

Het ontwerpen van vierhoekige schouders

Citation for published version (APA):

Molenaar, J. (1992). *Het ontwerpen van vierhoekige schouders*. (IWDE report; Vol. 9212). Technische Universiteit Eindhoven.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1992

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

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
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.



Technische
Universiteit
Eindhoven

Instituut Wiskundige Dienstverlening Eindhoven

Rapport IWDE 92-12

Het ontwerpen van Vierhoekige Schouders

J. Molenaar

December 1992



Den Dolech 2
Postbus 513
5600 MB Eindhoven

INSTITUUT WISKUNDIGE DIENSTVERLENING EINDHOVEN

Rapport IWDE 92-12

Het Ontwerpen van Vierhoekige Schouders

J. Molenaar

december 1992

Dit rapport is geschreven in opdracht van Robert Bosch Verpakkingsmachines te Weert. Het bijbehorende computerprogramma is RHS.PAS, geschreven in Turbo-Pascal.

Het Ontwerpen van Vierhoekige Schoulers

1. Probleembeschrijving

De "schouder" is een essentieel onderdeel van verticale verpakkingsmachines. Het verpakkingsmateriaal is aanvankelijk rond een horizontale cilinder gewonden en wordt via de schouder rond een verticale bus gevouwen. In Fig. 1 is een schouder getekend voor een ronde bus. In dit rapport richten we ons op vierhoekige bussen.

Het belangrijkste gedeelte van de schouder is de vouwlijn (zie Fig. 1). De vleugel dient om het materiaal te ondersteunen, maar kan in sommige gevallen ook weggelaten worden. Het is noodzakelijk dat de vouwlijn en de vleugel een op elkaar afgestemde vorm hebben. Indien dit niet het geval is, zal het materiaal vrijwel zeker scheef gaan lopen, waardoor het proces zal stikken. Tijdens het glijden over de schouder mag het materiaal niet onder spanning komen te staan in een richting anders dan de glijrichting. Dit impliceert dat de vleugel in wiskundige termen een "ontwikkelaar" oppervlak moet zijn. Dergelijke oppervlakken zijn opgebouwd uit rechte lijnen, de "generatoren". Bekende voorbeelden van ontwikkelbare oppervlakken zijn de cilinder en de kegel. Een boloppervlak daarentegen is niet ontwikkelbaar. Als de vouwlijn gegeven is, ligt de vorm van de vleugel vast. In de praktijk is het gewenst dat de schouder voldoet aan zekere voorwaarden. Het probleem is daarom:

Ontwerp een vouwlijn zodanig dat de bijbehorende vleugel voldoet aan voorgeschreven condities.

Voor het berekenen van de vleugel bij gegeven vouwlijn wordt géén gebruik gemaakt van de theorie van Mot en Tiepel [1, 2, 3, 4]. In deze theorie wordt aangenomen dat de gebogen vleugelgedeelten kegeloppervlakken zijn. Deze aanname is voor ronde schoulers niet fout, maar het beperkt wel het aantal mogelijke schoulers drastisch. De benadering van Mot is niet bruikbaar voor vierhoekige bussen, waarvan de hoeken gevormd worden door kwartcirkels als getekend in Fig. 2. Dat is de reden waarom in [1] alleen bussen beschouwd worden waarvan de horizontale doorsnede een superellips is. Deze superellipsen zijn in de praktijk moeilijk te hanteren.

In het programma RHS wordt gebruik gemaakt van algemeen wiskundige theorie van ontwikkelbare oppervlakken. Een schets van deze theorie is voor ronde bussen gegeven door Culpin [5]. In het huidige project is deze theorie op essentiële punten uitgebreid en toepasbaar gemaakt op vierhoekige bussen.

