

MASTER

Onderzoek naar de technische haalbaarheid van een gemechaniseerd bandenbouwsysteem

Raaijmakers, Marc

Award date:
1993

[Link to publication](#)

Disclaimer

This document contains a student thesis (bachelor's or master's), as authored by a student at Eindhoven University of Technology. Student theses are made available in the TU/e repository upon obtaining the required degree. The grade received is not published on the document as presented in the repository. The required complexity or quality of research of student theses may vary by program, and the required minimum study period may vary in duration.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain

**Technische Universiteit Eindhoven
Faculteit der Werktuigbouwkunde
Vakgroep Produktietechnologie en -Automatisering (WPA)**

**Onderzoek naar de technische
haalbaarheid van een gemechaniseerd
bandenbouwsysteem**

Marc Raaijmakers
TUE-afstudeerverslag

oktober 1993

WPA rapportnr:1607

Afstudeerproject in opdracht van prof.ir. JM van Bragt

**Begeleiders: ing. JJM Schrauwen (Technische Universiteit Eindhoven)
 ing. E van Dijk (Van Doorne's Transmissie bv te Tilburg)**



20 januari 1993

Afstudeeropdracht

Student : MA Raaijmakers
Afstudeerhoogleraar : Prof.ir. JM van Bragt
Begeleiders : Ing. E van Dijk (Van Doorne's Transmissie BV)
Ing. JIM Schrauwen
Onderwerp : Oplossen van problemen bij bandenbouw

Toelichting:

Van Doorne's Transmissie te Tilburg is gespecialiseerd in het maken van duwbanden ten behoeve van CVT's (Continu Variabele Transmissies). De fabriek heeft globaal gezien twee lijnen, te weten de schakel- en de snarenproductielijn. Aan het eind van deze lijnen wordt uit deze onderdelen de duwband samengesteld. Dit gebeurt grotendeels handmatig (alleen toevoer en oriëntering van de schakels gebeurt automatisch). Als nadelen van de handmatige montage gelden m.n. de lange inwerktijd van de bandenbouwers en de slechte arbeidsomstandigheden. In dit jaar (1993) wil men naast de huidige generatie starten met de productie van een nieuwe generatie banden, waarvan o.a. de schakels efficiënter te produceren zijn. Dit moet uiteindelijk resulteren in een verviervoudiging van de huidige productie. Deze nieuwe banden zullen naar het zich laat aanzien meer problemen bij de montage met zich meebrengen (risico op beschadiging en moeizame montage). De oude generatie banden zal blijven voortbestaan tot ongeveer 1997 en zal op de bestaande manier worden geproduceerd.

Oprichting:

Onderzoek de technische haalbaarheid van een gemechaniseerd systeem of machine voor de montage van de nieuwe generatie duwbanden. Bij voldoende rentabiliteit dient de oplossing te worden uitgewerkt en dienen de deelprocessen in zelfstandig werkende modules te worden verwerkt. De oplossing dient bij voorkeur in de tijd gefaseerd te worden ingevoerd.

Richtlijnen voor het afstuderen zijn verkrijgbaar bij het secretariaat van de vakgroep WPA.

Prof.ir. JM van Bragt

ir. DBL Siebelt

Ing. E van Dijk

Ing. JIM Schrauwen

MA Raaijmakers



Samenvatting

Van Doorne's Transmissie in Tilburg is gespecialiseerd in het maken van duwbanden ten behoeve van CVT's (Continu Variabel Transmissies). De duwband is samengesteld uit slechts twee onderdelen: snaren en schakels. Binnenkort verwacht VDT een behoorlijke vergroting van de vraag door een nieuwe generatie duwbanden die meer toepassingsmogelijkheden hebben. In verband met deze vergroting en de moeilijkere monteerbaarheid van deze band, is besloten de technische haalbaarheid van een gemechaniseerd bandenbouwsysteem te laten onderzoeken.

Bandenbouwen is het plaatsen van schakels op een snarenpakket met een juiste eindspeling ($XX \pm XXX$ mm). Het probleem wat optreedt is dat de schakels een nauwelijks voorspelbaar afgedrag hebben. Daardoor is de benodigde maat van een schakelstreng niet aan de hand van de snarenpakketdiameter te voorspellen met $\pi d=l$. Tijdens dit onderzoek is aangetoond dat het mogelijk is aan de hand van de diameter van een snarenpakket tóch de schakelstrengafmeting te voorspellen die bij dat snarenpakket een juiste eindspeling oplevert. Men neme hiervoor een schotel met opstaande rand (een voorvulvorm) met een diameter die net iets groter is dan de nominale snarenpakketdiameter. Hoe dichter de diameter van de voorvulvorm in de buurt ligt van de nominale snarenpakketdiameter, des te nauwkeuriger is de strengmaat te voorspellen.

Het gemechaniseerde bandenbouwsysteem (250.000 banden per jaar) dat voorgesteld wordt, maakt gebruik van zo'n voorvulvorm. Elke bewerking van het systeem is ondergebracht in een apart mechanisme en het geheel is gefaseerd in de tijd in te voeren. Berekening heeft opgeleverd dat de kostprijs van handmatige bandenbouw hoger is dan de gemechaniseerde en dat een redelijk goede terugverdientijd wordt behaald. Als men de voorkeur geeft aan het gefaseerd in voeren van het systeem, dan kan het beste het meetstation als eerste worden geïmplementeerd.



Voorwoord

Net nu ik er aan begon te wennen, moet ik er mee ophouden! Iedereen bij VDT hartelijk bedankt voor de steun en jullie tolerantie. Mijn huisgenoten bedankt voor de vele malen dat ze me op donderdagavond mee uit vroegen terwijl ik de volgende dag moest werken. Bas, zonder kruitwagen kom je nergens. En als laatste, maar zeker niet de minste, Erik bedankt voor je geduld en vele wijze woorden. Een afstudeerbegeleider zoals jij kan ik iedereen aanbevelen. Klasse!

O ja, pap en mam, bedankt voor de ondersteuning, ook al waren jullie erg vaak op vakantie.



Inhoudsopgave

Inleiding	1
Hoofdstuk 1: Probleem- en opdrachtomschrijving	2
1.1. bandenbouw huidige situatie	2
1.2. opdrachtomschrijving	3
1.3. grenzen	3
1.4. afspraken over input en output	4
1.5. eisen- en wensenpakket	4
1.5.1 beschrijving van de criteria	4
1.5.2 tabel eisen- en wensenpakket met gewichtsfactoren	6
Hoofdstuk 2: Kiezen van de werkwijze	7
2.1. de alternatieven	7
2.1.1 alternatief 1: mechaniseren huidige bewerkingsvolgorde	7
2.1.2 alternatief 2: bandenbouwen volgens oude bandenbouwmachine	9
2.1.3 alternatief 3: bandenbouwen volgens nieuwe methode	10
A. met magazijn	11
B. met navulstreng	12
2.1.4 resumé	13
2.2. waardering van de alternatieven	14
2.3. de uiteindelijke keuze	15
Hoofdstuk 3: Kostprijs- en kapitaal-waarde-berekening	17
3.1. bepalen globale opstelling	17
3.2. kosten per bandenbouweenheid	18
3.3. kostprijsberekening	18
3.4. berekening kapitaal-waarde en terugverdiëntijd	18
3.5. conclusie	18
Hoofdstuk 4: Definiëren deelprojecten	19
4.1. globale systeem	19
4.2. opdelen in deelprojecten	19
4.2.1 deelproject 1	19
4.2.2 deelproject 2	22
4.2.3 deelproject 3	22
4.2.4 deelproject 4	23
4.3. kapitaal-waarde berekening per deelproject	24
Hoofdstuk 5: Conclusie en aanbevelingen	25
Literatuuroverzicht	26



Bijlagen

Bijlage 1	Projektstrategie	27
Bijlage 2	Opbouw van de CVT en de duwband	31
Bijlage 3	Huidige generatie vs nieuwe generatie	33
Bijlage 4	De oude bandenbouwmachine	35
Bijlage 5	Methoden voor het genereren van alternatieven	38
Bijlage 6	Het afrogedrag van schakels	41
Bijlage 7	Het random formeren van schakelstrengen	48
Bijlage 8	Risico analyse	53
Bijlage 9	Faalkans analyse	54
Bijlage 10	Schatting kosten gemechaniseerd bandenbouwsysteem	56
Bijlage 11	Berekening kostprijs en kapitaal-waarde	59
Bijlage 12	Principeschetsen van de mechanismen	63
Bijlage 13	Kapitaal-waarde berekening per deelproject	68
Bijlage 14	Alternatieve uitbreiding van het bandenbouwsysteem	73
Bijlage 99	Woordenlijst VDT termen	75



Inleiding

Van Doorne's Transmissie te Tilburg is gespecialiseerd in het maken van duwbanden ten behoeve van CVT's (Continu Variabele Transmissies). De duwband is opgebouwd uit slechts twee verschillende onderdelen: snaren en schakels (zie bijlage 2). Voor de produktie van deze onderdelen heeft de fabriek voor elk één produktielijn. Aan het eind van deze produktielijnen wordt uit deze onderdelen de duwband samengesteld; het zogenaamde bandenbouwen.

Dit bandenbouwen gebeurt grotendeels handmatig. Als nadelen van de handmatige montage gelden met name de lange inwerktijd van de bandenbouwers en het hoge ziekteverzuim. De lange inwerktijd wordt veroorzaakt doordat een bandenbouwer een zeker gevoel en handigheid moet ontwikkelen. Pas na een periode van ongeveer een half jaar kunnen we van een volleerd bandenbouwer spreken. De voorgeschreven bouwsnelheid van 200 banden per dag kan dan gehaald worden. In vergelijking met de rest van de fabriek heeft de afdeling bandenbouw een hoog ziekteverzuim (kort ziekteverzuim: 17% tegen 7% voor de rest van de fabriek). De oorzaak van dit hoge cijfer is helaas niet met zekerheid te zeggen. Naar alle waarschijnlijkheid moet deze gezocht worden in de richting van de arbeidsomstandigheden en de sociale verhoudingen binnen de bandenbouwafdeling.

Volgend jaar (1994) verwacht men, naast de huidige generatie duwbanden, te kunnen starten met de produktie van een nieuwe generatie duwbanden. Met de nieuwe generatie zal het toepassingsgebied van de duwband worden vergroot (grotere vermogens) en daarmee samenhangend de afzetmogelijkheden. Uiteindelijk zal dit moeten resulteren in een verviervoudiging van de huidige produktiecapaciteit, die 250.000 banden per jaar groot, is tot 1 miljoen. De huidige generatie duwbanden zal blijven voortbestaan tot ongeveer 1997 en men zal deze op de bestaande manier (handmatig) blijven samenbouwen. De nieuwe generatie banden zal, naar het zich laat aanzien, meer problemen bij de montage met zich meebrengen (risico op beschadiging van de snarenpakketten en een moeizame montage: zie bijlage 3).

NB! In bijlage 99 is een woordenlijst te vinden die enkele termen bevat die binnen VDT voorkomen. Aangeraden wordt deze eerst door te nemen, alvorens verder te lezen.

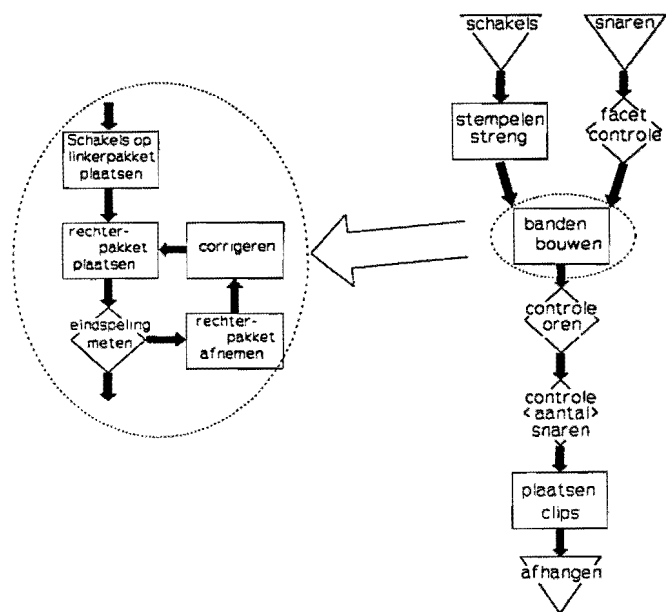
Hoofdstuk 1 Probleem- en opdrachtomschrijving

1.1. Bandenbouw huidige situatie

Op de bandenbouwfdeling bij VDT worden schakels en snarenpakketten samengevoegd tot duwbanden. De huidige afdeling bestaat uit 6 identieke werkplekken die elk ruimte bieden aan één bandenbouwer. Zowel schakels als snarenpakketten worden in voorraadbakken aangevoerd en staan binnen handbereik. De bandenbouwer zelf draagt er zorg voor dat alle materialen aanwezig zijn. De schakels worden met een trilvoeder georiënteerd en via een strip binnen handbereik van de bandenbouwer gebracht. De schakels staan nop-in-kuil achter elkaar op de toevoerstrip.

In het nu volgende gedeelte worden de handelingen die bij het bandenbouwen worden uitgevoerd, besproken (zie afbeelding 1.1). Uit de voorraadbak pakt de bandenbouwer een snarenpakkettenpaar en controleert deze onder een microscoop op zogenaamde facetfouten.

Hoewel deze fouten met het blote oog nauwelijks zichtbaar zijn, hebben ze een grote negatieve invloed op de sterkte van een snarenpakket. Vervolgens schuift de bandenbouwer een streng met schakels door tot het einde van de strip. Daar wordt de streng voorzien van een stempel. Deze dient om elke band te voorzien van het serienummer en de draairichting. De schakels worden vervolgens streng voor streng van de strip gepakt en op het eerste snarenpakket gelegd tot deze afgevuld is. Als het tweede snarenpakket is geplaatst, is de band



Afbeelding 1.1 Handelingen handmatige bandenbouw

compleet en wordt de zogenaamde eindspeling gemeten. Als deze niet binnen bepaalde grenzen ligt moet de band weer uit elkaar worden genomen en de eindspeling gecorrigeerd worden. Dit gebeurt door het verwisselen van een aantal schakels met zogenaamde vulschakels (schakels met een kleinere



dikte). Normaal gesproken is er slechts één corrigerende actie nodig om de eindspeling goed te krijgen. Tijdens het bouwen vindt ook een laatste visuele controle van de schakels plaats. Met de voelmaat wordt naast het meten van de eindspeling ook gecontroleerd of er geen oneffenheden aan de oren van de schakels zijn en of een snarenpakket voldoende snaren bevat (zogenaamde gootspelingscontrole). Indien de band in orde bevonden wordt, worden twee clips op de band geplaatst om te voorkomen dat de band weer uit elkaar valt. De duwbanden worden tenslotte op een rek gehangen, dat als transporteenheid functioneert richting de verpakingsafdeling.

1.2. Opdrachtschrijving

Onderzoek in verband met de produktievergroting en de nadelen van het handmatig bandenbouwen, de technische haalbaarheid van een gemechaniseerd systeem of een machine voor de montage van de nieuwe generatie duwbanden. Bij voldoende rentabiliteit dient de oplossing te worden uitgewerkt en dienen de deelprocessen in zelfstandig werkende modules te worden verwerkt. De oplossing dient bij voorkeur in de tijd gefaseerd te worden ingevoerd.

1.3. Grenzen

De opdracht heeft, zoals hiervoor beschreven, betrekking op de montage van duwbanden van de nieuwe generatie. Daarbij zullen de volgende zaken in acht moeten worden genomen:

- de facetcontrole zal niet worden meegenomen:

Deze controle is geen handeling die van oorsprong bij de bandenbouw hoort. De kwaliteit van de snarenpakketten zal dus, zolang het nog nodig is, op een andere plaats worden gecontroleerd.

- De controle van de gootspeling wordt niet meer als noodzakelijk verondersteld: De schakels van de nieuwe generatie worden met voldoende nauwkeurigheid geproduceerd en de snarenpakketten hebben altijd voldoende snaren.

- De laatste visuele controle van de schakels zal eveneens buiten beschouwing gelaten worden. Zolang deze controle nodig wordt geacht, wordt deze op een andere plaats uitgevoerd.



1.4. Afspraken over input en output

Naar aanleiding van vraaggesprekken met de betrokken personen zijn de volgende afspraken gemaakt. Input: De snarenpakketten worden paarsgewijs via een lopende band aangevoerd. De schakels worden in normaalbakken van 22.000 stuks aangevoerd en bezitten geen oriëntatie. Eventueel "vreemde" schakels moeten herkend en automatisch verwijderd kunnen worden. De kwaliteit van zowel schakels als snarenpakketten is 100% in orde.

Output: De duwbanden die uit het bandenbouwsysteem komen bezitten een juiste eindspeling, zijn voorzien van een stempel en zijn gefixeerd met clips. De banden verlaten het bandenbouwsysteem via een lopende band.

1.5. Eisen- en wensenpakket

1.5.1 Beschrijving van de criteria

De nu volgende opsomming van eisen en wensen is in drie categorieën gedeeld. De bij de eisen horende gewichtsfactoren zijn in nauw overleg met de heren Siebelt en van Dijk van VDT bepaald. De gewichtsfactoren zijn terug te vinden in de tabel op pagina 6

INVESTERING, KOSTEN/BATEN

- in tijd:
In de tijd gefaseerde invoering is gewenst teneinde het financiële risico zo veel mogelijk te beperken.
- totaal:
Omtrent de hoogte van de totale investering bestaan geen specifieke eisen. Eenvoudig werkende alternatieven die een goede kwaliteit kunnen leveren scoren uiteraard hoog.
- rentabiliteit:
Deze moet zo zijn dat de kostprijs van de bandenbouw kleiner of gelijk is aan de te verwachten kostprijs voor handmatige bandenbouw van de nieuwe generatie banden. Een terugverdientijd korter dan 3 jaar is wenselijk bij een berekening volgens de Kapitaal-Waarde Methode werkend met een interne rentevoet van 20%. Alleen een combinatie van een lage investering en een korte terugverdientijd geeft hier een goede waardering.

GEBRUIK

- modulaire bouw (uitwisselbaarheid van componenten):
De systemen dienen zo veel mogelijk uit modules te bestaan, opdat onderhoud (zowel correctief als preventief) eenvoudiger wordt. Daarnaast worden componenten die normaal verkrijgbaar zijn hoger gewaardeerd dan speciaal te maken componenten.



- omsteltijd:
Bij voorkeur korter dan 2 uur. Hoe groter het aantal mechanismen is dat moet worden omgesteld, des te lager is de score van het alternatief
- output:
Om gefaseerde invoering mogelijk te maken dient de capaciteit per bandenbouweenheid 250.000/n stuks per jaar te zijn ($n=1,2,..$). De voorkeur gaat uit naar 2 systemen. Het getal 250.000 banden per jaar is gelijk aan de capaciteit van een snarenlijn.
- afkeurpercentage (verhouding uitval-afval):
Het is een eis dat absoluut geen fout produkt de fabriek uit mag. Omdat in het bandenbouwsysteem geen controle-eenheid verwerkt zal zitten, kan dit reëel gezien twee dingen betekenen. Als het fout gaat dan gaat het ook goed zichtbaar fout of aan de uitgang van het bandenbouwsysteem staat een operator om een laatste controle te houden. De optie met de operator is niet wenselijk. Risicovolle handelingen worden gezien als een bron van uitval en drukken daarom de score.
- storingsgevoeligheid:
Het systeem moet robuust zijn (blijven werken volgens instellingen). In het ideale geval werkt het systeem storingvrij. Robuustheid van de mechanismen wordt op prijs gesteld.
- grootte buffers:
Bij dit criterium zijn geen eisen gesteld. Gewenst zijn de afwezigheid van buffers of tussenvoorraden.
- het aantal verschillende onderdelen & standaardonderdelen:
Er moet getracht worden zoveel mogelijk gebruik te maken van dezelfde onderdelen. Daarbij moeten dit zoveel mogelijk genormaliseerde onderdelen zijn.
- onderhoudsmiddelen:
Onderhoud moet zo veel mogelijk plaats vinden met conventionele onderhoudsmiddelen.

OMGEVING

- gewicht:
Een gewicht dat boven de toegestane vloerbelasting ligt behoeft een speciale fundering, wat de prijs doet stijgen en derhalve ongewenst is.
- bouwvolume:
Het totale bandenbouwsysteem hoeft niet groter te zijn dan het huidige bandenbouwsysteem; eisen zijn niet gesteld.
- energievoorziening:
Er moet gebruik worden gemaakt van de huidige energievoorzieningen (220 en 380 Volt, 6 bar luchtdruk).
- geluidsproductie:
De wettelijke eisen gebieden een geluidsnivo lager dan 85 dBA; gewenst wordt een geluidsnivo lager dan 78 dBA.
- milieu:
Het gemechaniseerde systeem moet voldoen aan de wettelijke eisen. Toetsing van de alternatieven vindt plaats in overleg met de Technische Dienst en de VME medewerker.



- veiligheid:
Het bandenbouwsysteem moet veilig zijn voor het personeel dat er aan werkt (operators, onderhoudspersoneel) en de omgeving. Toetsing van de alternatieven vindt plaats in overleg met Productie en de VME medewerker.
- ergonomische aspecten (bedieningsgemak):
Moet zo veel mogelijk tegemoet komen aan richtlijnen. Toetsing van de alternatieven vindt plaats in overleg met Productie en de VME medewerker.
- opleidingsnivo personeel:
Aan het opleidingsnivo van het bedienend (en eventueel onderhoudend) personeel mogen geen speciale eisen worden gesteld.

1.5.2 Tabel eisen- en wensenpakket met gewichtsfactoren

Aan de hand van enkele bijeenkomsten is gekomen tot de volgende lijst met gewichtsfactoren.

	criterium	eis	wens	gewicht
INVESTERING, KOSTEN/BATEN				
A1	in de tijd	-	gefaseerd	3
A2	totaal	-	laag bij goede kwaliteit	3
A3	rentabiliteit	≤ huidige kp lijn 1 methode	TVT < 3 jaar	5
GEBRUIK				
B1	modulaire bouw	-	zo veel mogelijk	3
B2	omsteltijd	-	< 2 uur	3
B3	output	per systeem 250000/n per jaar (n=1,2,...)	n=2	2
B4	afkeurpercentage	er mag geen slecht produkt de fabriek uit	zonder tussenkomst van operators	4
B5	storingsgevoeligheid	-	storingvrij	5
B6	grote buffers	-	geen buffers/voorraden	2
B7	verschillende & standaardonderdelen	-	resp. zo weinig en zo veel mogelijk	2
B8	onderhoudsmiddelen	-	conventionele onderhoudsmiddelen	3
OMGEVING				
C1	gewicht	-	< toegestane vloerbelasting	1
C2	bouwvolume	-	past in bandenbouwfdeling	1
C3	energievoorziening	220 e/o 380 Volt, 6 bar	-	
C4	geluidsproductie	< 85 dBA	< 78 dBA	2
C5	milieu	wettelijke eisen	-	
C6	veiligheid	wettelijke eisen	-	
C7	ergonomische aspecten	indien mogelijk voldoen aan richtlijnen	-	
C8	opleidingsnivo personeel	≤ huidig productiepersoneel	-	



Hoofdstuk 2 Kiezen van de werkwijze

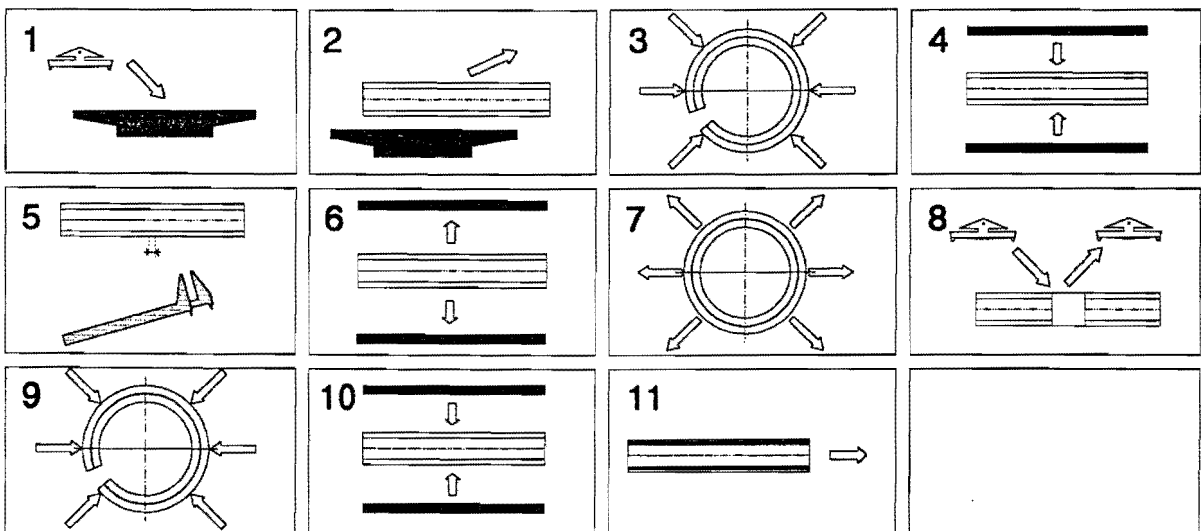
In dit hoofdstuk zal een aantal alternatieven voor de werking van een gemechaniseerd bandenbouwsysteem gepresenteerd worden. Met behulp van onder andere het eisen- en wensenpakket zal uit deze verzameling een keuze gemaakt worden. De stempel- en clipplaatser is voorlopig buiten beschouwing gelaten, daar deze niet van invloed is op de bewerkingsvolgorde. De alternatieven zijn door gebruikmaking van diverse technieken gegenereerd, waarover meer te lezen is in bijlage 5.

