

# Externe brandstoftank shuttle nog steeds een probleem

Marco van der List

Van 1 tot 19 juli is dan eindelijk de lancering gepland van de Discovery voor wat pas de tweede vlucht van een spaceshuttle is sinds het ongeluk met de Columbia in februari 2003. Tijdens de voorgaande lancering, in juli 2005, bleek dat er nog steeds stukken isolatiemateriaal van de externe brandstoftank kunnen losraken en als zodanig een gevaar vormen voor het hiteschild van de shuttle. Sindsdien zijn er nog extra wijzigingen in de externe tank aangebracht zodat de situatie nu veiliger is, maar NASA geeft toe dat het probleem met het losrakende isolatiemateriaal nooit helemaal verholpen zal kunnen worden in het bestaande shuttle ontwerp waarbij de shuttle aan de zijkant van de externe brandstoftank gemonteerd zit.

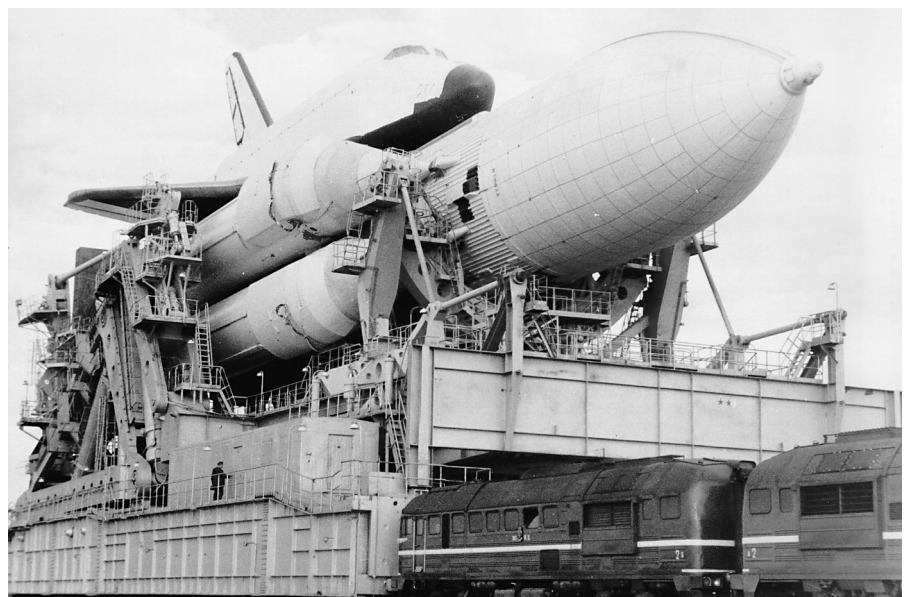
Toen de spaceshuttle in de jaren zeventig ontwikkeld werd, is een keuze gemaakt tussen de verschillende soorten stuwstoffen die gebruikt zouden gaan worden. Uiteindelijk heeft men een systeem ontworpen, bestaande uit twee raketten op vaste brandstof, de zogenaamde *Solid Rocket Boosters* (SRB), en drie hoofdmotoren in de shuttle, die gevoed worden door brandstof uit een grote externe tank. De keuze voor de stuwstoffen voor de hoofdmotoren in de shuttle is uiteindelijk gevallen op de combinatie waterstof en zuurstof. Hiermee was in de jaren zestig al zeer veel ervaring opgedaan in de tweede en derde trap van de Saturnus-V raket. Het gebruik van waterstof als stuwstof levert een hoge *specifieke impuls* op; de grootheid waarmee de efficiëntie waarmee de stuwstof in bewegingsenergie wordt omgezet wordt aangeduid. Van alle vloeibare en vaste stuwstoffen heeft de combinatie waterstof en zuurstof de hoogste specifieke impuls, wat betekent dat er minder massa stuwstof nodig is om een bepaalde lading (in dit geval de shuttle) in de ruimte te brengen.

De externe tank van de shuttle is 46,88 meter lang en heeft een maximale diameter van 8,4 meter. De externe tank bestaat uit twee aparte tanks voor de

waterstof en de zuurstof welke door een tussencilinder (de zogenaamde *intertank*) met elkaar verbonden zijn tot een enkele structuur. De externe tank heeft een massa van 30 ton en kan 751 ton aan stuwstoffen bevatten. De drie hoofdmotoren van de shuttle verbruiken de waterstof en de zuurstof tijdens de ongeveer 9 minuten durende klim naar de ruimte.

Het gebruik van waterstof brengt wel enkele nadelen met zich mee. Onder normale condities zijn zowel waterstof als zuurstof gasvormig en moeten zeer sterk gekoeld worden voordat ze vloeibaar worden. Het kookpunt van zuurstof ligt bij  $-183\text{ }^{\circ}\text{C}$  en dat van waterstof zelfs bij  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$ . En zelfs dan hebben ze nog een lage dichtheid (een liter vloeibaar waterstof weegt nog maar 71 gram), zodat er relatief grote

tanks nodig zijn om de stuwstoffen in op te slaan. Ongeveer zes uur voor een geplande lancering worden de voor-gekoelde waterstof en zuurstof in de externe tank geladen. De tank of de shuttle beschikken niet over de mogelijkheid om de stuwstoffen te koelen, zodat er tot vlak voor de start continu waterstof en zuurstof weggelookt. Dit wordt weer vanuit de voorraad tanks op het lanceerplatform aangevuld. Pas twee minuten voor de start worden de tanks afgesloten en op druk gebracht. De isolatie van de externe tank moet dan ook dusdanig van kwaliteit zijn dat die de brandstof gedurende ongeveer een kwartier gekoeld moet kunnen houden en het weggelookte van de stuwstoffen tot een minimum beperkt moet houden (van 2 minuten voor de lancering tot ongeveer tien minuten daarna).



