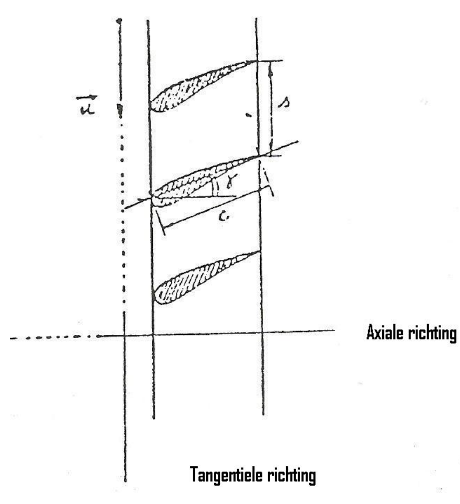
Hoofdstuk 5

Axiale machines

Doelstellingen

1. De geometrie van een axiale stromingsmachine kennen
2. Verschil in geometrie tussen axiale compressor en turbine begrijpen

5.1 Geometrie van de axiale machine

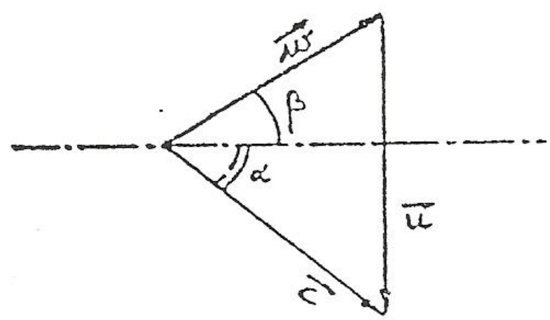


Figuur 5.1: profiel van de axiale machine

Op bovenstaande figuur zien we de geometrie van de axiale machine. Dit is een oneindige, want roterende, schoepenrij met als basisgrootheden:

- s: de steek, dit is de onderlinge afstand tussen de schoepen op een schoepenrij.
- γ: de stelhoek, dit is de hoek waaronder de schoepen geplaatst worden
- c: de koorde, dit is de lengte van de schoep

Bij axiale machines heeft men steeds twee types schoepenrijen, een rotor die rond draait en de thermische in kinetische energie zal omzetten en een stator die eigenlijk dient als leischoep dus deze zal de snelheid van richting doen veranderen. We zien terug een snelheidsdriehoek en als we hiervan de snelheden bekijken beschouwen we in het geval van de stator de absolute snelheden en in het geval van de rotor de relatieve snelheden.De hoeken worden positief in de richting van u genomen



Figuur 5.2: snelheidsdriehoek

Hierin is

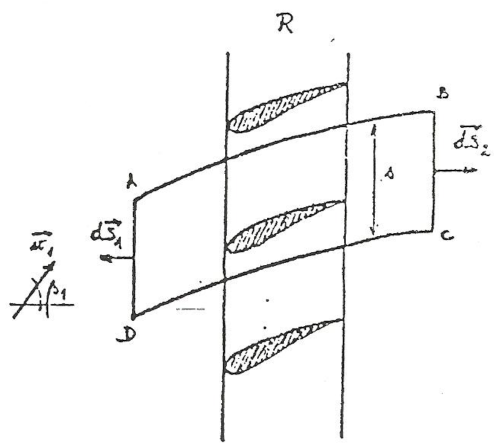
- w: relatieve snelheid, dus de snelheid over de schoep
- u: sleepsnelheid, dus de snelheid samen met de schoep of de rotatiesnelheid
- c: absolute snelheid dus de vectoriele som van beide voorgaande

5.2 Werking van de axiale machine

Wat als eerste opvalt aan figuur 5.2 is dat $w_a = c_a$.

Nu gaan we eens kijken naar het behoud van massa en hiertoe gebruiken we dan ook de behoudswet

$$\oint d\dot{m} = \oint \rho \mathbf{w} \, d\mathbf{S} = 0$$



Figuur 5.3: behoudswet op de rechthoek

De stroomlijnen volgen de twee schuine zijden van de rechthoek dus daar vloeit geen fluidum door waardoor enkel nog de zijden langs in en uitgang moeten in beschouwing genomen worden.

$$0 = \int_{S_1} \rho \mathbf{w} \, d\mathbf{S_1} + \int_{S_2} \rho \mathbf{w} \, d\mathbf{S_2}$$

Dit wordt na uitwerking van het vectorprodukt

$$0 = -\rho_1 w_1 \cos \beta_1 s_1 h_1 + \rho_2 w_2 \cos \beta_2 s_2 h_2$$

want in dit geval is dS=s.h met s,de steek en h, de hoogte van de schoep.
Hieruit kunnen we de geometrie afleiden

1. compressor: de dichtheid neemt toe. De hoogte moet dalen als de snelheid ongeveer constant blijft.

2. turbine: de dichtheid neemt af dus de hoogte moet toenemen bij ongeveer gelijke snelheden.

Stel nu dat

- de schoepenrij is vlak dus s en h zijn ongeveer constant
- per schoepenrij blijft de dichtheid ongeveer constant, de verandering is klein en we werken met een soort gemiddelde.

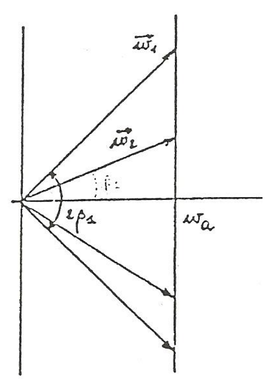
Dan levert de continuiteitsvergelijking

$$w_1 \cos\beta_1 = w_2 \cos\beta_2 = w_a$$

Hiermee kunnen we een onderscheid maken in de stelhoek γ.

