

Het variabel bouw systeem

Ir. S. van de Graaf

In *Mikroniek*, nr. 4, 1979, is kort aandacht besteed aan het Variabel Bouw Systeem (VBS), dat bij de Nederlandse Philips Bedrijven BV is ontwikkeld om sneller te kunnen beschikken over proefopstellingen, prototypen en produktiemachines voor bedrijfsmechanisatie-afdelingen.

Aangezien buiten Philips dezelfde behoefte moet bestaan, wordt in dit artikel meer in detail dan destijds ingegaan op de mogelijkheden die dit in de handel verkrijgbare systeem biedt.

Vanzelfsprekend is de ontwikkeling eraan voortgegaan en is de nodige ervaring ermee opgedaan. Dit heeft ertoe geleid dat, ten opzichte van het destijds in *Mikroniek* gepubliceerde, verschillen in de constructieve uitvoering en een uitbreiding met nieuwe bouw-blokken zijn te constateren.

Inleiding

Een proefopstelling maken om een constructieve oplossing op zijn realiseerbaarheid te testen, of om constructievarianten te onderzoeken, het construeren van een prototype of van een produktiemachine waarvan maar één of enkele stuks nodig zijn, het maken van een opstelling om een technologie, proces of procédé te bestuderen en verder te ontwikkelen, het bouwen van een meetopstelling, van een fabricage-opstelling, van het "meubilair" voor een montage, van een opstelling voor kwaliteitsonderzoek, of om de werking van producten te demonstreren. Een opsomming die gemakkelijk is uit te breiden en enigermate een beeld geeft van de karweien die regelmatig geklaard moeten worden daar waar men techniek bedrijft of onderzoek verricht.

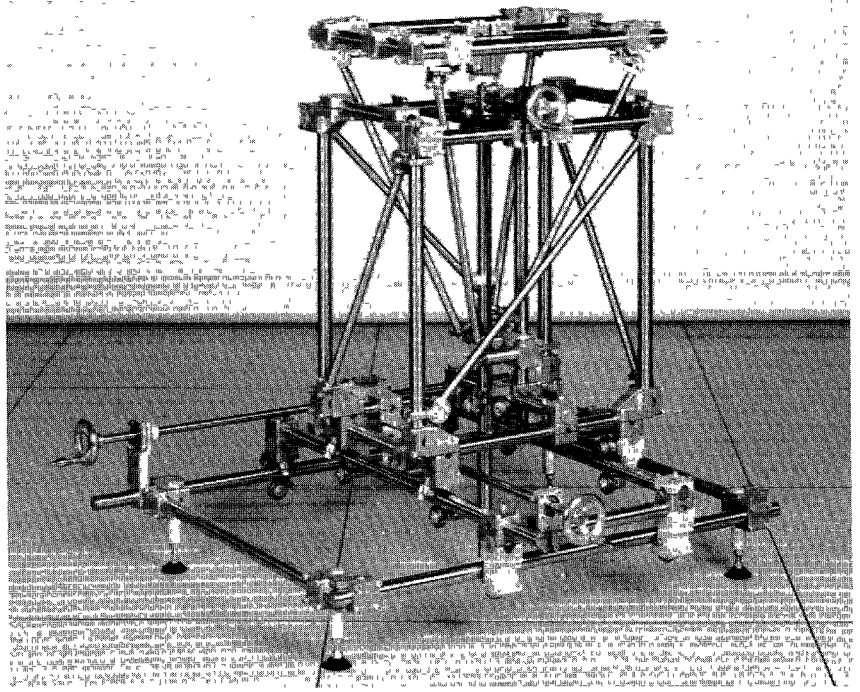
Proefopstellingen, tijdelijke opstellingen, prototypen, hoe men ze ook maar wil noemen, kunnen in hun aard sterk verschillen, van zeer complexe tot heel eenvoudige toe. Of het nu het één betreft of het ander, de ontwerper of onderzoeker heeft altijd maar één wens: hij wil er zo gauw mogelijk over beschikken.

Dit betekent zo min mogelijk van het werk naar mechanische werkplaatsen en zoveel mogelijk gebruik maken van inkoopartikelen. Maar wat te doen met het freem, het dragende deel dat als basis dient voor alle overige samenstellingen en onderdelen van een constructie? Vanwege de levertijd valt

gietwerk dan meestal af, meer ingewikkeld las- en constructiewerk idem, vooral als daaraan naderhand mechanische bewerkingen moeten geschieden waarvoor machines nodig zijn die in een proevenwerkplaats niet gauw tot de standaarduitrusting behoren. En zelfs als men over dergelijke machines

beschikt, of als deze bewerkingen worden uitbesteed, ook dan is de levertijd het probleem, vergeleken met de levertijd van de gebruikelijke standaard-bewerkingen.

Dikwijls wordt dan ook de verzuchting geslaakt: hadden we maar een bouw-systeem dat voor de freembouw kan worden gebruikt en waarbij liefst nog translerende en roterende bewegings-mogelijkheden tot het standaardpakket behoren. In het achterhoofd speelt dan tegelijkertijd de gedachte mee dat het wijzigen aan en het uitbreiden van een opstelling met een bouwstelsel gemakkelijk is en sneller gaat dan wanneer een beroep op de mechanische werkplaats moet worden gedaan. Dit was ook bij Philips het geval en heeft daar geleid tot de ontwikkeling van het zogenaamde Variabel Bouw Systeem (VBS), dat in zijn opzet is beschreven in *Mikroniek* nr. 4, 1979. Uit het feit dat nu opnieuw in *Mikroniek* erover wordt gepubliceerd valt op te maken dat het geen doodgeboren



*Toepassingsvoorbeeld 1 · X-, Y-, Z-tafel voor een laseropstelling
Op de drie aandrijvingen na (tweemaal een transporteur van het fabriekat Uhing en een draadspil voor de Z-richting) is de gehele opstelling opgebouwd met het VBS
Duidelijk zichtbaar zijn de wijze van schoren, die de vereiste zeer stijve constructie opleverde, en het gebruik van de rolgeleiding.*

kind is geweest. Integendeel, gezien het steeds toenemend aantal toepassingen was het de moeite waard de oorspronkelijke opzet kritisch op zijn toepassingsmogelijkheden te bezien, waarvoor ook de respons van de gebruikers uitermate nuttig was. Dit heeft geleid tot een aantal wijzigingen en het toevoegen aan het assortiment van bouwblokken waaraan behoefte bleek te bestaan. De huidige stand van zaken zal in het volgende worden besproken; een aantal toepassingsvoorbeelden geven een beeld van de mogelijkheden.

