

M. van den Hil *Modelleren van een thermische schroeftransporteur*
Doctoraalopdracht, Rapport 2004.TL.6844, Sectie Transporttechniek en Logistieke Techniek.

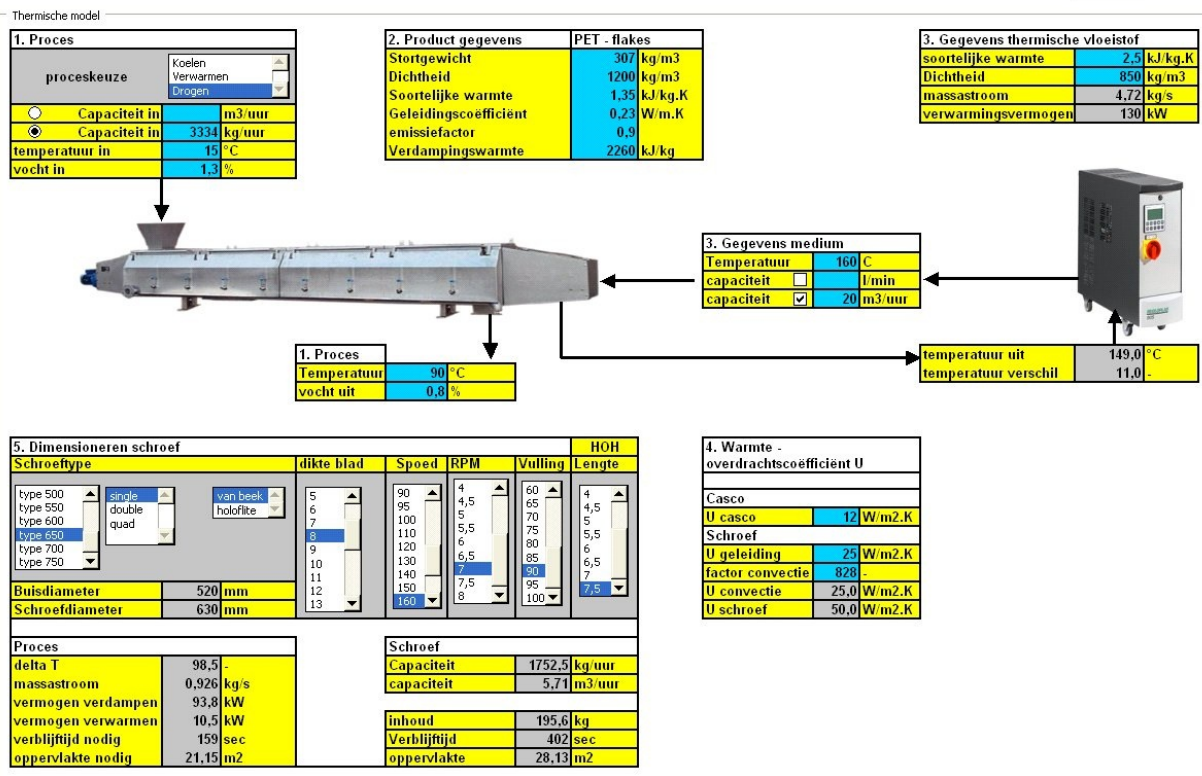
In dit rapport wordt het inzicht vergroot van de thermische schroeftransporteur in opdracht van de firma van Beek in Drunen. De firma van Beek b.v. produceert schroeftransporteurs. Een recente ontwikkeling is het ontwerp en fabricage van zogenaamde thermische schroeftransporteurs. De thermische schroeftransporteur is een speciaal type schroeftransporteur die, afgezien van het transporteren van stortgoed, kan worden gebruikt voor het verwarmen, koelen en drogen van een stortgoed. Het grote voordeel van een thermische schroeftransporteur is het feit dat het materiaal wordt getransporteerd en tegelijkertijd zonder extra tussenstap een thermische behandeling kan ondergaan. Door het uitblijven van een extra tussenstap blijft het productieproces continue. Bij van Beek is op dit moment alleen kennis in huis over thermisch schroeftransport op basis van eerder gebouwde systemen. In het geval van deze systemen waren de afmetingen van de schroeftransporteur al bekend. Op basis van deze kennis kunnen geen nieuwe thermische schroeftransporteurs worden ontworpen.

De opdracht luidt dan ook als volgt: "Maak een model van een thermische schroeftransporteur". Met dat model kan inzicht verkregen worden in de werking van de thermische schroeftransporteur. Met het verkregen inzicht kan een klant beter geadviseerd worden en kan een beter ontwerp verkregen worden. In het ideale geval zouden in een zodanig model van een thermische schroeftransporteur alle variabelen zijn meegenomen, zodat het mogelijk is om zonder testen en compleet systeem te ontwerpen met bijbehorende thermische unit. Het is gebleken dat een dergelijk model binnen de beschikbare tijd niet opgesteld kan worden. Er zijn zeer veel variabelen waarvan het proces afhankelijk is en daarom zullen in deze opdracht alleen de belangrijkste parameters worden behandeld.