2. Belangrijke Schouder eigenschappen

We beschouwen een vierhoekige bus met hoeken gevormd door kwartcirkels. Een bovenaanzicht is gegeven in Fig. 2. Als we de bus bij F verticaal openknippen en openvouwen, ziet de bovenkant van de bus eruit als in Fig. 3. De vleugelgedeelten grenzend aan de rechten AB, CD en EF zijn vlak. De vleugelgedeelten grenzend aan de hoeken BC en DE zijn gebogen en opgebouwd uit rechten, de generatoren, waarvan er enkele in Fig. 3 zijn getekend. De bus heeft dikte d . De straal R van de hoek wordt gemeten ten opzichte van de binnenkant van de bus. Zie Fig. 2. De bevestiging van de vleugel aan de bus langs de vouwlijn is aangegeven in Fig. 4. We sommen de belangrijkste parameters op:

- l_1 : breedte bus (exclusief hoeken). Zie Fig. 2.
- l_2 : diepte bus (exclusief hoeken). Zie Fig. 2.
- R : straal van de hoeken. Zie Fig. 2.
- h_1, h_2, h_3, h_4 : hoogten. Zie Fig. 3.
- α_1 : inloophoek langs AB (zie Fig. 3 en 4) gemeten in een vlak loodrecht AB.
- α_2 : inloophoek langs CD (zie Fig. 3 en 4) gemeten in een vlak loodrecht CD.
- α_3 : inloophoek langs EF (zie Fig. 3 en 4) gemeten in een vlak loodrecht EF.
- β_1 : hoek tussen de generator in punt B in Fig. 3 en de normaal op de vouwlijn in B. Zie Fig. 3.
- β_2 : hoek tussen de generator in punt D in Fig. 3 en de normaal op de vouwlijn in D. Zie Fig. 3.

3. Berekening Vouwlijnen en Generatoren

In het programma RHS.PAS worden de vouwlijnen BC en DE gerepresenteerd door polynomen van de graad 4. De 5 coëfficiënten per vouwlijn worden vastgelegd door 5 condities per vouwlijn. Voor vouwlijn BC worden voorgeschreven:

- straal van de hoek
- inloophoek α_1 langs AB
- hoek β_1 bij B
- helling bij B (namelijk 0)
- inloophoek α_2 langs CD.

Uit deze gegevens wordt vouwlijn BC berekend en tegelijkertijd de ligging van de generatoren die door BC gaan. Tevens liggen hiermee vast de hoogte h_1 en de helling van de rechte CD in Fig. 3. Omdat l_2 gegeven is volgen daaruit direct de hoogte h_2 en de hoek δ_2 in Fig. 3.

De vouwlijn DE wordt vastgelegd door de parameters:

- straal van de hoek
- inloophoek α_2 langs CD
- hoek β_2 bij D
- helling bij D, gegeven door hoek δ_2
- inloophoek α_3 langs EF.

Uit de berekende vouwlijn DE volgen de waarden voor de hoogte h_3 , de hoek δ_3 en de hoogte h_4 . Daarna is de totale hoogte $h_1 + h_2 + h_3 + h_4$ bekend.

4. Technische Details

In RHS worden, zoals aangegeven in Fig. 4, twee vouwlijnen berekend:

- a) de busvouwlijn, gegeven door het verloop van de neutrale lijn aan de bovenkant van de bus.
- b) de vleugelvouwlijn, gegeven door het verloop van de lijn waar de vleugel aan de bus bevestigd is, enigszins onder de rand van de bus, en aan de buitenzijde van de bus.

Mathematisch gezien zijn de berekeningen van de busvouwlijn en de vleugelvouwlijn identiek. Het verschil is dat voor de busvouwlijn als straal van de hoek $(R + (1/2)d)$ genomen moet worden en voor de vleugelvouwlijn $(R + d)$. Uit Fig. 4 volgt dat het hoogteverschil tussen de twee vouwlijnen bekend is langs AB. De vouwlijnen worden zo geplot dat de vleugelvouwlijn bij het slot door nul gaat. De busvouwlijn zal daar in het algemeen een waarde ongelijk nul hebben.