Het variabel bouw systeem - VBS

Uitgangspunt voor de ontwikkeling van het VBS is geweest dat het geschikt moest zijn voor het bouwen van proefopstellingen, prototypen en productie-apparatuur van de bedrijfsmechanisatie-afdelingen bij Philips. Dit heeft geleid tot een ontwerp waarbij:

- in de handel gangbare ronde staf of pijp in de diameterreeks 6, 10, 15, 25, 40, (60) mm wordt geklemd door
- bouwblokken in een aantal uitvoeringsvormen

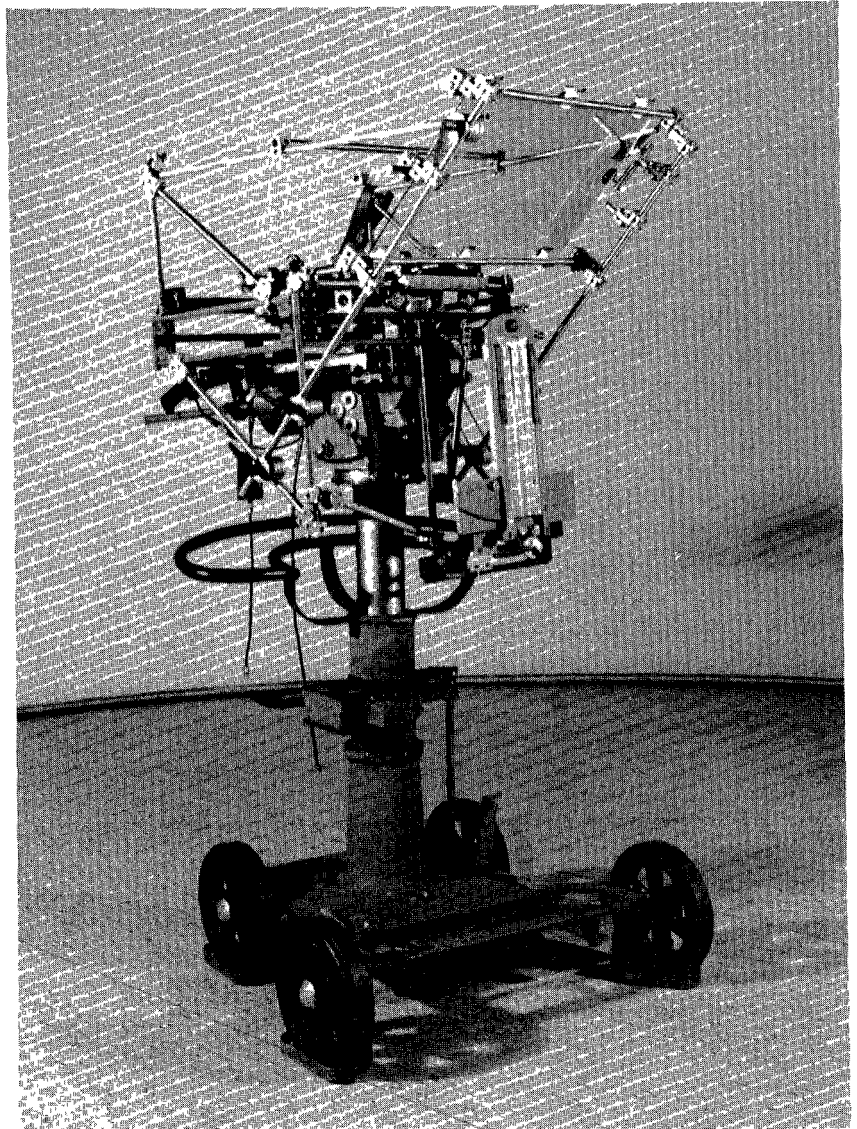
zodanig dat zeer open freemconstructies mogelijk zijn, die een stijfheid hebben vergelijkbaar met die van lasconstructies, mits diameters met inzicht worden gekozen en gecombineerd.

Met deze bouwwijze is in principe elk gewenst punt of vlak binnen de freemruimte en zijn onmiddellijke omgeving met grote nauwkeurigheid in te stellen om daar de samenstellingen en overige onderdelen van een constructie te bevestigen.

Daar waar weinig ruimte is, kan gebruik worden gemaakt van speciale assen in de diameterreeks 6, 10 en 15 mm, voorzien van zwaluwstaarten, aangebracht in langsrichting van de assen onder 90° (180° voor de kleinste maat) ten opzichte van elkaar; hierbij behoren enkele speciale hoekverbindingstukken die aan deze assen kunnen worden geklemd.

Aan de behoefte te kunnen beschikken over translatie en rotatie wordt voldaan door:

- rolgeleidingen met twee of met drie rollen;
- rollenblokken met één of twee rollen;
- railhouders en railsteunen (de rails zijn vanzelfsprekend van rond materiaal);
- zelfinstellende (kogel)lagers ondergebracht in lagerblokken, waarvan



Toepassingsvoorbeeld 2: opstelling voor proeven met driedimensionale TV. Hiervoor zijn twee camera's nodig die op oogafstand geplaatst zouden moeten worden. Door hun omvang is dit echter niet mogelijk, zodat de ene horizontaal op de camerawagen is aangebracht en door een schuin geplaatste spiegel heen "kijkt" en de andere vertikaal op de bevestigingsplaat aan de voorzijde, dus via de spiegel werkt. Om de optische assen van de beide camera's samen te laten vallen, is het noodzakelijk dat één ervan instelbaar is. Daartoe kan de camera aan de voorzijde horizontaal worden bewogen en zonedig gedraaid door de cameraman. Het VBS bleek zeer geschikt om de extra voorzieningen aan de camerawagen aan te brengen. Gebruik is gemaakt o.a. van de assen met zwaluwstaartprofiel en van de rolgeleidingsblokken.

ook enkele zijn te klemmen op de zwaluwstaartprofielen.

