

Voor het snijden van ijzeren voorwerpen zoals spoorrails worden snijbranders gebruikt. In een snijbrander wordt vrijwel altijd acetyleen (ethyn,  $C_2H_2$ ) gebruikt in combinatie met zuivere zuurstof. Met deze ethyn-zuurstofvlam kan een vlamtemperatuur van ruim boven het smeltpunt van ijzer worden bereikt.

Andere koolwaterstoffen zoals ethaan ( $C_2H_6$ ) zijn onbruikbaar voor het snijden van ijzer door een te lage vlamtemperatuur.

De temperatuur die een vlam maximaal kan bereiken, hangt vooral af van twee factoren:

- de reactiewarmte van de verbranding van de brandstof;
- welke verbrandingsproducten ontstaan en in welke hoeveelheden.

Als aangenomen wordt dat ethyn volledig verbrandt, ontstaan koolstofdioxide en waterdamp. Wanneer verlies van energie naar de omgeving wordt verwaarloosd, wordt de vrijkomende energie uitsluitend gebruikt om koolstofdioxide en waterdamp te verwarmen. Met behulp van de reactiewarmte van de verbranding (de verbrandingswarmte) van ethyn en de soortelijke warmtes van koolstofdioxide en water kan de temperatuurstijging van het gasmengsel berekend worden. Bij volledige verbranding van ethyn zou de maximale temperatuur van de vlam boven  $7 \cdot 10^3$  K liggen.

De soortelijke warmte van een stof kan worden gedefinieerd als het aantal joule dat nodig is om 1 g stof 1 K in temperatuur te laten stijgen.



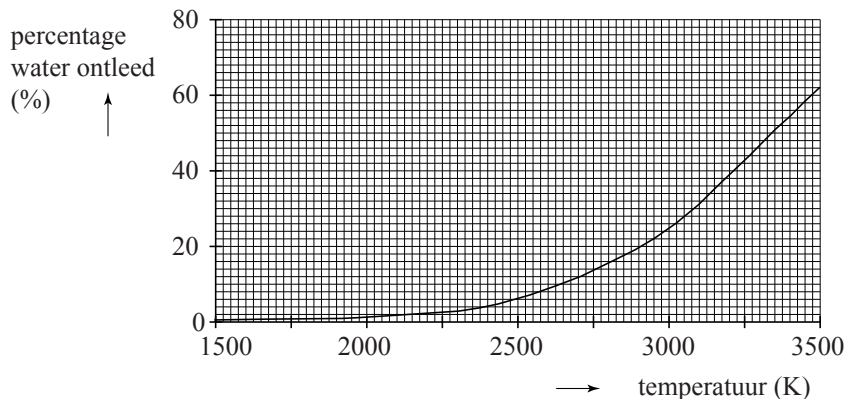
- 4p 6 Laat met behulp van een berekening zien dat bij volledige verbranding van ethyn een temperatuurstijging van meer dan  $7 \cdot 10^3$  K wordt bereikt. Neem aan dat alle energie wordt gebruikt om de ontstane waterdamp en koolstofdioxide te verwarmen. Maak onder andere gebruik van de volgende gegevens:

- de verbrandingswarmte van ethyn waarbij water als waterdamp vrijkomt, bedraagt  $-1,26 \cdot 10^6$  J mol<sup>-1</sup>;
- de soortelijke warmte van waterdamp bedraagt  $2,8$  J g<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>;
- de soortelijke warmte van koolstofdioxidegas bedraagt  $1,3$  J g<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>.

De berekende waarde van de temperatuur van de ethyn-zuurstofvlam is veel hoger dan de temperatuur die in werkelijkheid gehaald wordt. De grote afwijking tussen de berekende en de gemeten vlamtemperatuur kan worden verklaard uit de chemische eigenschappen van onder andere waterdamp.

Als waterdamp wordt verhit, blijkt water namelijk te ontleden in waterstof en zuurstof. In diagram 1 is weergegeven welk percentage van de watermoleculen is ontleed afhankelijk van de temperatuur.

**diagram 1**



Tussen 2000 K en 3500 K is de ontleding van waterdamp een evenwicht.

- 4p 7 Geef de evenwichtsvoorwaarde van dit evenwicht en leg met behulp van diagram 1 uit hoe de waarde van de evenwichtsconstante  $K$  verandert als de temperatuur stijgt.

Uit metingen blijkt dat bij de reactie van ethyn met zuurstof vooral koolstofmonoïxide en waterstof worden gevormd.

- 3p 8 Bereken de reactiewarmte per mol ethyn van de reactie waarbij ethyn met zuurstof reageert tot koolstofmonoïxide en waterstof. Gebruik Binas-tabel 57.

Op basis van de aanname dat de verbrandingsproducten van de ethyn-zuurstofvlam CO en  $H_2$  zijn, kan worden berekend dat dan een temperatuurstijging van ruim  $3 \cdot 10^3$  K bereikt wordt.

De temperatuurstijging die kan worden bereikt met een ethaan-zuurstofvlam, waarbij ook CO en  $H_2$  ontstaan, is lager dan van de ethyn-zuurstofvlam.

Dit wordt onder andere veroorzaakt doordat bij de ethaan-zuurstofvlam meer mol gas moet worden verwarmd. Ook is de reactiewarmte lager.

Op de uitwerkbijlage bij dit examen zijn twee energiediagrammen weergegeven. Hierin zijn de energieniveaus van de niet-ontleedbare stoffen en de reactieproducten al aangegeven.

- 3p 9 Maak op de uitwerkbijlage de energiediagrammen voor beide reacties af zodat duidelijk wordt waarom de reactiewarmte van de ethaan-zuurstofvlam lager is dan die van de ethyn-zuurstofvlam. Gebruik Binas-tabel 57B.

Geef in de diagrammen het volgende aan:

- de ontbrekende energieniveaus van de beginstoffen;
- de molecuulformules en coëfficiënten van de reacties.

# uitwerkbijlage

9