2.1 De alternatieven

Alvorens de alternatieven te bespreken wordt opgemerkt dat in alle gevallen de schakels worden geplaatst op een zogenaamde voorvulvorm. Dit is een schotel met een opstaande rand die een diameter heeft die groter is dan de diameter van een snarenpakket. Hiervoor is gekozen om het plaatsen van de laatste schakel in een schakelstreng te vereenvoudigen.

In de beschrijving van de alternatieven zal enkele malen worden gesproken over het gecompliceerd zijn van bewerkingen. Dit houdt in dat het gaat om een bewerking die zeer nauwkeurig gedaan moet worden of een handeling die moeilijk te verrichten is.

2.1.1 Alternatief 1: mechaniseren huidige bewerkingsvolgorde (handmatige methode)



Afbeelding 2.1 bewerkingsstappen van alternatief 1

Dit alternatief heeft precies dezelfde bewerkingsstappen als de handmatige bandenbouwmethode. De juiste eindspeling wordt verkregen door een corrigerende actie.



1 • schakels op schotel plaatsen (alle):

Het bandenbouwsysteem is op een bepaalde nominale diameter ingesteld en plaatst ongeveer het benodigde aantal schakels op de voorvulvorm. De diameter van de voorvulvorm is gelijk aan de nominale snarenpakketdiameter.

2 • streng van schotel nemen

3 • streng sluiten

De streng wordt met een hanteermechanisme van de schotel genomen en wordt met behulp van een mechanisme gesloten. De schakels die aan de uiteinden staan mogen niet omvallen.

4 • snarenpakketten plaatsen

De onrondheid van de snarenpakketten dient door het hanteermechanisme te worden opgeheven. Plaatsing wordt gezien als een gecompliceerde handeling, vanwege de hoge nauwkeurigheid waarmee dit dient te gebeuren. Dit wordt veroorzaakt door de kleine afrondingsstraal van zadel naar flank en de kleine gootspeling (zie bijlage 3).

5 • eindspeling meten

De eindspeling is te bepalen door bijvoorbeeld de indringdiepte tussen twee schakels van een wigvormige meettaster om te rekenen naar een spleetbreedte. Het probleem wat hierbij optreedt is dat de meettaster een opening moet zien te creëren tussen twee schakels.

6 • snarenpakketten verwijderen

Het verwijderen van de snarenpakketten gebeurt als de eindspeling niet goed is (99% van de gevallen). Het verwijderen van de snarenpakketten is niet eenvoudig omdat slechts een klein randje van de pakketten buiten de goot steekt. Het is moeilijk om voldoende grip te krijgen.

7 • streng openen

Met behulp van het sluitmechanisme wordt de streng geopend. Problemen, zoals het creëren van één opening en het voorkomen van het omvallen van schakels, moeten goed opgelost worden.

8 • schakels substitueren

Het mechanisme moet een aantal schakels selecteren, uit de streng nemen, en deze vervangen door een aantal vulschakels (met een dikte die 0,1 mm kleiner is).

9 • streng sluiten

10 • snarenpakketten plaatsen

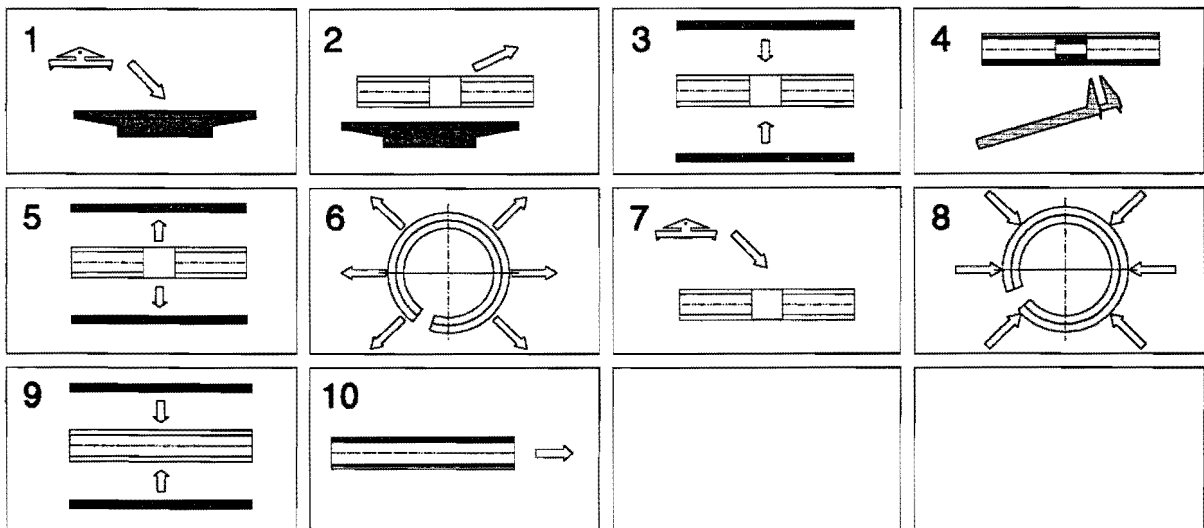
11 • afvoeren

Plaatsen en verwijderen van de snarenpakketten, welke getypeerd worden als gecompliceerde handelingen, vinden respectievelijk twee en één maal plaats. Het risico op beschadiging van de

snarenpakketten is hier groot. Twee andere handelingen die de nodige problemen met zich mee zullen brengen zijn het openen van de streng en schakelsubstitutie. Het alternatief is waarschijnlijk uitstekend gefaseerd in de tijd in te voeren en modulair op te bouwen.

De algemene indruk is dat dit alternatief te veel handelingen bevat die gecompliceerd zijn. Daarbij dient de meerderheid van de mechanismen, bij het omschakelen op een ander type band, te worden omgebouwd of -gesteld.

2.1.2 Alternatief 2: bandenbouwen volgens oude bandenbouwmachine



Afbeelding 2.2 bewerkingsstappen van alternatief 2

Het tweede alternatief voor een mogelijke bewerkingsvolgorde is gebaseerd op een ontwerp uit het verleden. Een aantal jaar geleden heeft VDT namelijk al een bandenbouwmachine gehad, die na vrij kort in productie te zijn geweest, weer verdwenen is. Het hier gepresenteerde alternatief is op die machine gebaseerd. Details over de werking van deze machine zijn te vinden in bijlage 4. De handelingen zijn, voor zover hetzelfde als bij alternatief 1, niet nader beschreven.

1 • schakels op schotel plaatsen

Het bandenbouwsysteem is op een bepaalde nominale diameter ingesteld en plaatst het benodigde aantal schakels op de voorvulvorm minus dertien. De diameter van de voorvulvorm is gelijk aan de nominale snarenpakketdiameter.

2 • streng van schotel nemen

3 • snarenpakketten plaatsen

Plaatsing van de snaren is iets eenvoudiger omdat het gat in de schakelstreng enige speling geeft in de diameter.



4 • gat meten

De beste manier om het gat te meten is middels een hoekmeting. Hierbij is het belangrijk dat de schakelstreng goed gepositioneerd is (oorsprong hoekmeting = middelpunt duwband).

5 • snarenpakketten verwijderen

Het verwijderen van de snarenpakketten is eenvoudiger, omdat vanwege het gat voldoende grip te krijgen is.

6 • streng openen

7 • navulstreng aanmaken en plaatsen

Aan de hand van de maat van het gat wordt in dit mechanisme een schakelstreng geformeerd uit normale en vulschakels. Bij het overzetten moet er vooral op gelet worden dat geen schakels omvallen.

8 • streng sluiten

10 • snarenpakketten plaatsen

11 • afvoeren

Snarenpakketten worden beide twee maal geplaatst; één maal gecompliceerd als schakelstreng compleet is en één maal eenvoudig voor de meting van het gat. Het risico op beschadiging is minder groot dan bij alternatief 1. Het verwijderen van de snarenpakketten geeft minder problemen, omdat voldoende grip verkregen kan worden door het gat. Het alternatief is uitstekend in de tijd gefaseerd in te voeren en modulair op te bouwen.

Alternatief 2 bevat minder handelingen dan 1 en minder gecompliceerde. Daar veel van de mechanismen identiek zijn als bij alternatief 1, dient ook hier veel omgesteld en -gebouwd te worden bij verandering van type duwband. Plaatsing van de navulstreng en het tot twee maal toe plaatsen van de snarenpakketten maakt dit alternatief risicovol.

2.1.3 Alternatief 3: bandenbouwen volgens nieuwe methode

De achterliggende gedachte bij dit alternatief is te sturen op basis van meten in plaats van corrigeren na meten achteraf. De volgende bevinding zal hierbij het uitgangspunt zijn:

Aan de hand van de diameter van een snarenpakket is het mogelijk om de maat van de schakelstreng, die een juiste eindspeling oplevert, te voorspellen. Voorwaarde is dat de schakelstreng gebogen is op een diameter die dicht in de buurt ligt van de diameter van het snarenpakket. Met andere woorden: voor de montage van een duwband wordt een voorvorm genomen met een diameter die ± 10 mm groter is dan de nominale snarenpakketdiameter. Door het invullen van de exacte snarenpakketdiameter in een bepaalde formule wordt een

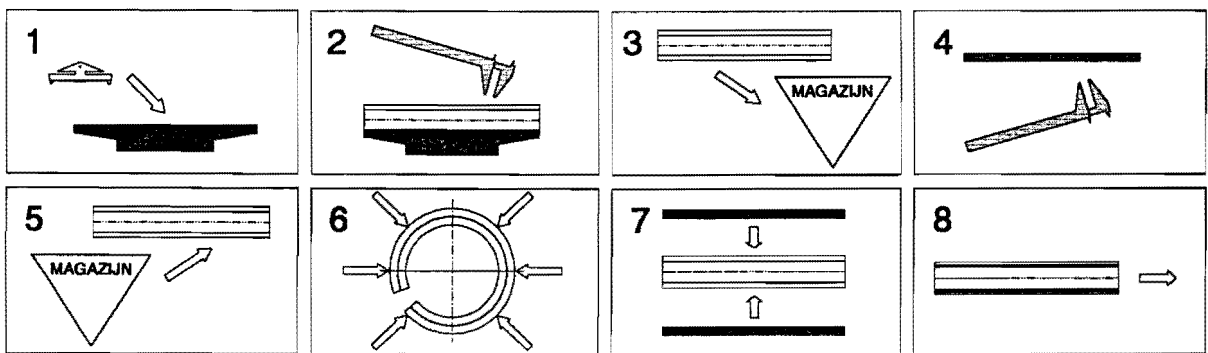


strenghoek berekend. Als op de voorvulvorm een schakelstreng wordt geformeerd die deze hoek inneemt, dan zal deze schakelstreng samen met het snarenpakkettenpaar (waarvan de diameter in de formule werd ingevuld) een duwband opleveren met een juiste eindspeling. (Voor details zie bijlage 6).

Voor dit nieuwe alternatief geldt in het algemeen dat het, evenals de hiervoor genoemde alternatieven, goed gefaseerd is in te voeren. De opbouw is eenvoudiger en met minder gecompliceerde mechanismen behept. Dit verlaagt bijvoorbeeld de kans op beschadigingen van de snarenpakketten en daarmee het percentage uit- en afval. Daar het aantal handelingen kleiner is dan alternatief 1 en 2, zal dit alternatief een kortere cyclustijd hebben. Er zijn twee varianten uitgewerkt:

- met magazijn
- met navulstreng

2.1.3.A Met magazijn



Afbeelding 2.3 bewerkingsstappen van alternatief 3A (met magazijn)

1 • random schakels op schotel plaatsen

Schakels worden op de voorvulvorm geplaatst tot een bepaalde grens is overschreden. Deze grens wordt gesteld door de nominale snarenpakketdiameter. Theoretisch gezien kan deze grens maximaal worden overschreden met 1 schakel. Van de voorvulvorm is de diameter exact bekend (is > diameter van een nominaal snarenpakket).

2 • meten strenghoek

3 • opslaan schakelstreng in magazijn

De schakelstreng wordt van de voorvulvorm genomen en in een magazijn geplaatst. De strenghoek, die de stap hier voor gemeten is, wordt onthouden.

4 • binnenkomend snarenpakket meten

De maat van een binnenkomend snarenpakket wordt uit de meet- en selecteermachine ontvangen en

omgezet naar een benodigde strenghoek.

5 • schakelstreng uit magazijn selecteren

Met de strenghoekmaat wordt een juiste schakelstreng uit het magazijn geselecteerd. Voorwaarde is dat de spreiding van de random geformeerde strenghoeken voldoende moet zijn om de spreiding van de diameter van de aangeboden snarenpakketten te kunnen dekken. In algemene termen: voor elk snarenpakketpaar moet te allen tijde een passende schakelstreng aanwezig zijn in het magazijn.

6 • schakelstreng sluiten

7 • snarenpakketten plaatsen

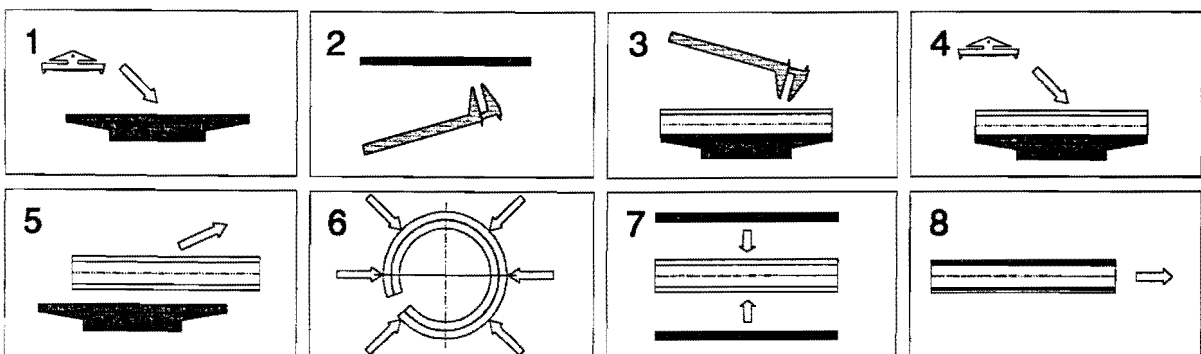
8 • afvoeren

De werkingwijze van dit alternatief zit redelijk eenvoudig in elkaar. Het plaatsen van de snarenpakketten komt hier slechts één maal voor en de schakelstreng wordt slechts één maal gesloten. Het alternatief is uitstekend in de tijd gefaseerd in te voeren en modulair op te bouwen. Het overschakelen op een andere duwband behoeft beduidend minder ombouw dan alternatieven 1 en 2.

Alternatief 3A krijgt uiteindelijk niet de hoogste score, voornamelijk vanwege het magazijn. In het magazijn dienen voldoende schakelstrengen aanwezig te zijn om elk snarenpakketten te kunnen vullen. Volledig leegdraaien van een magazijn zal niet mogelijk zijn. De overgebleven schakels moeten dan alsnog met de hand worden weggebouwd. Daarnaast is er voor elk type duwband een magazijn nodig. Onderzocht dient te worden of de spreiding van de strenghoeken, bij het random formeren van schakelstrengen, groot genoeg is.

2.1.3.B Met navulstreng

Alternatief 3B geeft een oplossing voor het geval de spreiding van de strenghoeken niet past bij de spreiding van de snarenpakketdiameters. De opbouw en werking worden hierdoor wel iets gecompliceerder.



Afbeelding 2.4 bewerkingstappen van alternatief 3B (met navulstreng)



- 1 • schakels op schotel plaatsen tot bepaalde grens

De schakels worden op een geijkte voorvulvorm geplaatst tot een vaste grens bereikt wordt. Deze grens is afhankelijk van de nominale snarenpakketdiameter.

- 2 • snarenpakketten meten
- 3 • strenghoek meten
- 4 • navulstreng aanmaken en plaatsen

De maat van het snarenpakket is vertaald naar de benodigde strenghoek op de diameter van de voorvulvorm. In deze stap wordt een navulstreng gemaakt uit gewone schakels en vulschakels om de hiervoor gemeten streng aan te vullen tot de gewenste maat.

- 5 • streng van schotel nemen
- 6 • streng sluiten
- 7 • snarenpakketten plaatsen
- 8 • afvoeren

Evenals alternatief 3A worden hier de snarenpakketten slechts één maal geplaatst, de schakelstreng één maal gesloten. Hetzelfde gaat op voor de modulariteit en de wens gefaseerd in te kunnen voeren. De werkingwijze is gecompliceerder dan 3A, maar robuuster dan 1 en 2. Het mechanisme dat het meeste problemen zou kunnen opleveren is het navulmechanisme. Alternatief 3B heeft naar het zich laat aanzien de minste omstelling en ombouw van alle alternatieven.

2.1.4 Resumé

De belangrijkste punten van de in paragraaf 2.1.3 gepresenteerde alternatieven zijn:

- alternatief 1:

De diameter van de voorvulvorm is groter dan de nominale diameter van een snarenpakket.

Gecompliceerde handelingen:

2 maal plaatsen en 1 maal verwijderen van de snarenpakketten, openen van de gesloten schakelstreng en het substitueren van schakels.

- alternatief 2:

De diameter van de voorvulvorm is gelijk aan de nominale diameter van een snarenpakket

Gecompliceerde handelingen:

2 maal plaatsen en 1 maal verwijderen van de snarenpakketten, meten van het gat en aanmaken en plaatsen van de gewenste navulstreng.



- alternatief 3A:

De diameter van de voorvorm is groter dan de nominale diameter van een snarenpakket.

Gecompliceerde handelingen:

1 maal plaatsen van de snarenpakketten en het meten van de strenghoek.

Risico: niet te allen tijde voor elk snarenpakkettenpaar een schakelstreng in het magazijn.

- alternatief 3B:

De diameter van de voorvorm is groter dan de nominale diameter van een snarenpakket.

Gecompliceerde handelingen:

1 maal plaatsen van de snarenpakketten, het meten van de strenghoek en het aanmaken en plaatsen van de navulstreng.

2.2 Waardering van de alternatieven

		ALTERNATIEF							
criterium	gewicht	1		2		3A		3B	
		waarde	score	waarde	score	waarde	score	waarde	score
A1	3	5	15	5	15	5	15	5	15
A2	3	3	9	3	9	4	12	4	12
A3	5	2	10	3	15	4	20	4	20
		34		39		47		47	
B1	3	0	0	0	0	0	0	0	0
B2	3	3	9	3	9	4	12	5	15
B3	2	4	8	4	8	3	6	4	8
B4	4	2	8	3	12	4	16	4	16
B5	5	2	10	3	15	5	25	4	20
B6	2	4	8	4	8	2	4	4	8
B7	2	0	0	0	0	0	0	0	0
B8	3	0	0	0	0	0	0	0	0
		43		52		63		67	
C1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	1	0	0	0	0	0	0	0	0
C3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
C5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0		0		0		0	
totaalscore		77		91		110		114	

In dit gedeelte zullen de alternatieven worden gewaardeerd met behulp van voorgaande presentatie. Hierbij zal gebruik worden gemaakt van de criteria van het eisen- en wensenpakket die in paragraaf 1.5.2 zijn gepresenteerd. Zowel de gewichtsfactoren van de criteria als de beoordelingswaarde van de



alternatieven hebben een bereik van 1 tot en met 5, wat respectievelijk zoveel betekent als 'onbelangrijk tot zeer belangrijk' en 'slecht tot zeer goed'. In de tabel op pagina 14 zijn de uiteindelijke waarderings weergegeven. NB! De codes van de criteria komen overeen met de codes die gebruikt zijn in de tabel met het eisen- en wensenpakket (pagina 6).

De optelling geeft een duidelijk beeld; alternatieven 3A en B genieten duidelijk de voorkeur. Dit danken ze voornamelijk aan de eenvoudige en snelle werking. De keuze tussen A en B kan pas gemaakt worden als onderzocht is of het mogelijk is om schakelstrengen random te formeren met voldoende spreiding. En zo ja, wat voor een gevolgen dit voor de grootte van het magazijn van alternatief A heeft.

2.3. De uiteindelijke keuze

Om tot een keuze tussen de twee varianten van alternatief 3 te komen is een simulatieprogramma opgesteld voor de vraag naar en aanbod van schakelstrengen. De voorwaarde voor welslagen van alternatief 3A is dat voor elk snarenpakket een passende schakelstreng in het magazijn te vinden is. Dit houdt in dat het aanbod van schakelstrengen voor een bepaalde snarenpakketdiameter te allen tijde groter is dan de vraag. Een groot aanbod houdt echter ook in dat het magazijn in omvang toeneemt en dat het aantal schakelstrengen die niet met een snarenpakket gepaard kunnen worden oploopt. De voorwaarde valt als het ware uiteen in twee delen:

- 1 - er is altijd een schakelstreng voor een snarenpakket
- 2 - het magazijn mag niet te groot worden

Als aan voorwaarde 1 niet wordt voldaan, hoeft voorwaarde 2 niet meer te worden onderzocht.

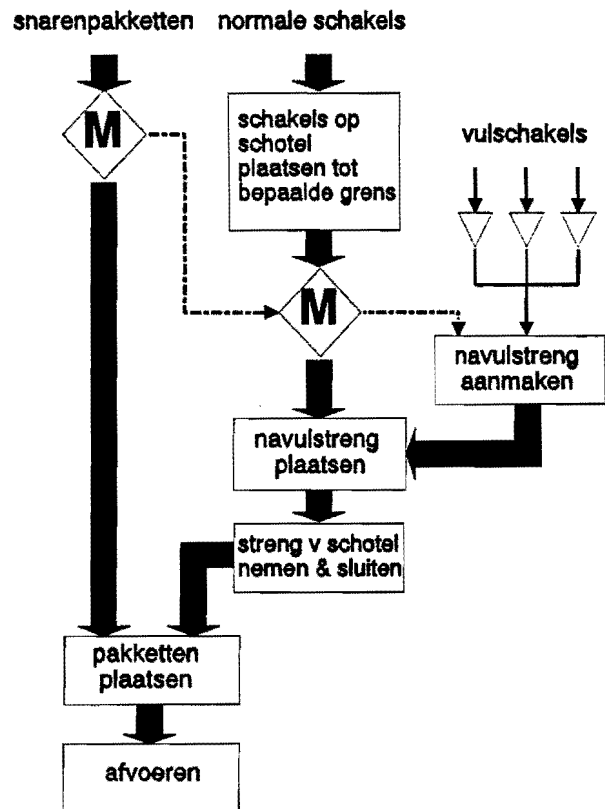
In bijlage 7 staan de bevindingen van het simulatieprogramma. Bij het formeren van hele schakelstrengen zien we dat het gebied waarbinnen de streng hoeken liggen uiteen valt in twee stukken. Er kan niet worden voldaan aan de voorwaarde dat voor elk snarenpakket een schakelstreng in het magazijn is. Een oplossing die voorgaande bezwaren zou kunnen elimineren is het random formeren van 'halve' schakelstrengen. Het gewenste spreidingsgebied hoeft nu nog maar twee keer zo klein te zijn als die bij het random formeren van hele schakelstrengen. De simulatie laat zien dat de spreiding groot genoeg is, maar dat het gemiddelde op de verkeerde plaats ligt. De verschuiving ten opzichte van het gewenste gemiddelde is ongeveer even groot als bij de hele strengen. Er wordt afgezien van verdere opsplitsing van de streng, omdat de invloed van meetfouten anders een te grote rol gaat spelen.

Alternatief 3A, waar in eerste instantie de voorkeur aan gegeven werd, blijkt dus in tweede instantie niet te voldoen. Dit houdt verband met de voorwaarden die gesteld worden aan de gemiddelden en de standaarddeviatie van de random geformeerde schakelstrengen.

Daarom wordt voor alternatief 3B gekozen.

De keuze van de werkwijze wordt afgesloten met een risico analyse. Middels deze analyse wordt getracht, van te voren, van buiten af veroorzaakte problemen te ontdekken en te aan te pakken. Voor elk gevonden potentieel probleem worden zo veel oorzaken bedacht als mogelijk is. Ter opheffing van deze oorzaken worden vervolgens maatregelen aangedragen (zie bijlage 8 voor een voorbeeld). Deze maatregelen zullen in het verdere verloop van het project worden meegenomen.

De potentiële risico's zijn aan de hand van het schema in afbeelding 2.5 gegenereerd. Deze afbeelding toont een schematische weergave van de bewerkingsstappen van alternatief 3B.



Afbeelding 2.5 alternatief 3B



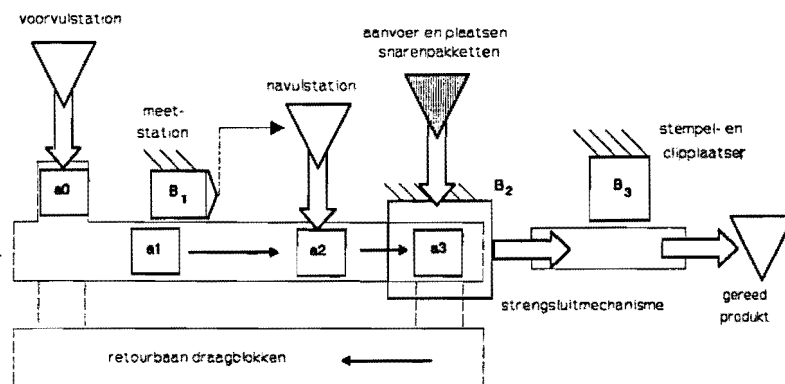
Hoofdstuk 3 Kostprijs- en terugverdiëntijdberekening

In de opdrachtomschrijving is de voorwaarde gesteld dat een alternatief alleen mag worden uitgewerkt als de rentabiliteit voldoende wordt geacht. Daarnaast stelt het eisen- en wensenpakket de eis dat het bandenbouwsysteem een lagere kostprijs oplevert en de wens dat de terugverdiëntijd korter is dan drie jaar.