Daarnaast behoren nog tot het assortiment:

- klemnaven waarmee bijvoorbeeld een nokschijf op een as kan worden geklemd;
- stelvoeten met houder waarmee een freem waterpas kan worden ingesteld;
- verschillende handgrepen, als moer of als schroef uitgevoerd, bestemd voor bouwblokken die men snel wil kunnen vastklemmen en lossen.

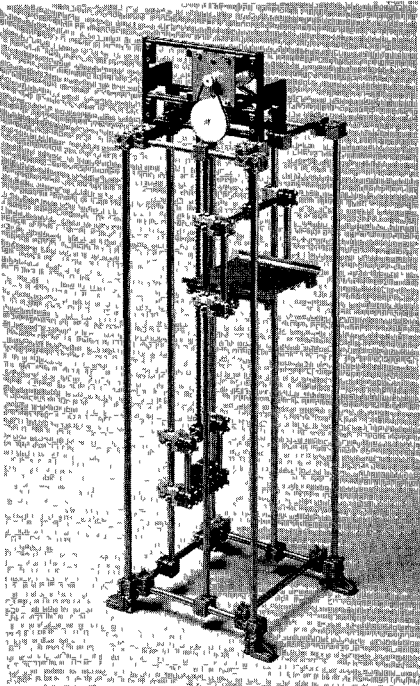
Uit het bovenstaande is op te maken

dat voor het klemmen als verbindingmethode is gekozen. Deze klemmende bouwblokken zijn gedeeld uitgevoerd, zodat deze op eenvoudige wijze gemonteerd en weer verwijderd kunnen worden, zonder dat de overige, ingestelde, verbindingen behoeven te worden gelost.

Om een goed beeld te geven van de opzet van het VBS wordt vervolgens nader ingegaan op de technische eisen die aan het te gebruiken rondmateriaal zijn te stellen en in detail een overzicht gegeven van de bovengenoemde bouwblokken.

Het rondmateriaal

Zoals reeds is opgemerkt, wordt voor het rondmateriaal in de handel gangbare staf of pijp gebruikt. Staf heeft als nadeel het grotere gewicht ten opzichte van pijp, terwijl voor de stijfheid van de constructie het verschil relatief gering is. Pijp heeft verder als voordeel dat deze goed verkrijgbaar is in corrosievaste uitvoering, namelijk geanodiseerde aluminium pijp (kwaliteit 50-51ST) en gepolijste CrNi-pijp (kwaliteit AISI 304). Een voordeel van de aluminium pijp is nog dat deze vrijwel ongevoelig is voor vingerafdrukken.



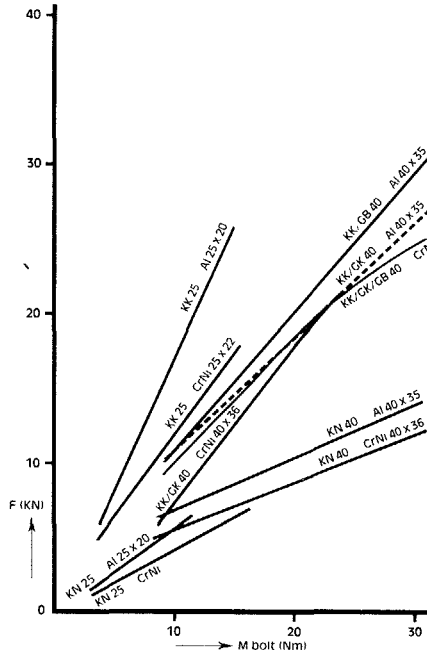
Toepassingsvoorbeeld 3: opstelling voor het beproeven van een produktlift.

Gezien het feit dat de bouwblokken van halfcilindrische holten zijn voorzien, waarin het rondmateriaal wordt geklemd, zijn er toleranties in het geding. De onderstaande tabel (figuur 1) geeft de grenswaarden voor het rondmateriaal, en wel de aanbevolen grenswaarden en de uiterste grenswaarden waarbij het monteren nog mogelijk is.

alle maten in de tabel in mm		diameter				
nominaal		6	10	15	25	40
aanbevolen grenswaarden	max	6,04	10,06	15,10	25,15	40,20
	min	5,95	9,90	14,85	24,80	39,75
onrondheid		0,03	0,06	0,10	0,12	0,15
uiterste grenswaarden	max	6,08	10,10	15,15	25,25	40,30
	min	5,90	9,85	14,80	24,75	39,65
onrondheid max		0,05	0,10	0,15	0,25	0,30

Figuur 1

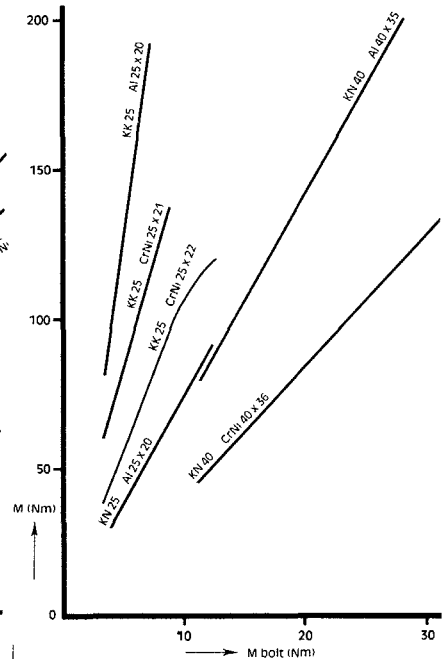
Omdat er wel eens een zekere terughoudendheid bestaat om klemverbindingen toe te passen, in het bijzonder bij aluminium als klemmend en/of geklemd materiaal, wordt in de figuren 2 en 3 respectievelijk aangegeven welke schuifkrachten en welke verdraaiingsmomenten bereikbaar zijn met het VBS.