- compressor:$p_2 > p_1$ dan volgt uit Bernouilli dat $w_2 < w_1$.

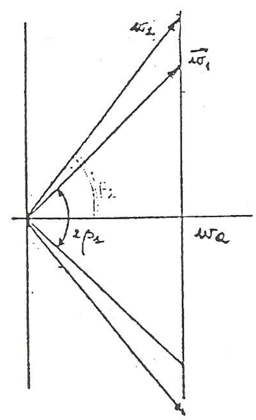
  De snelheid van de stroming buigt naar de axiale richting toe.



Figuur 5.4: snelheidsdriehoek compressor

- turbine:$p_2 < p_1$ dus $w_2 > w_1$

  De snelheid van de stroming buigt van de axiale richting weg.



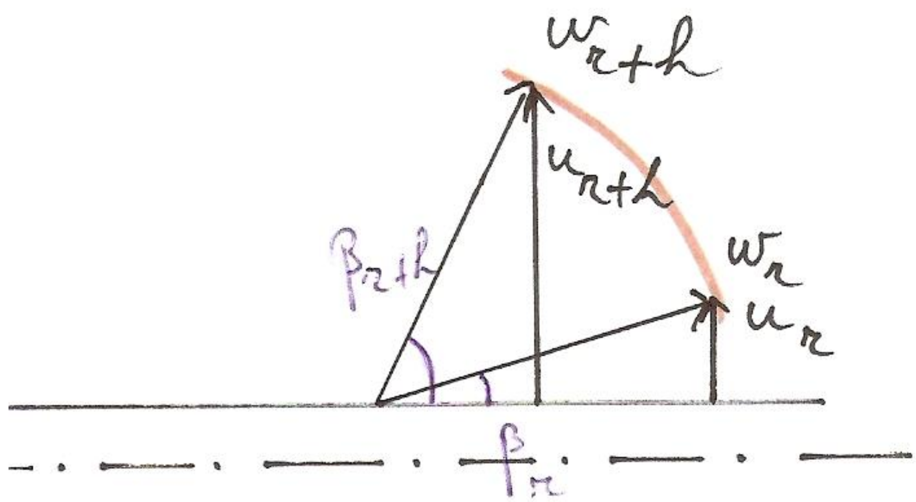
Figuur 5.5: snelheidsdriehoek turbine

5.3 Torsie van de schoep

Bij axiale machines moet de schoep over zijn volledig oppervlak hetzelfde belast worden. Om een zo hoog mogelijk rendement te halen en om geen extra spanningen in de schoep te creeren door ongelijke krachten.

Als we kijken naar een schoep is deze bevestigd op een as. De voet staat dus op de straal r van de as maar de tip van de schoep heeft een hoogte h waardoor de tip een straal R=r+h heeft. De inkomende fluidumstroom vertoont een snelheidsdriehoek zoals op onderstaande figuur.

Omdat de relatieve snelheid, een maat voor het debiet , verandert van voet naar tip zal het debiet verschillen van voet naar tip. Daarom zal er ook een verschil in kracht zijn van voet naar tip wat aanleiding geeft tot extra spanning in de schoep. Om de relatieve snelheid w constant houden van voet naar tip kan men slechts één ding doen en dat is de hoek β constant houden en de lengte van de vector w veranderen. Concreet wil dit zeggen dat de schoep een torsie zal vertonen van voet naar tip.



Figuur 5.6: torsie van een schoep

Gebruik makende van het snelheidsdriehoekdiagram van een turbine van figuur 5.7 kan men de arbeid op een schoep berekenen.(zie volgend hoofdstuk)

De arbeid is voor een roterend systeem het moment vermenigvuldigt met de rotatiesnelheid dus:(tip=1 en voet=2)

$$W = u(r_1 v_{w1} - r_2 v_{w2})$$

verder zien we dat

$$cotg\beta = \frac{v_w}{v_f}$$

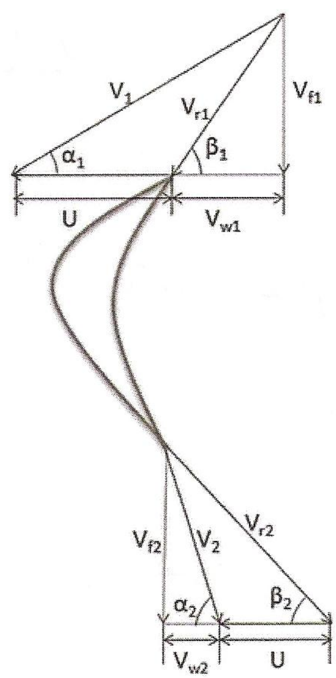
We willen kijken naar de voeding op de schoep dus zetten we de formule om in grootheid v_f, wat een maat is voor het debiet, en krijgen we uiteindelijk

$$W = u(r_1 v_{f1} cotg\beta_1 - r_2 v_{f2} cotg\beta_2)$$

Vermits we het debiet over de schoep uniform willen houden krijgen we

$$W = uv_f(r_1 cotg\beta_1 - r_2 cotg\beta_2)$$

Dus als r verandert en de arbeid over de schoep uniform moet zijn kan enkel β aangepast worden.



Figuur 5.7: snelheidsdriehoek impulsturbine