Om de kostprijs en de terugverdiëntijd te kunnen berekenen wordt eerst een globale opstelling gekozen voor het systeem dat werkt volgens alternatief 3B. Vervolgens kan voor elk mechanisme in het systeem een schatting worden gemaakt van de kosten.

3.1. Bepalen globale opstelling machine.

Gekozen is voor een lijnopstelling (zie afbeelding 3.1), teneinde de deelbewerkingen zo goed mogelijk in aparte mechanismen te kunnen verwerken. Daarnaast is op deze manier voor alle mechanismen een goede bereikbaarheid voor onderhoud en omstelling te behalen. De voorulvormen bevinden zich op produktdragers en zijn zodoende de transporteenheden van de schakelstrengen in wording. Op deze manier wordt voorkomen dat een schakelstreng tussen de verschillende mechanismen overgezet moet worden.



Afbeelding 3.1 Globale opstelling 1

In overleg is besloten om aan elke snarenlijn een bandenbouwsysteem te koppelen. Een snarenlijn heeft een jaarlijkse output van ongeveer 250.000 bandequivalenten. Als een benuttingsgraad van het bandenbouwsysteem wordt aangenomen van 80% (normaal voor produktiemachines) dan zal de capaciteit 1250 banden per dag moeten zijn (1 band per 69 sec).



3.2. Kosten per bandenbouweenheid

In bijlage 10 wordt van alle mechanismen die in het bandenbouwsysteem voorkomen een schatting gegeven van de kosten die er aan verbonden zijn. Bij deze schatting is rekening gehouden met het blijven voortbestaan van de facetcontrole van de snaren en de visuele controle van de schakels. De totale kosten voor een bandenbouwsysteem met een capaciteit van 250.000 banden per jaar zijn als volgt:

bandenbouwsysteem	f.709.500,-
ontwikkelingskosten	f.605.000,-
operators: direct (1,5 manjaar)	f.90.000,-
indirect (0,3 manjaar)	f.19.500,-
extra (controle snaren & schakels)	f.67.500,-

3.3. Kostprijsberekening

Uit de kostprijsberekeningen in bijlage 11 is slechts een klein verschil waar te nemen tussen de kostprijs van handmatige montage en die van de machinale montage. De lage directe arbeidskosten van de laatste kunnen bijna volledig worden weggestreept tegen de hoge investering en de extra arbeid. De kostprijzen voor montage zijn:

handmatige bandenbouw	f.XXXX
machinale bandenbouw	f.XXXX

3.4. Berekening kapitaal-waarde en terugverdientijd

Met de kapitaal-waarde methode is in bijlage 11 berekend dat het project na ruim 6 jaar de gewenste rentabiliteit van 13% behaalt. De terugverdientijd van het project is net iets langer dan 3 jaar. Dit is gezien de wens uit het wensenpakket redelijk te noemen.

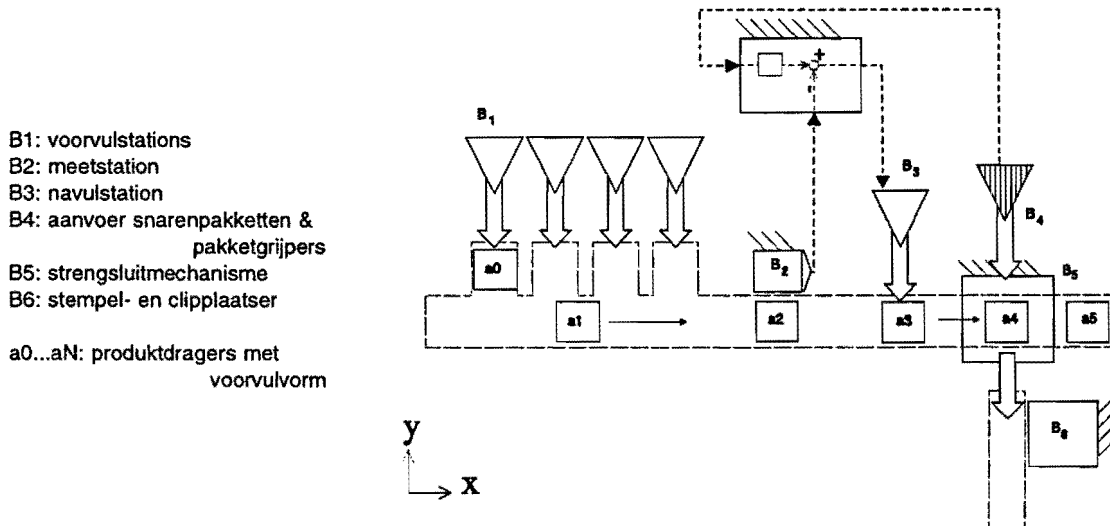
3.5. Conclusie

Een bandenbouwsysteem, dat werkt volgens de voorgestelde methode, levert een lagere montagekostprijs op. Er is voldaan aan de eis om het project verder uit te werken.

Hoofdstuk 4 Definiëren deelprojecten

4.1 Uitleg globale systeem

Na grondig te hebben nagedacht over de mogelijke werking van de verschillende mechanismen van het bandenbouwsysteem is de volgende globale opstelling naar voren gekomen.



Afbeelding 4.1 Globale opstelling 2

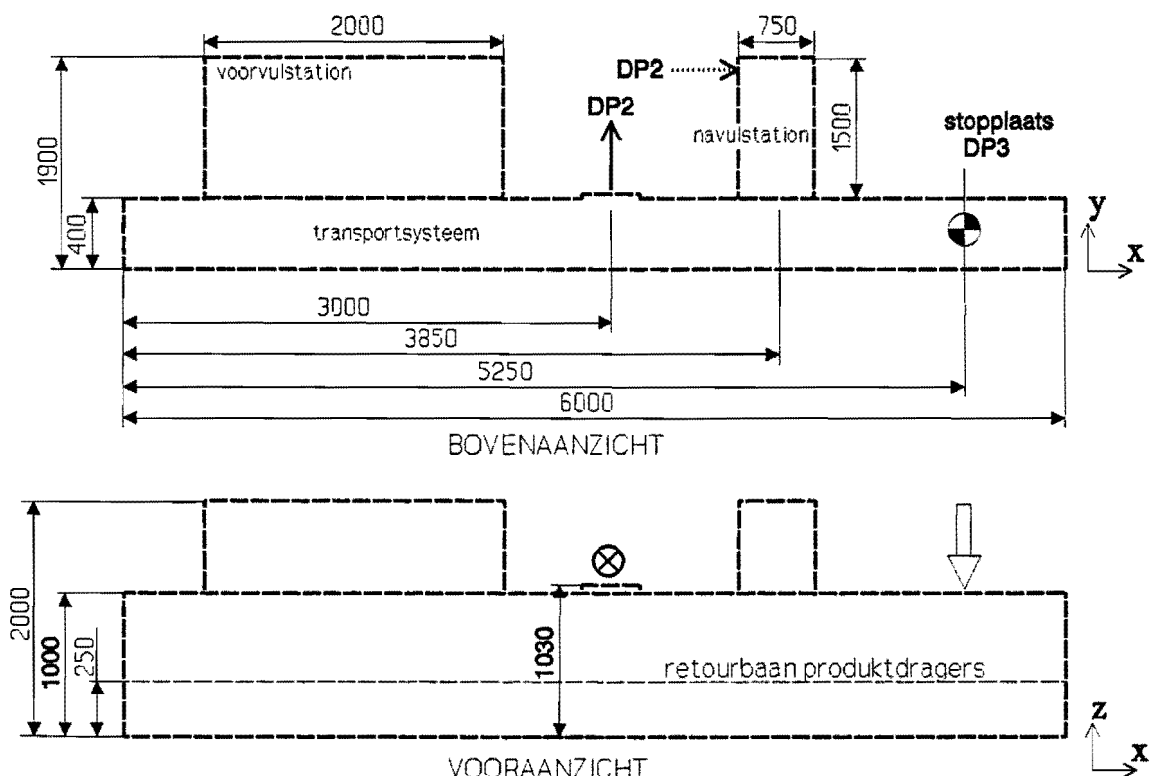
4.2 Opdelen in deelprojecten

Hieronder volgt de opdeling van het project in deelprojecten. Het voornaamste uitgangspunt van deze indeling is geweest dat elk deelproject afzonderlijk moet kunnen worden ingevoerd. De cyclustijd van alle bewerkingen is 69 seconden.

4.2.1. deelproject 1

- ontwerpen van de produktdrager en voorvulvorm
- kiezen van het transportsysteem
- ontwerpen van de voorvulstations
- ontwerpen van het navulstation

De voorvulstations en het navulstation zijn in één deelproject genomen, omdat de werking van de in wezen hetzelfde is. Schakels worden bij beide als bulkvoorraad aangevoerd, afgezonderd, georiënteerd en toegevoerd. Het ontwerp van de voorvulvorm is bij dit deelproject gevoegd, omdat deze voor een groot deel bepaald wordt door de werking van het voorvulstation.



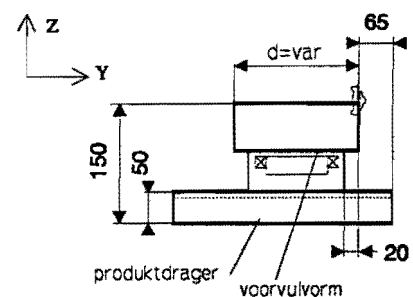
Afbeelding 4.2 Belangrijke maten van deelproject 1

De hierboven gegeven maten liggen vast met een marge van ± 100 mm; de vet weergegeven maten zijn vast. De x-coördinaat voor het dwarstransport richting het meetstation (DP2) is een richtgetal; de z-coördinaat is vast. Stopplaats DP3 is de positie waar de blokkering komt die de produktdrager moet tegenhouden bij het strengsluitmechanisme.

produktdrager & voorvulvorm

- functie: dragen van de schakelstreng in wording door het bandenbouwsysteem.
- input: georiënteerde schakels (normale dikte en vulschakeldikte)
- output: op maat gemaakte schakelstreng voor een snarenpakkettenpaar

De diameter van de voorvulvorm is ongeveer 4,8 mm groter dan de nominale snarenpakketdiameter. De afstand tussen de buitenrand van de voorvulvorm en de produktdrager in de Y^+ -richting is altijd 65 mm, onafhankelijk van de diameter van de voorvulvorm.



Afbeelding 4.3 produktdrager & voorvulvorm



Tussen de rand van de voorvulvorm en de produktdrager moet altijd een ruimte vrij zijn die 20 mm diep is (zie afbeelding 4.3). Deze ruimte wordt benut in het meetstation door de meetapparatuur. Ten behoeve van de over te brengen meetkracht en het voorkómen van het omvallen van de schakels bevinden zich op de voorvulvorm twee nokken. De ene nok zit vast, de andere heeft een kleine bewegingsvrijheid langs de rand van de voorvulvorm (± 2 mm). De booglengte tussen de twee nokken is op elke voorvulvorm ongeveer 30 mm. Tijdens verplaatsing met het transportsysteem bevindt de onderkant van de voorvulvorm zich op een hoogte van 1000 mm. In totaal zullen ongeveer 8 voorvulvormen door het systeem circuleren.

transportsysteem

Het transportsysteem heeft een lengte van 6 meter en heeft bij twee stations een dwarstransport-inrichting voor de produktdrager. Deze twee stations zijn het voorvul- en het meetstation. De aandrijving van het dwarstransport gebeurt door zowel het station van bestemming als het transportsysteem. De aandrijving van de produktdrager is continu; stoppen van een produktdrager gebeurt door blokkering. Zoals in afbeelding 4.2 te zien is, bevindt de retourbaan zich onder de hoofdbaan.

voorvulstation

- functie: afzonderen van schakels uit bulkvoorraad en georiënteerd aanbieden aan uitgang. De schakels staan op de voorvulvorm met de kop naar buiten en de nop linksom.
- input: schakels, lege voorvulvorm.
- output: voorvulvorm voorgevuld met schakels

De produktdrager wordt vanuit het transportsysteem door middel van een dwarstransport in het voorvulstation gebracht. De hoogte van het dwarstransport naar het voorvulstation ligt 1030 mm boven de werkvloer. De uitgang van de schakels ligt op een hoogte van 1150. De hoogte van het voorvulstation mag meer variëren dan de bij afbeelding 4.2 gestelde 100 mm, echter niet meer dan nodig. Bij het kiezen van de hoogte van de invoer van de schakelbulk moet rekening worden gehouden dat dit door een persoon gedaan wordt.

navulstation

- functie: aanmaken navulstreng op commando van meetstation en plaatsen op de voorvulvorm. • input: schakelbulk met normale dikte, schakelbulk met vulschakeldikte, signaal van het meetstation met het aantal schakels van normale dikte en vulschakeldikte dat in de navulstreng moet.
- output: navulstreng met de gewenste maat

De bulkvoorraden met schakels moeten net als in het voorvulstation afgezonderd, georiënteerd en toegevoerd worden. Het signaal tot aanmaken van een navulstreng komt van het meetstation. Dit commando bestaat uit het aantal schakels dat van beide dikten geselecteerd moet worden. De hoogte



waarop de navulstreng moet worden aangeboden is 1150 mm. De schakels in de navulstreng komen uiteindelijk op de voorvulvorm met de kop naar buiten en de nop linksom. Voor de hoogte van het navulstation geldt hetzelfde als gesteld werd bij het voorvulstation.

4.2.2. deelprojekt 2

ontwerpen van het meetstation

- functie: meten (relatief) van de strenghoek op de voorvulvorm met een nauwkeurigheid van 0,025 radialen en het berekenen van de navulstreng.
- input: voorvulvorm met voorgevulde streng, diameter snarenpakkettenpaar, gegevens schakels in navulstation
- output: voorvulvorm met voorgevulde streng, signaal aan navulstation met aantal schakels van normale dikte en vulschakeldikte dat in de navulstreng moet

De ingang in het meetstation voor de produktdrager ligt op een hoogte van 1030 mm boven de werkvloer (zie afbeelding 4.2). Het dwarstransport van de produktdrager wordt tot de rand van het transportsysteem (grenzend aan het meetstation) verzorgd door het transportsysteem zelf. Over deze grens wordt het dwarstransport overgenomen door het meetstation. De produktdrager met voorvulvorm wordt gepositioneerd met een nauwkeurigheid van $\pm 0,5$ mm. Alvorens te meten dient een voorziening tegen uitbuigen op de schakelstreng te worden aangebracht en de rotatiebeperking van de voorvulvorm te worden weggenomen. Voor gegevens over de produktdrager zie afbeelding 4.3 en lees paragraaf 4.2.1.

4.2.3. deelprojekt 3

ontwerpen van het strengsluitmechanisme
ontwerpen van de pakketgrijper
ontwerpen van de bandoverzetter

De pakketgrijpers en de bandoverzetter moeten beide nauwgezet met het strengsluitmechanisme samenwerken en zijn derhalve in één projekt geplaatst.

strengsluitmechanisme

- functie: optillen van de voorvulvorm en sluiten van de complete schakelstreng
- input: voorvulvorm met complete schakelstreng
- output: complete duwband met juiste eindspeling, lege voorvulvorm

Het strengsluitmechanisme bevindt zich net boven het transportsysteem en steekt aan alle kanten ongeveer even veel uit. De afmetingen zijn ongeveer 800 mm in het vierkant bij een hoogte van bij voorkeur minder dan 2000 mm. De x-coördinaat van het midden van het mechanisme is 5075 mm. Er



moet opgepast worden dat de schakelstreng hoog genoeg getild wordt om het plaatsen van de snarenpakketten aan de onderkant mogelijk te maken.

pakketgriper

- functie: pakken van de juiste snarenpakkettenparen van de toevoerband en het plaatsen van deze in de goten van de gesloten schakelstreng.
- input: snarenpakkettenpaar (gemiddeld 1 paar per 69 seconden).
- output: snarenpakkettenpaar.

De hoogte van de toevoer van de snarenpakketten ligt op 1000 mm boven de werkvloer. De afstand van de toevoerlijn van de snarenpakketten tot het midden van het transportsysteem is afhankelijk van de diameter van de voorvulvorm (zie afbeelding 4.4).

bandoverzetter

- functie: de complete duwband uit het strengsluitmechanisme wegvoeren en in het bereik van de stempel- en clipplaatser brengen. Band afleggen als clips en stempel zijn geplaatst.
- input: complete duwband
- output: complete duwband met stempel en 2 clips

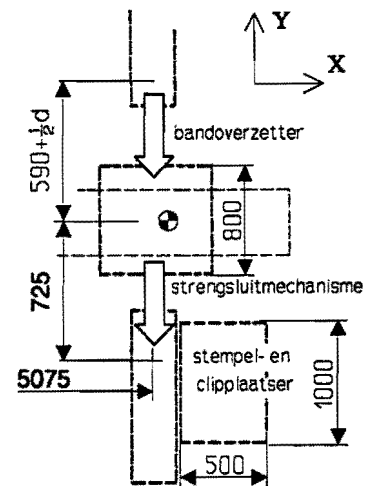
De afstand van het middelpunt van het transportsysteem tot de plaats waar de bandoverzetter de gemonteerde duwbanden moet aanbieden is 725 mm (en ligt vast). Deze aanbodplaats is bij de uitgang van de stempel- en clipplaatser. Deze uitgang bevindt zich op een hoogte van 1250 mm. Als de stempel en clips zijn geplaatst laat de bandoverzetter de band zakken op een lopende band (hoogte 1200 mm).

4.2.4. deelprojekt 4

ontwerpen van de stempel- en clipplaatser

- functie: plaatsen stempel en 2 clips. De 2 clips moeten uit een bulkvoorraad worden afgezonderd en georiënteerd
- input: inkt en clips
- output: inkt en clips

De bandoverzetter van deelprojekt 3 biedt de band bij de uitgang aan, waarop de stempel en de clips worden geplaatst.



Afbeelding 4.4 deelprojekt 3 + 4



4.3 Kapitaal-waarde berekening per deelprojekt

In bijlage 13 is met behulp van de kapitaal-waarde berekening gekeken wat de opbrengsten zijn als een deelprojekt gecombineerd wordt met handmatige bandenbouw. Als meest waardevol kwam deelprojekt 2 (het meetstation) naar voren. Door gebruikmaking van dit station vervalt in één keer de arbeid die anders besteed wordt aan het corrigeren van de eindspeling.

In bijlage 12 wordt een gedetailleerde beschrijving en worden enkele schetsen van de werkingwijze van het systeem gegeven.



Hoofdstuk 5 Conclusie en aanbevelingen

Op de vraag of een gemechaniseerd bandenbouwsysteem technisch haalbaar is, kan positief geantwoord worden. Het is duidelijk naar voren gekomen dat aan een volledig geautomatiseerd bandenbouwsysteem een flink prijskaartje hangt. De reden dat het geïnvesteerde bedrag nog binnen redelijk normale tijd terugverdiend wordt, ligt aan het feit dat het aantal handelingen flink verminderd wordt.

Zoals al in de opdrachtomschrijving te zien was, is er interesse om gefaseerd in de tijd te investeren. Gezien de berekeningen aan de deelprojecten ligt het het meest voor de hand om als eerste het meetstation aan te schaffen. Een eventuele volgende investering kan het beste aan deelproject 3, oftewel het strengsluitmechanisme met de pakketgrijpers en de bandoverzetter, besteed worden.

Mochten er twijfels bestaan over de hoogte van de investering in een totaal bandenbouwsysteem, dan biedt bijlage 14 nog een alternatief. Met nadruk moet worden vermeld dat nog onderzocht moet worden of alle cyclustijden wel onder de 34 seconden liggen.

Bij de beslissing om al dan niet te investeren in een gemechaniseerd bandenbouwsysteem, of een deel daar van, mag men het volgende niet vergeten. Eén van de redenen om mechanisatie te onderzoeken was het feit dat bij handmatige montage van de duwbanden van de nieuwe generatie een vergrote kans bestond op beschadiging van de snarenpakketten. Er mag dan misschien gekozen worden voor de handmatige en financieel minder risicovolle montage, maar dit mag niet ten koste gaan van de kwaliteit van het produkt.

Als laatste nog een opmerking richting de schakelontwikkelafdeling. Men mag bij het ontwerpen van elk willekeurig produkt, naast het kijken naar de functionaliteit of maakbaarheid, niet vergeten te kijken naar de monteerbaarheid.



Literatuuroverzicht

- [1] Bragt, Prof.ir.JM van
Projektstrategie
Diktaat TUE nr.4679
Eindhoven, oktober 1989
- [2] Smeulders, FHJ
Toekomst van de duwbandproductie
Afstudeerverslag TUE fac. Bdk
Eindhoven, november 1992
- [3] Diverse auteurs
Interne opleidingsmap VDT
Tilburg, november 1986
- [4] Balkestein, Prof.ir. JG
Erkelens, Prof.ir. J
Langemeijer, Ing. FL
Schrauwen, Ing. JJM
Inleiding automatisering van de productie & technische bedrijfsvoering,
Deel 1B: inleiding bedrijfsmechanisatie
Diktaat TU Eindhoven no.4544
Eindhoven, 1987
- [5] Blox, Drs. JTHM
Enden, Prof.drs. C van der
Hart, Prof.dr. HWC van der
Bedrijfseconomie: economisch handelen in bedrijfskundig perspectief
Stenfert Kroese BV tweede druk
Leiden 1987
- [6] Ford
Prozeß - Failure Mode & Effects Analysis - form EU 162b
juli 1984



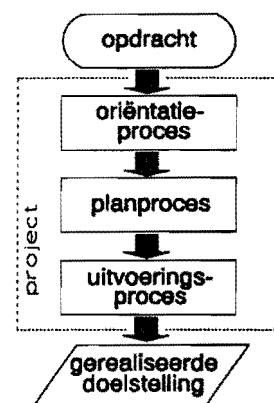
Bijlage 1: Projektstrategie [1]

De projektstrategie is een methode die opgesteld is om het ontwerpproces van productiemiddelen te structureren en te beheersen. Hieruit vloeit een strategie voort om dit proces met de laagste kosten en de kortste doorlooptijd uit te voeren.

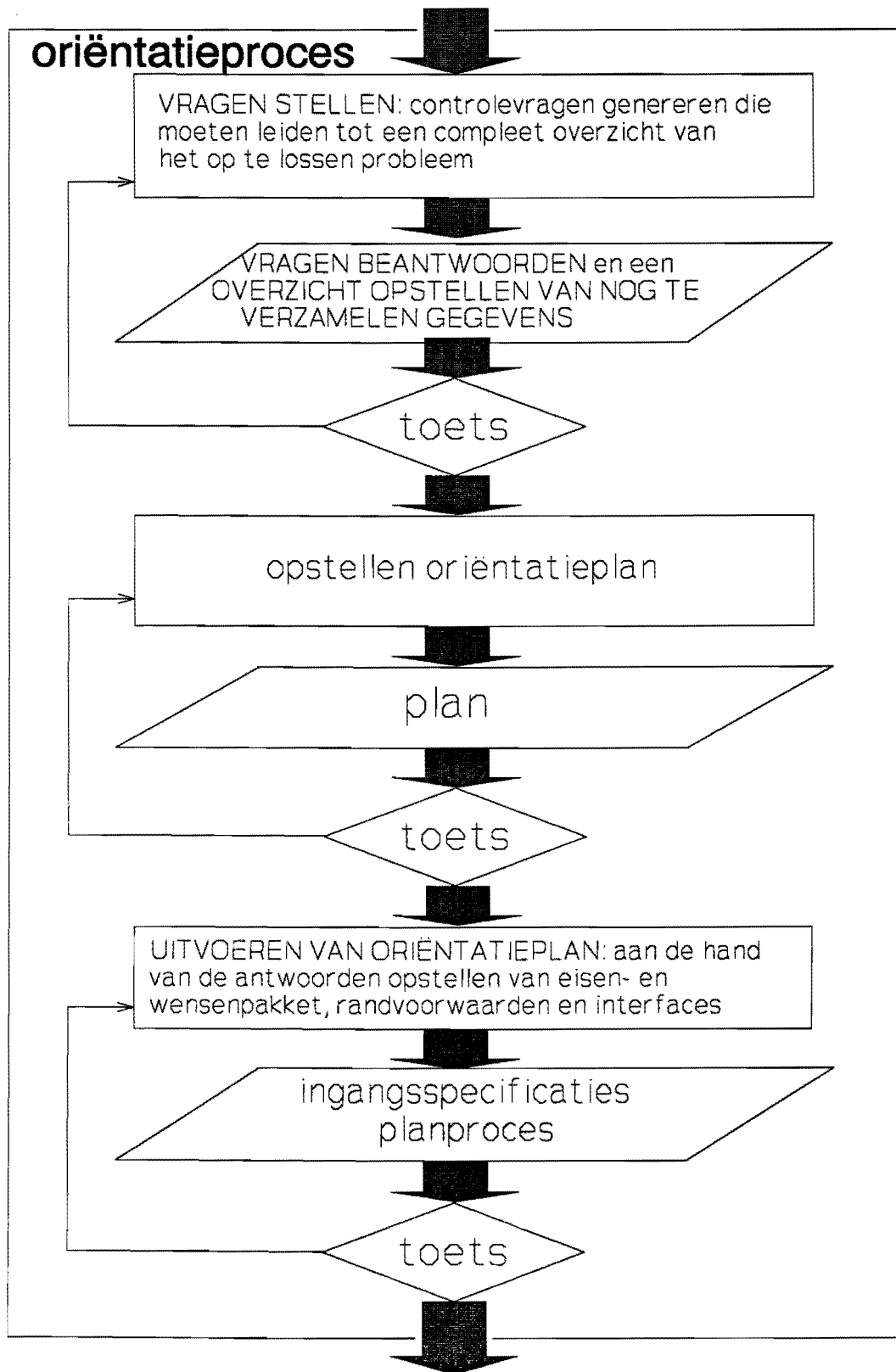
Een projekt is een geheel van besluiten en activiteiten, dat als doel de verwezelijking een van te voren globaal gedefinieerd resultaat op een van te voren vastgesteld tijdstip heeft. De uitdrukkelijke voorwaarde die bij de projektstrategie gesteld wordt is dat elke door een medewerker of groep uitgevoerde stap in het projekt zodanig wordt uitgevoerd dat besluiten die hierin voorkomen als onherroepelijk kunnen worden beschouwd. Het komt er op neer dat de besluitvorming "top-down" plaatsvindt; het projekt wordt opgedeeld in steeds kleinere modules, totdat alle besluiten genomen zijn en vastgelegd. De realisatiefase zal zich nu precies in omgekeerde volgorde afspelen; vanuit de vastgelegde besluiten worden eerst de kleinste modules uit het creatieve traject gerealiseerd. Deze worden vervolgens samengesteld tot de modules behorende bij de daaraan voorafgaande stap in het creatieve traject enzovoort.