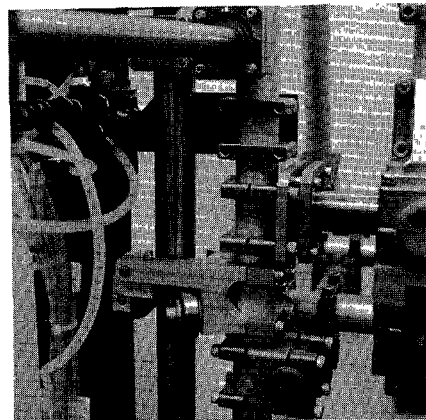
Figuur 2
Schuifkracht als functie van het aanhaalmoment van de bouten op aluminiumpijp 25 x 20 en 40 x 35, op CrNi-pijp 25 x 22 en 40 x 36, op CrNi-staf massief.

In de figuren 2 en 3 zijn de volgende notaties gebruikt:

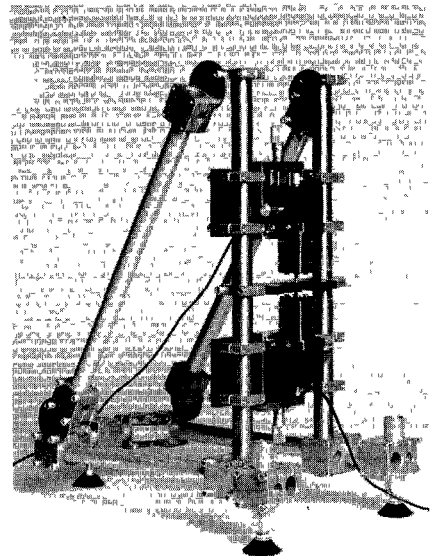
- KK25 = kruisklem 25
- KK/GB40 = combinatie van kruisklem 40 met gatbeugels 40
- KK/GK40 = combinatie van kruisklem 40 met gatkap 40
- KK/GK/GB40 = combinatie van kruisklem met gatkap 40 of gatbeugels 40
- KN25 en KN40 = klemnaaf 25 en 40



Figuur 3
Verdraaiingsmoment als functie van het aanhaalmoment van de bouten op aluminiumpijp 25 x 20 en 40 x 35 en op CrNi-pijp 25 x 22 en 40 x 36.



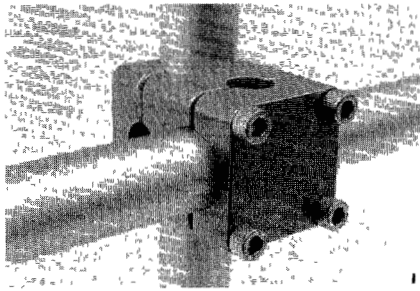
Toepassingsvoorbeeld 4. een druk hoekje VBS



Toepassingsvoorbeeld 5: opstelling voor het meten van dunne lagen. Aangezien voor het bedienen van de meetkoppen de boven- en onderzijde van het freem vrij moeten zijn, was het nodig verbindingen ter plaatse van de meetkoppen aan te brengen.

Overzicht van de bouwblokken

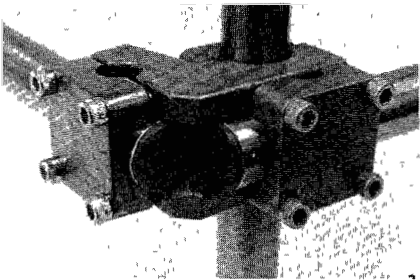
Kruisklemmen:



Figuur 4

Deze zijn bedoeld voor het elkaar onder 90° kruisend klemmen van twee staven of pijpen van gelijke diameter. Elke klem, behalve de kleinste, is geschikt voor twee op elkaar volgende diameters van de reeks 6, 10, 15, 25, 40 mm.

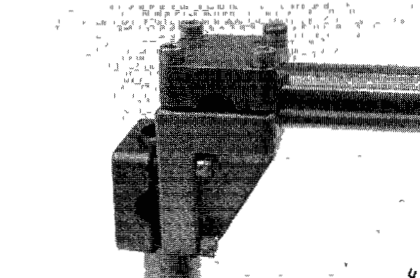
Kruissteunen:



Figuur 5

Deze zijn bedoeld voor het klemmen onder 90° van twee staven of pijpen die in hetzelfde vlak liggen, dus elkaar snijden, aan een staaf of pijp, die daar loodrecht op staat en de twee andere kruist. Het is ook mogelijk deze steun te gebruiken als kruisklem voor twee in (opvolgende) diameter verschillende staven of pijpen.

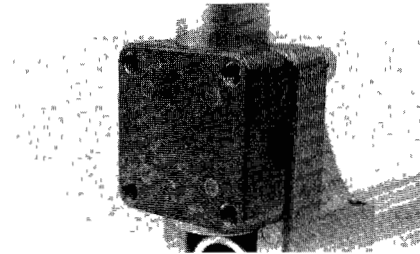
Hoeksteunen:



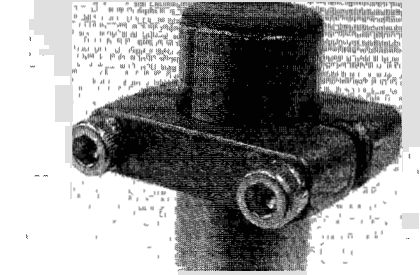
Figuur 6

Deze zijn bedoeld voor het klemmen onder 90° van twee staven of pijpen die in hetzelfde vlak liggen, dus elkaar snijden.

Gat- en draadkappen, gat- en draadbeugels:



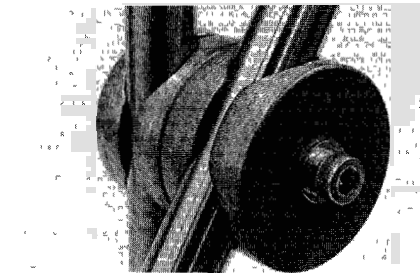
Figuur 7



Figuur 8

Dit zijn de klemmende delen die in combinatie met de kruissteunen en hoeksteunen, of in combinatie met elkaar worden gebruikt; in feite zijn het onderdelen van de kruisklemmen.