De huidige strategie in RHS is om de vleugelvouwlijn zo te kiezen dat de vleugel door de neutrale lijn aan de bovenkant van de bus zou gaan indien de vleugel in gedachten zou worden doorgetrokken de bus in. Zie Fig. 4.

Theoretisch gezien is een andere strategie beter: bevestig de vleugel zodanig aan de bus dat deze de bovenkant van de binnenzijde van de bus zou snijden, indien de vleugel in gedachten wordt doorgetrokken de bus in. Vrij vervolgens de bovenkant van de bus zo bij dat bus en vleugel vloeiend in elkaar overgaan. Dit is geschetst in Fig. 5.

In RHS wordt een "wrijvingsindicator" berekend. Dit gaat op de manier als aangegeven door Mot in [4]. De waarde van deze indicator hangt sterk af van de wrijvingscoëfficiënt van materiaal en schouder onderling. De waarde hiervan is meestal niet bekend. De wrijvingsindicator kan echter nuttig gebruikt worden om twee geometrieën gemaakt van hetzelfde materiaal en bestemd voor hetzelfde verpakkingsmateriaal met elkaar te vergelijken op het punt van de totale wrijving die het verpakkingsmateriaal ondervindt bij het passeren van de vouwlijn.

De gewenste hoogte van de schouder en de hoek β_1 worden in RHS berekend uit de positie van de laatste rol en de gegeven inloophoek α_1 . Zie Fig. 6. Van deze rol dienen opgegeven te worden de straal R_{rol} , de afstand X_{rol} van de rolas tot de hartlijn van de bus en de hoogte Y_{rol} van de rolas ten opzichte van het slot van de schouder. Voor de breedte van de rol verpakkingsmateriaal wordt aangehouden $2 \times \text{formaat} (\equiv \text{binnenomtrek bus}) + 30 \text{ mm}$. De extra stroken van 15 mm aan weerszijden kunnen gebruikt worden voor het dichtsealen van de verpakking. Een extra marge wordt verkregen doordat in de berekeningen wordt aangenomen dat de laatste rol zich 10 mm dicht bij de top van de schouder bevindt dan in werkelijkheid het geval is.

Hiermee is de gewenste hoogte van de schouder bekend. De hoogte van de door het programma berekende schouder wordt bepaald door de keuze van de parameters α_2 , α_3 en β_2 . De gebruiker dient deze parameters zo in te stellen dat de berekende en gewenste hoogten ongeveer gelijk zijn.

Referenties

1. Mot, E., The "Shoulder problem" of Forming, Filling and Closing Machines for Pouches, *Appl. Sci. Res.* **27**, october 1972, pp. 1-13.
2. Tiepel, R.E.C.H. en Mot, E., De Theoretische Bouwhoogte van Vertikale Vorm-Vul-Sluitmachines, *Verpakking*, **25**, augustus 1973, pp. 634-639.
3. Mot, E., Enige Aspecten van de Uitvoeringsvorm van Schouders van Vertikale Vorm-Vul-Sluitmachines, *Verpakking* **26(8)**, 1974, pp. 404-411.
4. Mot, E., Krachtberekening en -Meting bij Schouders van Vertikale Vorm-Vul-Sluitmachines, *Verpakking*, **26(12)**, 1974, pp. 580-588.
5. Culpin, D., A Metal-Bending Problem, *Math. Scientist* **5**, 1980, pp. 121-127.

