

Een *flexibele* pick-and-place unit

Een van de meest voorkomende handelingen bij het assembleren is het plaatsen van componenten. Als eerste werkstation in het mechanisatieplatform (zie het vorige artikel) is daarom een pick-and-place unit ontworpen en gerealiseerd. Deze pick-and-place unit moet aan een aantal eisen voldoen:

- *hij moet aan de interfacevoorwaarden van het platform voldoen;*
- *hij moet flexibel zijn ten aanzien van zijn bewegingen. Deze moeten namelijk vrij programmeerbaar zijn binnen gedefinieerde uiterste standen.*

• *Ir. Markjan Vermeer* •

Met bovenstaande eisen als basis kan een richting in het ontwerpen van een concept worden bepaald. Beginnend bij de aandrijving kan worden gezegd dat luchtcilinders niet geschikt zijn. Zij hebben twee nauwkeurige eindstanden en zijn daarom niet vrij programmeerbaar. Aandrijving via een nokmechanisme is eveneens niet vrij programmeerbaar. De vastgelegde vorm van een nokschijf bepaalt immers op eenduidige wijze de beweging. Servomotoren zijn daarentegen volledig vrij programmeerbaar. Er kan een keuze worden gemaakt uit lineaire servo's of roterende servo's. Aangezien lineaire servo's relatief kostbaar zijn, wordt een concept gezocht met roterende servo's als aandrijving.

Op verschillende manieren kan de rotatiebeweging van een servomotor worden omgezet in een lineaire beweging. Met behulp van spindels wordt de aandrijving, ondanks de goedkopere roterende servomotoren, toch nog kostbaar. Als alternatief kan een tandriem worden toegepast.

De vraag luidt nu of een tandriem voldoende stijfheid kan bieden om met de pick-and-place unit aan de specificaties te kunnen voldoen. De situatie kan worden

ingeschat door de benodigde systeemstijfheid te vergelijken met de stijfheid van een mogelijke tandriem.

De situatie kan worden vergeleken met het verplaatsen van een massa van $m = 3$ kg (bewegende massa) in $t_m = 0,3$ seconde (een deel van de 1 seconde cyclustijd) over een afstand van $h_m = 150$ mm (maximale slag). De massa moet met een nauwkeurigheid van $u_0 = 0,01$ mm de gewenste positie aannemen. Met deze gegevens kan een inschatting worden gemaakt [1].

De relatieve plaatsfout U_0 wordt gedefinieerd door $U_0 = u_0/h_m$. Voor een 3^e-graads bewegingsvoorschrift kan voor de dimensieloze periode τ_m de volgende relatie worden gebruikt, $\tau_m = \sqrt[3]{1,66 U_0}$. Wil de constructie geschikt zijn voor het behalen van de beoogde prestaties, dan moet de constructie stijf genoeg zijn. Dat wil zeggen dat in dit geval de laagste mechanische eigenfrequentie ω_m bij geblokkeerde motor minimaal $\omega_m = 2\pi / (\tau_m t_m)$ [rad s⁻¹] moet bedragen. De benodigde stijfheid c van de tandriem die hiermee overeenkomt, bedraagt dan $c = m \cdot \omega_m^2 = 57 \cdot 10^4$ [N m⁻¹]. Deze stijfheid lijkt goed te bereiken met een tandriemconstructie. Ter indicatie, een halve meter tandriem van het type T5 met een breedte van 30 mm heeft een stijfheid van $5 \cdot 10^5$ [N m⁻¹].

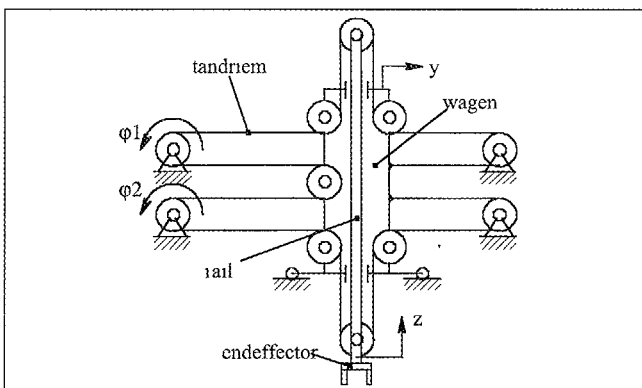
De pick-and-place unit moet voldoen aan de interfacevoorwaarden van het mechanisatieplatform. Dit betekent onder andere dat de unit maximaal 120 mm breed mag zijn. Het plaatsen van componenten vraagt een beweging met twee graden van vrijheid. Het ligt voor de hand twee motoren te kiezen, met aan iedere motor een tandriem. Door deze twee samenstellingen haaks op elkaar te plaatsen kan een pick-and-place beweging worden gecreëerd. Het nadeel is de benodigde breedte voor zo'n opstapeling van bewegingsassen. Het zou mooier zijn de twee bewegingsrichtingen via één tandriem aan te kunnen sturen. Deze mogelijkheid wordt weergegeven door het principe in figuur 1, beschreven in V9.8 [2].