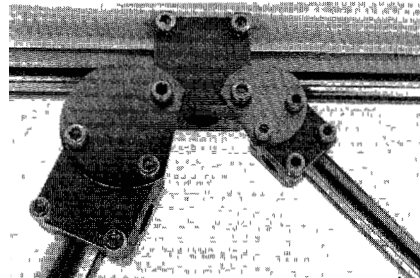
Schoorklemmen:



Figuur 9

Deze zijn bedoeld voor het kruisend klemmen onder een willekeurige hoek van twee staven of pijpen van dezelfde diameter.

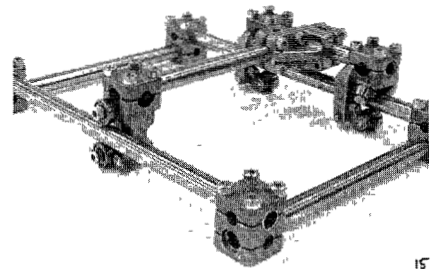
Schetsplaten:



Figuur 10

Deze maken het mogelijk vanuit één punt (meestal een combinatie van gatkap-draadkap) staven of pijpen onder willekeurige hoeken te plaatsen.

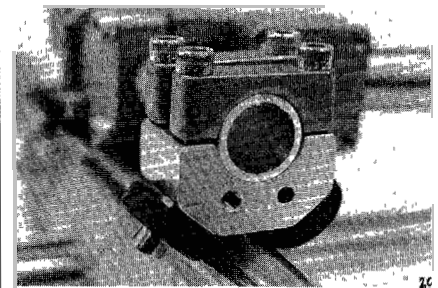
Rolgeleidingen met twee of drie rollen:



Figuur 11

Deze zijn instelbaar om een speling-vrije loop te garanderen.

Rollenblokken met één of twee rollen:

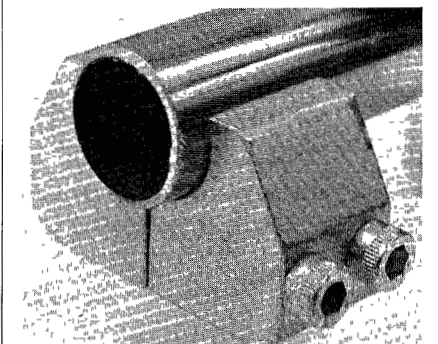
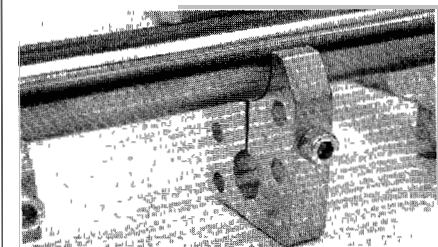


Figuur 12

Hiermee is het mogelijk sleden e.d. op staven of buizen, de rails, te verplaatsen, of omgekeerd de rails te bewegen op de dan stilstaande rolblokken.

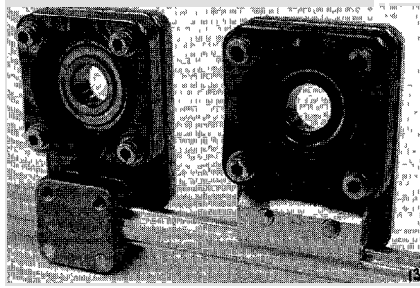
Railhouders en railsteunen:

Dit zijn dragende bouwblokken voor ronde rails.



Figuur 13

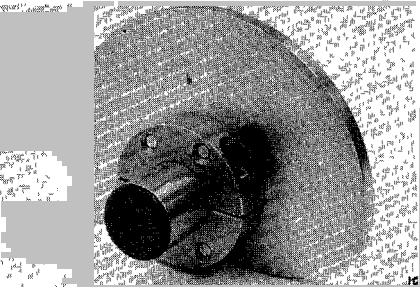
Zelfinstellende lagerblokken:



Figuur 14

De afmetingen hiervan zijn klein ten opzichte van dergelijke in de handel verkrijgbare lagers. Schuinstelling van de as tot 45° is mogelijk.

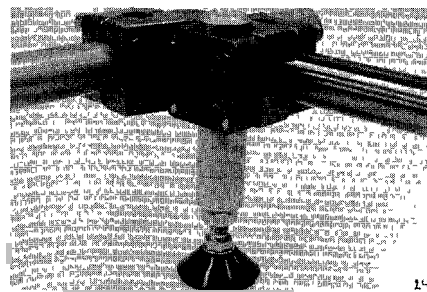
Klemnaven:



Figuur 15

Door middel hiervan is het mogelijk onderdelen (bijvoorbeeld nokschijven) aan de staven of pijpen te bevestigen; ook kunnen zij als stelling dienen.

Stelvoeten met houder:



Figuur 16

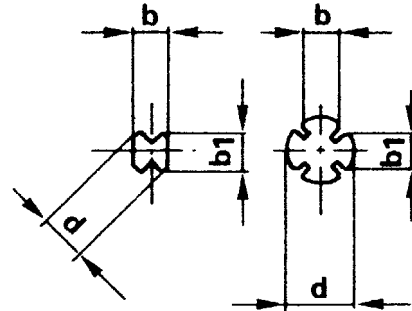
Hiermee kan een opstelling waterpas worden ingesteld.

Verstelbare handgrepen:



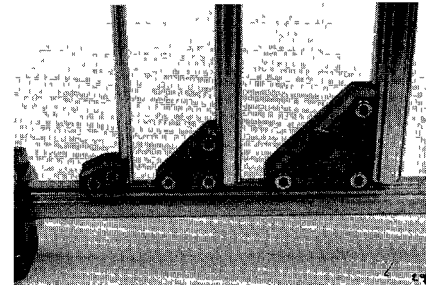
Deze zijn voor het klemmen van de bouwblokken zeer handig te gebruiken daar waar weinig ruimte is voor het werken met schroevendraaier of inbus-sleutel, of als men verbindingen snel wil kunnen aanhalen of lossen. De handgrepen zijn daartoe in stapjes verstelbaar; ze zijn uitgevoerd als "schroef" en als "moer".