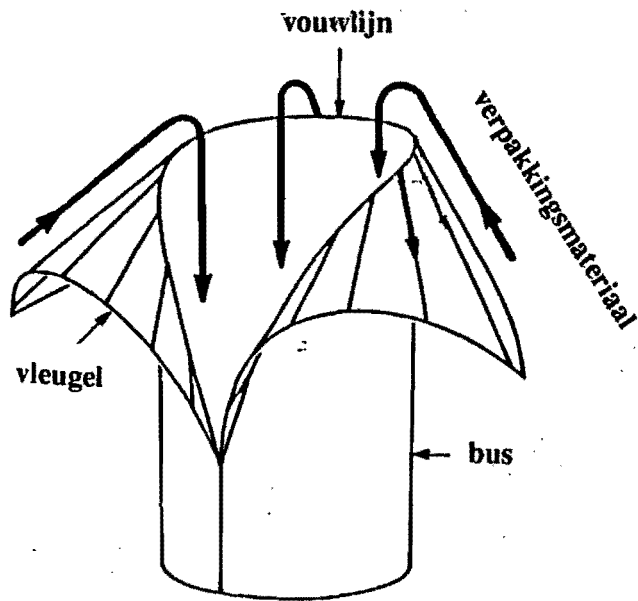


Fig. 1. Schouderconfiguratie voor een ronde bus.

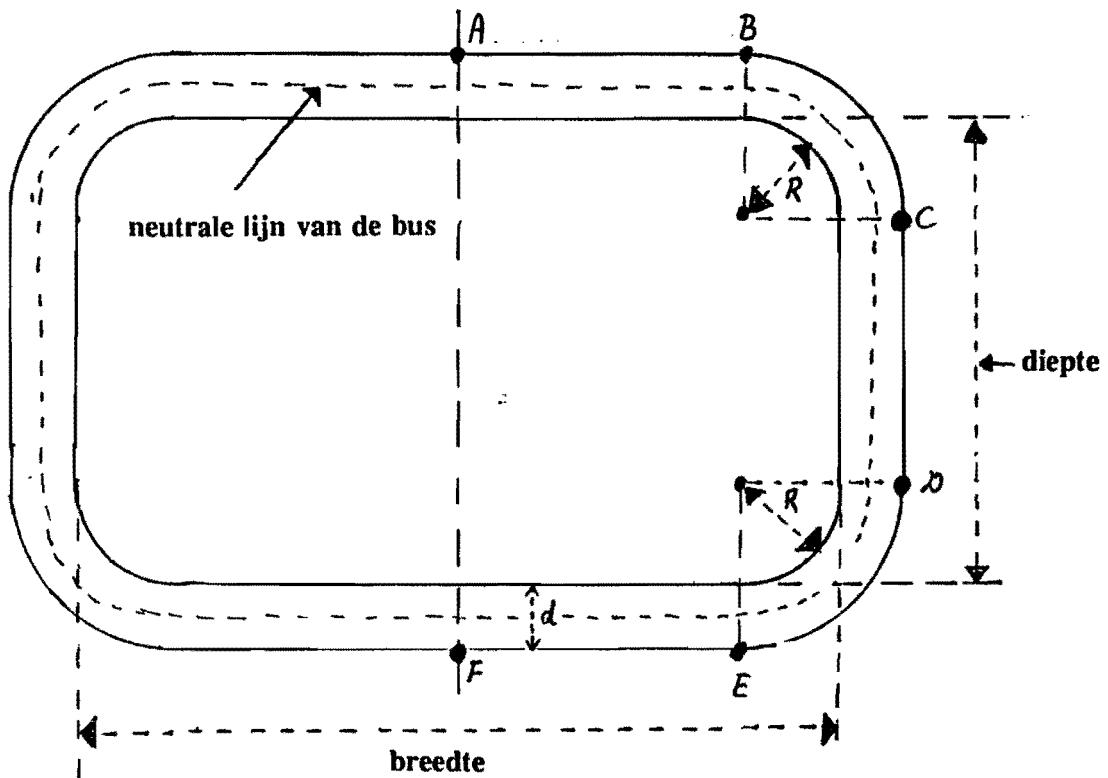


Fig. 2. Bovenaanzicht van een vierkante bus. R : straal van de hoeken, l_1 : busbreedte, l_2 : busdiepte, d : buswanddikte.

