

RAPPORT

Lars Andersson

Putsning av möbel- komponenter med hjälp av industrirobot

Trätetek

Lars Andersson

Putsning av möbelkomponenter
med hjälp av industrirobot

TräteknikCentrum, Rapport P 9011064

Nyckelord

automation
furniture
machining
production management
robots
sanding

Jönköping november 1990

Innehållsförteckning

	Sid
1. SAMMANFATTNING	3
2. INLEDNING	4
3. ALLMÄNT OM ROBOTINSTALLATIONER	4
3.1 Robot i FMS	5
4. OLIKA TYPER AV DETALJER	5
5. FÖRSÖKSBEKRIVNING	6
5.1 Beskrivning av försöksdetaljerna	6
5.2 Arbetssekvens	8
5.3 Försöksutrustning	8
5.3.1 Robot	8
5.3.2 Gripdon	8
5.3.3 Verktyg	10
5.3.4 Övrig kringutrustning	12
6. RESULTAT	13
6.1 Armstöd	13
6.2 Stolöverstycke	13
7. SLUTSATSER OCH SYNPUNKTER	13
7.1 Ska roboten bära verktyget eller detaljen?	14
7.2 Programmering	14
7.3 Mjuka servon	15
7.4 Sliptryck	15
7.5 Omgrepp	15
7.6 Verktygskontroll	15
8. REFERENSER	16

1. SAMMANFATTNING

Behovet av automatisering av putsningsarbeten ökar eftersom det är svårt att rekrytera framförallt unga människor till denna typ av arbete. Putsning, så som arbetet sker idag, innebär ofta olämpliga kroppsbelastningar och en dammbemängd miljö. De försök som genomfördes i detta projekt visar att industrirobotar kan utnyttjas för finputsning av träkomponenter. Beroende på vilka verktyg som används kan det dock vara svårt att på mekanisk väg ta hänsyn till de oregelbundenheter i form och mått som kanske vore önskvärda. Det är därför nödvändigt att detaljerna tillverkas så att form och mått kan förutsägas inom givna toleranser. I många fall kan detta krav uppfyllas genom CNC-bearbetning.

Mindre detaljer kan med fördel hållas av roboten, medan större laminerade detaljer, såsom långsträckta stolskarmar, bör spännas upp i fixturer. Speciella vakuumbandkonstruerades så att de kunde anpassas till detaljernas formvariationer.

Tre olika slipanordningar av standardtyp, alla med olika egenskaper, användes vid försöken; vertikalbandslipmaskin, luftgummirulle och borstputshjul.

Programmeringen av roboten måste planeras väl och kan utföras på olika sätt. En faktor som inverkar på programmeringssättet är eftergivligheten i kontakten mellan arbetstycke och verktyg.

2. INLEDNING

Denna rapport behandlar delen om putsning i projektet "Robotanvändning vid konventionell produktionsuppläggning och FMS-installationer". Projektet genomfördes vid Trätec i Jönköping 1988-89 och finansierades av STUs kompetensuppbyggnadsprogram för träindustrin.

Putsning av komponenter för möbler är ett arbete som fortfarande utförs uteslutande manuellt. Jämfört med andra produktionsled är putsning en personalkrävande uppgift i flera bemärkelser. Arbetet kräver yrkeskunnig och kvalitetsmedveten personal. En putsarbetsplats innebär ofta olämpliga kroppsbelastningar och dammig miljö. Det är därför inte förvånande att det är svårt att rekrytera personal bland yngre människor till denna typ av arbete, eftersom deras krav på arbetsinnehåll och miljö är höga.

Det är alltså angeläget att kunna mekanisera putsningsarbeten. Intresset för detta har också markerats från flera företag. Frågor som uppkommer är: Finns tekniska möjligheter? Vad kostar det? Klarar vi det? I rapporten försöker vi besvara dessa frågor. Försöken som redovisas genomfördes med två olika möbeldetaljer.

3. ALLMÄNT OM ROBOTINSTALLATIONER

Industrirobotar används sedan flera år tillbaka för hantering, verktygsbearbetning, limning, svetsning, montering m m i tillverkningsindustrin.

I träindustrin förekommer fortfarande endast ett fåtal robotapplikationer och då främst för hantering. Orsaken kan tänkas vara att det finns alltför svaga ekonomiska motiv, att "teknikmognaden" och utbildningsnivån inte är tillräckliga eller, som vi återkommer till, att de tekniska problemen är svårlösta. Det sistnämnda väger antagligen tungt eftersom robot- och systemleverantörer har en naturlig önskan att kunna upprepa samma lösning i flera installationer. Vid t ex svetsning, där robotanvändning är etablerad, har ju ett stort antal installationer av en applikation kunnat göras. För speciella applikationer måste ett omfattande utvecklingsarbete läggas ned för varje enskild installation. Kostnaderna blir då stora för varje anläggning. Därmed kan det synas vara av litet intresse att satsa på en så liten bransch som trä möbler.