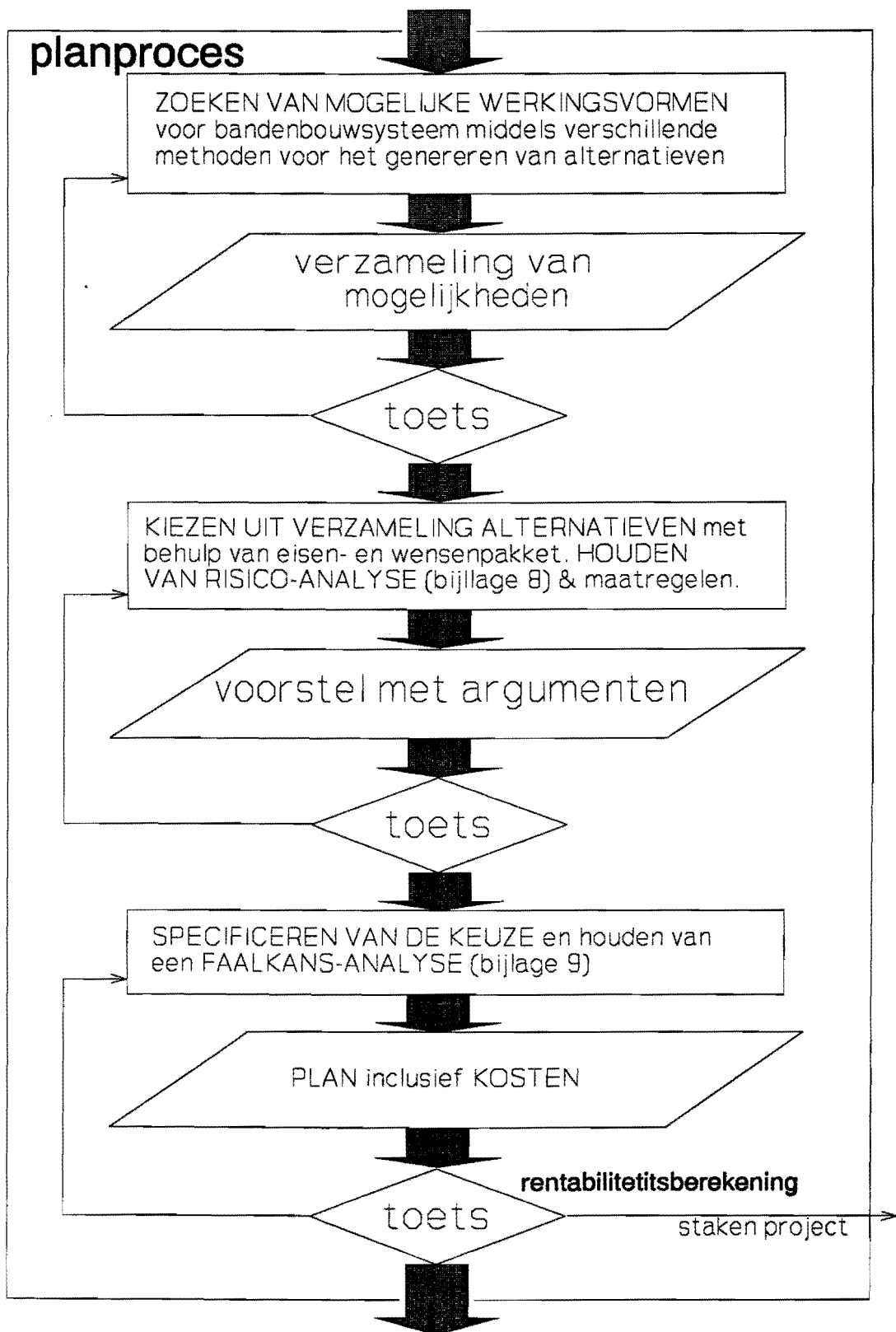
Binnen een reeds lopend projekt krijgt een ontwerper de opdracht tot uitvoering van een deelprojekt, het ontwerpen van een overzetter binnen een machine bijvoorbeeld. Zijn taak zal zijn volbracht als hij zijn werk aan de volgende medewerker in de vorm van een ontwerp van de module doorgeeft. De ontwerper heeft dus voor het gehele hierna volgende traject, tot en met de realisatie van de module, besluiten genomen.

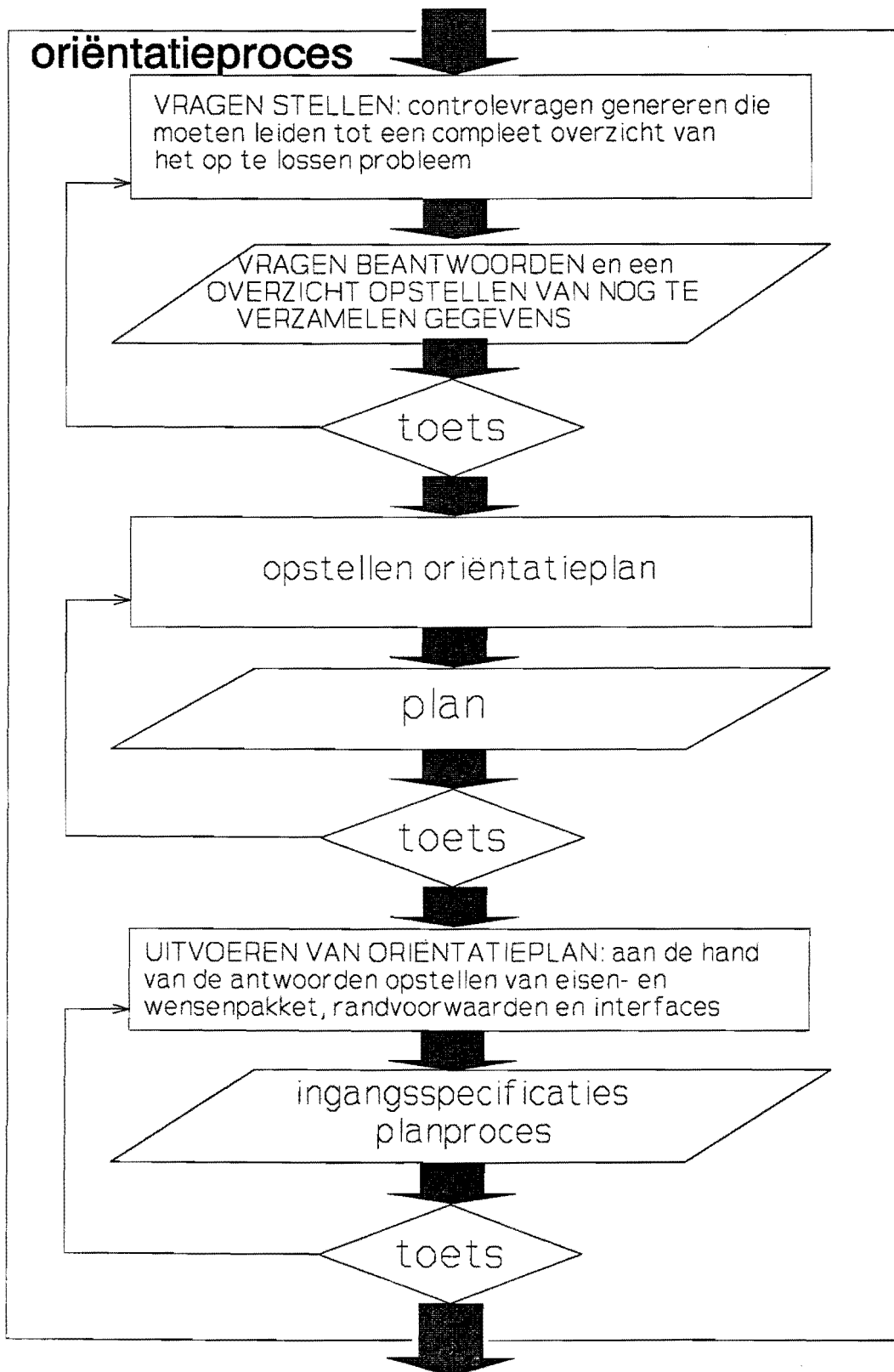
Een projekt vangt aan met een opdracht en eindigt met de gerealiseerde doelstelling. Om een projekt goed uit te voeren moet de vraag worden beantwoord: hoe zal het worden uitgevoerd. Er moet dus een plan worden gemaakt. Het maken van een goed plan vergt voldoende informatie over het projekt. Vóór dat het plan gemaakt wordt, dient men zich eerst goed te oriënteren om de voor het plan benodigde informatie te verkrijgen. Een projekt zal dus steeds moeten bestaan uit de drie basisprocessen: het orientatie-, het plan- en het uitvoeringsproces (zie schema afbeelding I.1). Elk van deze processen is op zijn beurt weer op te delen in de drie basisprocessen.



Afbeelding I.1







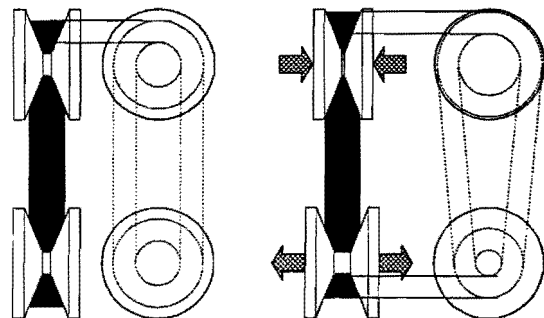
Bijlage 2: Opbouw van de CVT en de duwband [2][3]

Van Doorne's Transmissie is in 1972 opgericht met de doelstelling het Van Doorne CVT systeem met stalen duwband verder te ontwikkelen en te commercialiseren. Het resultaat van de inspanningen hebben tot nu toe geleid tot het volgende resultaat: 7 automerken met CVT op de markt, goed voor een totaal van 600.000 auto's.

II.1 Wat is een cvt ?

Een CVT (Continu Variabele Transmissie) is een traploze overbrenging die in een auto dezelfde functie heeft als een versnellingsbak: het vormen van de overbrenging tussen de motor en het differentieel. Het voordeel dat een CVT heeft boven een versnellingsbak is dat de motor altijd het optimale punt van de koppel-toerenkromme kan opzoeken. Dit biedt de mogelijkheid om de motor met maximaal koppel of met een minimum brandstofverbruik te laten draaien. Daarnaast is de CVT compact en onderhouds-arm. De overbrenging van de CVT kan elektronisch geregeld worden; tegenwoordig gebeurt dat nog gewoon hydraulisch.

De CVT is een traploze variabele overbrenging, met als belangrijkste onderdelen twee poelies en de zogenaamde duwband. De ingaande as van de overbrenging is via een koppeling verbonden met de motor, de uitgaande via een planeetwieloverbrenging met het differentieel. De poelies bestaan uit twee helften: een vast en een los deel. De losse delen kunnen met behulp van hydrauliek in axiale richting verplaatst worden. Door het



Afbeelding II.1 Veranderen van de overbrengingsverhouding

verplaatsen van deze losse helften verandert de loopstraal van de duwband en dus de overbrengingsverhouding. In figuur II.1 is te zien hoe van een overbrengingsverhouding van 1:1 (links) wordt overgeschakeld naar een andere (rechts). Een verandering van de overbrengingsverhouding vindt altijd plaats door beide poelieparen aan te sturen. Een regelunit zorgt voor deze veranderingen en draagt daarnaast zorg voor het regelen van het uitgaande toerental, de bediening van de hydrauliek en het opbouwen van voldoende knijpkracht op de poelies teneinde slippen van de band te voorkomen.



II.2 wat is een duwband ?

De duwband is opgebouwd uit twee verschillende onderdelen, namelijk schakels en snaren. De schakels van de nieuwe generatie hebben een steekmaat van 24 of 30 mm en een dikte van respectievelijk 1,5 en 1,7 mm (zie bijlage 99). Gemonteerd in een duwband staan ze in een eindloze rij achter elkaar, waarbij de nop van een schakel in de kuil van zijn voorganger ligt. De rij schakels wordt door twee snarenpakketten, die aan weerszijden van het schakellijf ingeklemd liggen tussen oor en zadel, bij elkaar gehouden. Een snarenpakket voor wat betreft de nieuwe generatie bestaat uit een aantal nauwkeurig in elkaar passende dunne ringen (6, 9 of 12 stuks) van elk 0,185 mm dik. Afhankelijk van het type duwband zijn de snaren 9,30 9,75 of 12,40 mm breed. De diameter van de binnenste snaar in een snarenpakket bepaalt eveneens de diameter van de duwband. De banddiameter is klantafhankelijk. (Enkele gangbare maten zijn 189,5 208,8 213,4 en 226,2 mm). Koppeloverdracht van de ene poelie naar de andere vindt plaats doordat de flanken van de schakels door de poeliehelften worden vastgeknepen. Door dit vastknijpen wordt het stalen snarenpakket gespannen en vormt op die manier een stevige geleidingsbaan waarlangs de schakels tijdens rotatie van de ene poelie naar de andere worden gevoerd en daar het koppel afgeven.

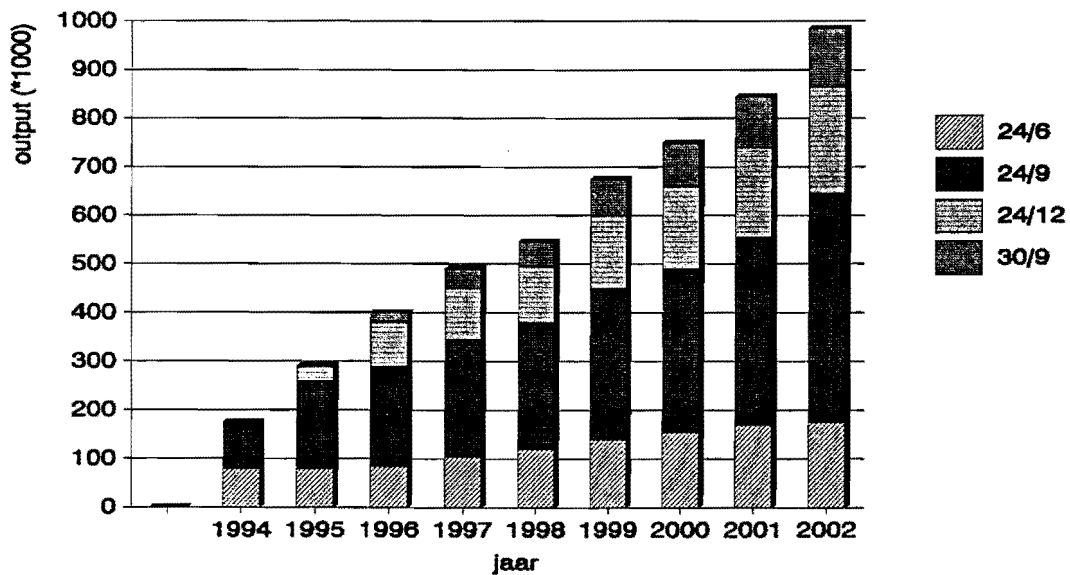
Het productieproces van de onderdelen van de duwband is een zeer nauwkeurige aangelegenheid; een kleine fout heeft grote gevolgen voor de prestaties van de band. De snaren zijn vervaardigd uit hoogwaardig materiaal (Maraging staal). Ze moeten goed afgewerkt zijn om vroegtijdig falen van de band te voorkomen. De diktematen van de snaren bijvoorbeeld, moeten met een uiterste nauwkeurigheid gelijk zijn, zo niet dan zal de dikste snaar het zwaarst belast worden en het eerst breken. Door het gebruik van meerdere dunne snaren in plaats van één dikke wordt de buigspanning verlaagd. Als de speling tussen de snaren beperkt wordt tot een minimum, kunnen ze als een geheel samenwerken voor het opnemen van de trekkracht. In verband met een gelijk verdeelde belasting is het ook belangrijk dat de vlakken van de snaren goed parallel aan elkaar lopen.

De schakels zijn gemaakt uit een laag gelegeerde staalsoort. Voor een betere afwerking worden de schakels getrommeld en voor een hogere hardheid gehard.

Bijlage 3: Huidige Generatie vs Nieuwe Generatie

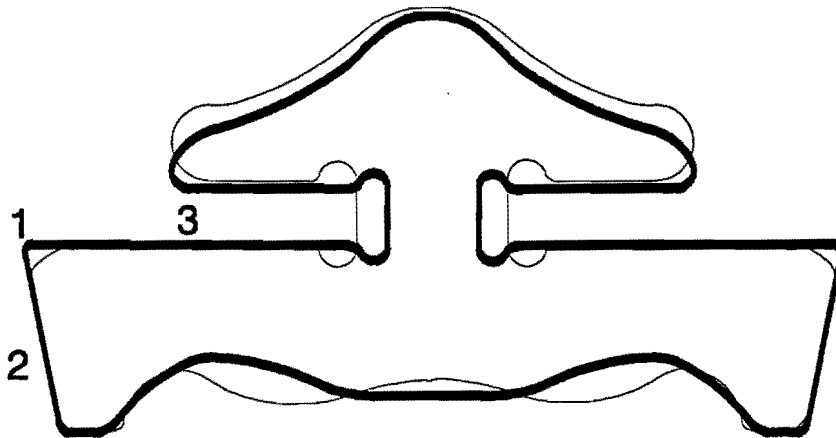
In 1994 verwacht men bij VDT te kunnen starten met de productie van de nieuwe generatie duwbanden. Deze generatie bevat schakels met een steekmaat van 24 en 30 millimeter, en snarenpaketten met 6, 9 of 12 snaren. Voor zover bekend is, zullen de volgende duwbanden geproduceerd gaan worden: 24/6, 24/9, 24/12 en 30/9 (eventueel aan te vullen met 30/12). Met deze duwbanden wordt het toepassingsgebied van de CVT vergroot en daarmee direct samenhangend de afzetmogelijkheden (de CVT toepassing met duwbanden van de huidige generatie blijft beperkt tot auto's van 660 cc tot 1800 cc). Daarnaast kunnen door een verbeterd produkt- en procesontwerp de fabricagekosten dalen. In afbeelding III.1 staat de verwachte vraag naar de nieuwe generatie duwbanden per type tot het jaar 2002. Na dat jaar zal de vraag zich waarschijnlijk stabiliseren.

nieuwe generatie duwbanden verwachte vraag



Afbeelding III.1 verwachte vraag naar de NG duwbanden (Bron: T Marcus)

De montage van de nieuwe generatie duwbanden zal moeilijker zijn dan die van de huidige generatie, door enkele modificaties aan de schakel. In afbeelding III.2 is het verschil van de contouren van de nieuwe generatie schakel met die van de huidige generatie te zien. De voornaamste verschillen en de problemen die zij met zich mee zullen brengen zijn de volgende:



Afbeelding III.2 Projectie van NG-schakel (vet) op HG-schakel

1• kleinere afronding bij de overgang van flank naar zadel:

Dit levert problemen op bij het plaatsen van de snarenpakketten. De afronding fungeert bij het plaatsen als een soort inloop. Met een afronding die zo klein is, is de kans groot dat het snarenpakket er juist achter blijft hangen en daardoor beschadigt.

2• geprofileerde flank:

In plaats van een gestraalde flank zoals bij de huidige generatie, heeft de nieuwe schakel een profiel flank. Hier bestaat het gevaar dat de snarenpakketten achter het profiel blijven haken.

3• kleinere gootspeling:

Hierdoor zijn schakels moeilijker op een snarenpakket te zetten en omgekeerd is het moeilijker snarenpakketten in de goot te plaatsen. De kans wordt hierdoor groter dat beschadigingen optreden.

4• kleinere dikte:

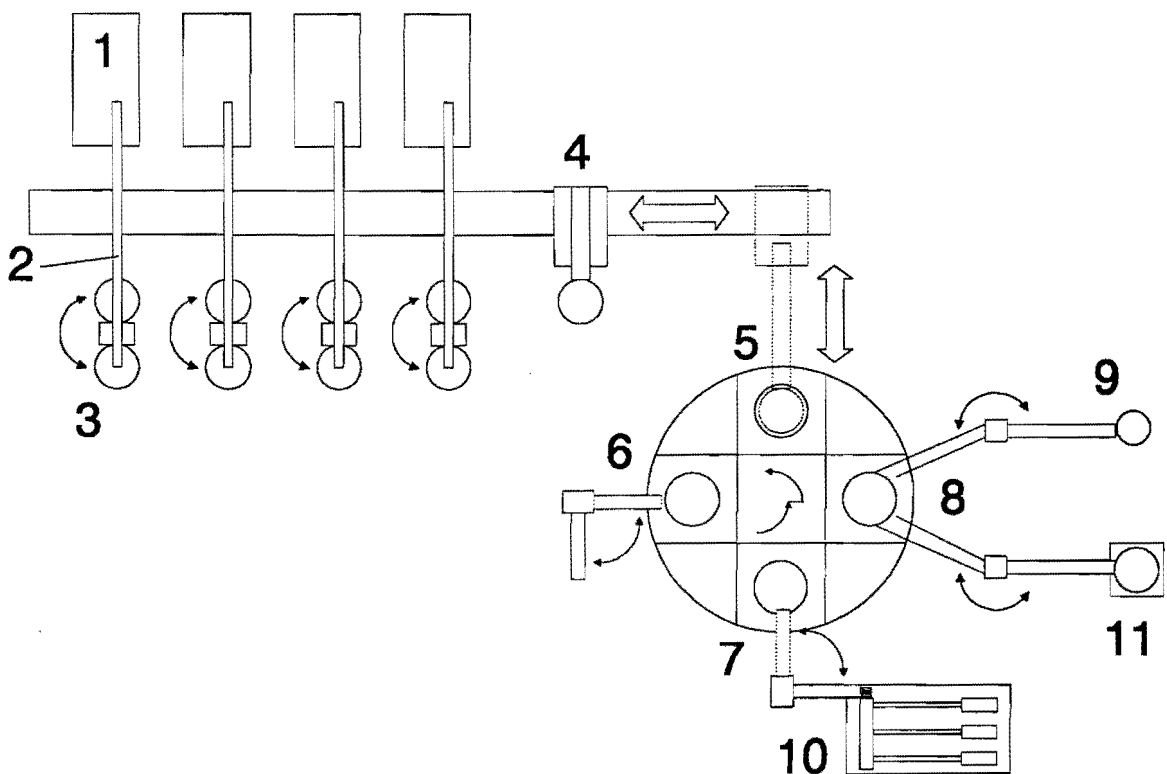
De schakels met een steekmaat van 24 millimeter hebben een dikte van 1,5 mm. Er gaan dus meer schakels in een duwband.

De montage van de duwbanden is daarnaast gecompliceerder geworden doordat de tolerantie op de eindspeling verkleind is. Deze is nu $XXXX \pm XXXX$ millimeter.

Bijlage 4: De oude bandenbouwmachine

Het in dit verslag gepresenteerde onderzoek is niet het eerste mechanisatieproject met betrekking tot de bandenbouwfabricatie bij VDT. Een bedrijf dat leverancier van Ford wil worden, dient de zogenoemde Q1-status te verwerven. Ford meldde in 1986 aan VDT dat dit kwaliteitscertificaat behaald kon worden als, onder andere, de bandenbouw gemechaniseerd zou worden.

VDT heeft een ingenieursburo in de arm genomen om dit project aan te pakken. Het buro kwam met de volgende machine die als volgt werkte (zie afbeelding IV.1).



Afbeelding IV.1 Lay-out van de oude bandenbouwmachine

Vanuit één van de vier voorraadbakken (1) worden de schakels door een wiel met magneten meegenomen en in een goot (2) gezet. De magneten zijn zo berekend, dat de schakels maar op één bepaalde manier gepakt kunnen worden. Via de goot komen de schakels op een voorvulvorm (3) terecht. Deze voorvulvorm is eenvoudig voor te stellen als een schijf met een opstaande rand die roterend opgestelde is. De diameter van de opstaande rand is gelijk aan de nominale diameter van de snarenpakketten. De voorvulvorm wordt niet helemaal vol gezet met schakels; een ruimte van ongeveer 13 schakels blijft



open. De voorvulvorm zit samen met een tweede vorm op een arm gemonteerd. Als een vorm gevuld is, draait deze op de arm richting transportbaan van de pick-and-place unit (4). De andere vorm aan de arm komt nu onder de schakeltoevoergoot te staan. De pick-and-place unit rijdt om de beurt langs de vier voorvulposities en tilt daar met een ringvormige elektromagneet de aangeboden schakelstreng van de voorvulvorm. Op deze manier transporteert hij ongeveer elke 48 seconden een schakelstreng naar de eerste positie van de basismolen (5).