Belangrijke parameters van het proces zijn:

- temperatuur (van het stortgoed en van de thermische vloeistof)
- vulgraad (schroef)
- oppervlakte
- vochtgehalte van het product
- toerental van de schroef
- verblijftijd
- gedrag van het product in de schroef

Het grootste probleem van de thermische schroeftransporteur is de onbekende warmte-overdrachtscoëfficiënt tussen het bulkgoed en de thermische schroeftransporteur. Verder is het niet bekend hoe het bulkgoed zich gedraagt in de thermische schroeftransporteur. Voor het dimensioneren van de thermische schroeftransporteur is deze warmte-overdrachtscoëfficiënt nodig. Deze warmteoverdracht wordt daarom bepaald met behulp van een testopstelling waarbij dit de enige onbekende is. Als de warmte-overdrachtscoëfficiënt is bepaald kan de schroeftransporteur worden gedimensioneerd met een model voor het dimensioneren van de thermische schroeftransporteur. Aan de hand van de belangrijkste parameters is de thermische schroeftransporteur gemodelleerd. Een nadeel van het dimensiemodel is dat het niet geverifieerd kan worden met een bulkgoed, omdat de warmte-overdrachtscoëfficiënt bepaald met behulp van de testopstelling op dezelfde wijze wordt berekend als het dimensiemodel. Het dimensiemodel wordt daarom geverifieerd met water. De warmte-overdrachtscoëfficiënt kan voor water redelijk nauwkeurig worden geschat en is dus niet afhankelijk van de manier van berekenen zoals dit wordt gebruikt in het dimensiemodel. Met behulp van de testopstelling kan water worden verwarmd waarbij normaal alleen de warmte-overdrachtscoëfficiënt de onbekende factor is. De geschatte waarde voor de warmteoverdracht en de overige bekende parameters kunnen worden ingevuld in het dimensiemodel (zie figuur 1).



Figuur 1 Dimensiemodel van de thermische schroeftransporteur

Het opgestelde rapport draagt bij aan het vergroten van het inzicht in de thermische schroeftransporteur. De belangrijkste parameters zijn verwerkt in een model. Het model voor het dimensioneren van de thermische schroeftransporteur uit hoofdstuk 8 van het rapport kan worden gebruikt voor het maken van een goede schatting van de afmetingen van de thermische schroeftransporteur en het benodigde thermische vermogen. Voor de warmte-overdrachtscoëfficiënt zal een waarde tussen de 40 en 60 W/m².K moeten worden gekozen.

Het model kan ook worden gebruikt in combinatie met de testopstelling, zodat er een gedetailleerder ontwerp kan worden gemaakt aan de hand van de gemeten warmte-overdrachtscoëfficiënt.

Uit de metingen met water blijkt dat het model dicht in de buurt komt van de werkelijke meetwaarden (maximale afwijking 5%). De kleine verschillen worden waarschijnlijk veroorzaakt door de aannames die gedaan zijn bij het schatten van de warmte-overdrachtscoëfficiënt van het casco. De metingen zijn goed reproduceerbaar. Voor de meting van 40°C ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval van de warmte-overdrachtscoëfficiënt tussen de 40,8 en 42,6 W/m².K bij drie metingen. Bij de meting van 60°C ligt het 95% betrouwbaarheidsinterval van de warmte-overdrachtscoëfficiënt tussen de 45,6 en 47,2 W/m².K bij drie metingen. Dit is acceptabel genoeg, omdat er in praktijk toch een veiligheid van 15-20% wordt ingebouwd totdat men er zeker van is dat het model ook bij het opschalen naar grotere systemen klopt.

Het model is nu nog vrij simpel gehouden, maar kan nog verder worden uitgewerkt. Hierbij moet vooral gedacht worden aan praktische zaken die van belang zijn. Het is bijvoorbeeld makkelijk als de thermische unit erbij wordt betrokken. Verder kan worden gedacht aan het verwerken van meer materiaaleigenschappen in het model, zodat de warmte-overdrachtscoëfficiënt beter te voorspellen is of deze in de buurt van 40 W/m².K ligt of in de buurt van 60 W/m².K. Als blijkt dat er vaak bij hoge temperaturen wordt gewerkt kan het model worden uitgebreid met warmteoverdracht ten gevolge van straling.

Een belangrijke factor in het model is de warmte-overdrachtscoëfficiënt. Hier moet nog meer onderzoek naar worden gedaan voor een bulkgoed. Er is nu splitsing gemaakt tussen geleiding en convectie waarbij de convectiecoëfficiënt wordt vermenigvuldigd met een factor. Er ontstaat zo een lineaire vergelijking voor de warmte-overdracht. Het vermoeden bestaat echter uit eerdere metingen die zijn gedaan met een bulkgoed dat er een logaritmisch verband aanwezig is tussen o.a. de omtreksnelheid van de schroef en de overdrachtscoëfficiënt. Er zal tijd vrij gemaakt moeten worden om uitgebreid te testen met bulkmaterialen bij verschillende toerentallen en vulling. Verder zal er aandacht moeten worden besteed aan de betrouwbaarheid bij het opschalen van de testresultaten.

De testopstelling zoals deze nu aanwezig is, is eigenlijk niet geschikt voor goede metingen. Dit wordt veroorzaakt door de laminaire stroming in de schroeven en het casco bij lage temperaturen. Het kan hierdoor voorkomen dat de overdrachtscoëfficiënt tussen het bulkgoed en de wand groter is dan de convectiecoëfficiënt van de thermische vloeistof. Verder is de testopstelling veel te groot, zodat er veel testmateriaal nodig is. Een ander zeer groot nadeel is de beginspoed en hoofdspood bij de schroeven. Hierdoor is het schatten van het effectieve verwarmde oppervlak niet erg nauwkeurig en dus de berekende warmte-overdrachtscoëfficiënt ook niet.