Vanliga motiv för att installera industrirobotar är:

- Robotutrustningen kan till skillnad från specialkonstruktioner användas till många olika arbeten.
- Robotar kan lätt programmeras om för olika produkter.
- En automatiserad arbetsstation kan utnyttjas på utökad produktionstid.
- Robotanläggningar kan främja arbetsmiljön genom att frikoppla människan från riskfyllda arbetsuppgifter.
- Robotisering kan bidra till att göra operatörsarbetet intressantare.

Det visar sig ofta att man vid robotanvändning får göra avkall på tillverkningsstakten jämfört om arbetet utförs manuellt. Ibland kan detta kompenseras genom att man utnyttjar

utrustningen på utökad arbetstid och med begränsad bemanning. När detta sker i tillräckligt stor omfattning kan en investering bli lönsam. Arbetsmiljömotivet är ofta tungt vägande för robotinstallationer. Monotona eller farliga arbetsuppgifter som tidigare utförts manuellt robotiseras. Speciellt intressanta är sådana fall där arbetsmiljöförbättringar och rationaliseringsvinster uppnås samtidigt.

Det finns många exempel på att robotar används till ett enda arbetsmoment trots att de är omprogrammeringsbara. Man bör därvid beakta att den fulla effekten av robotisering uppnås först då möjligheterna till flexibel och automatisk produktion utnyttjas. Dessa möjligheter finns tack vare datoriserade styrsystem. Industrirobotar kan bestyckas med automatisk växling av gripdon eller verktyg. På så sätt blir det möjligt att växla mellan olika arbetsuppgifter automatiskt och i samma installation utföra en följd av operationer.

Att motivera en robotinstallation endast genom att en arbetsuppgift skall automatiseras är inte alltid helt lätt. Investeringen består, förutom av en robot, också av kringutrustning som kanske är specialkonstruerad, projektering och programmering samt utbildning. För att investeringen ska ge ett inbetalningsöverskott kan det behövas något mer än arbetsrationalisering. Utan att fördjupa sig ytterligare, kan man säga att sådana motiverande faktorer är minskad genomloppstid och minskad kapitalbindning i varor.

3.1 Robotar i FMS

Med FMS menas Flexible Manufacturing System, flexibelt automatiskt tillverkningssystem. I ett FMS har ett antal på varandra följande arbetsmoment länkats samman utan mellanbuffertar. Arbetet i ett FMS sker inte nödvändigtvis helt, men till stora delar, automatiskt. Idag kan vi beteckna CNC- (Computer Numeric Control) maskiner med programstyrd verktygsväxling som FMS på "maskinnivå". Operationsföljden bestäms av NC-programmet, och ett stort antal olika jobb kan utföras i en och samma utrustning utan manuell omställning. En maskingrupp där även hanteringen mellan olika maskiner automatiserats med robot blir ett FMS på "gruppnivå", en så kallad FMS-cell.

En tänkt applikation i möbelindustrin kan vara en FMS-cell där en robot betjänar en fleraxlig CNC-fräsmaskin. Under fräsmaskinens cykeltid används roboten för färdigputsning av detaljerna.

4. OLIKA TYPER AV DETALJER

De problem som behöver lösas för en robotapplikation blir av olika typ och svårighetsgrad beroende på hur detaljerna är utformade. En idé till klassindelning av formpressade komponenter, efter hur de kan hanteras, visas i tabellen nedan. För varje klass finns några inbördes gemensamma egenskaper.

Klass	Detaljtyp, exempel	Egenskaper
A	Mindre, armstöd möbelfötter	Små absolutavvikelser*) Hög styvhet
B	Långsträckta, armledare stolsben	Större absolutavvikelser*) Fjädrar vid belastning
C	Skalformade, sittkorgar ryggstöd	Stora ytor Fjädrar vid belastning
D	Övriga	

*) Lagesavvikelser för delar av detaljen, jämfört med en normaldetalj, på grund av formvariationer.

Figur 4.1. Tabell över klassindelning av formpressade detaljer.