Staven met zwaluwstaartprofiel:



Figuur 18

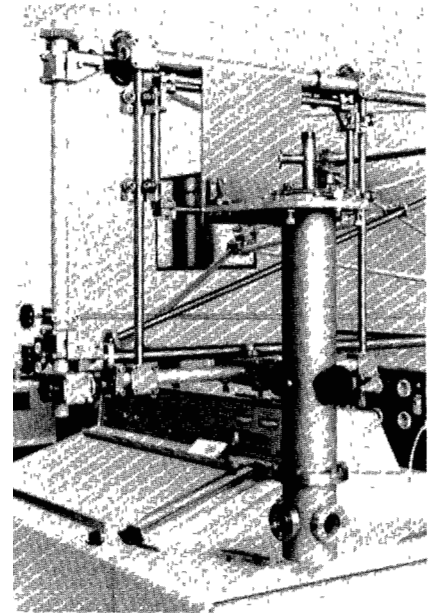
Hierbij behoren speciale klemblokken die aan deze staven worden geklemd.



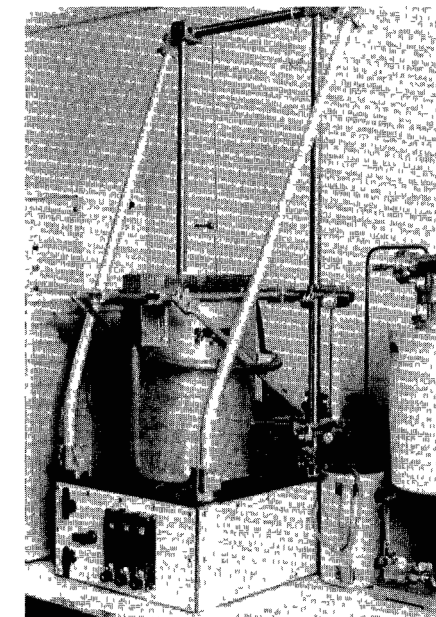
Figuur 19

Oorspronkelijk was het VBS geheel gebaseerd op het gebruiken van deze profielstaven. Uit de opgedane ervaringen bleek echter dat gelijkwaardige constructies mogelijk zijn door het toepassen van glad rondmateriaal dat in de handel verkrijgbaar is. De grotere maten zijn dan ook afgevoerd. De kleinere maten, diameters 6, 10 en 15 mm, bewijzen echter nog steeds hun nut daar waar compact gebouwd moet worden.

Doordat deze profielstaven ook gebruikt kunnen worden in combinatie met de bouwblokken met een omklemmende functie – de omhullende van de profielstaven is namelijk cilindrisch – is integratie van de beide klemsystemen verzekerd. Enkele zelfinstellende lagerblokken zijn zodanig uitgevoerd, dat ze op de zwaluwstaartprofielen kunnen worden geklemd.



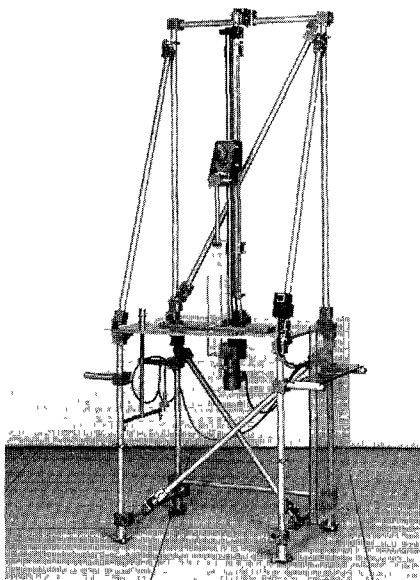
Toepassingsvoorbeeld 6. laboratoriumopstelling op bestaande optische apparatuur behalve bij kamertemperatuur ook te kunnen gebruiken voor metingen aan preparaten bij zeer lage temperaturen, die daartoe in een cryostaat worden geplaatst. Deze cryostaat is onderdeel van een constructie, uitgevoerd met het VBS, die bewegingen met fijninstelling in X-, Y- en Z-richting mogelijk maakt. De grootste verplaatsing bedraagt niet minder dan drie meter. Met deze opstelling werd het mogelijk de optische apparatuur veel efficiënter te gebruiken, omdat nu metingen bij kamertemperatuur plaatshebben als de preparaten in de cryostaat worden gewisseld.



Toepassingsvoorbeeld 7: opstelling om een oven op te trekken.