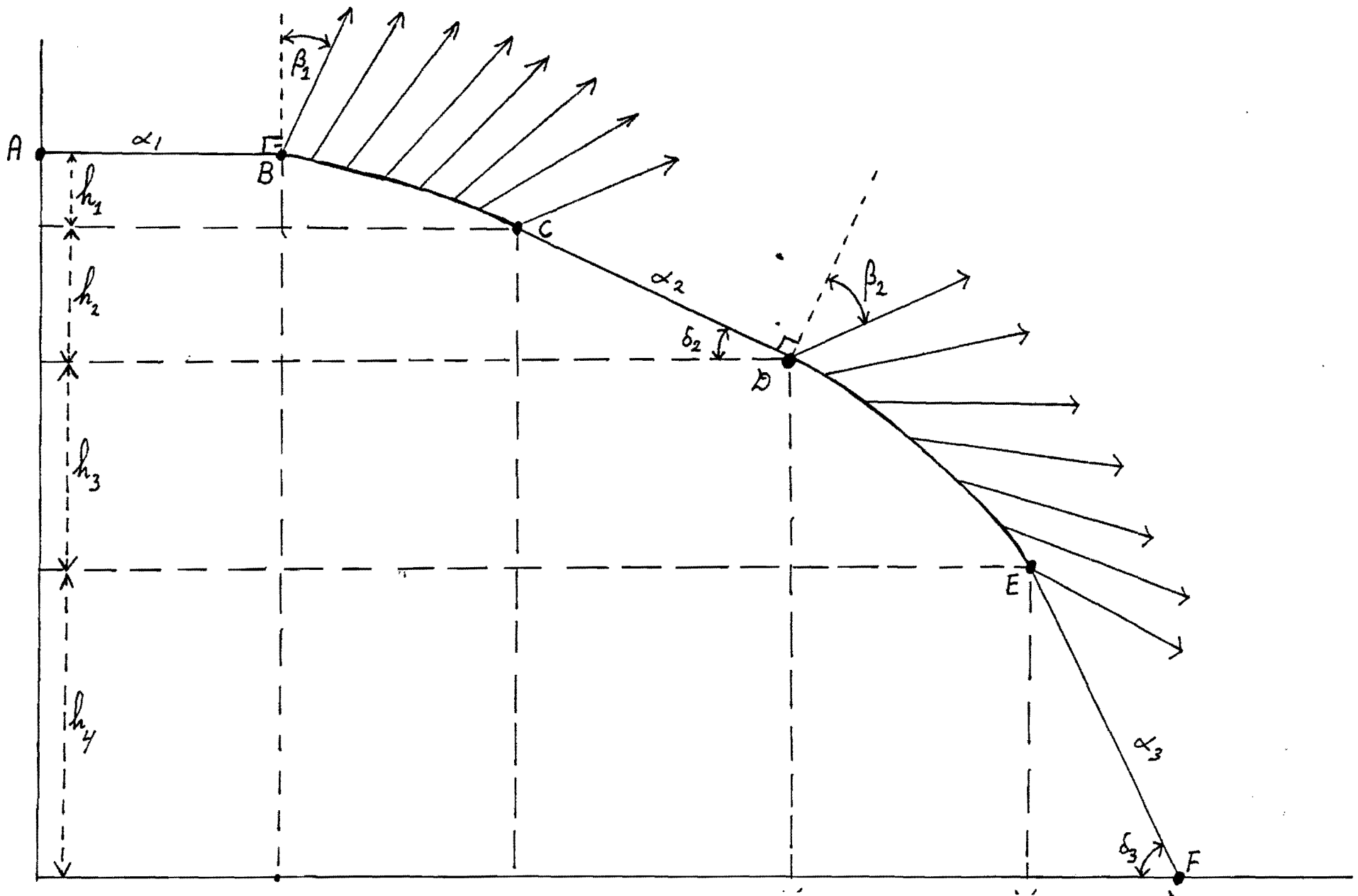


Fig. 3. Vouwlijn van de vleugel in uitgevouwen toestand. De punten A,...,F corresponderen met de gelijknamige punten in Fig. 2. Langs AB, CD en EF zijn de inloophoeken respectievelijk α_1 , α_2 en α_3 .