5. FÖRSÖKSBESKRIVNING

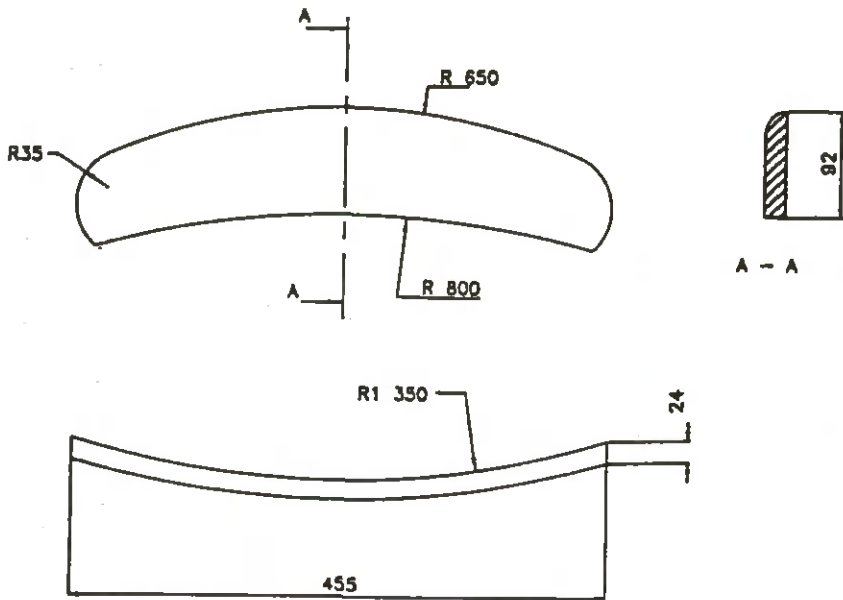
Avsikten med försöken var bearbetning utan fixturer och med tanke på flexibla automatiska system, där roboten utnyttjas för alla detaljberoende rörelser.

5.1 Beskrivning av försöksdetaljerna

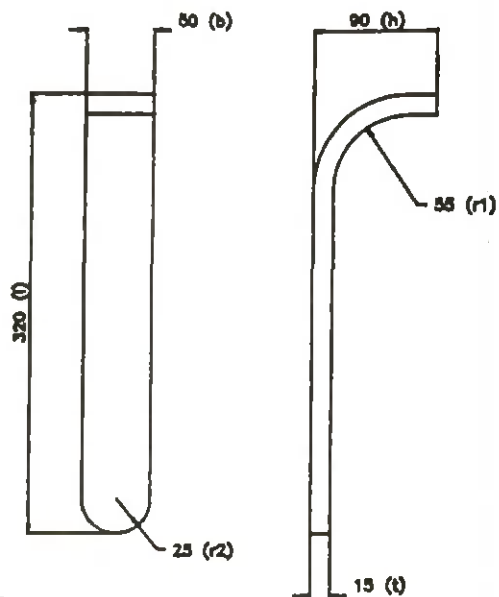
Båda detaljerna, stolöverstycken och armstöd, hämtades ur en befintlig produktionsprocess för att belysa problemen med att lösa robotisering i dagens tillverkning.

Stolöverstycken (figur 5.1). Detaljerna tillverkades genom ångböjning av massivträ och kontursågning i bandsåg efter uppritning med en mall. En radie frästes på övre kanten i en bordsfräs. Varierande formförändringar kan uppstå efter ångböjning på grund av trästrukturen. Bandsågningen kan också ge något varierande konturer. Omgrepp är nödvändigt för att alla sidor ska kunna putsas. Enligt figur 4.1 skulle stolöverstycket tillhöra klass B.

Armstöd (figur 5.2). Dessa detaljer formpressades av bokfanér. Ändradierna bearbetades manuellt i en bordsfräs med specialanhåll. Kanradierna frästes längs långsidorna i bordsfräsen efter planslipning av långsidorna. Armstödet behöver inte putsas på undersidan och omgrepp behöver inte göras om detaljen kan gripas mot denna yta. Denna detalj bör tillhöra klass A.



Figur 5.1. Stolöverstycke



Figur 5.2. Armstöd

5.2 Arbetssekvens

Arbetsmetoden följer den sekvens som tillämpas vid manuell slipning idag, men operationerna utförs i en sammanhängande följd.

Arbetssekvens:

1. Avläsning av pallettens kod.
2. Hämtning av gripdon i gripdonshållare.
3. Upphämtning av detalj från pallett.
4. Slipning mot slipband (endast stolöverstycke).
5. Putsning mot luftgummirulle.
6. Finputsning och kantbrytning mot borstputshjul.
7. Återlämning till pallett.
8. Inväntan av nästa arbetsorder (pallett).

5.3 Försöksutrustning

5.3.1 Robot

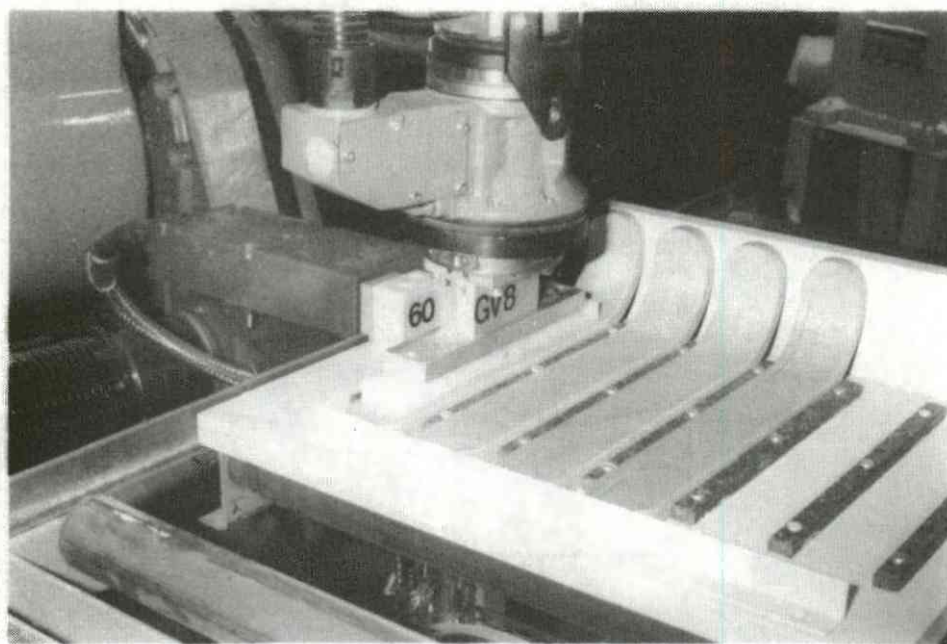
Roboten, ABB IRb 3000, valdes med hänsyn till:

- Erforderligt arbetsområde, dvs räckvidd
- Mekanisk stabilitet
- Brandsäkerhet
- Dammtålighet
- Programlagring
- Rörelseförmåga
- Automatisk gripdonsväxling.

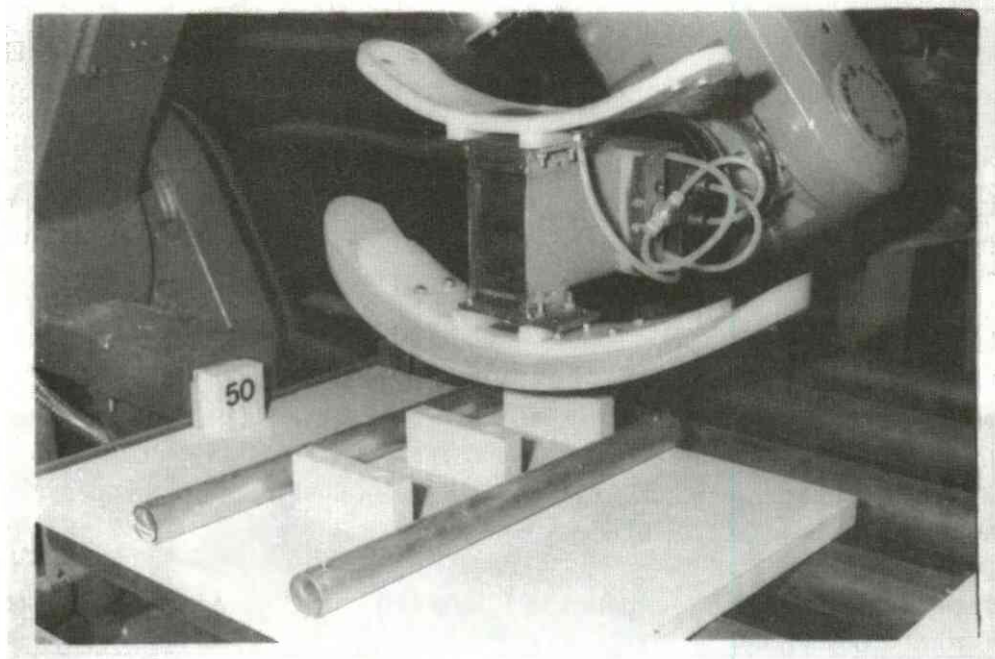
Robotens storlek (hanteringskapacitet 30 kg) valdes snarare med hänsyn till vibrationsstabilitet och räckvidd än till maximal belastning. Det är vanligt att industrirobotar idag har 6 axlar, vilket var nödvändigt i detta fall då inga externa manipulatorer användes.