Toepassing

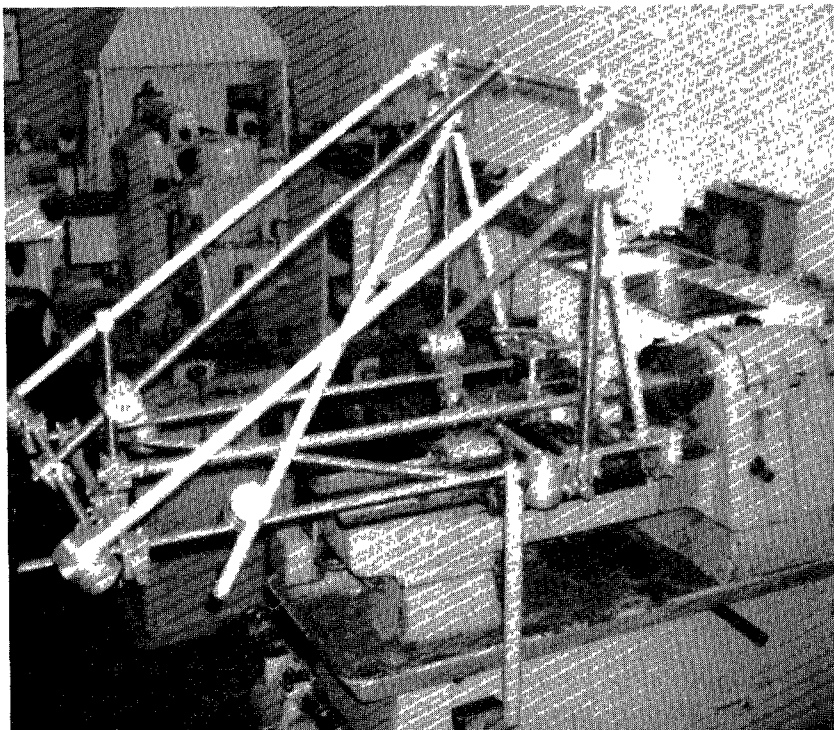
Om alle mogelijkheden uit een bouwstelsel te halen moet men het toepassen en ervaring ermee opdoen. Dat is zo in de kindstijd met meccano het geval en is ook zo met het VBS. Daarbij gaat het bij alle bouwsystemen vooral om het verkrijgen van inzicht in de mogelijkheden tot het combineren van de diverse onderdelen, bij het VBS de bouwblokken en het rondmateriaal.



Toepassingsvoorbeeld 8: dompelapparaat met instelbare slag en regelbare verticale beweging.

Dat het ruimtelijk voorstellingsvermogen een rol speelt is vanzelfsprekend, maar wat dat betreft mag worden verwacht dat het bij technici ruimschoots aanwezig is. Vanzelfsprekend is ook dat er een verschil is in de mate van voorbereiding tussen eenvoudige opstellingen en de meer complexe. In het eerste geval zal er voor de montage een minimum aan instructie nodig zijn, in het andere, denk bijvoorbeeld aan het prototype van een productiemachine, zullen tekeningen noodzakelijk zijn.

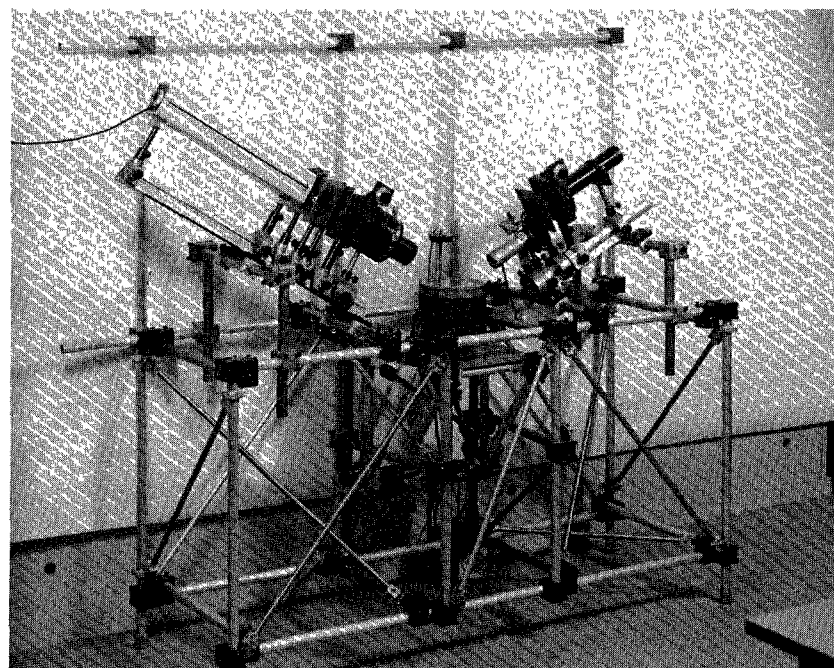
Opgemerkt wordt dat het toepassen van het VBS minder snel zijn nut zal afwerpen als men gewoon zijn functies binnen een ontwerp veelvuldig te combineren om het aantal "interfaces" te verkleinen, in plaats van het ontwerpen van de functies in modules. Deze wat andere constructiefilosofie is soms een drempel die de constructeur moet nemen terwille van de voordelen die het werken met dit bouwstelsel biedt. Een andere drempel is het om ook vertrouwen te



Toepassingsvoorbeeld 9: opstelling op een draaibank (centerafstand 350 mm) voor het kops aanbrengen van een holle radius $R = 1000 \pm 0,5$ mm in een werkstuk met diameter 85 mm

Daartoe is met het VBS een opstelling gemaakt, bestaande uit.

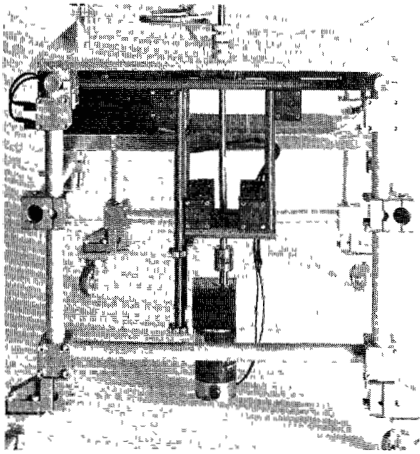
- een beitels, opgebouwd uit een as met aan een uiteinde de beitelpunt; het andere uiteinde scharniert in een zelfinstellend lagerblok; de afstand van de beitelpunt tot het middelpunt van dit lager is ingesteld op 1000 mm;
- een freem bevestigd aan de langsslede van de bank, dat het bovengenoemde lagerblok draagt en de beitels in de centerlijn van de bank brengt,
- een voorziening met twee zelfinstellende lagerblokken die de beitels bij de beitelpunt draagt en de beweging loodrecht op de centerlijn, de Y-richting, mogelijk maakt;
- een voorziening met rolgeleidingsblokken, opgenomen in de beitels houder van de bank, die instelling in de X-richting mogelijk maakt



Toepassingsvoorbeeld 10: opstelling voor het bestuderen van het gedrag van een vloeistofspiegel. De wijze waarop meetapparatuur is geïntegreerd in een zeer stabiel VBS-freem is hier duidelijk zichtbaar.

kunnen opbrengen in een wijze van freembouw die afwijkt van dat wat men gewoon is, waarbij het "not invented here" soms onbewust een rol speelt.