De twee bewegingsrichtingen y en z worden door één tandriem aangedreven. Er zijn twee servomotoren aan de tandriem gekoppeld. Door de motoren tegen elkaar in of met elkaar mee te laten draaien, wordt respectievelijk een beweging in de y-richting of de z-richting gerealiseerd. Met deze manier van aandrijven kan elk punt in het werkvlak via elk gewenst pad worden bereikt. Het is een vrij programmeerbaar systeem, zoals ook wordt geïllustreerd door de kinematische overdrachtfunctie tussen de motorrotaties (φ_1, φ_2) en de endeffector coördinaten (y, z). De endeffector die de interface vormt tussen het werkstation en het product wordt hier uitgevoerd als gripper

$$\begin{bmatrix} y \\ z \end{bmatrix} = r \cdot \begin{bmatrix} +\frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{4} & -\frac{1}{4} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_1 \\ \varphi_2 \end{bmatrix}$$

Mechanische constructie

Het prototype kan een slag maken van 150 mm in de y-richting en 60 mm in de z-richting. De cyclustijd bedraagt 1 seconde. De tandriem is het bepalende onderdeel voor de systeemstijfheid. In het prototype is een tandriem van het



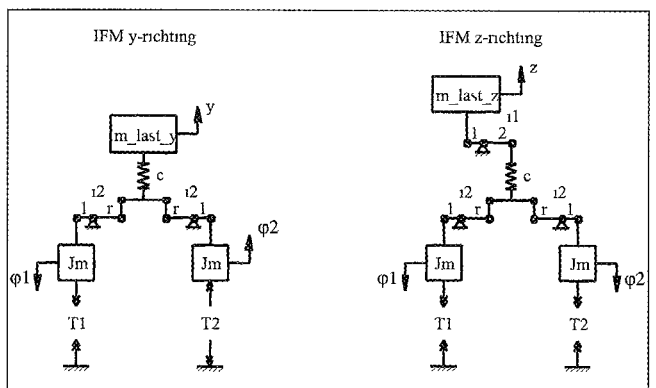
Figuur 1 Principe pick-and-place unit

type T5 met een breedte van 30 mm toegepast. Met behulp van een Ideaal Fysisch Model (IFM) kan het dynamisch gedrag van de constructie worden berekend. Het IFM is voor de twee bewegingsrichtingen verschillend, zie figuur 2. Als de endeffector op de minst gunstige positie staat, wordt voor de systeemstijfheid in de y- en z-richting, respectievelijk $3,4 \cdot 10^6$ [N m⁻¹] en $3,2 \cdot 10^6$ [N m⁻¹] gevonden. Hieruit blijkt dat met een eenvoudige tandriem toch een systeem met een hoge stijfheid kan worden ontworpen.

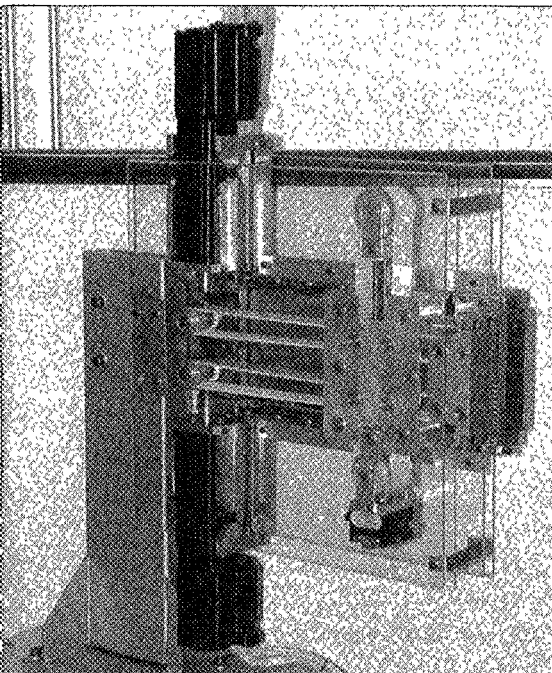
Figuur 3 toont het prototype van de overzetter. Om in het optimaal werkgebied van de motoren te komen is er een haakse tandwieloverbrenging van 1:3 gekozen. De massaverhouding α kan worden gedefinieerd als de massa aan de motorzijde van de overbrenging ten opzichte van de totale massa. Bij een massaverhouding van $\alpha=0,5$ (inertial match) leidt het beschikbare motor-koppel tot maximale versnelling [1]. Uit het IFM en de kinematische overdrachtsfunctie blijken voor de y- en z-richting verschillende overbrengingen te gelden. Voor de y- en z-richting wordt een massaverhouding gevonden van respectievelijk $\alpha_y=0,52$ en $\alpha_z=0,79$.

Om speling te vermijden worden de motoren verend opgehangen met aan weerskanten van de motor een kruisveerscharnier, zie V3.7 [2]. Een lichte veer houdt de tanden spelingvrij voorgespannen. De voorspanning bedraagt net genoeg om bij maximaal koppel de tanden precies in elkaar gedrukt te houden.