5.3.2 Gripdon

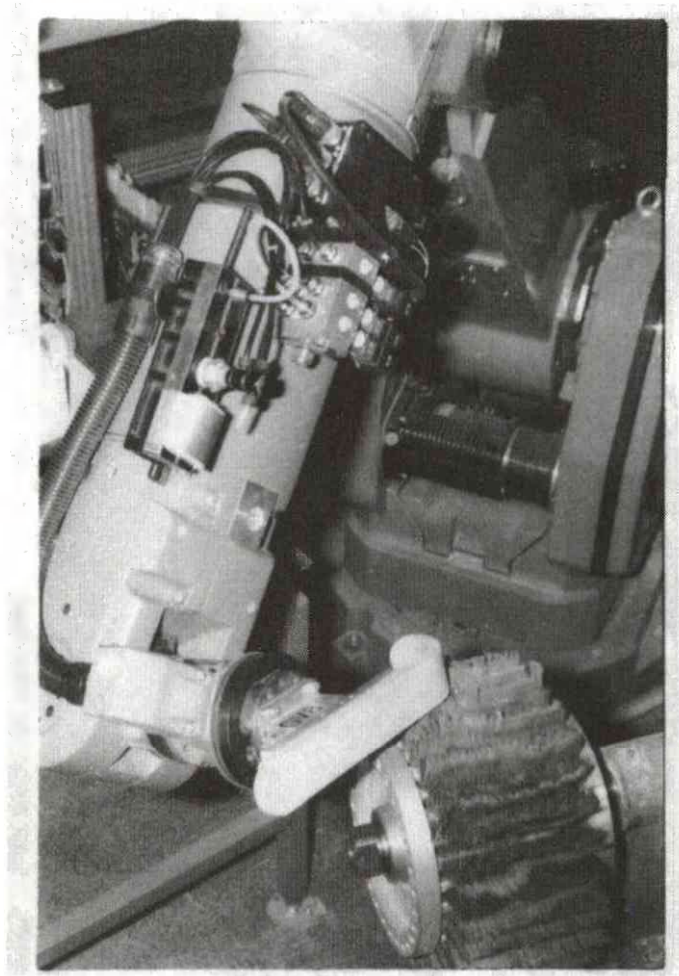
Speciella vakuumband konstruerades för detaljerna (figur 5.3 och 5.4). Anslutningen av vakuumband gjordes via robotens svivel. Det innebär att vakuumband inte behöver ledas fram i separata ledningar, utan kan kopplas till när gripdonet hämtas av roboten. Gripdonet kan på detta sätt - utan att hindras av slangar - användas i robotens hela arbetsområde, vilket är en fördel vid avancerade rörelsemönster. Vakuumband fästes på robotarmen, primärluft anslöts till ventilpaketet och vakuumband till sviveln (figur 5.5). Ett undertryck på 50 kPa gav ett mycket bra grepp.



Figur 5.3. Pallett för armstöd. Eskortminnet och läsenheten syns till vänster. Här syns även vakuumbgripdonet för armstöd.



Figur 5.4. Pallett och gripdon för stolöverstycken. Gripdonet har mjuka gripplattor.



Figur 5.5. Vakuumejektorn är uppfäst på robotarmen och ansluten till sviveln. Härigenom undviks utanpåliggande slangar.

Vid gripning av stolöverstycket utnyttjades gripdonets mjuka gripplatta för att sluta tätt mot detaljens yta. Detta visade sig vara ett bra sätt att få ett säkert grepp och att behålla en säker position i relation till roboten även under stora kraftpåkänningar. Böjradien hos gripplattan anpassades för att tätning skulle erhållas då den trycktes mot detaljytan.

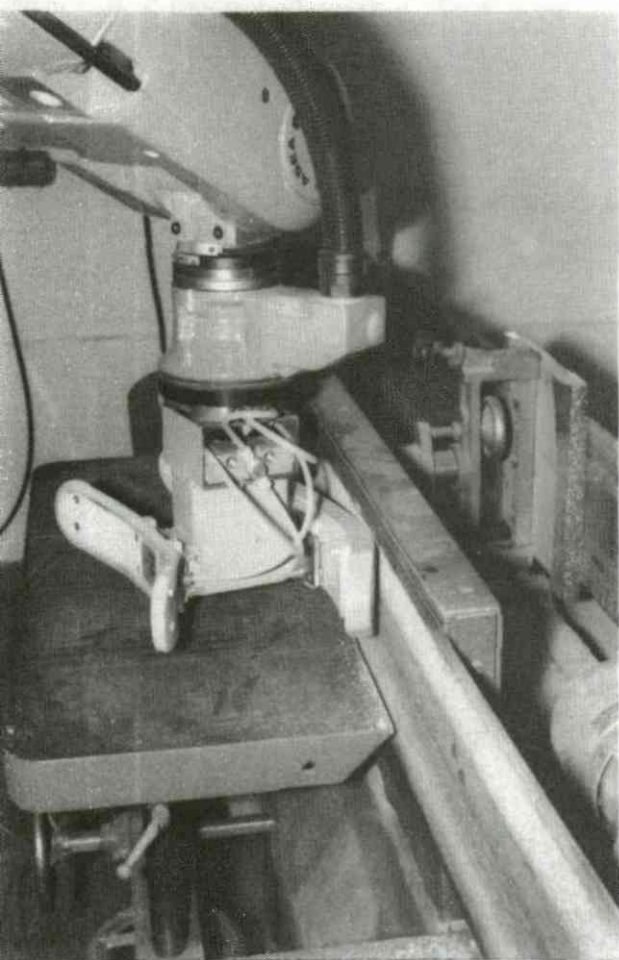
5.3.3 Verktyg

Tre olika slipanordningar av standardtyp användes, alla med olika egenskaper. Nedan anges några faktorer som är av betydelse vid robotisering.