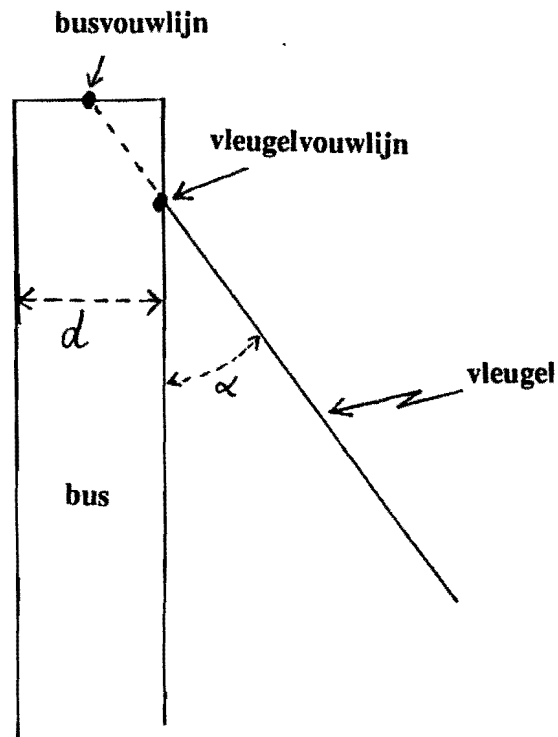


Fig. 4. Dwarsdoorsnede bus en vleugel indien de bovenrand van de bus rechthoekig is.

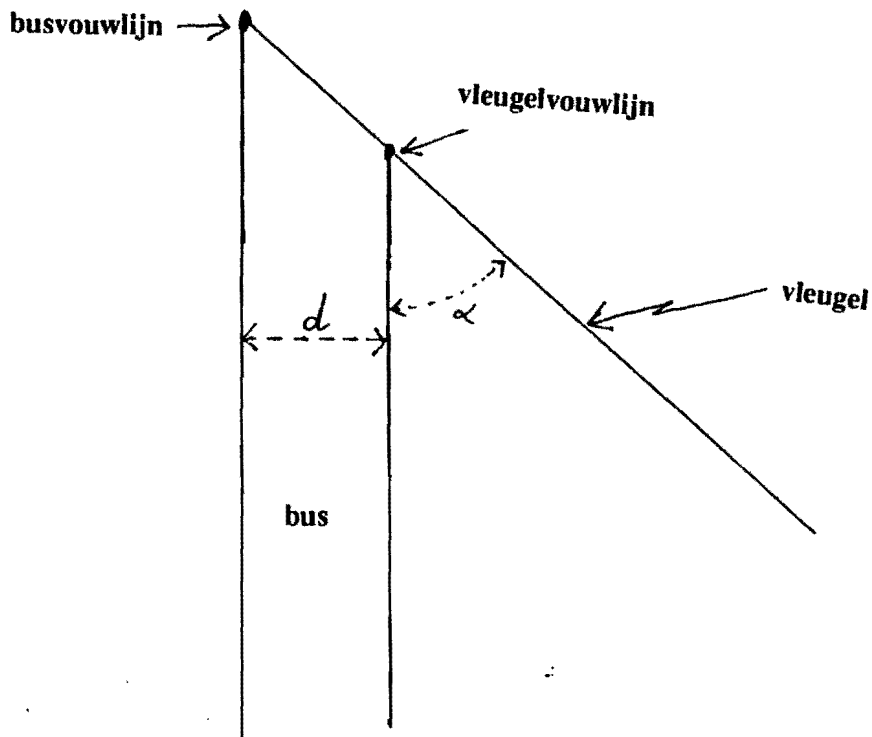


Fig. 5. Dwarsdoorsnede bus en vleugel indien de bovenrand van de bus afgevlind wordt, zodat bus en vleugel vloeiend aansluiten.

