

Flexibla robotar för konkurrenskraftig tillverkning

Isolde Dressler, Reglerteknik, Lunds Universitet

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen
Modeling and Control of Stiff Robots for Flexible Manufacturing, september 2012.
Avhandlingen kan laddas ner från www.control.lth.se/publications.



Bild 1 En s.k. Gantry-Tau robot hos Güdel AG i Schweiz.

Made in China – På hur många av dina barns leksaker står det? Produktionen inom många sektorer flyttas från Europa till länder där arbetskraften är billigare. Forskningen i avhandlingen *Modeling and Control of Stiff Robots for Flexible Manufacturing* ska hjälpa europeiska småföretag att bli mer konkurrenskraftiga och samtidigt underlätta för arbetarna.

Högt ljud från olika maskiner i hela hallen, värme från gjutningen och metalldamm i luften. I denna miljö slipar arbetaren av överflödigt material från tunga pumphus. Hur bra vore det då att kunna stå vid sidan och titta på hur det görs helt av sig själv? Med hjälp av forskningen presenterad i denna avhandling och en ny sorts robot kan drömmen bli verklighet.

Den nya roboten ska inte ersätta arbetaren, men göra det tunga arbetet åt honom/henne, snabbare och noggrannare, medan arbetaren "leder" roboten genom hela processen. Operatören monterar en slipmaskin på roboten och tar maskinen i handen för att beskriva banan roboten ska gå genom.

Men innan man kan lära en robot att samverka på detta sätt med människor, behöver man en robot som lämpar sig för användningen i småföretag. Den måste vara billig nog att passa in i företagets budget. Metall- och träbearbetning, som ofta utförs i småföretag, kräver en styvare och noggrannare robotstruktur än till exempel en paketeringsrobot i ett storföretag. Och eftersom småföretag ofta tillverkar ett mindre antal av samma pro-

dukt än stora företag, måste roboten vara flexibel och passa till varierande uppgifter och ibland även varierande produktstorlek.

Gantry-Tau roboten kan vara lösningen för småföretag. Den har en parallell struktur, vilket betyder att verktyget, till exempel en slipmaskin, hålls av flera armar parallellt. Den klassiska industriroboten har bara en arm och kallas därför för seriell robot. Konstruktionen med tre armar gör roboten styvare än vanliga seriella robotar. Mindre massa krävs för att göra strukturen styv, vilket leder till lägre materialkostnad. Gantry-Tau roboten består av ett justerbart ramverk och tre armar fästa på en platta som håller verktyget. På ramverket sitter tre spår med vagnar som tillsammans håller verktyget i andra änden av armarna. Genom att flytta på vagnarna kan man röra armarna och därmed också verktygsplattan, där t.ex. slipmaskinen sitter. Genom att justera ramverket kan man enkelt anpassa roboten till en ny produkt.

För att kunna köra roboten, behöver man en beskrivning av robotens dimensioner. Det kallas inom robotik för kinematisk modell. Om man vill att slipmaskinen ska befinna sig på en viss position, måste man veta hur vagnarna ska röras. Ju noggrannare man vet kinematikmodellen, desto noggrannare kan man placera slipmaskinen eller något annat verktyg. En dålig kinematikmodell kan leda till att man slipar av för mycket material eller att en svetsning placeras utanför svetsfogen, för att roboten rör sig snett istället för rakt.

Det finns två problem att lösa här: Att mäta robotens verkliga dimensioner, men också att veta de matematiska ekvationer som beskriver hur man räknar mellan vagn- och verktygsposition. Ekvationerna är samma oavsett om man byter ut ett stag till ett längre eller flyttar ett av spåren. Men ibland tillverkas roboten inte så noggrant som tänkt, eller så kanske ett spår sitter lite skevt efter en justering. I avhandlingen har ekvationer utvecklats som kan ta hand om sådana små fel, så att robotens noggrannhet inte försämras.

Den intuitivt enklaste metoden att bestämma robotens dimensioner är nog att ta en stor linjal och mäta upp längderna för hand. Men ramverket kan vara upp till två meter högt medan avstånden på verktygsplattan är några centimeter. En sådan manuell mätning kan aldrig ge den millimeternog-

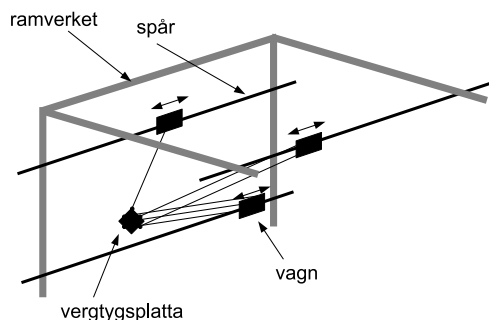


Bild 2 Schematisk bild av Gantry-Tau roboten.

granhet som är nödvändig.