De diverse toepassingsvoorbeelden die in dit artikel zijn opgenomen geven een goed beeld van de grote variatie aan opstellingen, al dan niet experimenteel, die met het VBS kan worden gebouwd.

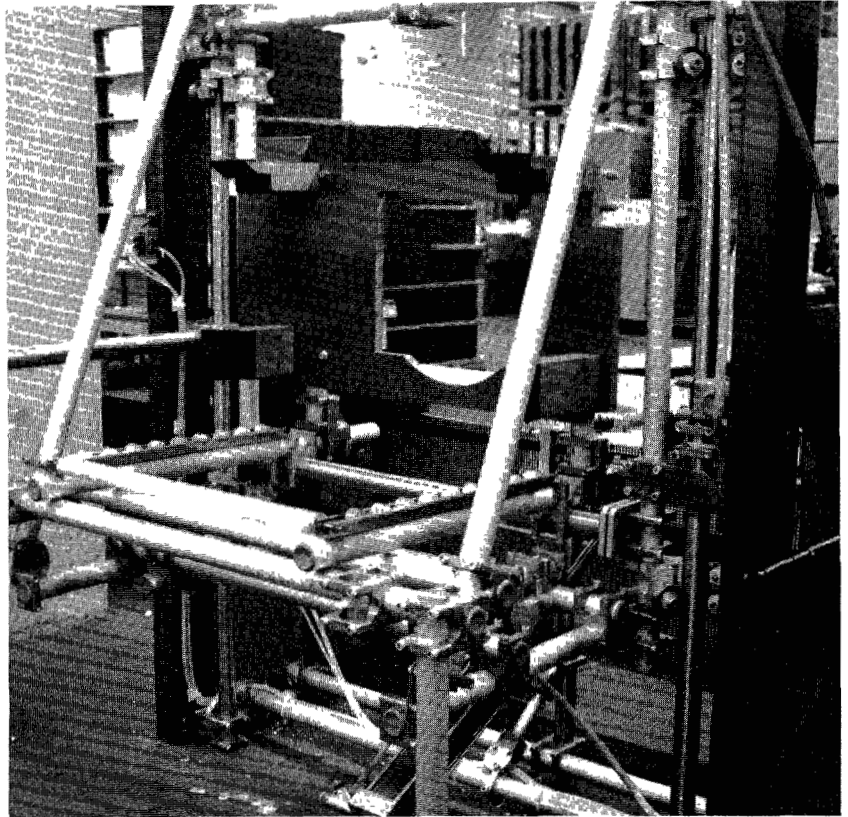


Toepassingsvoorbeeld 11: opstelling voor het kalibreren van een produkt waarvoor een as met regelbare snelheid nodig was. De combinatie van assen met zwaluwstaartprofiel en van pijp is hier duidelijk te zien

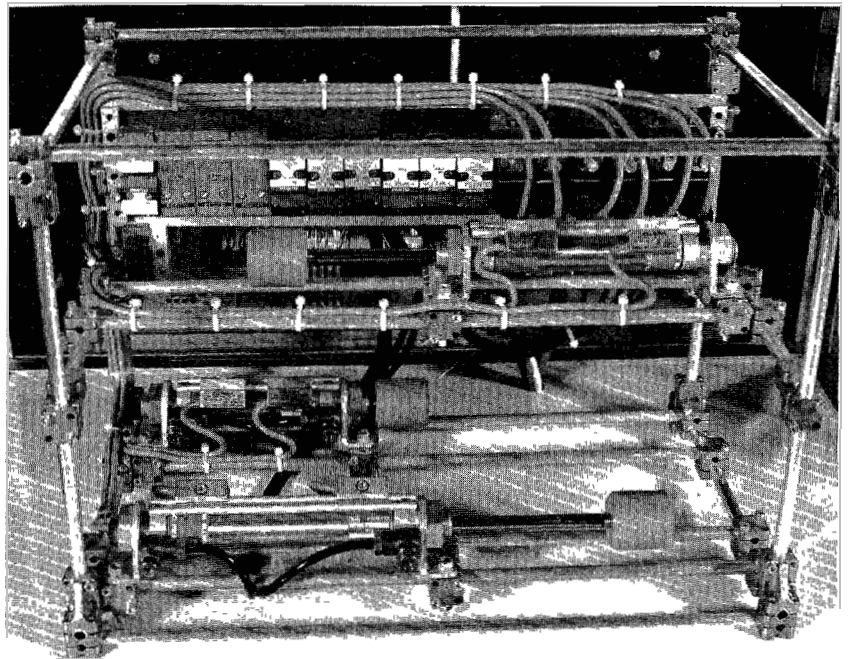
Het artikel zou niet volledig zijn zonder een ogenblik stil te staan bij de kosten. Belangrijk hierbij is te beseffen dat, naar uit ervaring is gebleken, de tijd voor het realiseren van een opstelling korter is dan wanneer op orthodoxe wijze wordt gewerkt. Gezien de gebruikelijke uurtarieven kan dit een vrij groot voordeel opleveren. Daarnaast bestaat dan nog het voordeel, moeilijk in geld uit te drukken, dat de ontwerper of onderzoeker eerder over de opstelling kan beschikken. Een derde voordeel is, dat na het beëindigen van een onderzoek de bouwblokken opnieuw zijn te gebruiken

Geïnteresseerden kunnen uitgebreide documentatie opvragen bij:
Nederlandse Machinefabriek "Alkmaar"

Postbus 50
1800 AB Alkmaar
tel. 072-127070



Toepassingsvoorbeeld 12: productie-opstelling. Een produkt wordt op de rollenbaan geplaatst, waarna het freem, waarvan de rollenbanen deel uitmaken, op de gewenste hoogten kan worden gebracht voor het verrichten van montagehandelingen.



Toepassingsvoorbeeld 13: opstelling voor het demonstreren van een pneumatische schakeling