Vanuit een toevoerlijn (9) worden op positie 8 snarenpakkettenparen in de molen gebracht. De molen draait een kwart slag en ontvangt op positie 5 een schakelstreng van de pick-and-place unit. De molen draait een volgende kwart slag en komt nu bij positie 6. Hier worden de snarenpakketten (die dus al in de molen zitten) geplaatst en wordt de opening die de streng nog heeft gemeten. De snarenpakketten worden weer verwijderd en de molen draait een kwart slag verder. Het meetmechanisme in positie 6 heeft intussen een signaal gegeven naar de besturing van de machine. Deze zorgt er voor dat het navulmechanisme (10) een navulstreng aanmaakt met schakels van drie verschillende dikten. Deze navulstreng heeft precies de maat die nodig is om samen met de gemeten streng en de snarenpakketten een duwband op te leveren met een juiste eindspeling. Als de streng is aangekomen bij positie 7 wordt de navulstreng geplaatst. Vervolgens draait de molen naar de laatste positie (8) waar de snarenpakketten voor de tweede keer worden geplaatst. Via een overzetter (11) verlaat de duwband de molen.

De machine diende omgebouwd te worden als een andere diameter band gebouwd ging worden. Voor elke diameter band was een aparte molen, waren aparte transportmagneten voor schakelstrengen en aparte voorvulschotels nodig.

Het ontwerp en gebruik van de oude bandenbouwmachine had enkele zwakke punten waardoor hij niet optimaal kon functioneren.

- navulmechanisme: Ten eerste lukte het niet goed om de juiste maat vulstrengen aan te maken. Van de schakels in het navulmechanisme werd individueel de dikte gemeten. In een navulstreng van 13 schakels zit dus 13 maal een meetfout. Deze meetfout was vaak zo groot dat de navulstreng niet de juiste maat had. Ten tweede was het plaatsen van de navulstreng een probleem. Op het moment dat de navulstreng werd ingebracht, kon de positie van de schakels grenzend aan de opening van de voorgevulde streng niet voldoende worden gewaarborgd. Het gevolg was dat gekantelde schakels door de navulstreng werden weggeduwd.
- toevoergoot: regelmatig storing door verkeerde positionering van nop/kuil van een schakel.

- compactheid machine: de bandenbouwmachine was compact gebouwd met als gevolg dat de bereikbaarheid van de onderdelen slecht was.
- door enkele verkeerde materiaalkeuzes traden frequent dezelfde storingen op.
- destijds werden duwbanden alleen maar in kleine series gemaakt. Daarom ging er te veel tijd verloren met het ombouwen van de machine.

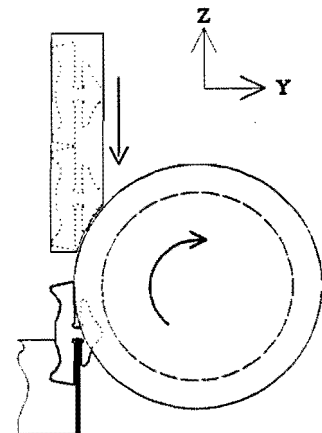
Daar het automatisch bandenbouwen met veel problemen verliep, heeft Ford de eis tot mechanisering van de bandenbouwafdeling laten vallen. VDT heeft uiteindelijk besloten de bandenbouwmachine af te breken. De exacte redenen achter dit besluit zijn onbekend, maar mogelijk zal hebben meegespeeld dat de impuls tot mechanisatie niet vanuit VDT zelf kwam.

De bandenbouwmachine had behalve bovenvermelde nadelen ook sterke punten. Enkele daarvan zijn:

- het gebruiken van schotels (voorvulvormen) om schakels op te plaatsen
- het plaatsen van de schakels met een wormwiel (afbeelding IV.2)

De schakels worden georiënteerd aangevoerd via een verticale goot. Aan het einde worden ze door een tand van het continu draaiende wormwiel tegengehouden. Op het moment dat een tandkuil voor de goot verschijnt, kan net één schakel op de rand van de schotel vallen. De volgende schakel wordt weer tegengehouden door de volgende tand. De spoed van het wormwiel zorgt meteen voor het transport van de schakels in het horizontale vlak.

- het mechanisme om de schakelstreng te openen en te sluiten



Afbeelding IV.2 Wormwiel

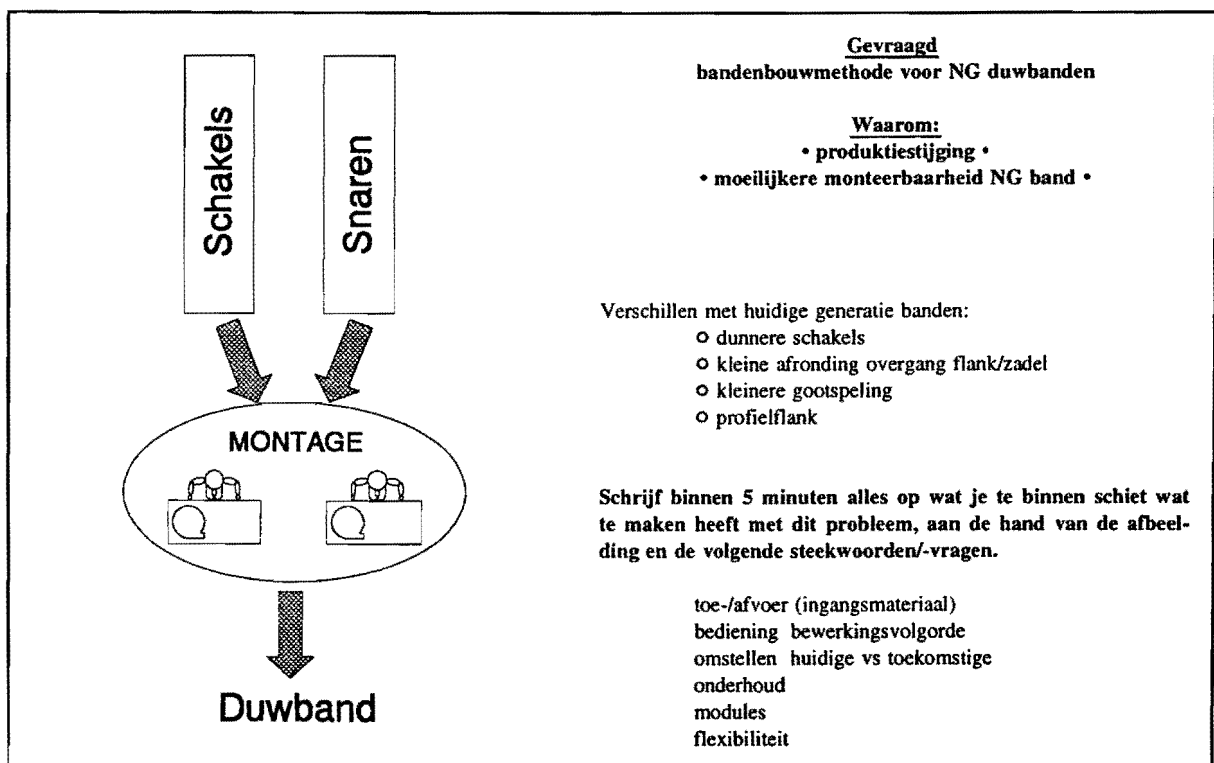


Bijlage 5: Methoden voor genereren van alternatieven

Teneinde een zo volledig mogelijke verzameling van alternatieven te genereren, zijn de volgende technieken gehanteerd.

V.1. Schriftelijke brainstorm: met 3 personen (unit manager schakelproductie, Technische Dienst, R&D snaren). De deelnemers kregen een probleemomschrijving van een pagina (zie figuur V.1). Na korte bestudering van het probleem kreeg iedere persoon vijf minuten om alles op te schrijven wat hem te binnen schoot over het voorgelegde. In twee volgende rondes van vijf minuten werden de blaadjes met notities doorgeschoven. Dit diende om de andere personen de gelegenheid te geven -schriftelijk- commentaar te leveren op de notities van de anderen. Als laatste kreeg iedereen kans om weerwoord te leveren op het geleverde commentaar.

Deze techniek heeft weinig opgeleverd, waarschijnlijk door het feit dat men te weinig tijd had om zich in het probleem te kunnen inleven.



Afbeelding V.1

formulier schriftelijke brainstorm



V.2. Systematisch indelen bewerkingsstappen: het bandenbouwproces is hiertoe opgedeeld in een aantal basishandelingen; de precieze manier hoe deze handelingen worden uitgevoerd is hierbij niet belangrijk. Gekeken is in welke volgorde de handelingen uitgevoerd kunnen worden en of het mogelijk is een systematische indeling van de handelingen te ontdekken.

V.3. Voordrachten over oude bandenbouwmachine: een eerste voordracht is gehouden door de man van de Technische Dienst die geparticipeerd heeft in de schriftelijke brainstorm. Hij is in het verleden nauw betrokken geweest bij de ontwikkeling van de oude bandenbouwmachine. Naar aanleiding van zijn verhaal is ook een voordracht geregeld met een oudmedewerker van het ingenieursburo (Elmecon) dat belast was met de ontwikkeling van die machine.

Daar er geen andere informatie beschikbaar is over de oude bandenbouwmachine, waren deze voordrachten erg leerzaam.

V.4. Opstellen van een matrix: er is gepoogd een matrix op te stellen van handelingen en/of principes. Als men de bestaande alternatieven in de matrix invult, zullen altijd lege vakken over blijven. Door creatief na te denken over deze lege hokken kan een nieuw alternatief worden bedacht. Helaas is dit niet succesvol gebleken.

V.5. Steekwoordenlijst: het stimuleren van de creativiteit door gebruikmaking van steekwoorden. Deze steekwoorden worden bijvoorbeeld geprikt in een woordenboek. Dit leverde niets op.

V.6. Toepassen EIVoSiCo: dit is een methode voor het verbeteren van bewerkingsstructuren. EIVoSiCo staat voor Elimineren-VolgordeVeranderen-Simplificeren-Combineren. Hier is ook gebruik gemaakt van het omkeerprincipe; het ontdekken van nieuwe structuren door het omkeren van bewerkingsvolgordes of bewegingen.

V.7. Literatuuronderzoek: bij het uitgevoerde literatuuronderzoek is voornamelijk gezocht naar de verschillende soorten meetprincipes die toegepast kunnen worden. Dit onderzoek is pas uitgevoerd nadat uit enkele alternatieven bleek, dat het meten een erg belangrijke rol kan spelen bij het gemechaniseerd bandenbouwen. Naast dit literatuuronderzoek zijn ook interviews gehouden met deskundigen op het gebied van de meettechniek.



V.8. Brainstorm: samen met de afstudeerbegeleider is aan de hand van de tot dan toe gegenereerde alternatieven een brainstorm gehouden. Kijkend naar de alternatieven is geprobeerd zo systematisch mogelijk op andere alternatieven te komen.

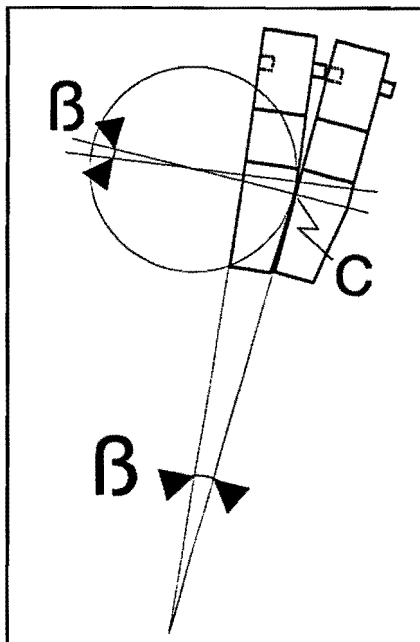
Uit deze technieken zijn 11 mogelijkheden gerold, die uiteindelijk zijn teruggebracht naar 3 hoofdalternatieven.

Bijlage 6: Het afolgedrag van schakels

In deze bijlage zal aan de hand van een model, het afolgedrag van schakels bekeken worden. Er zal worden onderzocht of een relatie te vinden is tussen de afmetingen van een snarenpakket en een schakelstreng. Als deze relaties er zijn zal worden bekeken in hoeverre het mogelijk is om deze te gebruiken bij de bandenbouw.

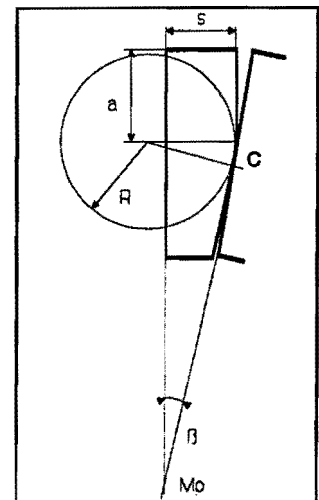
VI.1. het model

Als een schakelstreng gebogen wordt tot een bepaalde kromtestraal, dan zullen de schakels op een bepaalde manier op elkaar afrollen. Dit afolgedrag is uit te drukken in de schakelhoek β , de hoek die de achtervlakken van twee achtereenvolgende schakels met elkaar maken (zie afbeelding VI.1 a+b). Aangenomen is hierbij dat alle achtervlakken richting middelpunt van de duwband wijzen).



Afbeelding VI.1 a Contactpunt tussen twee schakels

- D = diameter snarenpakket
- R = straal afronding
- s = dikte schakel
- a = afstand zadel-begin afronding
- c = contactpunt tussen 2 schakels
- Mp = middelpunt snarenpakket



Afbeelding VI.1 b

Door het opstellen van een model wordt geprobeerd te ontdekken welke parameters van invloed zijn op de grootte van β . Hiervoor wordt alleen het onderlijf van de schakels beschouwd. In afbeelding VI.1 is een zijaanzicht gegeven van twee op elkaar afrollende schakels met de benodigde parameters. Het contactpunt tussen twee schakels kan als volgt vanuit het middelpunt beschreven worden.



$$\tan \beta = \frac{s - R + R \cos \beta}{D/2 - a - R \sin \beta} \Leftrightarrow$$

Verdere uitwerking van deze formule geeft:

$$(D/2 - a - R \sin \beta) * \tan \beta = s - R + R \cos \beta \Leftrightarrow$$

$$(D/2 - a - R \sin \beta) * \sin \beta = (s - R + R \cos \beta) * \cos \beta \Leftrightarrow$$

$$(D/2 - a) * \sin \beta - R \sin^2 \beta = (s - R) \cos \beta + R \cos^2 \beta \Leftrightarrow$$

$$(D/2 - a) \sin \beta - (s - R) \cos \beta - R = 0$$

Deze laatste formule is een impliciete vergelijking voor β . Duidelijk is te zien dat β een functie is van de schakelparameters a , R en s en van de snarenpakketparameter D .

Met behulp van een in Turbo-Pascal geschreven programma is bovenstaande numerieke vergelijking opgelost. Vervolgens zijn een aantal berekeningen uitgevoerd voor verschillende waarden van de parameters. De waarden die gebruikt zijn als ingangsparementers zijn afkomstig van de zogenaamde P821 duwband. Deze is gebouwd met 24/6 schakels en heeft snarenpakketten met een nominale diameter van 189,5 millimeter en is daarmee de kleinste band van de nieuwe generatie. In de onderstaande tabel staan de waarden van de parameters a , R , s en D in millimeters en de tolerantiegrenzen.

	minimaal	nominaal	maximaal
a			
R			
s		1,5	
D		189,5	

Het model gaat er van uit dat -in tegenstelling tot de werkelijkheid- alle schakels in een duwband exact dezelfde parameters hebben. Ze staan dus allemaal onder dezelfde hoek β ten opzichte van elkaar. De gevoeligheid van hoek β voor variaties van de verschillende parameters is in de volgende tabellen weergegeven. Duidelijk is te zien dat schakeldikte s een zeer grote invloed heeft.



R, s, D zijn nominaal	a		
	minimaal	nominaal	maximaal
$\beta =$		0,015XXX	

a, s, D zijn nominaal	R		
	minimaal	nominaal	maximaal
$\beta =$		0,015XXX	

a, R, D zijn nominaal	s		
	minimaal	nominaal	maximaal
$\beta =$		0,015XXX	

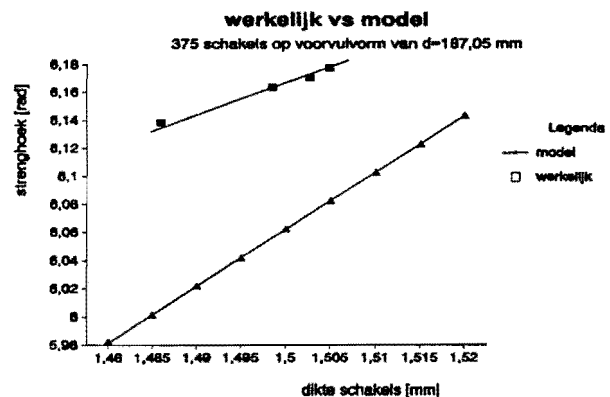
a, R, s zijn nominaal	D		
	minimaal	nominaal	maximaal
$\beta =$		0,015XXX	

$\beta_{\max} =$	0,XXXX rad	en treedt op bij de combinatie van	a_{\max}	R_{\max}	s_{\max}	D_{\min}
$\beta_{\min} =$	0,XXXX rad	en treedt op bij de combinatie van	a_{\min}	R_{\min}	s_{\min}	D_{\max}

VI.2. verificatie van het model

Met de uitvoering van enkele metingen is gekeken naar de validiteit van het model. Van vier verschillende stansseries, die geselecteerd zijn op de dikte van de schakels, zijn enkele malen 375 schakels op een ronde vorm met bekende diameter gezet. De gemeten strenghoek is vergeleken met de door het model berekende strenghoek.

meting	dikte schakels [mm]	strenghoek [rad]	
		meting	model
1	1,4855	6,1382	6,00XX
2	1,4988	6,1635	6,05XX
3	1,5027	6,1705	6,07XX
4	1,5050	6,1775	6,08XX



Afbeelding VI.3 verificatie model

Het model vertoont een afwijking naar beneden van ongeveer 2%. De lijn van het model gaat de oorsprong van de grafiek, terwijl het model -als er een rechte lijn door wordt getrokken- de y-

as snijdt bij 2,9666 radialen. De mogelijkheid bestaat natuurlijk nog dat het verband niet lineair is. Een mogelijke foutenbron ligt in een minder gelukkige aanname dat de achtervlakken van de schakels naar het middelpunt van de band wijzen. Harde bewijzen zijn hier helaas niet voor gevonden. Een andere foutenbron zou kunnen zijn dat de afronding met straal R niet volmaakt rond is.



VI.3. de relatie snarenpakket - rechte schakelstreng

De vraag die hier gesteld wordt is of er een mogelijkheid bestaat om van een gegeven snarenpakket met bekende diameter direct te zeggen welke afmeting de schakelstreng moet hebben, zodat een duwband ontstaat met juiste eindspeling. Om hier een beter idee over te krijgen zijn met het eerder genoemde programma de volgende zaken berekend:

- het aantal schakels dat in een band gaat bij verschillende waarden van de ingangsparameters.

Het aantal keer dat schakelhoek β in de totale omtrekshoek gaat, afgerond naar beneden. Deze omtrekshoek is gelijk aan 2π verminderd met de eindspeling. De ruimte die net niet meer gevuld kan worden met een schakel wordt spelingshoek τ genoemd.

- de lengte van de rechte streng schakels.

Is het produkt van het aantal berekende schakels en de schakeldikte s vermeerderd met de overgebleven speling (berekend uit τ).

De onderstaande tabel geeft de door het programma berekende strenglengtes. Per berekening werd steeds één parameter gevarieerd en de rest nominaal gehouden. Wat opvalt is dat de strenglengte zeer gevoelig is voor variaties van parameter a .

Lengte rechte schakelstreng bij variatie één parameter			
te variëren parameter →	s	R	a
waarde parameter ↓	lengte	lengte	lengte
maximaal			
nominaal	590,XXXX	590,XXXX	590,XXXX
minimaal			

Om een snarenpakket met diameter d over de hele lengte te vullen zijn $n \pm m$ schakels nodig. Worden deze schakels achter elkaar in een lijn gezet dan zal een lengte tussen l en $l+\Delta l$ bereikt worden. Omgekeerd hoeft het echter niet te zijn, dat een rechte streng schakels met een lengte tussen l en $l+\Delta l$, weer op een snarenpakket met diameter d te krijgen is.

In de tabel hieronder zijn voor drie diameters, die in een duwband kunnen voorkomen van 189,5 mm, de extreme waarden van het aantal schakels en de rechte strenglengte weergegeven. Zoals hierboven gesteld, is te zien dat de gebieden waarbinnen de lengtes van de rechte schakelstrengen vallen veel overlapping vertonen. Hetzelfde geldt voor de gebieden die het aantal schakels in een duwband weergeven. Het is daarom uitgesloten dat vanuit een rechte streng of het aantal schakels een goede voorspelling te maken is.



diameter	aantal schakels (min.)	aantal schakels (max.)	lengte streng (min.)	lengte streng (max.)
189,X mm				
189,5 mm				
189,X mm				

VI.4. de relatie snarenpakket - gebogen schakelstreng

Uit de vorige paragraaf is gebleken dat de kans op een goede voorspelling van de rechte lengte van een schakelstreng ongeveer nul is. Wat echter nog niet aangehaald is, is dat de voorspelling van de maat van de schakelstreng niet exact tot een eindspeling van XXXX mm hoeft te leiden. De tolerantie van XXXXX mm op de eindspeling geeft de vrijheid een voorspellingsfout van XXXXX mm te maken.

In afbeelding VI.2 zijn de tot nu toe bekende punten weergegeven als het gaat om het voorspellen van de juiste strengmaat voor een snarenpakket met diameter 189,5 mm. Uiterst links de

Afbeelding VI.2

voorspelling op een voorulvorm met een diameter gelijk aan die van het snarenpakket. De voorulvorm moet altijd over een hoek van 2π met schakels gevuld worden, ongeacht de waarden van de schakelparameters. De voorspelling van de benodigde schakelstreng klopt altijd exact. en In het gebied tussen de twee punten geheel rechts in figuur VI.2, liggen de mogelijke strenglengtes op een voorulvorm met diameter ∞ , die de juiste eindspeling zouden kunnen opleveren. Zoals al in paragraaf VI.2 op pagina 44 werd gesteld is de voorspelling hier bijna altijd fout.

Stelling: als volgens berekening bij een voorulvorm met diameter d een boog-lengteverschil optreedt tussen de twee extreme strengen van Δl , dan is bij een snarenpakket met bekende diameter de benodigde schakelstreng vanuit deze voorulvorm te voorspellen met een nauwkeurigheid van Δl .

De punten van deze twee toestanden zijn met lijnen te verbinden, zoals bijvoorbeeld de lijnen in afbeelding VI.2. Gezocht wordt nu de diameter voorulvorm waarbij de afstand tussen de twee lijnen



gelijk is aan de tolerantie op de eindspeling (=XXXXX mm). Bij een voorvorm met deze diameter -of kleiner- kan een voldoende nauwkeurige voorspelling gedaan worden.

Op de eerder bepaalde extreme schakelstrengen, die passen op een snarenpakket van 189,5 mm, is een berekening losgelaten. Hierin wordt berekend welke booglengte de extreme schakelstreng inneemt op een voorvorm met een bepaalde diameter. Door het afgedrag van de schakels zal dezelfde schakelstreng op een andere diameter een andere booglengte hebben. De waarden zijn hieronder in een tabel en in afbeelding VI.3 weergegeven. De hierboven gemaakte stelling in acht genomen, volgt hieruit dat voor een goede voorspelling van de schakelstreng, de voorvorm een diameter van tussen de 170 en 210 millimeter mag hebben. (alleen voor $d_{\text{sn.pak.nom.}} = 189,5 \text{ mm}$)

diameter vv	minimale booglengte	maximale booglengte	Δl

Afbeelding VI.3 booglengtes van de extreme schakelstrengen op voorvormen met verschillende diameters

In de praktijk betekent dit dat de voorvorm een diameter mag hebben tussen de nominale snarenpakketdiameter van 189,5 mm en 210 mm. Hoe dichter de uiteindelijke diameter ligt bij de nominale pakketdiameter, des te nauwkeuriger is de voorspelling.

VI.5 Conclusie

Hieronder is een voorbeeld gegeven van een grafiek voor een voorvorm van 200 millimeter. Van de diameter van een snarenpakkettenpaar kan de bijbehorende schakelstrenghoek gezocht worden. De schakelstreng die op de voorvorm deze hoek inneemt, zal na samenbouwen met de snarenpakketten



een juiste eindspeling opleveren.

De nauwkeurigheid waarmee de strenghoek bepaald moet worden, is bij deze diameter voorvulvorm $\pm 2,6 \cdot 10^{-4}$ radialen. In booglengte komt dit neer op $\pm 0,05$ mm.

Bij het kiezen van de uiteindelijke diameter van een voorvulvorm voor een bepaalde nominale snarenpakketdiameter moet een afweging worden gemaakt tussen twee zaken.