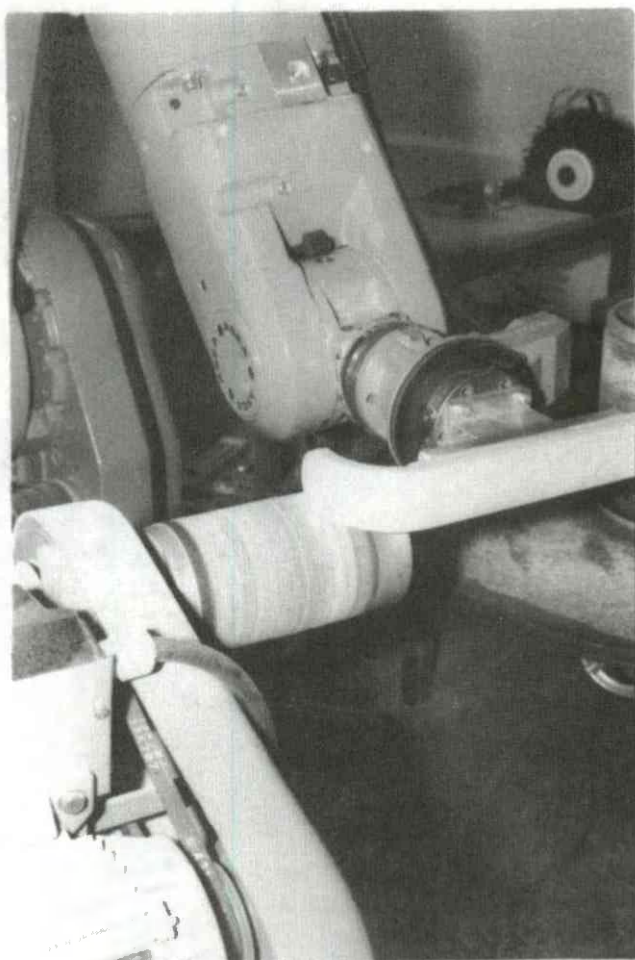
Bandslipanhåll och sliprulle (vertikalbandslipmaskin). Anhållet och rullen är stela, varför robotens rörelse bestämmer avverkningen och formen hos den bearbetade detaljen. Verktiget är avsett för planslipning eller annan formslipning. (Figur 5.6.a.)

Luftgummirulle. Rullen fjädrar mot arbetsstycket när detta trycks in mot den. Fjädringskraften och avverkningen bestäms av hur långt arbetsstycket trycks in mot rullen. Avverkningen är också beroende av matningshastigheten. För att få en jämn avverkning måste matningshastigheten vara konstant. Ju smalare kontaktbredden är mellan arbetsstycke och verktyg, desto känsligare blir bearbetningen för variationer i matningshastigheten. (Figur 5.6.b)

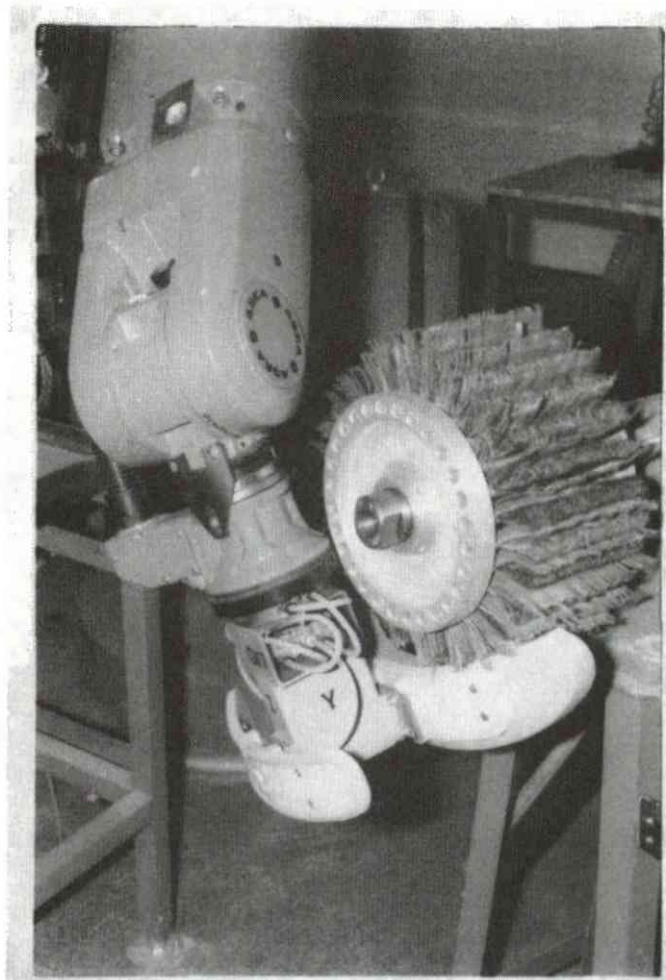
Borstputshjul. Ett eftergivligt verktyg där avverkningen är tämligen oberoende av intryckningen. Matningshastigheten har obetydlig inverkan på bearbetningskrafterna och påverkar (inom vissa gränser) bearbetningsresultatet mycket litet. Rörelsen för ett önskat resultat kan programmeras inom relativt vida toleranser. (Figur 5.6.c)



Figur 5.6.a. Bandslipmaskin med anhåll



Figur 5.6.b. Luftgummirulle



Figur 5.6.c. Borstputshjul

5.3.4 Övrig kringutrustning

Ett ställ byggdes upp där roboten kunde byta mellan de olika gripdon och verktyg som användes. Denna funktion är inte central för själva putsningsarbetet, men kan ändå ha stor betydelse för automatisk drift.