De Russische shuttle Buran en de Energia raket op de transporteur op weg naar de lanceerplaats voor de eerste en enige lancering. Opvallend is de gelijkenis tussen het bovenste deel van de centrale trap van de Energia en de externe tank van de Amerikaanse shuttle. [Molniya]

De wand van de tank bestaat uit aluminium met een gemiddelde dikte van 3 millimeter. Daarop is een isolerende laag van 30 mm dik, gelijkend op polyurethaan schuim, gespoten. Deze laag isolatiemateriaal wordt aan een extreem temperatuurverschil blootgesteld met de waterstof in de tank op  $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$  en de buitenkant eventueel blootgesteld aan direct zonlicht. De isolatielaag voorkomt dat er ijsvorming aan het oppervlak van de tank optreedt, en geeft bescherming aan de aluminium tankstructuur als deze wordt blootgesteld aan aerodynamische krachten tijdens de vlucht door de dampkring kort na de start. Daarnaast treden er krachten op in het isolatiemateriaal ten gevolge van de sterke temperatuurverschillen welke tot verschil in krimp en uitzetting tussen de verschillende materialen leiden.

Helaas vormt de isolatie een gevaar op zichzelf. Door haar poreuze structuur kan lucht tot vlak bij de superkoude wand van brandstoftanks komen. Hier wordt de lucht blootgesteld aan zo lage temperaturen dat ze vloeibaar wordt. Juist dat proces zorgt ervoor dat de isolatielaag aan de onderzijde verzwakt wordt, en als het ware van de tank 'afgewrikt' wordt. Er is wel eens gesuggereerd dat dit probleem verholpen zou kunnen worden door de tank weer van een verlaag te voorzien, zoals

tijdens de eerste twee shuttlevluchten in 1981. Echter, een dergelijke verflaag is op haar beurt ook poreus en biedt dan ook geen oplossing voor het vloeibaar worden van de lucht in het isolatiemateriaal.

Hoewel het voor de tank zelf niet noodzakelijk een groot nadeel is of tot een defect hoeft te leiden als een flink stuk isolatiemateriaal tijdens de lancering afvalt, vormt het wel een gevaar voor het hitteschild van de shuttle. Dit gevaar is specifiek alleen van toepassing op het shuttlesysteem, omdat de shuttle hier aan de zijkant van de externe tank zit. In tegenstelling tot de shuttle zit bij de Europese Ariane-5 raket de nuttige lading bovenop de raket en kan die dus nooit door isolatiemateriaal van de lagere rakettrappen geraakt worden.

Tijdens de lancering van de Columbia op 16 januari 2003 werd de voorrand van de linkervleugel van de shuttle 83 seconden na de start geraakt door een stuk isolatieschuim met een massa van minder dan 1 kilogram. De resulterende schade aan het hitteschild was de directe oorzaak van het verlies van de Columbia en de zeven astronauten tijdens de terugkeer zestien dagen later. Uit gedetailleerde analyse van camerabeelden, bleek dat het fatale stuk isolatiemateriaal uit het gebied

afkomstig was waar de neus van de shuttle aan de externe brandstoftank vast zit. Als een van de directe gevolgen van het ongeluk werd het ontwerp van de tank aangepast om het aantal gebieden waar het losraken van isolatiemateriaal voor kon komen te verminderen.

Helaas gebeurde het dat er tijdens de eerste lancering na het ongeluk met de Columbia de gewijzigde tank toch nog isolatiemateriaal verloor. 123 seconden na de start van de Discovery in juli 2005 was te zien hoe een groot stuk isolatie van de tank losraakte en de rechtervleugel van de shuttle maar net miste. Het gevolg was dat de shuttle vloot wederom voor bijna een jaar aan de grond werd gehouden. Men heeft nu extra isolatiemateriaal weggehaald dat onder andere kabelgoten tegen de aerodynamische krachten beschermd. Toen de shuttle in de jaren zeventig werd ontwikkeld, beschikten de ontwerpers niet over de krachtige ontwerpstechnieken zoals die nu beschikbaar zijn. Door gebruik te maken van windtunneltesten en computersimulaties, hebben technici nu kunnen aantonen dat de shuttle veilig kan vliegen met de kritische aanpassingen van het ontwerp van de isolatielaag.

Veel veranderingen waren al doorgevoerd in het ontwerp van de tank die voor STS-121 werd gebruikt. Als de gegevens die de lancering opleveren bevredigend zijn, gaan de ontwerpers verdere aanpassingen in het tankontwerp introduceren. Hoewel er nog maar 16 of 17 vluchten gepland zijn voor het einde van het shuttleprogramma rond 2010, streeft NASA ernaar om de veiligheid waar mogelijk continu te blijven verbeteren. Het blijkt dat er zelfs na meer dan honderd lanceringen nog veel te leren valt over een dergelijke complexe machine als de spaceshuttle.

Externe tank van het Amerikaanse spaceshuttle transportsysteem. [NASA-KSC]