Als rechtgeleiding in de z-richting is een kogelomloopwagen met rail gebruikt. Twee kogelomloopeenheden maken deel uit van de wagen. De rail aan boord van de wagen kan vrij bewegen in de z-richting. Aan de rail worden de bovenste en onderste tandriemschijven bevestigd. De rail is op deze wijze de drager van de endeffector.



Figuur 2. Ideaal Fysisch Model Pick-and-place unit.



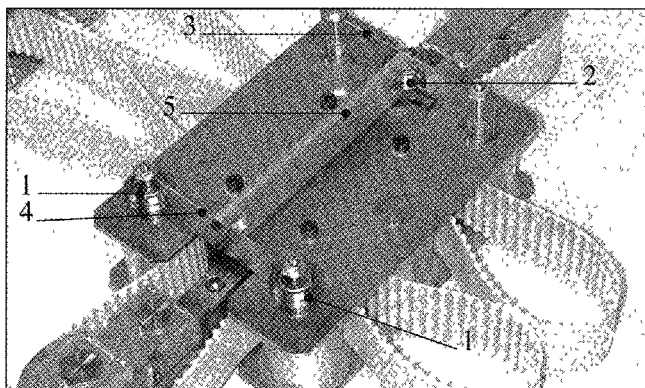
Figuur 3. Prototype Pick-and-place unit

Bij de y-geleiding van de wagen is gekozen voor een loopwielconstructie met drie loopwielen, zie figuur 4. De twee onderste loopwielen (1) zijn rechtstreeks op de

assen bevestigd waarop ook de twee spanrollen zitten. Het derde loopwiel (2) is verend opgehangen. Door het hart van de onderste twee assen van de wagen is een bladveer geschoven (4). Ditzelfde is gedaan bij de bovenste twee assen (3). De twee bladveren zijn onderling verbonden door een verticaal geplaatste balk (5) in het midden. Het bovenste loopwiel (2), bevestigd aan de bovenkant van balk, heeft nu slechts één graad van vrijheid waarin beweging mogelijk is, namelijk in de langsrichting van balk (5). De onderste en bovenste loopwielen worden onder voorspanning tussen twee horizontale, parallel liggende rails op het frame geplaatst. De voorspanning geleverd door de bladveren zorgt ervoor dat in alle mogelijke belastingssituaties de twee onderste loopwielen op de rail blijven gedrukt. De stijfheid wordt dan bepaald door de contactstijfheid van de onderste loopwielen op de rail. Deze zeer goedkope constructie levert een stijve en lichtlopende rechtgeleiding.

Prestaties

De metingen die zijn verricht aan het prototype bewijzen de mogelijkheden van de pick-and-place unit. De gemeten herhaalnauwkeurigheid heeft een waarde van $\pm 3 \mu\text{m}$. Deze prestatie is beter dan de voorspelde $\pm 0,01 \text{ mm}$ nauwkeurigheid.



Figuur 4. Achterzijde wagen.

De spelingvrije tandwieloverbrenging blijkt zeer gunstig voor wat betreft de nauwkeurigheid. Of de overbrenging ook aan duurzaamheid voldoet, zou verder moeten worden onderzocht.

Toekomstplannen

Aan het prototype zijn verschillende metingen verricht. De meetresultaten hebben er mede toe geleid dat de pick-and-place unit inmiddels aan een redesign is onderworpen. Bij het redesign zal met name gekeken worden naar de duurzaamheid en de betrouwbaarheid van de unit. Ook wordt er gekeken naar de mogelijkheden voor het vergroten van de slag naar $400 \times 80 \text{ mm}$. Het wachten is op een geschikt project om ook het mechanisatieplatform toe te passen. Naarmate het platform vaker wordt toegepast, zal het gunstig zijn om voor andere bewerkingsprocessen ook een standaardunit te ontwerpen. Op deze manier kan in steeds kortere tijd de basis van een machine worden neergezet. De ontwikkelingstijd van een totale mechanisatielijijn wordt dan voornamelijk bepaald door de ontwikkelingstijd van sterk productspecifieke bewerkingen.

Verantwoording

Het resultaat van het project, dat een afstudeerproject was van ir. Markjan Vermeer, wordt neergezet door een samenspel van wetenschap en praktijk. Binnen de muren van het bedrijf IMS (Integrated Mechanization Solutions B.V.) is het project uitgevoerd. IMS, dat hightech speciaal machines ontwikkelt en bouwt, was een inspirerende omgeving met een rijke ervaring op het gebied van snelle en nauwkeurige bewerkingen. In het bijzonder heeft de coachende rol van mededirecteur ir. C.G. Huiberts bijgedragen aan het project. Vanuit de Universiteit Twente heeft prof.dr.ir. M.P. Koster, tot september 2001 deeltijdhoogleraar bij de vakgroep Werktuigbouwkundige Automatisering, het gehele project op zeer constructieve wijze ondersteund.

Literatuur

- [1] Koster, M.P., W.T.C. van Leunen en T.J.A. de Vries (1998), 'Mechatronica', Collegedictaat 124151, Universiteit Twente, Enschede.
- [2] Koster, M.P. (1998), *Constructieprincipes voor het nauwkeurig bewegen en positioneren*, Twente University Press, Enschede, ISBN 90 3651 1364.