Därför väljer man ett annat sätt, som undersökts i denna avhandling. Vagnpositionerna mäts mycket noggrant för att kunna positionera vagnen exakt. För att bestämma kinematikmodellen kör man roboten till ett antal positioner och mäter för varje punkt verktygets tredimensionella position och vagnarnas position på spåret. Därefter optimerar man den kinematiska modellen tills man får minsta möjliga fel mellan uträknade och uppmätta positioner. Denna procedur kallas för kinematisk kalibrering. För att uppnå en bra kalibrering är det viktigt att ta tillräckligt många mätningar, välja mätpunkterna på ett bra sätt och ha ett noggrant mätinstrument.

I avhandlingen betraktas flera aspekter av kinematisk kalibrering. Med hjälp av de nya, noggrannare matematiska ekvationerna undersöks hur noggrant man kan placera robotens verktyg. Men vi får också tänka på arbetaren i gjueriet. Han har kanske just avslutat en serie pumphus, och nu behöver han justera robotens ramverk för att kunna bearbeta en större pumphusmodell. Genom att förändra ramverket förändrar han också robotens dimensioner. Han behöver alltså bestämma robotens nya dimensioner med kinematisk kalibrering innan han kan använda roboten igen. Problemet är att han inte vet de bästa robotställningar för mätningen eller hur man optimerar robotbeskrivningen med mätningarna. Inte heller har ett småföretag råd att betala en robotexpert varje gång roboten ska ändras.

Avhandlingen har tagit fram och undersökt en automatiserad metod för kinematisk kalibrering, där ett datorprogram tar hand om hela processen, och operatören behöver bara sätta igång den. Den kinematiska kalibrering som genomförs med programmet är lika noggrann som kalibreringar av robotexperter. Avhandlingen har också undersökt hur digitalkameror kan användas som ett billigt, men mindre noggrant mätinstrument till kinematisk kalibrering. Istället för slipmaskinen sätter man en platta med schackbrädesmönster på verktygsplattan och tar ett kort av roboten för varje

mät punkt. Genom att jämföra det verkliga mönstrets storlek med bilden kan man räkna ut var verktygsplattan befinner sig.

Kinematikmodellen är viktig för att kunna röra roboten, men den beskriver inte roboten lika noggrant när den rör sig snabbt och kanske stagen böjer sig lite med rörelsen. Inte heller beskriver den hur mycket kraft man behöver för att röra roboten. Det görs i en dynamisk modell. Avhandlingen undersöker robotens dynamik och tar fram olika modeller, som är viktiga när man vill röra roboten snabbt och ändå noggrant.

Nu när den nya roboten är färdig att användas, behöver operatören lite hjälp med att få roboten att utföra den önskade uppgiften. Oftast sker det idag med en uppgiftsbeskrivning i ett specifikt robotspråk som innehåller kommandon för hur roboten ska röra sig. Det tar mycket tid, är inte intuitivt, och man måste kunna språket. Därför har ett enklare alternativ, s.k. *lead-through programming*, testats i avhandlingen. Här tar man tag i roboten med sin egen hand och leder verktyget längs den önskade banan. Roboten känner av trycket från operatörens hand genom en kraftsensor. Det nya med metoden som presenteras i avhandlingen är att man använder två kraftsensorer. Den ena känner av trycket från handen och styr roboten i den önskade riktningen. Den andra känner av kraften mellan roboten och ett arbetsstycke, till exempel ett pumphus, och hjälper till att hålla ett konstant tryck mot arbetsstycket, så att man inte skadar verktyget eller förlorar kontakten.

Iterativ inlärning har också testats med Gantry-Tau-roboten. Med iterativ inlärning menas att man förbättrar robotens prestanda successivt genom att mäta skillnaden mellan den önskade och den faktiska rörelsen som roboten gör. Man ändrar rörelsen av motorerna gång efter gång tills man uppnår den önskade precisionen. Trots att det är verktyget som ska röra sig på en viss bana utför man oftast iterativ inlärning baserad på vagnrörelsen eftersom det är svårt att mäta verktygspositionen i ett industriell sammanhang utan att störa tillämpningen. I avhandlingen undersöks en ny metod som skattar verktygsrörelsen med hjälp av en sensor på verktygsplattan som mäter accelerationen. I testerna uppnås en tydlig förbättring av precisionen för iterativ inlärning jämfört med den vanliga metoden.

Forskningen som presenteras i avhandlingen öppnar vägen mot att robotar kan även användas i småföretag. Slipmaskinen i exemplen ovan kan bytas mot andra verktyg. Roboten kan göra arbetet enklare och samtidigt öka produktivitet och kvalitet, vilket gör företagen mer konkurrenskraftiga.