För att försörja gripdonen med vakuum användes en ejektorpump, PIAB L125.

Detaljerna hämtades från palletter (figur 5.3) försedda med eskortminnen (elektroniska minnesbrickor) som programmerats med koder för detaljidentitet och aktuellt detaljantal. Eskortminnena avläses då palletten kommer fram till plockposition. Palletterna hade en enhetlig storlek och var specialanpassade för varje detaljtyp.

6. RESULTAT

Arbetsresultatet är svårt att bedöma objektivt, eftersom det till stor del gäller detaljernas utseende. En bedömning är ändå att resultatet av finputsning av detaljer med luftgummirulle och borstfladder håller samma klass som för manuellt bearbetade detaljer i produktion.

6.1 Armstöd

Slipning med luftgummirulle av ändradierna för att ta bort ojämnheter efter fräsningen gav bra resultat. Vid efterföljande finputsning med borstfladder var avsikten att runda kanterna utmed ändradierna (på samma sätt som det görs manuellt idag). För de exemplar som kördes gav det bra resultat, men det bör tilläggas att det kan vara svårt att bestämma **kantradiens** storlek vid programmering av roboten. Det är också svårt att få kantradien jämn.

6.2 Stolöverstycke

Detaljernas formvariationer gjorde att slipningen mot anhåll och rulle vid vertikalbandslipmaskinen var svår att bemästra. Användningen av mjuka servon (tillvalsfunktion), för att lägga an detaljen mot slipbandet med ett visst tryck, var vansklilig och gav inte det resultat som man hade tänkt. Orsaken kan vara att robotens tyngd ger en masströghet. Möjligheterna att reglera mjukheten borde vara bättre för att fungera för detta ändamål. Finputsningen med luftgummirulle medförde problem på grund av formvariationerna hos detaljerna, så att anläggningen mot verktyget blev osäker. Ett robotprogram för en detalj passade inte för ett annat exemplar. Anläggningen mot verktyget kunde bli för hård eller för lätt.

7. SLUTSATSER OCH SYNPUNKTER

Slutsatser av försöken med robotanvändning vid putsning:

- En god teknisk lösning är starkt beroende av utformningen av gripdon, verktyg och eventuella fixturer.
- Detaljerna måste vara bearbetade så att form och mått kan förväntas ligga inom bestämda toleranser.
- Mindre detaljer kan med fördel hållas av roboten med vakuumbgripdon under bearbetningen.
- Vakuumbgripdon med gripplatta ger ett säkert grepp vid de aktuella bearbetningskrafterna.

Nedan behandlas några frågeställningar som har betydelse vid uppläggnngen av en robotstation för putsning.

7.1 Ska roboten bära verktyget eller detaljen?

Frågan om detaljen ska hållas av roboten medan den förs mot ett stationärt verktyg, **eller om detaljen ska spännas fast i fixtur** medan verktyget är uppsatt i roboten, beror i första hand på **arbetsstyckets storlek**. Om detaljen är liten och lätthanterad, och form och mått har en relativt liten variation, är det att föredra att roboten håller **detaljen**. Man uppnår då följande fördelar:

- Växling mellan gripdon och verktyg i roboten undviks.
- Detaljen kan både hanteras (plockas från palletten och läggas tillbaka) och bearbetas i en oavbruten sekvens.
- Ingen fixtur behövs.

Vid större eller mer långsträckta detaljer kan det vara bättre att låta roboten hålla i **verktyget**. Gripdonen skulle annars bli komplicerade. Programmeringen blir också enklare och säkrare.

7.2 Programmering

Putsning av geometriskt komplicerade detaljer kan ofta innebära rörelser kombinerade av robotens alla sex axlar och på grund av robotens uppbyggnad ge momentant hög hastighet för någon axel. Det finns då risk för tillfällig onoggrannhet i rörelsen. Det är därför viktigt att noggrant planera hur en putssekvens ska utformas innan programmering påbörjas.

Vid punktstyrning måste de programmerade punkternas täthet anpassas för den önskade matningsrörelsen och eftergivligheten hos slipverktyg och gripdon/robot. Den erforderliga tätheten mellan de programmerade punkterna kan variera utmed en och samma yta som ska putsas.

Vid manuell programmering blir **omfattningen av programmeringsarbetet** starkt beroende av antalet punkter. **Cirkelinterpolation** kan vara svår att utnyttja om matningsrörelsen inte beskrivs av gripdonets referenspunkt, TCP, vilket ofta är fallet om roboten håller arbetsstycket. I värsta fall måste därför en cirkelrörelse programmeras med ett stort antal punkter utmed cirkelbågen.