- Ten eerste wordt gestreefd naar een zo klein mogelijke voorvulvorm, omdat dit een zo nauwkeurig mogelijke voorspelling oplevert.
- Ten tweede wordt gestreefd naar een **Afbeelding VI.3** voorvulvorm die voldoende extra ruimte biedt om de laatste schakels makkelijk te kunnen plaatsen.

In eerste instantie is het voldoende een voorvulvorm 10 millimeter groter te kiezen. Indien nodig zal een exacte berekening uitkomst moeten bieden.

Gesteld wordt dat de voor de P821 band getrokken conclusies voor wat betreft de diameter van de voorvulvorm ook gelden voor alle andere banden.



Bijlage 7: Het random formeren van schakelstrengen

VII.1. Inleiding

Alternatief 3a gaat er van uit dat schakelstrengen random worden geformeerd, gemeten en opgeslagen in een magazijn. De voorwaarde die gesteld wordt aan het random formeren is dat er voor elke diameter snarenpakket een passende schakelstreng aanwezig is. Aan deze voorwaarde moet nog steeds voldaan worden als het laatste snarenpakket aangeboden wordt. Daarnaast is het gewenst dat het magazijn niet te groot wordt.

Middels een simulatie gaan we controleren of aan deze voorwaarde wordt voldaan. Zoals in bijlage 5 al is opgemerkt zijn voor het afrolgedrag van een schakel 3 schakelparameters van belang. Dit zijn de schakeldikte (s), de afstand zadel tot begin afronding (a) en de afrondingsstraal (R). In de simulatie wordt elke keer een set van deze parameters aangemaakt, voorstellende een schakel. Bij het kiezen van de parameters is rekening gehouden met de werkelijk optredende maten en spreiding. Voor de al eerder aangehaalde P821 band is dit (Bron: J v Liempd):

$$\begin{array}{ll} R_{\text{gemiddeld}} = \text{XXX mm} & \sigma_R = \text{XXXXX} \\ a_{\text{gemiddeld}} = \text{XXX mm} & \sigma_a = \text{XXXXX} \\ s_{\text{nominaal}} = 1,5 \text{ mm} & \sigma_s = \text{XXXXX} \quad (\text{Allen normaal verdeeld}). \end{array}$$

Van de schakeldikte s kan geen gemiddelde gegeven worden daar deze varieert per stansserie. In het programma is voor $s_{\text{gemiddeld}}$ drie maal een gebied aangenomen, te weten s_{minimaal} , s_{nominaal} en s_{maximaal} (met respectievelijke waarden voor $s_{\text{gemiddeld}}$: XXXXX, 1,500 en XXXXX mm).

De maten van de snarenpakketten die voor deze simulatie zijn gegenereerd, hebben een gemiddelde diameter van 189,5 mm met een σ van XXXXX mm. Dit houdt in dat het kleinste snarenpakket een diameter heeft van XXXXX mm en het grootste een diameter van XXXXX mm.

In de grafiek hiernaast, die ook in bijlage 6 te zien is, is aan de hand van de snarenpakketdia-

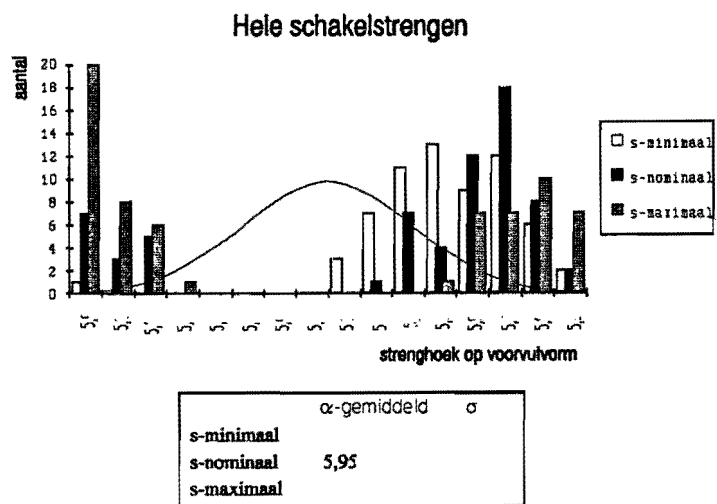
Afbeelding VII.1

meter de strenghoek te voorspellen (\pm XXXXXX) die op de voorvulvorm gezet moet worden. De strenghoeken die derhalve random geformeerd moeten worden, liggen tussen XXXXXX en XXXXXX radialen (verschil van XXXXXX radialen).

VII.2. Het random formeren van hele schakelstrengen

Als eerste wordt het formeren van hele strengen gesimuleerd. Aan een schakelstreng wordt steeds schakel toegevoegd tot de strenghoek de grens van $5,9477 - 0,00757$ radialen heeft overschreden (nominale strenghoek voor een snarenpakket minus de halve schakelhoek). Op deze manier lijkt het aannemelijk dat er een spreidingsgebied van strenghoeken ontstaat rond $5,9477$ radialen met de grootte van een schakelhoek.

In de afbeelding hiernaast zijn de resultaten van de simulatie te zien. Wat opvalt is dat de strengen in twee spreidingsgebiedjes uiteen vallen. De strengen in het groepje links zijn door het plaatsen van de laatste schakel net de vereiste minimumgrens gepasseerd. De strengen van het groepje rechts waren met hetzelfde aantal schakels nog niet zo ver en hebben een schakel extra gekregen. Zou bij



Afbeelding VII.2 random formeren van hele schakelstrengen

de strengen in het linkergebied een schakel worden opgeteld, dan zou een mooie normaalverdeling van de strengen te zien zijn met een veel kleiner spreidingsgebied dan verwacht (ongeveer XXXXX radialen). Op de achtergrond is de verdelingscurve getekend, zoals die gewent was (gelijk aan die van de aangeboden snarenpakketten). De gemiddelde hoek van de strengen bij s-nominaal ligt volgens verwachting niet bij XXXXXX radialen, maar bij een hoek van $5,95XX$ radialen. De spreidingsgebieden van de strenghoeken behorende bij de gekozen drie gebieden voor schakeldikte s vertonen onderling een kleine verschuiving. Op de grootte van de spreidingsgebieden hebben ze geen invloed. Samengevat komt het er op neer dat het spreidingsgebied van de strenghoeken uit elkaar valt in twee delen. In het middengebied worden geen schakelstrengen gevonden voor de aangeboden

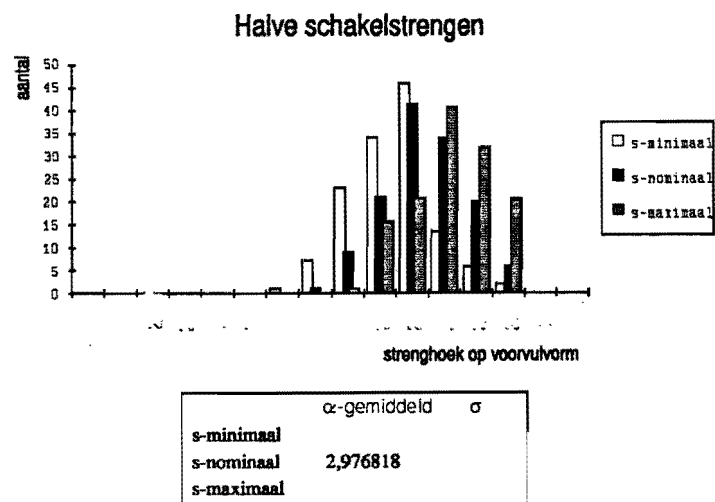


snarenpakketten. Er wordt derhalve niet voldaan aan de voorwaarde dat er voor elk snarenpakket te allen tijde een schakelstreng is. Het gemiddelde en de grootte van het spreidingsgebied komen niet overeen met de wens.

VII.3. Het random formeren van halve schakelstrengen

Een mogelijkheid voor het opvullen van het middengebied waar geen schakelstrengen worden gevonden is het formeren van de benodigde schakelstreng uit twee halve schakelstrengen. De gedachte hierachter is: door het samenvoegen van twee schakelstrengen kan het spreidingsgebied naar willekeur worden verdubbeld of geminimaliseerd.

Net zoals bij het random formeren van de hele schakelstreng ontstaat hier een spreidingsgebied dat kleiner is dan verwacht (zie afbeelding VII.3). Dit hoeft op zich niet bezwaarlijk te zijn. De voorwaarde die hier aan de spreiding wordt gesteld is dat hij minimaal groter is dan de halve spreiding die benodigd is voor de hele streng. Het gemiddelde van de strenghoeken moet dan wel op de juiste plaats liggen (= XXXXXX rad).



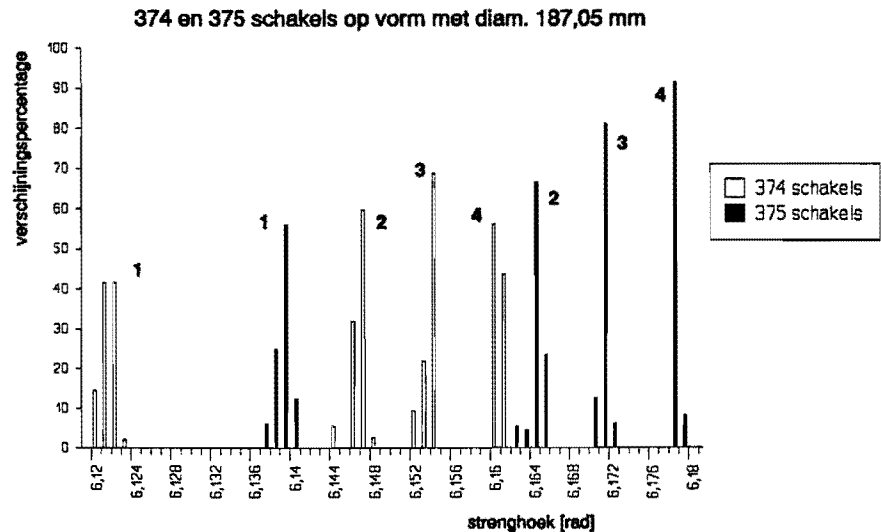
Afbeelding VII.3 random formeren van halve schakelstrengen

Dit is echter niet zo; in de figuur is een duidelijke verschuiving naar rechts te zien. De verschuiving ten opzichte van het gemiddelde is ongeveer even groot als die bij de hele strengen. De spreiding van de strenghoeken van de halve strengen zou statistisch gezien een $\sqrt{1/2}$ kleiner moeten zijn dan de spreiding van de hele strengen. Dit alternatief levert toch weer problemen met het bijeenzoeken van schakelstrengen voor de laatste snarenpakketten. Opdeling van de totale streng in meer dan twee delen zal geen heil brengen, omdat dit het gevaar van een te grote invloed van meetfouten met zich meebrengt.

VII.4. Verificatie van de simulatie

In werkelijkheid blijkt bij random formeren van schakelstrengen de spreiding per stansserie veel kleiner te zijn als was aangenomen. Om deze reden schuiven de gebieden van 374 en 375 schakels over elkaar en wordt geen

s c h e i d i n g
 waargenomen zoals
 in figuur VII.2. Als de
 stansseries door
 elkaar gemengd
 zouden worden en de
 meting werd nog een
 keer uitgevoerd, dan
 zou met alle
 waarschijnlijkheid dit
 beeld wel verkregen
 worden. Helaas was



Afbeelding VII.4 Verificatie random formeren

het niet mogelijk deze laatste veronderstelling te toetsen.

De ligging van de spreidingsgebieden is, net zoals in de verificatie van bijlage 6, niet zoals het model voorspelde. Daarentegen komt het beeld wat in afbeelding VII.2 werd getoond naar alle waarschijnlijkheid overeen met de werkelijkheid.

De getallen bij de kolommen in afbeelding VII.4 komen overeen met de metingen van de verificatie in bijlage 6.

VII.5. Discussie

Uit de bevindingen moet geconcludeerd worden dat alternatief 3a niet aan de voorwaarden voldoet. Ten eerste wordt dit veroorzaakt door een verkeerd liggend gemiddelde en ten tweede in het geval van de het formeren van hele schakelstrengen door een te klein spreidingsgebied.

Is het dan misschien mogelijk om door middel van een aanpassing deze tekortkomingen uit de wereld te helpen? De mogelijkheden zijn:

1 • Het gemiddelde van de diameters van de snarenpakketten aanpassen aan de gemiddelde strenghoek van de random geformeerde schakelstrengen.

De ligging van het spreidingsgebied van de random geformeerde schakelstrengen hangt af van de



gemiddelde dikte van de schakels. Deze gemiddelde dikte kan elke waarde aannemen tussen $s_{gem.min}$ en $s_{gem.max}$ en dus niet alleen de drie gekozen waarden bij deze simulatie. De benodigde verschuiving is dus geen vaste verschuiving. Deze aanpassing is niet reëel.

2 • Door het toevoegen van één of meerdere vulschakels het gemiddelde zo beïnvloeden, dat het op de juiste plaats komt te liggen.

Het is een mogelijkheid die echter wel met een behoorlijk risico gepaard gaat. Derhalve ongewenst.



Bijlage 8: Risico-analyse

De werkwijze die uit de verzameling alternatieven als beste is gekozen (alternatief 3b) wordt onderworpen aan een risico-analyse. Het doel is om in een vroeg stadium een uitspraak te doen over mogelijke oorzaken van buiten af, die de werkwijze kunnen frustreren.

De meest effectieve manier om een risico-analyse op te stellen, is met behulp van een tabel. Een voorbeeld van zo'n tabel staat op deze pagina. In de eerste kolom staan zaken die mogelijk fout kunnen lopen met in de kolom ernaast de mogelijke oorzaken. Dit zijn dus altijd oorzaken die van buiten het systeem komen. In kolom drie wordt van elke oorzaak de kans van voorkomen geschat in een schaal van 1 tot 10. Hoe hoger de kans, des te belangrijker is het dat de mogelijke oorzaak voorkomen wordt. Hoe dit gerealiseerd kan worden staat in kolom vier. Sommige problemen zijn hardnekkig en hebben zelfs na het nemen van maatregelen nog kans op verschijnen, de zogenaamde restkans. Voor deze problemen wordt als oplossing ook een noodmaatregel gegeven.

In de tabel hieronder staan een aantal van de potentiële problemen waarmee alternatief 3B behept is. Deze tabel moet gezien worden als een globaal voorbeeld.

RISICO ANALYSE

Mogelijk probleem	Oorzaak	Kans	Maatregel	Restkans	Noodmaatregel	
Oplossing wordt niet geaccepteerd	gevonden relatie wordt niet goed bevonden	2	proeven doen	1	ander alternatief kiezen	
Werkwijze wordt door omgeving gestoord						
<ul style="list-style-type: none"> Vreemd voorwerp tussen schakels 						
Verkeerde schake's	Fout bij voorgaand proces	5	} niet oriënteren bak afdekken automatisch verwijderen	0		
	Derden	3		0		
Ander voorwerp	Derden	1		0		
<ul style="list-style-type: none"> Vreemde snarenpakketten toegevoerd 	Derden	1	afdekken toevoer overkappen toevoer	0		
<ul style="list-style-type: none"> Beïnvloeding meetapparatuur door 						
Hitte	Weersomstandigheden	4	ijken isoleren	1		koelen
Trillingen	Externe bron	2	} isoleren	0		
	Triuvoeder	1		0		
<ul style="list-style-type: none"> Schake's vallen om / uit streng tijdens transport 	Trillingen	1	fixeren streng transport beter dempen	0		
<ul style="list-style-type: none"> Stoten / schokken 	Onvoorzichtigheid derden	2	} hekwerk plaatsen hekwerk plaatsen stootbalken plaatsen	1		noodstop machine
	omvallend voorwerp	1				
	Botsing rijdend voorwerp	1				



Bijlage 9: Faalkans analyse

Na het maken van een specificatie van het gekozen alternatief (3b), is een faalkans analyse gehouden. Hierin is onderzocht wat de nadelige effecten zijn van het falen van componenten. Men bedenkt daartoe op welke manieren de mechanismen in het bandenbouwsysteem kunnen falen en wat de gevolgen daarvan zijn. Aan de hand van deze lijst kunnen maatregelen worden voorgesteld ter verbetering van de werking van de mechanismen.

Net als bij de risico analyse is hier ook gebruik gemaakt van een tabel. Deze is gebaseerd op een standaardformulier dat gebruikt wordt bij Ford (de zogenaamde form for Failure Mode & Effects Analysis [6]).

Op twee van de in de tabel vermelde maatregelen wordt dieper ingegaan (gemarkeerd met *).

- In bijlage 4 is te lezen dat een van de zwakke punten van de oude bandenbouwmachine het aanmaken van de navulstreng is. In verband met meetfouten kwam het regelmatig voor dat een navulstreng werd aangemaakt met de verkeerde maat. Dit proberen we voor de nieuwe machine op de volgende manier te ondervangen. Als een bepaalde navulstrengmaat moet worden aangemaakt, dan worden alle schakels min één geselecteerd. Van de streng wordt de strenghoek bepaald en aan de hand van het verschil met de gewenste maat wordt de laatste schakel geselecteerd. De selectie van 'alle schakels min één' moet dusdanig zijn dat de laatste schakel alleen óf een normale óf een vulschakel kan zijn.
- In de conclusie van bijlage 5 zagen we dat als de diameter van de voorvulvorm niet veel groter is dan de nominale snarenpakketdiameter het mogelijk is een voorspelling te doen van de strengafmeting. In deze faalkans analyse wordt gepleit voor een voorvulvorm met een diameter die slechts enkele millimeters groter is dan die van de nominale snarenpakketdiameter. Op deze manier wordt voorkomen dat de volledige streng niet gesloten kan worden door omgevallen schakels.

De in deze bijlage gepresenteerde tabel is slechts een globaal voorbeeld.

FAALKANS ANALYSE

mechanisme	functie	mogelijke faaiwijze	oorzaak	faaleffect	freq.	importantie	prioriteitsgetal	maatregelen ter voorkoming
voorvulstation	schakels afzonderen oriënteren toevoeren	klem zitten schakel	verkeerde oriëntatie	stagnatie schakelstroom	9	5	45	detectie fout georiënteerde schakels
meetstation	meten strengthoek	verkeerd meten	verkeerd positioneren schakelstreng	foute duwband	1	10	10	positioneren van voorvulvorm en niet van produkt drager
			speling tussen schakels	foute duwband	3	10	30	met pulsen speling verdrijven
navulstation	schakels afzonderen oriënteren navulstreng samenstellen overzetten	klem zitten schakel verkeerde navulstreng uit elkaar vallen bij overzetten niet kunnen toevoeren	verkeerde oriëntatie	geen navulstreng	9	8	72	detectie fout georiënteerde schakels
			meetfout	foute duwband	8	10	80	nauwkeurig meten (gebogen streng) *
			geen goede grip	nogmaals streng maken	3	5	15	goed overzetmechanisme met voldoende grip
			omgevallen schakels	foute duwband	1	10	10	goede fixering voorgevulde streng
			gat op verkeerde plaats	weigering machine	3	8	24	positioneren van voorvulvorm
sluitmechanisme	complete streng van voorvulvorm tillen en sluiten	niet kunnen sluiten uit elkaar vallen bij tillen	omgevallen schakel	weigering mechanisme	4	8	32	diameter voorvulvorm zo dat niet veel ruimte over blijft *
			onvoldoende grip op schakelstreng	geen duwband				goed mechanisme ontwerpen
snarenpakket-plaatsmechanisme	snarenpakketten oriënteren en plaatsen	snarenpakketten passen niet	verkeerde streng verkeerde pakketten	geen/foute duwband	1	10	10	falen ander mechanisme doorgeven zodat juiste pakketten aanwezig zijn
transportsysteem	verplaatsen produkt drager door systeem	produkt drager komt niet aan	storing aandrijving	geen bandenbouw	1	10	10	zorgen voor hoge betrouwbaarheid
produkt dragers	dragen voorvulvorm met schakelstreng	streng komt niet heel aan	schokken	foute duwband	1	10	10	voldoende demping bij transport schakelstreng
stempel- en fixeerautomaat	stempelen & fixeren band	geen stempel geen fixatie	geen inkt geen clips	band niet afgewerkt	1	3	3	meldingsmechanisme installeren





Bijlage 10: Schatting kosten gemechaniseerd bandenbouwsysteem

X.1. Inleiding

In onderstaande wordt voor elk mechanisme in het voorgestelde bandenbouwsysteem een schatting gemaakt van het kostenplaatje dat er aan verbonden is. Per snarenlijn is een bandenbouwsysteem gepland. De capaciteit van een bandenbouwsysteem wordt derhalve gelijk aan die van een snarenlijn. Met inachtneming van een benuttingsgraad van 80%, is deze 250.000 banden per jaar = 1250 banden per dag (24 uur) = 1 per 69 seconden. De globale lay-out van het bandenbouwsysteem staat in afbeelding 3.1. Bij het maken van de schatting is zo veel mogelijk gebruik gemaakt van de werkelijk gemaakte kosten van machines van hetzelfde kaliber.

X.2. Beschrijving mechanismen & schatting kosten

X.2.1 Voorvulstation:

Functie: Afzonderen en oriënteren van de schakels uit een bulkvoorraad gevolgd door het plaatsen van de schakels op de voorvulvorm totdat de gewenste grens bereikt is.

Als per 69 seconden een band voorgevuld moet worden, dan moeten per minuut ongeveer 390 schakels geplaatst worden (= 6,75 per seconde). Bij de bepaling hiervan is rekening gehouden met de diameters van de duwbanden die men in de toekomst verwacht te produceren. De bottle-neck in dit station zit in het oriënteren van de schakels; de meeste trilvoeders die bij VDT gebruikt worden hebben een opbrengst van 100 schakels per minuut. Bij de berekening wordt voor het gemak gekozen voor vier van deze trilvoeders.

1 bulktank	10.000,-
4 transportgoten	5.000,-
4 trilvoeders + randapparatuur	32.000,-
4 transportgoten en schakeloverzetter	15.000,-

X.2.2 Meetstation:

Functie: Meten van de exacte strenghoek die zich op de voorvulvorm bevindt. Het ontvangen van de diameter van een binnenkomend snarenpakkettenpaar. Het omrekenen van deze twee tot een maat voor het navulstation.

1 positioneerinrichting voor draagblok	10.000,-
1 meetinrichting (optisch)	55.000,-
1 koppeling met meet- en selecteermachine	10.000,-



X.2.3 Navulstation

Functie: Het m.b.v. het signaal van het meetstation aanmaken van een navulstreng uit een bulkvoorraad gewone en vulschakels. Een overzetter plaatst de navulstreng op de voorvulvorm.

2 trilvoeders	16.000,-
2 transportgoten	2.500,-
1 schakeloverzetter	2.000,-
1 meetinrichting	10.000,-
1 strengoverzetter	10.000,-

X.2.4 Strengsluitmechanisme:

Functie: Dit mechanisme tilt de complete schakelstreng van de voorvulvorm en sluit deze. De streng wordt vastgehouden tot de snarenpakketten geplaatst zijn.

1 binnenring met opblaasbare band	5.000,-
2 sluitringen	10.000,-
geleidingen van mechanisme	15.000,-
1 overzetmechanisme naar stempel- en clipplaatser	10.000,-

X.2.5 Snarenpakketplaatsmechanisme:

Functie: Het van een lopende band nemen van de snarenpakketten (die paarsgewijs aankomen) en ze zonder beschadigingen in de goot van de gesloten schakelstreng plaatsen.

1 overzetter	20.000,-
2 pakketgrijpers	20.000,-

X.2.6 Stempel- en clipplaatser

Functie: Het stempelen (aangeven type en draairichting) en het met clips fixeren van de duwband.

1 stempelautomaat	10.000,-
1 cliptoevoer	7.500,-
geleidingen	10.000,-

X.2.7 Transportsysteem:

Functie: Transporteren van de produkt dragers van het ene bewerkingsstation naar het andere.

Het af te leggen traject langs de bewerkingsstations is ongeveer 6 meter lang (maal 2 voor retourbaan).

1 transportsysteem exclusief besturing	50.000,-
--	----------

X.2.8 Produktdrager met voorvulvorm:

Functie: Het transporteren van de schakelstreng in wording.

6 draagblokken	24.000,-
voor elke diameter 6 voorvulvormen	36.000,-

**X.2.9 Afscheiding:**

hekwerk	10.000,-
---------	----------

X.2.10 Besturing:

hardware	140.000,-
bekabeling	50.000,-
motoren	50.000,-

X.2.11 Ontwikkelingskosten:

software		100.000,-
algemeen	mechanisch	300.000,-
	elektrisch	150.000,-

X.2.12 Operators:

operators:	1,5 manjaar/machine a 60.000,- per manjaar
onderhoud:	0,3 manjaar/machine a 65.000,- per manjaar

X.2.13 Extra operators:

In paragraaf 1.3 is gesteld dat de facetcontrole van de snaren en de visuele controle van de schakels niet in de opdracht meegenomen wordt. Duidelijk moge zijn dat deze controles -nog- niet kunnen vervallen en derhalve wél in de kostprijs- en terugverdientijdberekening moeten worden meegenomen.

