

De komende jaren zullen steenkolencentrales worden gesloten om de elektriciteitsproductie duurzamer te maken. Een onderzoeksteam van de TU Eindhoven onderzoekt of deze centrales toch nog langer te gebruiken zijn wanneer steenkool wordt vervangen door een zogeheten 'metal fuel'. Een metal fuel is een metaalpoeder dat verbrand kan worden. Het onderzoeksteam gebruikt hiervoor ijzerpoeder.

De verbrandingsreactie van ijzerpoeder verloopt als volgt:

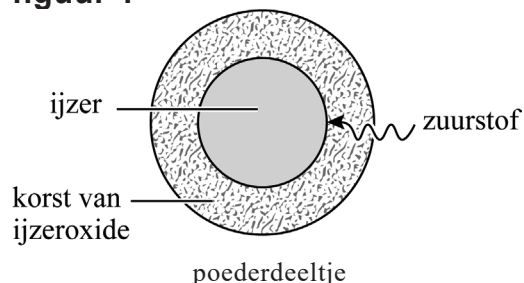


In deze opgave wordt de productie van elektrische stroom op basis van de verbranding van ijzerpoeder beschreven. Op de uitwerkbijlage is hiervoor een vereenvoudigd en nog onvolledig blokschema gegeven. Eerst wordt ijzerpoeder dat in ruimte I is opgeslagen, gemengd met lucht. In een verbrandingskamer (ruimte II) wordt dit lucht-ijzermengsel tot ontbranding gebracht.

- 2p **10** Leg uit met behulp van het botsende-deeltjesmodel dat de verbrandingssnelheid van ijzerpoeder hoger wordt, wanneer eenzelfde massa ijzerpoeder met een kleinere deeltjesgrootte wordt gebruikt.

De verbranding van ijzerpoeder in ruimte II verloopt specifiek: de zuurstof reageert aan het oppervlak van de ijzerpoederdeeltjes en er vormt zich een korst van ijzeroxide. Dit is weergegeven in figuur 1. De korst wordt steeds dikker en uiteindelijk blijft er een vast deeltje over dat voornamelijk uit Fe_2O_3 bestaat.

figuur 1

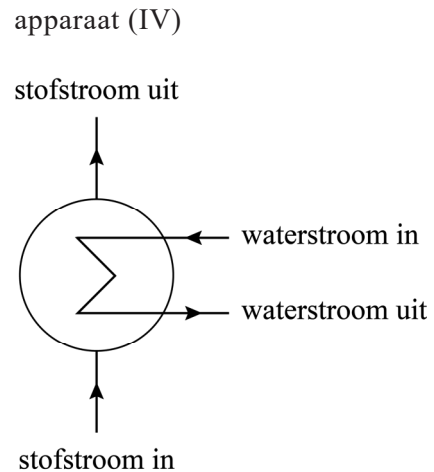


Wanneer ijzerpoederdeeltjes reageren in ruimte II nemen ze in massa toe. Wanneer de poederdeeltjes na de verbranding groot en zwaar genoeg zijn, zakken ze naar de onderkant van de verbrandingskamer en komen ze in een opvangruimte terecht (ruimte III).

- 1p **11** Geef een verklaring voor het toenemen van de massa van de poederdeeltjes.

De overgebleven gassen uit de lucht worden in ruimte II verhit, door de warmte die vrijkomt bij de verbranding van ijzerpoeder (zie uitwerkbijlage). De hete gassen worden boven uit ruimte II afgetapt en gebruikt voor de productie van hete stoom. Hiervoor moet de energie van de hete gassen via een apparaat (IV) worden overgedragen aan water. Het symbool voor dit apparaat is in figuur 2 weergegeven. Met de gevormde hete stoom wordt een stoomturbine (V) met elektriciteitsgenerator (VI) aangedreven. De stoom die uit de stoomturbine komt, wordt afgekoeld in een koeler (VII) en het gevormde afgekoelde water wordt weer naar het apparaat (IV) teruggevoerd.

figuur 2



- 1p **12** Geef de naam van het apparaat (IV) dat is weergegeven in figuur 2.
- 2p **13** Vul het blokschema op de uitwerkbijlage aan:
- Teken het symbool voor het apparaat (IV) en verbind deze met de stoomturbine (V) en met de koeler (VII).
 - Geef aan welke waterstroom afgekoeld water en welke waterstroom hete stoom bevat.
 - Noteer de letters van onderstaande stofstromen op de juiste plek in het blokschema:
 - A hete gassen
 - B afgekoelde gassen

Het ontstane ijzeroxide bestaat voornamelijk uit Fe_2O_3 en is opgevangen in ruimte III. Dit Fe_2O_3 wordt vervolgens in een recyclingproces weer omgezet tot ijzerpoeder. Deze terugwinning van ijzer is mogelijk door Fe_2O_3 te laten reageren met waterstof. Hierbij ontstaan ijzer en water.

- 2p **14** Geef de vergelijking voor de reactie van Fe_2O_3 met waterstof.

In het eerder weergegeven blokschema op de uitwerkbijlage ontbreekt een blok voor het recyclingproces.

- 2p **15** Maak op de uitwerkbijlage het blokschema compleet.
- Teken een blok voor het recyclingproces.
 - Teken de pijlen van de ontbrekende stofstromen.
 - Noteer de nummers van de onderstaande stoffen bij de juiste pijlen.
 - 1 ijzer
 - 2 ijzeroxide
 - 3 water
 - 4 waterstof