Teach-in programmering (inläring genom att robotarmen förs manuellt i den rörelse man önskar att den ska utföra) som används för hydrauliska målningssrobotar, skulle förenkla programmeringen. I så fall måste dock maskinutrustningen tas i anspråk under programmeringstiden. Den typ av elektriska robotar som användes vid försöken kan inte bestyckas med teach-in-programmering.

Vid komplicerade rörelsemönster kan **CAD-baserat datorstöd** (har inte prövats i dessa försök) vara lämpligt för att reducera programmeringsarbetet och frikoppla det från maskinutrustningen. Det blir för 6-axliga robotar fråga om dyra och avancerade system, som inte kan sägas vara vanliga idag. Det finns dock möjligheter att med hjälp av speciella program datorsimulera 3-dimensionellt med animerande grafik (dvs redovisning med rörlig bild). Med data från en sådan simuleringsmodell kan också robotprogram skapas automatiskt. Ett sådant program som har studerats är ROBCAD.

7.3 Mjuka servon

Mjuka servon innebär att avvikelser från programmerade lägen medges genom kraftpåverkan på roboten. Motorerna ger en "fjäderkraft" riktad mot det programmerade läget. Roboten kan på detta sätt programmeras att leverera en kraft mot ett fast objekt. Kraftens storlek bestäms i robotprogrammet med en mjukhetsfaktor. Genom att servona mjukställs individuellt för varje axel, kan man dock inte direkt definiera den önskade mjukheten för en fritt vald riktning.

Tack vare en kombination av mjukhetsfaktorer för olika servon kunde detaljerna hämtas från palletten med mycket liten risk för felgrepp (dvs vakuumläckage så att grepp inte säkras). Formolikheter mellan olika detaljer kunde på det sättet accepteras.

Gripning med mjuka servon vid snäva positionstoleranser innebar problem bl a eftersom mjukheten vid en och samma mjukhetsfaktor beror på robotens läge.

7.4 Sliptryck

Eftergivligheten i kontakten mellan arbetsstycke och verktyg har stor betydelse för programmeringssätt och arbetsresultat. Det är viktigt att ha kontroll över sliptrycket för att det avsedda arbetsresultatet ska uppnås. Det innebär inte några större problem så länge arbetsstyckena har en känd och enhetlig form. Då arbetsstyckenas form varierar (på grund av tillformningsmetod och/eller materialegenskaper) kan däremot någon typ av tryckreglering krävas.

Formbearbetning i CNC-fräs ger en betydligt större säkerhet beträffande formvariationer än konventionell hantverksmässig bearbetning.

7.5 Omgrepp

Vid omgrepp fanns motsvarande problem som vid hämtning i pallett, dvs med osäker detaljform och gripdonets tätning mot ytan. Ett sätt att lösa problemet är att använda vakuumenheter och mjuka servon. Vid en arbetsplats där antalet detaljvarianter är stort, och därmed antalet omställningar, krävs antingen omställbara omgreppsstationer eller ett system med snabba byten. Vid försöken användes pallettbaserade omgreppsstationer som togs fram och kopplades till vakuum (dockades) under användningstiden.

7.6 Verktygskontroll

Arbetsresultatet beror på en rad olika faktorer varibland slipverktygets kondition kan nämnas. Den lösning som ligger närmast till hands för att ha kontroll över verktygets kondition är att byta verktyg efter ett förutbestämt antal arbetscykler. Bytet kan mycket väl ske automatiskt. En automatisk avläsning av verktygets kondition kan kräva onödigt dyra lösningar.

8. REFERENSER

- /1/ Gripdon för monteringsrobotar. IVF-resultat 86606 april 1986.
- /2/ Robotar i träindustrin, STU, proj. 81-3053 december 1981.
- /3/ Förundersökning robotanvändning vid konventionell produktionsuppläggning och i FMS-installationer, TräteknikCentrum 87-09-30.
- /4/ Furniture industry 'cautious to to change', Wood & Wood products, april 1984.
- /5/ Automatisk pussing av stolvange, Rapport T25/84, Roglandsforskning Stavanger.

Detta digitala dokument
skapades med anslag från

**Stiftelsen Nils och Dorthi
Troëdssons forskningsfond**

TräteknikCentrum

INSTITUTET FÖR TRÄTEKNISK FORSKNING

Box 5609, 114 86 STOCKHOLM
Besöksadress: Drottning Kristinas väg 67
Telefon: 08-14 53 00
Telex: 144 45 tratek s
Telefax: 08-11 61 88
Huvudenhet med kansli

Åsensvägen 9, 552 58 JÖNKÖPING
Telefon: 036-12 60 41
Telefax: 036-16 87 98

931 87 SKELLEFTEÅ
Besöksadress: Bockholmsvägen 1
Telefon: 0910-652 00
Telex: 650 31 expolar s
Telefax: 0910-652 65

ISSN 0283-4634