De geschatte kosten zijn:

facet-controle	1,2 manjaar/machine a 45.000,- per manjaar
schakelcontrole	0,3 manjaar/machine a 45.000,- per manjaar

Samengevat wordt dit:

MECHANISME		KOSTEN
	vooruistation	f.62.000,-
	meetstation	f.75.000,-
	navulstation	f.40.500,-
	strengsluitmechanisme	f.40.000,-
	snarenpakketplaatsmechanisme	f.40.000,-
	stempel- en clipplaatser	f.27.500,-
	transportsysteem	f.50.000,-
	produktdrager met voorvulvorm	f.60.000,-
	afscheiding	f.10.000,-
	besturing	f.240.000,-
	totaal	f.645.000,-
	+ 10% onvoorzien	f.64.500,-
		f.709.500,-
ontwikkelingskosten	f.550.000,- + 10% =	f.605.000,-
operators:	direct	f.90.000,-
	indirect	f.19.500,-
	extra	f.67.500,-



Bijlage 11: Berekening kostprijs en kapitaal-waarde

XI.1. kostprijsberekening handmatige bandenbouw

Als eerste wordt de kostprijs bepaald voor de handmatige montage van de duwbanden. Hierbij is gebruik gemaakt van een overzicht van de werkelijke kosten t/m periode 7 van 1993. Als uitgangspunt wordt genomen dat alles nieuw gekocht moet worden en dat in drie ploegen wordt gewerkt. Voor een produktievolume van 250.000 duwbanden zijn XXX manjaar aan arbeid nodig. De kosten verbonden aan de aanschaf van een werkplek zijn f.XXXXXX,-

Gemiddelde investering (XXX werkplek):	XXX.XXX,-
Directe Arbeid: XXX*XXXXXX :	XXX.XXX,-
Huisvesting :	XXX.XXX,-
Afschrijvingen (14,3%) :	XXX.XXX,-
Rente (10% van gem. verm.) :	XXX.XXX,-
Indirecte materialen :	XXX.XXX,-
Energie :	XXX.XXX,-
Doorbelasting andere afdelingen :	XXX.XXX,-
TOTAAL F.	X.XXX.XXX,-

prijs per band: f.XXXX

XI.2 Kostprijsberekening montage met bandenbouwsysteem

Bij deze berekening zijn de volgende aannames gedaan:

- De ontwikkelingskosten van het bandenbouwsysteem zijn over vier machines uitgesmeerd.
- Een bandenbouwsysteem neemt een vloeroppervlak in beslag van 45 m² (9 bij 5 meter).
- Het energieverbruik is f.XXXXX,- hoger genomen.
- Doorbelasting van andere afdelingen is f.XX.XXX,- lager genomen door een lagere behoefte aan indirecte arbeid. Toegevoegd is extra arbeid als gevolg van de controle van de snaren en schakels.

Gemiddelde initiële kosten:	151.250,-
Investering:	709.500,-
Directe Arbeid (1,5 mjr):	90.000,-
Huisvesting (f.XXXXX per m ²):	11.000,-
Afschrijvingen (14,3%):	123.100,-
Rente (10% van gem. verm.):	43.000,-
Indirecte materialen (f.XXXXX per band):	XXX.XXX,-
Energie:	XXX.XXX,-
Doorbelasting andere afdelingen:	XXX.XXX,-
Extra arbeid:	67.500,-
TOTAAL F.	X.XXX.XXX,-

prijs per band: f.XXXX

De terugverdientijd van dit project is:

$$\{(\text{gem. initiële kosten}) + (\text{investering})\} / \{(\Delta \text{ kostprijs})(250.000) + (\text{afschrijvingen}) + (\text{rente})\} = \underline{3,XX \text{ jaar}}$$



XI.3 Kostenverloop handmatige bandenbouw

Voor een jaarproductie van 1 miljoen duwbanden dient voor XXXX manjaar aan werk te worden verzet. Gekozen wordt voor een drie ploegendienst, zodat het aantal werkplekken tot XXX beperkt kan blijven. De aanschafprijs van een werkplek is f.XXXXXX,-. Besloten is de eerste twee jaar in één ploeg te blijven werken. In deze jaren zal respectievelijk in 4 en 3 werkplekken worden geïnvesteerd; in jaar 7 komen de laatste drie werkplekken. In jaar 3 zal de eerste twee-ploegendienst worden gedraaid; in jaar 5 de eerste drie-ploegendienst. Voor de fiscus wordt elk jaar 14,3% van het geïnvesteerde bedrag afgeschreven; voor de boekhouding slechts 10%.

directe arbeid 1 ploegendienst á f.XXXXXX,-
 directe arbeid 2 ploegendienst á f.XXXXXX,-
 directe arbeid 3 ploegendienst á f.XXXXXX,-
 indirecte arbeid per 7 werkplekken: 0,7 manjaar á f.XXXXXX,-

jaar	investering	loonkosten	afschrijving	huisvesting
1	4 werkplekken f. XXXXXXX,-	XXX mjr direct 1 ploeg 0,35 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
2	3 werkplekken f. XXXXXXX,-	XXX mjr direct 1 ploeg 0,70 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
3		XXX mjr direct 2 ploeg 0,70 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
4		XXX mjr direct 2 ploeg 0,70 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
5		XXX mjr direct 3 ploeg 0,70 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
6		XXX mjr direct 3 ploeg 0,70 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
7	3 werkplekken f.XXXXXX,-	XXX mjr direct 3 ploeg 1,05 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-
8		XXX mjr direct 3 ploeg 1,05 mjr indirect f. XXXXXXX,-	fiscaal: f. XXXXXXX,- boekhk: f. XXXXXXX,-	f. XXXXXXX,-

XI.4 Kostenverloop gemechaniseerde bandenbouw

Bij deze berekening wordt er van uitgegaan dat in 8 jaar de capaciteit geleidelijk van nul naar 1 miljoen banden per jaar zal worden uitgebreid. In de jaren 1, 3, 5 en 7 zal er geïnvesteerd worden. Voor de fiscus zal elk jaar 14,3% van het geïnvesteerde bedrag worden afgeschreven. In de boekhouding daarentegen, wordt elk jaar 10% van de aanschafprijs van de machine afgeschreven en in het eerste



jaar bovendien alle ontwikkelingskosten. Het vloeroppervlak dat ingenomen wordt door een bandenbouwsysteem is 45 m².

jaar	investering	loonkosten	afschrijving	huisvesting
1	1 mach. + ontw. kn. f. 1.314.500,-	0,75 mjr direct 0,15 mjr indirect 0,75 mjr extra f. 88.500,-	fiscaal: f. 188.000,- boekhk: f. 675.950,-	f. XXXXXX,-
2		1,5 mjr direct 0,3 mjr indirect 1,5 mjr extra f. 177.000,-	fiscaal: f. 188.000,- boekhk: f. 70.950,-	f. XXXXXX,-
3	1 machine f. 709.500,-	2,25 mjr direct 0,45 mjr indirect 2,25 mjr extra f. 265.500,-	fiscaal: f. 289.450,- boekhk: f. 141.900,-	f. XXXXXX,-
4		3,0 mjr direct 0,6 mjr indirect 3,0 mjr extra f. 354.000,-	fiscaal: f. 289.450,- boekhk: f. 141.900,-	f. XXXXXX,-
5	1 machine f.709.500,-	3,75 mjr direct 0,75 mjr indirect 3,75 mjr extra f. 442.500,-	fiscaal: f. 390.900,- boekhk: f. 212.850,-	f. XXXXXX,-
6		4,5 mjr direct 0,9 mjr indirect 4,5 mjr extra f. 531.000,-	fiscaal: f. 390.900,- boekhk: f. 212.850,-	f. XXXXXX,-
7	1 machine f.709.500,-	5,25 mjr direct 1,05 mjr indirect 5,25 mjr extra f. 619.500,-	fiscaal: f. 492.350,- boekhk: f. 283.800,-	f. XXXXXX,-
8		6,0 mjr direct 1,2 mjr indirect 12,0 mjr extra f. 708.000,-	fiscaal: f. 304.350,- boekhk: f. 283.800,-	f. XXXXXX,-

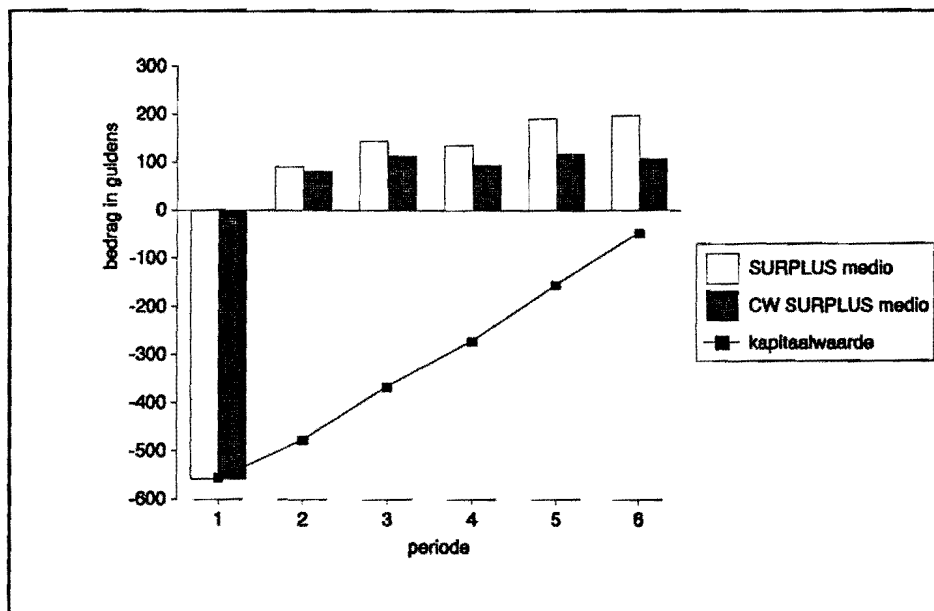
XI.5 Kapitaal-waarde berekening

Aan de hand van de hiervoor gepresenteerde tabellen zal een rentabiliteitsberekening worden uitgevoerd volgens de Kapitaal-Waarde methode [5]. Hieronder volgt een uitleg van de verschillende rubrieken die bij deze berekening voorkomen (zie de tabel op de volgende pagina).

1. ontvangsten exploitatie: de bedragen die worden bespaard door niet te investeren in een handmatige bandenbouwfdeling (loonkosten, afschrijvingen en huisvesting).
2. uitgaven exploitatie: de kosten die gemaakt moeten worden bij het investeren in een gemechaniseerde bandenbouwfdeling (loonkosten en huisvesting).
4. uitgave wegens aankoop bedrijfsmiddelen: is de aanschafprijs van een bandenbouweenheid.
6. fiscale waarde activa ultimo: de fiscale waarde van de aangeschafte artikelen aan het eind van voorgaand jaar. Ieder jaar wordt deze waarde verminderd met de fiscale afschrijving.
11. Liquidatiewaarde activa ultimo: boekwaarde van de artikelen aan het eind van voorgaand jaar.



project: gemech. bandenbouwsysteem i: 13% (voor belasting 20%)			periode					
			1	2	3	4	5	6
1	+ ontvangsten exploitatie		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
2	- uitgaven exploitatie		99	188	287	376	475	564
3	+ ontv. uit verkoop bedrijfsmiddelen							
4	- uitg. wegens aankoop bedrijfsmiddelen		1315		710		710	
5	OPERATIONELE GELDSTROOM voor belasting		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
6	Fiscale waarde activa ultimo	0	1315	1127	1648	1359	1779	1388
7	+ mutatie fiscale waarde activa - (Voorgaand jaar) + (Lopend jaar)		1315	-188	522	-289	420	-391
8	+ geldstroom	5	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
9	Belastbaar bedrag		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
10	VENNOOTSCHAPSBELASTING (35%)		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
11	Liquidatiewaarde activa ultimo na aftrek van belasting	0	710	639	1277	1135	1703	1490
12	Mutatie liquidatiewaarde activa $-(1+i)^{1/2}V_j + (1-i)^{-1/2}L_j$		667	-154	523	-290	395	-408
13	Geldstroom	8	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
14	Vennootschapsbelasting	10	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
15	Mutatie liquidatiewaarde	12	667	-154	523	-290	395	-408
16	SURPLUS medio		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
17	CW-SURPLUS medio periode 1		XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX
18	Kapitaalwaarde		-55X	-47X	-36X	-27X	-15X	-4X
19	CW-factor bij rentabiliteitseis van 13% na aftrek belasting		1	0,88496	0,78315	0,69305	0,61332	0,54276



Op het moment dat de lijn van de kapitaalwaarde de horizontale as snijdt, dan is de rentabiliteit van het project gelijk aan het gestelde percentage. Deze lijn geeft geen terugverdiëntijd weer!



Bijlage 12: Principeschetsen van de mechanismen

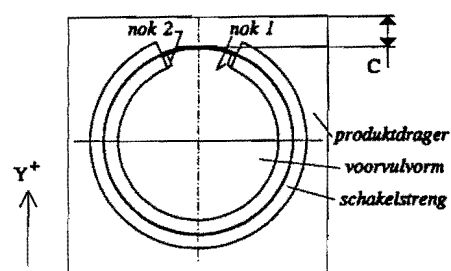
In deze bijlage volgt een presentatie van de tijdens het onderzoek verkregen ideeën over de mogelijke werking van de verschillende mechanismen. Aan de hand van een cyclus van de produktdrager door het systeem zal worden beschreven welke handelingen worden verricht.

XII.1 Produktdrager & voorvulvorm

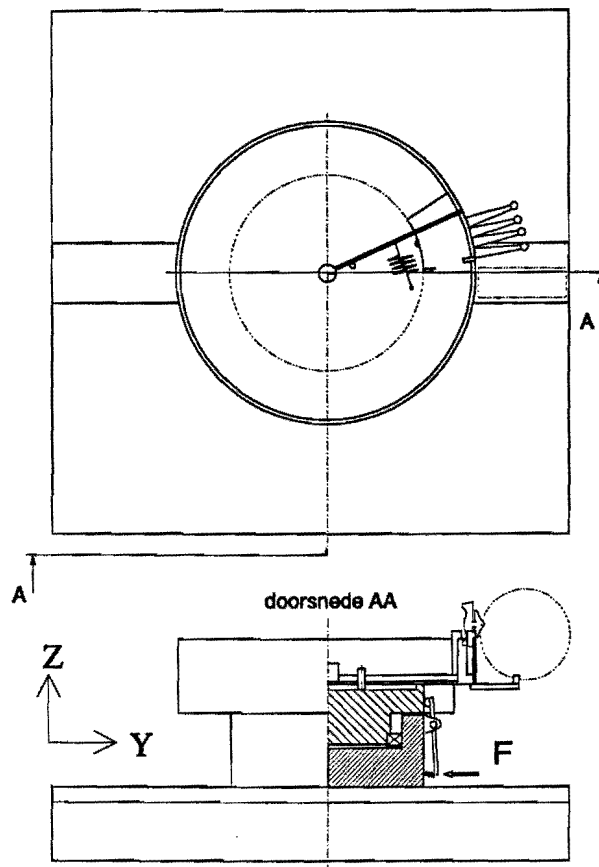
De voorvulvorm is een ronde schotel met opstaande rand die dient als transporteenheid van de schakelstreng in wording. In het x-y vlak kan hij om zijn as roteren. Voor elke diameter duwband is in principe een andere diameter voorvulvorm. De voorvulvorm is gemonteerd op een produktdrager; deze is universeel. De diameter van de voorvulvorm is $4,8 \pm 0,1$ mm groter dan de nominale snarenpakketdiameter. Hiermee wordt extra ruimte gecreëerd voor nog nader te beschrijven handelingen en functies. In het totale systeem circuleren ongeveer 8 produktdragers met een voorvulvorm van dezelfde diameter. (Zie afbeelding XII.2)

Het bandenbouwsysteem is zo ongevoelig mogelijk gemaakt voor de te produceren banddiameter. De reden achter dit besluit is dat er meer verschillende diameters banden zullen worden geproduceerd dan er verschillende soorten schakels zijn. Twee afspraken die hebben bijgedragen tot deze ongevoeligheid zijn de volgende (zie afbeelding XII.1).

1. De afstand van de rand van de produktdrager tot de rand van de voorvulvorm aan de kant van de bewerkingsstations is voor alle voorvulvormen constant. De bewerkingsstations zullen, als ze de produktdrager positioneren, de rand van de voorvulvorm altijd op dezelfde y-coördinaat aantreffen. De produktdrager moet derhalve een voorziening hebben om het middelpunt van de verschillende voorvulvormen op een ander y-coördinaat te kunnen fixeren.
2. De voorvulvorm die normaal gesproken vrij kan roteren om zijn symmetrie-as, kan in een bepaalde stand worden vergrendeld. De voorvulvorm is dan zo gedraaid, dat het stuk voorvulvorm wat na het voorvullen nog leeg is, in de y^+ richting is gedraaid. De bewerkingsstations zullen, als ze de produktdrager positioneren, het gat in de schakelstreng altijd op dezelfde x- en y-coördinaten terugvinden.



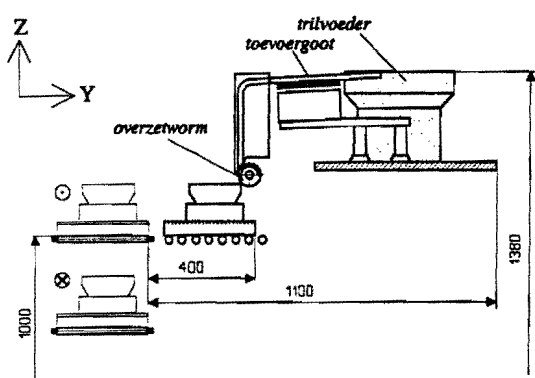
Afbeelding XII.1 Vorm na het voorvullen in geblokkeerde stand.



Afbeelding XII.2 Principeschets voorvulvorm en produktdrager

XII.2 Voorvulstation

De produktdrager wordt vanuit de transportbaan in één van de vier voorvulstations gebracht, gepositioneerd en gefixeerd (voor de berekening van het aantal vier zie bijlage 10.2.1). De rotatieblokkering wordt weggenomen en de voorvulvorm wordt door het voorvulstation gedraaid tot nok 1 zich precies onder de uitgang van het voorvulstation staat. Uit deze uitgang komen één voor één georiënteerde schakels die uit een bulkvoorraad afkomstig zijn. De eerste georiënteerde schakel wordt vervolgens rechts tegen nok 1 (dikte 4 mm) geplaatst, die omvallen van de schakels moet voorkomen. Tijdens het plaatsen van de schakels wordt



Afbeelding XII.3 Principeschets voorvulstation



de voorvulvorm automatisch verder gedraaid. In het verleden is dit één voor één plaatsen van de schakels en het geleidelijk doordraaien bereikt met een wormwiel (zie afbeelding IV.2). Als de voorvulgrens bereikt wordt stopt de schakeltoevoer en wordt de voorvulvorm doorgedraaid tot de rotatieblokkering in functie treedt. Nok 2 (dikte 4 mm) staat na het stoppen van de toevoer van schakels dicht genoeg bij de laatste schakel om te voorkomen dat hij kan omvallen. Nok 2 kan zich langs de rand van de voorvulvorm om een vast punt verplaatsen met een bewegingsvrijheid van ± 2 mm. Een veer zorgt er voor dat nok 2 altijd zo ver mogelijk (binnen de gestelde bewegingsvrijheid) in de richting van nok 1 wordt geduwd (zie afbeelding XII.2). De schakels staan op de voorvulvorm nop-in-kuil met de kop naar buiten en de noppen linksom gericht.

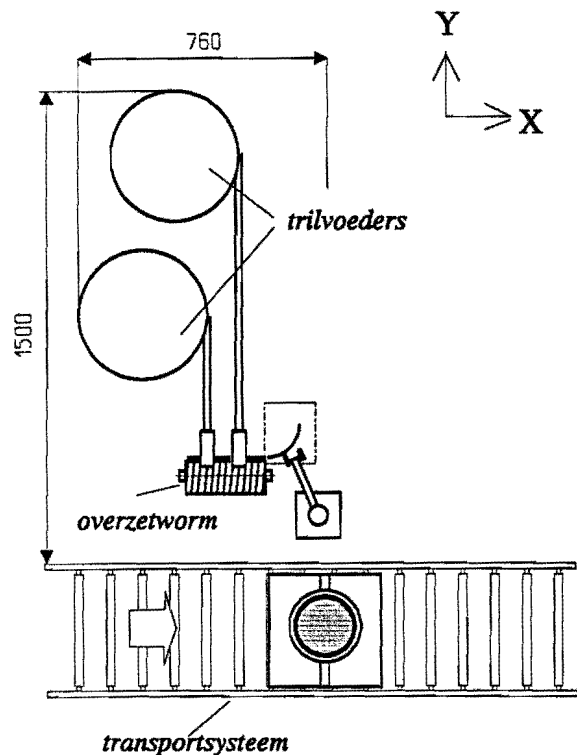
XII.3 Meetstation

Na het voorvullen vindt transport plaats naar het meetstation. De produktdrager wordt in het meetstation getrokken, gepositioneerd en gefixeerd. Als eerste wordt een voorziening aangebracht die voorkomt dat de schakelstreng kan uitbuigen. Dit uitbuigen houdt in dat de bovenkant van de schakelstreng als het ware op een grotere diameter gaat staan. Nadat twee aanslagen tegen de nokken aangebracht zijn wordt de rotatieblokkering opgeheven en de benodigde meetkracht aangebracht. Deze kracht is groot genoeg om nok 2, tegen de veerkracht in, tegen de laatste schakel te duwen. Met een trilling of enkele pulsen, gecombineerd met de meetkracht, wordt de speling tussen de schakels uitgedreven. De meting zal plaatshebben met behulp van een camera-meetsysteem (benodigde nauwkeurigheid 0,025 radialen). Om dit te kunnen bewerkstelligen moet er onder het gedeelte van de voorvulvorm waar gemeten wordt een gat zitten ten behoeve van de benodigde meetapparatuur. Na de meting wordt de rotatiebeperking weer actief gemaakt en de produktdrager richting transportbaan gestuurd.

XII.1.4 Navulstation

Bij het navulstation wordt de produktdrager op het transportsysteem tegengehouden. Tijdens het transport van de produktdrager ontvangt de besturing de gemeten strenghoek en de diameter van een in het systeem binnenkomend snarenpakkettenpaar. Hieruit bepaalt hij de grootte van de benodigde navulstreng. Deze navulstreng wordt aangemaakt uit twee bulkvoorraden met schakels die 0,1 mm in dikte verschillen. Met een overzetter wordt de streng op de voorvulvorm tussen nok 1 en 2 gezet. De schakels van de navulstreng wijzen net als de andere schakels met de kop naar buiten en de noppen zijn linksom gericht. De ruimte tussen de nokken is dusdanig groot dat de navulstreng altijd makkelijk

geplaatst kan worden, maar dat de schakels niet kunnen omvallen. De produktdrager vervolgt zijn weg in de richting van het strengsluitmechanisme. Het is erg belangrijk dat het navulstation betrouwbaar functioneert. De moeilijkheid is dat een navulstreng moet worden aangemaakt die een bepaalde hoek heeft met schakels waarvan alleen de dikte bekend is. Om de gewenste betrouwbaarheid te kunnen verzekeren zal het navulstation geijkt moeten worden.



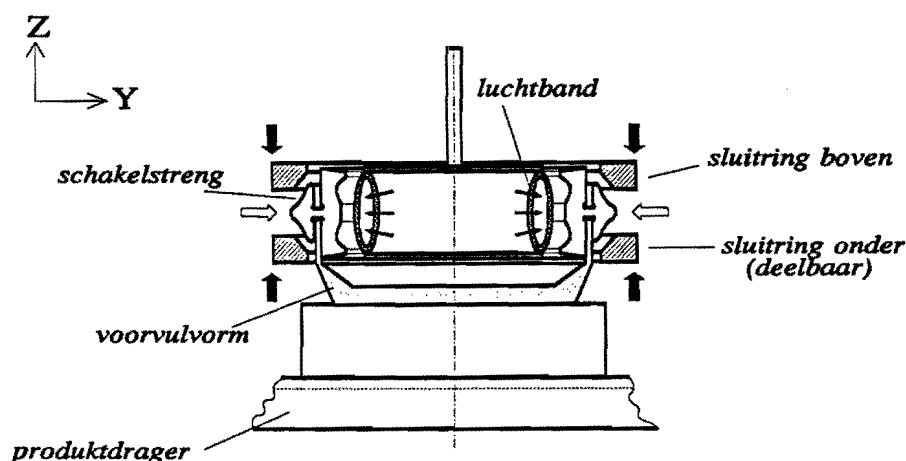
XII.1.5 Strengsluitmechanisme, pakketgrijpers & bandoverzetter

Afbeelding XII.4 Principeschematische afbeelding navulstation

Bij het strengsluitmechanisme wordt de produktdrager gestopt. Het strengsluitmechanisme bestaat uit een luchtband en twee aan de binnenzijde conisch toelopende ringen. De ringen worden aan de boven- en onderzijde tegen de schakelstreng geplaatst. De luchtband wordt aan de binnenzijde van de schakelstreng in positie gebracht en opgeblazen. De schakelstreng is nu geheel gefixeerd en kan van de voorvulvorm worden getild. De produktdrager vervolgt zonder schakelstreng zijn weg en keert terug naar het begin van het systeem. Door langzaam de luchtband leeg te laten lopen en tegelijkertijd de ringen naar elkaar toe te bewegen, worden de schakels naar een kleinere diameter geduwd en wordt de schakelstreng gesloten (zie afbeelding XII.5). De sluitringen zijn zo ontworpen dat als de streng gesloten is de goten aan weerszijden van de schakelstreng vrij liggen. De pakketgrijpers hebben in de tussentijd de bij de streng horende snarenpakketten van de toevoerband genomen. Deze grijpers moeten er voor zorgen dat de snarenpakketten in ronde vorm kunnen worden aangeboden. Als de schakelstreng gesloten is, worden de snarenpakketten geplaatst. Het plaatsen van de snarenpakketten wordt vereenvoudigd als de ringen naar elkaar toe worden geknepen. De schakelstreng krijgt dan een iets kleinere diameter, waardoor de pakketten minder snel op de flanken van de schakels blijven hangen. (De hiervoor benodigde kracht is ± 400 N).



