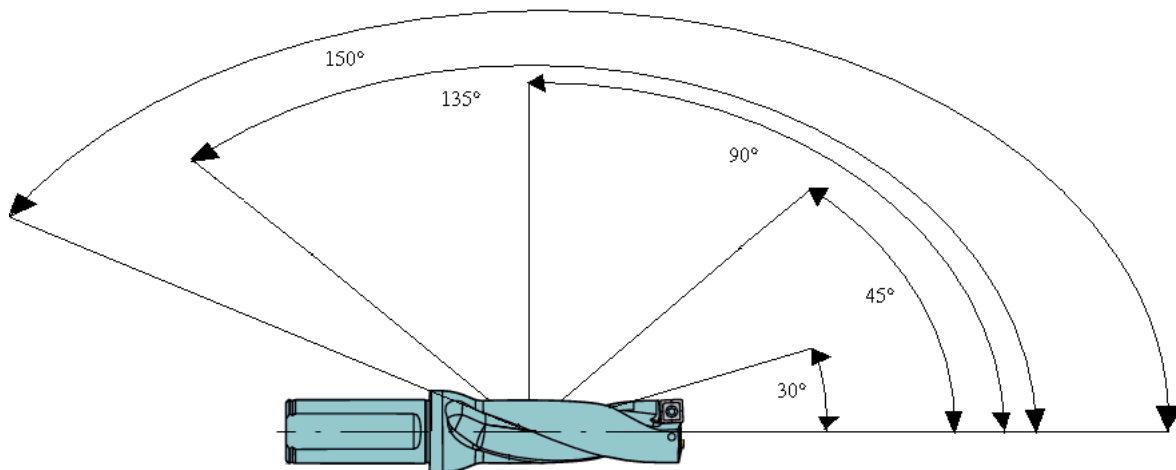
### 4.2 Recept

1. När receptet för första gången ska göras görs det enligt manualen. Receptet döps till exempelvis GRUNDRECEPT880.
2. Värdena till grundreceptet tas från exemplet på recept (s 6-7).
3. Vinkeln på indexeringen ändras i grundreceptet, då samma vinkel används på alla recept.
4. När sedan de andra recepten skall skapas kopieras grundreceptet och sparas med annat namn, och ändringarna på parametrar som längd bearbetning osv görs i det nya receptet.

### 4.3 Vinklar på borstar

1. Vinkeln på borste 1 ställs till till 45° grader enligt figuren.
2. Vinkeln på borste 2 ställs till 135° enligt figuren.
3. Om bara vinkeln på borste 2 ändras så ska inte heller indexeringsvinkeln i recepten ändras.

## Bilaga 1.9



*Vinklar på borstar*

### 4.4 Testkörning

Vid testkörning kan ett steg i taget aktiveras för att testa enstaka rörelser. Det görs genom att sätta 1 på den post som vill testas och 0 på alla övriga poster på första sidan när edit program väljs (se manualen).

Om borstarna bearbetar chucken vid testkörning kan det åtgärdas genom att ändra startposition (i jobbfilen) eller laddpositionen för roboten (så detaljerna sticker ut längre från chucken). Om ingen av åtgärderna hjälper så kan nya mindre borstar testas.

### 4.5 Övrigt

För produkter som hamnar under nytt recept nummer måste jobbfilerna ändras. Kontakta GRV10 för assistans.

Ett test med borstar med mindre diameter på borste 2 och 3 skulle kunna vara aktuella om resultaten inte blir tillfredsställande. Annars kan recepten optimeras vidare enligt nästa kapitel.

## 5 Vidare optimering

### 5.1 Resultat optimering

Om gradningsresultatet inte blir tillfredsställande kan ett antal parametrar ändras för att få bättre verkan. Det kan göras genom en kombination av längre och hårdare bearbetning. Det är dock viktigt att först kolla att borstarna är i bra skick innan ändringar görs, annars kan bitarna förstöras när nya borstar sätts in.

- Vid grader i spånrummet: Justera värden för steg 1 och 2. Antingen kan ingreppsdjupet höjas för att få en hårdare bearbetning mot graderna eller så kan spindelns rotationshastighet sänkas så att bearbetningen sker under en längre tid.
- Vid grader i spånrumsbotten: Om mycket grader blir kvar i spånrumsbotten kan Steg 3 aktiveras. Steg 3 använder borste 3 för att grada spånrumsbotten. Ingreppsdjupet kan justeras för att påverka hur långt in borsten går mot chucken eller så kan antal spindelvarv höjas för att borsten ska bearbeta längre när den kommit fram.
- Vid grader på toppen: Justera ingreppsdjupet alternativt antal spindelvarv för en längre bearbetningstid.
- Vid grader runt plattläget: Justera vinkeln om borsten inte kommer åt ordentligt. Justera ingreppet om borsten inte kommer in tillräckligt djupt. Höj bearbetningstiden för indexeringen om resultatet ändå inte blir bra.
- Vid grader runt gänghål: Lägg till vinklarna för hålen i indexering borste 1 och aktivera de nya stegen.

## 5.2 Tidsoptimering

Om tiderna för gradningen ska optimeras så kan följande parametrar justeras.

- Pinolhastighet: Anger vilken hastighet pinolen rör sig. Påverkar då bearbetning av längd används.
- Spindel varvtal: Höj varvtalet för spindeln för att snabbare avverka antal spindelvarv som används i vissa operationer. Ett annat alternativ är att reducera antalet spindelvarv.
- Bearbetningstid: Vid indexering kan bearbetningstiden vid varje vinkel reduceras för att spara tid. Eventuella fördröjningar kan också tas bort.
- Avaktivera steg: Steg 3 är bara för detaljer med stora grader i spånrumsbotten, vilket gör att den kan tas bort för att spara tid på produkter som inte behöver den. Även steg 1 eller 2 kan avaktiveras om resultatet ändå blir godkänt.