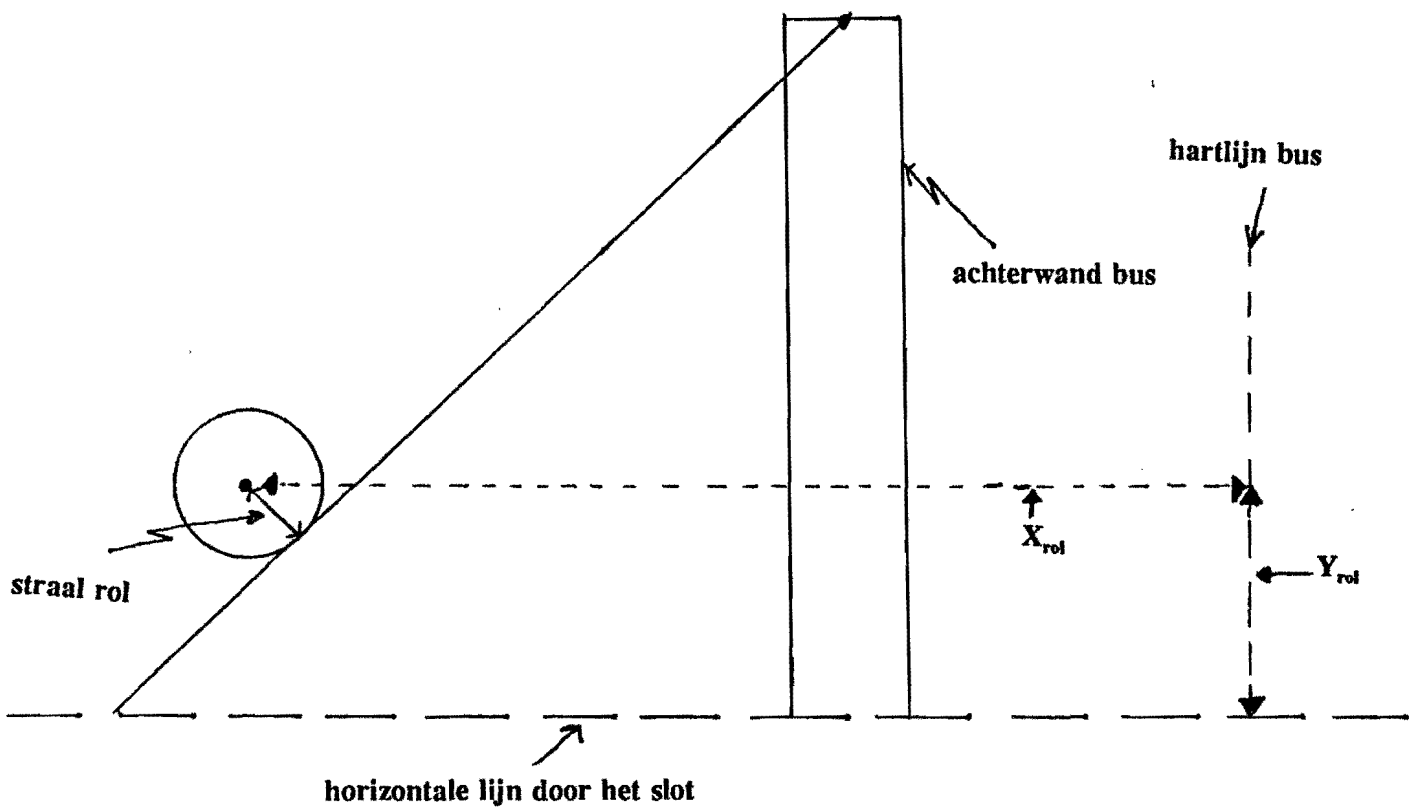


Fig.6. Positie van de laatste rol, gekarakteriseerd door de horizontale afstand tot de hartlijn van de bus en de verticale afstand tot het slot.