Een overzetter neemt de complete duwband over van het strengsluitmechanisme en brengt deze binnen bereik van de stempel- en clipplaatser.



Afbeelding XII.5 Principeschematische strengsluitmechanisme

XII.6 Stempel- en clipplaatser

Terwijl de bandoverzetter de duwband nog vast heeft wordt een stempel op de duwband gezet die de draairichting en een serienummer geeft. Hiervoor zou gebruik gemaakt kunnen worden van de huidige stempelautomaten. Twee clips worden op de band geplaatst om te voorkomen dat hij weer uit elkaar valt.

XII.7 Extra voorziening

- Eindspeling steekproefsgewijs controleren:

De besturing van het bandenbouwsysteem selecteert per serie vijf banden waarvan de eindspeling met de hand gecontroleerd dient te worden. Middels een uitdraai geeft de besturing de te verwachten eindspelingsmaten.



Bijlage 13: Kapitaal-waarde berekening per deelproject

In dit gedeelte zal worden berekend wat de rentabiliteit van elk deelproject is. Om hiertoe in staat te zijn, zullen eerst de kosten van handmatige bandenbouw en mechanische bandenbouw verbijzonderd moeten worden. Voor de handmatige bandenbouw zullen de kosten naar elke deelbewerking worden verbijzonderd; voor de mechanische bandenbouw naar elk deelproject.

XIII.1 Kosten handmatige bandenbouw naar deelbewerking verbijzonderd

INDELING CYCLUSTIJD BANDENBOUW (SCHATTING)				
facetcontrole	22%			
stempelen streng	5%	▷	7,4%	⇒ XXX mjr
plaatsen schakels	19%	▷	27,9%	⇒ XXX mjr
plaatsen pakketten	9%	▷	13,3%	⇒ XXX mjr
meten eindspeling	6%	▷	8,8%	⇒ XXX mjr
corrigeren	23%	▷	33,8%	⇒ XXX mjr
controle oren	5%			
controle snaren	5%			
plaatsen clips	6%	▷	8,8%	⇒ XXX mjr
	100%		100%	XXX mjr

Tabel 1

voorvullen	XXX mjr
meten	XXX mjr
navullen	XXX mjr
streng sluiten & pakketten plaatsen	XXX mjr
stempelen & clips plaatsen	XXX mjr

In tabel 1 worden de schattingen van de indeling van de cyclustijd van de huidige handmatig bandenbouw, omgerekend naar een indeling voor de toekomstige bandenbouw. Het totaal van XXX manjaar aan arbeid, is nodig voor een produktievolume van 250.000 banden per jaar.

XIII.2. Kosten mechanische bandenbouw naar deelproject verbijzonderd

In onderstaande tabel staat een overzicht met de kosten van een bandenbouwsysteem verbijzonderd naar elk deelproject (zie bijlage 10). De geschatte kosten voor de voorvulvormen,

vv = voorvulvorm
pd = produktdrager
tps = transportsysteem

over.kn. = overige kosten
ontw.kn. = ontwikkelingskosten
huisv. = huisvesting

Tabel 2

	kosten	doorbelasting					TOTAAL						
		v	VVV & PD	v	TPS	over.kn.		v	ontw.kn.	v	arbeid	v	huisv.
deelproject 1	112.750	6	49.500	9	49.500	68.750	280.500	3	181.500	14	61.320	X	XXXX
deelproject 2	82.500	1	8.250	0	0	68.750	159.500	3	181.500	4	17.520	X	XXXX
deelproject 3	88.000	1	8.250	0	0	68.750	165.000	2	121.000	3	13.140	X	XXXX
deelproject 4	30.250	0	0	1	5.500	68.750	104.500	2	121.000	4	17.520	X	XXXX
							709.500		605.000		109.500		XXXX



produkt dragers en het transportsysteem worden volgens bepaalde verdeelsleutels verdeeld over de deelprojecten. De overige kosten zijn evenredig over de deelprojecten uitgestreken. Bij de verdeling van de ontwikkelingskosten is gekeken naar de hoeveelheid nog te verrichten onderzoek per deelproject. De verdeelsleutels staan steeds voor de kolom met de desbetreffende kosten vermeld.

XIII.3 Kapitaal-waarde berekening deelprojecten

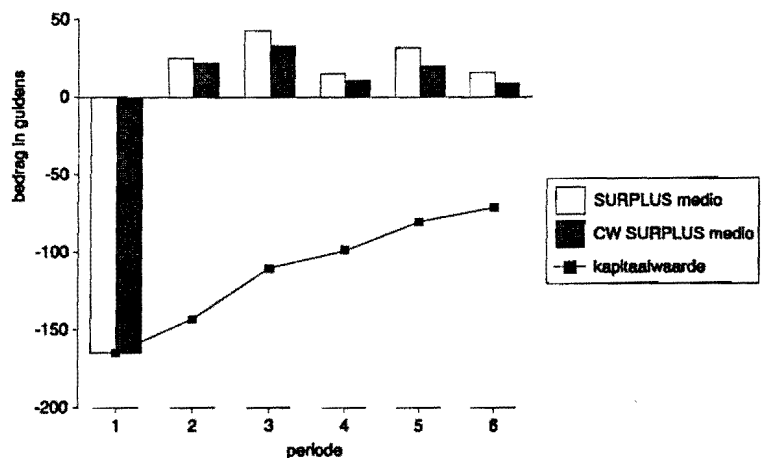
XIII.3.1. Handmatige montage & deelproject 1

Het combineren van de mechanismen van dit deelproject met handmatige bandenbouw levert enige problemen op. Het navulstation kan niet functioneren binnen deze configuratie, omdat deze gestuurd wordt door het meetstation. Daarnaast zal, in verband met het ontbreken van het strengsluitmechanisme, van voorvulvormen gebruik gemaakt moeten worden die de diameter van een nominaal snarenpakket hebben. Extra moet een mechanisme worden toegevoegd die helpt bij het overzetten van de voorgevulde schakelstreng van de voorvulvorm op een snarenpakket.

Door invoering van dit deelproject wordt op de arbeid XXX manjaar bespaard (zie tabel 1) en vervalt de investering in de werkplekken. Daar tegenover staat dat extra kosten gemaakt moeten worden voor de aanschaf van materialen voor de andere bewerkingen en het overzetmechanisme voor de schakelstreng.

kosten deelproject 1	f.280.500,-
extra kosten	f.94.500,-
ontwikkelingskosten	f.181.500,-
arbeid: deelproject 1	f.61.320,-
handarbeid: XX manjaar	f.XXXXX,-
afschrijving	14,3%
huisvesting	f.XXXXX,-
investeringen in jaar 1, 3, 5 en 7	

Afbeelding XIII.1
Risico profiel van deel-
project 1



Uit het risico-profiel in afbeelding XIII.1 blijkt dat deelproject 1 ver onder de gestelde rentabiliteitseis van 13% blijft. De oorzaak zit voornamelijk in de hoge aanschafkosten.

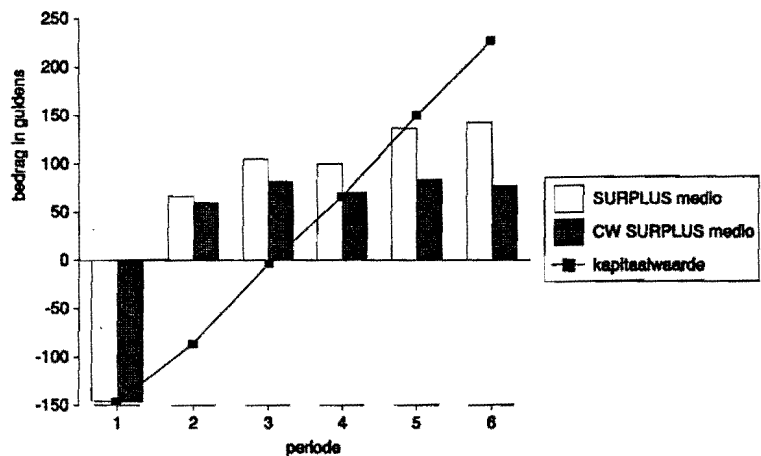
XIII.3.2. Handmatige montage & deelproject 2

Het meetmechanisme is makkelijker in te voeren dan deelproject 1. Echter, er moet wel gebruik gemaakt worden van voorvormen, om dezelfde reden als hiervoor genoemd, en van een schakeloverzetmechanisme. Navullen kan goed met de hand worden gedaan, waarbij het meetmechanisme telkens aangeeft hoe groot de navulstreng moet zijn. Deze kan overigens pas worden geplaatst als de voorgevulde streng op het snarenpakket gezet is.

Door invoering van dit deelproject wordt op de arbeid XXX manjaar bespaard (zie tabel 1), door het vervallen van het corrigeren van de eindspeling. Daar tegenover staat dat extra kosten gemaakt voor het maken van voorvormen en het overzetmechanisme voor de schakelstreng.

kosten deelproject 2	f.159.500,-
extra kosten	f.202.500,-
ontwikkelingskosten	f.181.500,-
arbeid: deelproject 2	f.17.520,-
handarbeid: XX manjaar	f.XXXXX,-
afschrijving	14,3%
huisvesting	f.XXXXX,-
investerings in jaar 1, 3, 5 en 7	

Afbeelding XIII.2
Risico profiel van deelproject 2



Uit het risico-profiel in afbeelding XIII.2 blijkt dat deelproject 2 bijzonder snel een rentabiliteit bereikt die boven 13% blijft. Hier is in feite duidelijk te zien hoe hoog de kosten van het meerdere malen plaatsen van snarenpakketten en substitueren van schakels oplopen.

XIII.3.3. Handmatige montage & deelproject 3

De mechanismen van deelproject 3 zorgen er voor dat een complete schakelstreng gesloten wordt en dat de juiste snarenpakketten in de goten worden geplaatst. Het op maat maken van een schakelstreng voor een bepaald snarenpakket kan alleen als er een meetmechanisme is. Oftewel deelproject 3 heeft geen nut als er deelproject 2 nog niet is ingevoerd.

Om toch een idee te krijgen of het nuttig is om deelproject 3 in te voeren, zal deze voor de berekening gecombineerd worden met deelproject 2.

Door invoering van beide deelprojecten wordt op de arbeid XXX manjaar bespaard (zie tabel 1) door

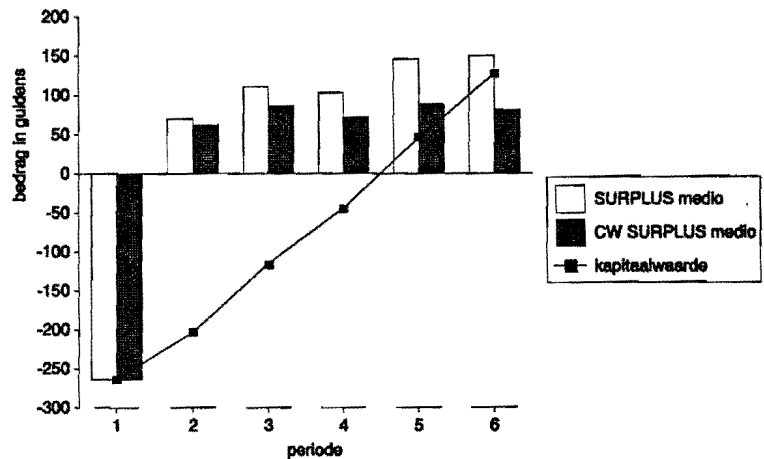


het vervallen van het corrigeren van de eindspeling en het plaatsen van de pakketten. Daar tegenover staat dat extra kosten gemaakt moeten worden voor het maken van de voorulvormen (met een diameter > nominaal snarenpakket).

kosten deelproject 2+3	f.324.500,-
extra kosten	f.202.500,-
ontwikkelingskosten	f.302.500,-
arbeid: deelproject 2+3	f.30.660,-
handarbeid: XX manjaar	f.XXXXX,-
afschrijving	14,3%
huisvesting	f.XXXXX,-
investerings in jaar 1, 3, 5 en 7	

Afbeelding XIII.3

Risico profiel van deelproject 2+3



Uit het risico-profiel in afbeelding XIII.3 blijkt dat deelproject 3 het risico-profiel van deelproject 2 drukt. De oorzaak hiervan moet meer gezocht worden in de richting dat deelproject 2 erg snel een erg hoge rentabiliteit haalt.

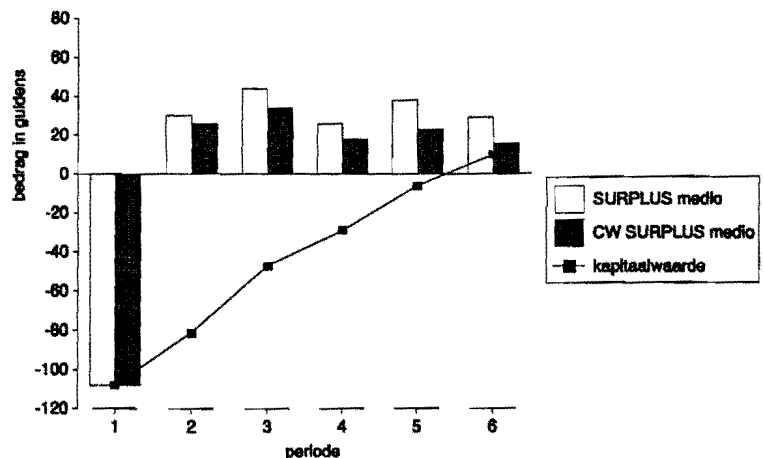
XIII.3.4. Handmatige montage & deelproject 4

De combinatie van deelproject 4 en de handmatige bandenbouw stuit op geen enkel bezwaar; het gaat immers om de afwerking van een gemonteerde band.

kosten deelproject 4	f.104.500,-
extra kosten	f.167.500,-
ontwikkelingskosten	f.121.000,-
arbeid: deelproject 4	f.17.520,-
handarbeid: XX manjaar	f.XXXXX,-
afschrijving	14,3%
huisvesting	f.XXXXX,-
investerings in jaar 1, 3, 5 en 7	

Afbeelding XIII.4

Risico profiel van deelproject 4





Door invoering van dit deelproject wordt op de arbeid XXX manjaar bespaard (zie tabel 1). De investeringskosten van een werkplek worden verlaagd door het wegvallen van de stempelautomaten. Het risico-profiel in afbeelding XIII.4 snijdt binnen een redelijke tijd de horizontale as.



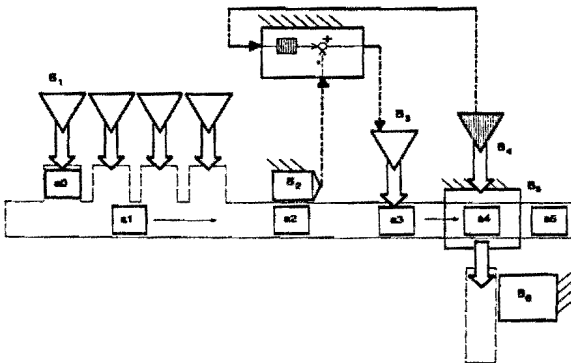
Bijlage 14: Alternatieve uitbreiding van het bandenbouwsysteem

XIV.1 Schatting van de cyclustijden

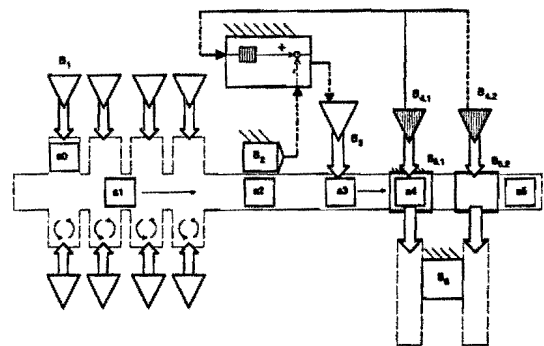
Tijdens het specificeren van de globale lay-out, zijn schattingen gemaakt van de cyclustijden van de verschillende mechanismen in het bandenbouwsysteem. De bevindingen staan hieronder.

VOORVULSTATION	($T_c = 400$ sec)
MEETSTATION	($T_c = 15$ sec)
NAVULSTATION	($T_c =$ aanmaken 14 sec; overzetten 5 sec)
STRENGSLUITMECHANISME	($T_c = 30$ sec)
PAKKETTENPLAATSMECHANISME	($T_c = 22$ sec)
STEMPEL- EN CLIPPLAATSER	($T_c = 9,5$ sec)

Het voorvulstation komt deze meervoudig in een bandenbouwsysteem voor om aan de gewenste cyclustijd van 69 seconden te kunnen voldoen. Een beschouwing van de andere mechanismen laat zien dat de cyclustijden erg laag liggen. Het is zelfs zo dat een cyclustijd kan worden gehaald die twee maal zo snel is dan de benodigde 69 seconden. Zou het aantal voorvulstations verdubbeld worden, dan kan de capaciteit van het systeem ook verdubbelen (voor weinig geld). Een nadeel is dat een stuk aan flexibiliteit wordt ingeboet.



Afbeelding XIV.1 capaciteit 250.000 bnd/jr



Afbeelding XIV.2 dubbele capaciteit: 500.000 bnd/jr

XIV.2 Alternatieve uitbreiding

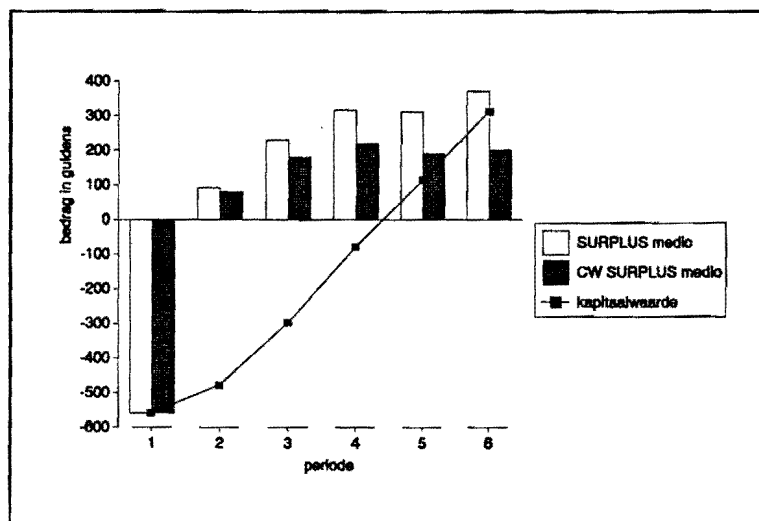
Om toch enige flexibiliteit te behouden is een opstelling als afbeelding XIV.2 mogelijk. De enige mechanismen in het gemechaniseerde bandenbouwsysteem die wel diameter gevoelig zijn zitten in deelproject 3, oftewel het strengsluitmechanisme, de pakketgrijpers en de bandoverzetter. Als deze stations dubbel worden uitgevoerd, kunnen tegelijkertijd banden van twee verschillende diameters worden geproduceerd (mits deze banden wel dezelfde schakel hebben).



XIV.3 Gevolgen voor het systeem

Om het bandenbouwsysteem van 250.000 banden per jaar op te voeren naar een half miljoen is de volgende investering nodig.

1 bulktank	10.000,-
4 transportgoten	5.000,-
4 trilvoeders + randapparatuur	32.000,-
4 transportgoten en schakeloverzetter	15.000,-
1 binnenring met opblaasbare band	5.000,-
2 sluitringen	10.000,-
geleidingen van mechanisme	15.000,-
1 overzetmechanisme de stempel- en clipplaatser	10.000,-
1 overzetter	20.000,-
2 pakketgrijpers	20.000,-
1 stempelautomaat	10.000,-
1 cliptoevoer	7.500,-
geleidingen	10.000,-
1 transportsysteem exclusief besturing	50.000,-
6 draagblokken	24.000,-
voor elke diameter 6 voorulvormen	36.000,-
uitbreiding besturing	50.000,-
onvoorzien	<u>20.500,-</u>
	350.000,-



Als deze risico-curve wordt vergeleken met de curve in bijlage XI.5 is duidelijk te zien welk verschil het opvoeren van het bandenbouwsysteem teweegbrengt. Bij het ontwerpproces van de verschillende mechanismen moet daarom, zeker worden gekeken of een cyclustijd van 34 seconden gehaald kan worden.



Bijlage 99: Woordenlijst VDT termen

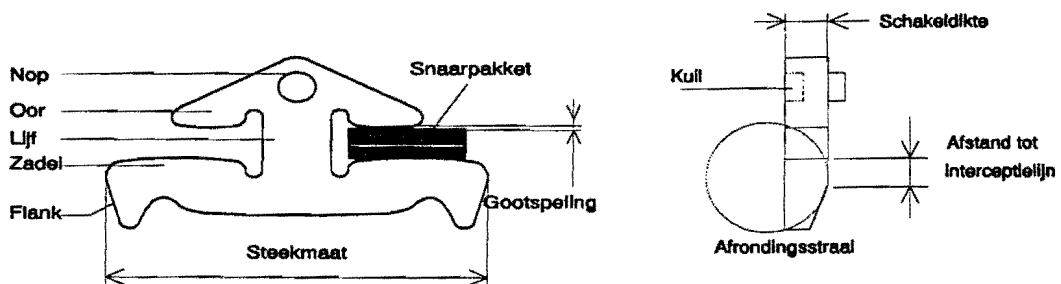
EINDSPELING: De hoeveelheid ruimte die tussen twee schakels over mag blijven, na het plaatsen van de snarenpakketten. Deze speling wordt gemeten door een voelermaat op en bepaalde manier tussen twee schakels te steken. Voor de nieuwe generatie duwbanden is deze speling ($XXX \pm XXX$ millimeter). Juiste meting van deze speling vereist enige oefening.

MEET- EN SELECTEERMACHINE: Machine waar snaren los worden ingevoerd en waar snarenpakketten uitkomen. De machine meet van elke snaar de zogenaamde T-maat (= maat voor diameter) en bergt deze op in een groot magazijn. Aan de andere kant van dit magazijn staat een robot die de snaren op een dusdanige wijze selecteert dat uiteindelijk twee identieke snarenpakketten ontstaan (met een maximaal diameterverschil van de binnenste snaren van XX mm).

NAVULSTRENG: De verzameling schakels, bestaande uit gewone schakels en vulschakels, die nodig is om een voorgevulde streng schakels te completeren tot de maat die gewenst is.

OPENEN OF SLUITEN VAN EEN SCHAKELSTRENG: Sluiten van een schakelstreng wil zeggen het op de juiste diameter buigen van de schakelstreng, zodat de snarenpakketten geplaatst kunnen worden. Openen, daarentegen, is het naar een grotere diameter buigen van de schakelstreng teneinde ruimte te creëren voor het plaatsen van de navulstreng.

RANDSCHAKEL: Schakel aan het begin of einde van een rij schakels (krom of recht).



Afbeelding IC.1 twee aanzichten van een schakel met de meest belangrijke terminologie

SCHAKEL: In afbeelding IC.1 staan twee aanzichten van een schakel met vermelding van de belangrijkste termen. Schakels worden uit een laag gelegerde staalsoort gestanst en worden voor een hogere weerstand gehard. Schakels worden aangegeven met een typenummer dat als volgt wordt weergegeven: [steekmaat] / [aantal snaren in snarenpakket]. Bijvoorbeeld 24/6.

SCHAKELSTRENG of STRENG: Rij van achter elkaar staande schakels (nop in kuil)

SNARENPAKKET of PAKKET: Verzameling van snaren, oftewel nauwkeurig in elkaar passende dunne ringen met een dikte van 0,185 millimeter, vervaardigd uit Maraging staal. De snaren zijn slap, hetgeen het snarenpakket erg buigzaam maakt. Ondanks deze slappe kunnen de snaren wel een hoge

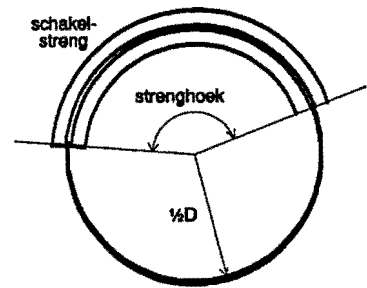
trekbelasting opnemen. Het aantal snaren in een pakket is 6, 9 of 12 stuks. De binnendiameter van de binnenste snaar bepaalt eveneens de diameter van de duwband. Deze diameter kan per klant verschillend zijn.

STRENGHOEK: De hoek die een gebogen schakelstreng inneemt op een bepaalde diameter (gemeten op de zadelhoogte van de schakels).

VOORVULLEN: Het plaatsen van schakels op een snarenpakket of een voorvulvorm, tot een bepaalde maat die niet gelijk is aan de benodigde maat voor een juiste eindspeling.

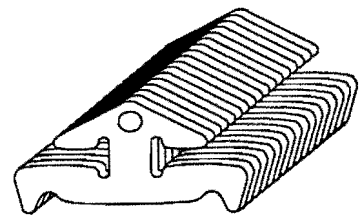
VOORVULVORM: Ronde vorm waarop schakelstrengen worden geformeerd. Het voordeel van het gebruik van een voorvulvorm boven een snarenpakket is dat de snarenpakketten niet kunnen beschadigen door het plaatsen van schakels. Daarnaast is het plaatsen van de laatste schakels makkelijker als de voorvulvorm een diameter heeft die groter is dan de nominale diameter van een snarenpakket.

VULSCHAKEL: Speciale schakel die zich onderscheidt ten opzichte van een normale schakel door een afwijkende dikte (tot op heden was dat steeds 0,1 millimeter dunner).



Afbeelding 18

Strenghoek



Afbeelding 19

Schakelstreng