

■ PVC verwerken

Wanneer PVC wordt verbrand, ontstaan koolstofdioxide, waterdamp en gasvormig waterstofchloride, HCl.

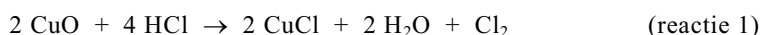
- 4p 6 □ Geef de reactievergelijking van deze verbranding. Noteer PVC hierin als $(C_2H_3Cl)_n$.

Verbranden van PVC in vuilverbrandingsinstallaties heeft nadelige gevolgen. Deze nadelige gevolgen hangen onder andere samen met de vorming van HCl. PVC niet verbranden, maar storten op vuilstortplaatsen is geen alternatief, omdat PVC niet biologisch afbreekbaar is. Het storten leidt op den duur tot een enorme hoeveelheid afval.

Er bestaat nog geen economisch rendabel proces om PVC te recyclen tot bruikbaar nieuw PVC. PVC verbranden en het gevormde HCl verder verwerken lijkt daarom voorlopig de beste oplossing. In het vervolg van deze opgave komen twee verschillende processen aan de orde waarin PVC wordt verbrand en het gevormde HCl verder wordt verwerkt.

Proces 1

Dit reeds lang bestaande proces maakt gebruik van vast koperoxide, CuO. In een reactor laat men HCl bij 400 °C met CuO reageren. Bij deze reactie ontstaan onder andere waterdamp en chloorgas. De vergelijking van de reactie is:



Wanneer het grootste gedeelte van het CuO is omgezet, wordt het inleiden van HCl gestopt en wordt lucht in de reactorruimte geleid. Bij de reactie die dan plaatsvindt, ontstaat weer CuO. Tevens ontstaat chloorgas. De reactievergelijking is:



Reactie 2 is een redoxreactie, waarbij CuCl als reductor optreedt.

- 3p 7 □ Leg uit welke deeltjes uit CuCl (de koperdeeltjes of de chloordeeltjes of beide soorten deeltjes) bij deze reactie als reductor optreden. Verwerk in je uitleg de ladingsverandering(en) van de deeltjes.

Het was voor het ontwikkelen van het proces onder andere van belang om te weten of het totale proces (reactie 1 gevolgd door reactie 2) exotherm dan wel endotherm is. Dit kan worden nagegaan door met behulp van vormingswarmten het warmte-effect te berekenen voor deze omzetting van vier mol HCl tot 2 mol Cl₂. Voor deze berekening zijn de vormingswarmten van CuCl en CuO niet nodig.

- 2p 8 □ Leg uit dat voor bovengenoemde berekening de vormingswarmten van CuCl en CuO niet nodig zijn.

- 3p 9 □ Ga door middel van een berekening na of het totale proces exotherm of endotherm is. Ga ervan uit dat de gegevens uit Binas bij de berekening mogen worden gebruikt.

↑
valt buiten de
examenstof

Proces 2

Bij dit proces om PVC te verwerken, wordt het gevormde HCl opgelost in water. Het gevormde zoutzuur wordt vervolgens geëlektrolyseerd. In dit continue proces worden drie ruimtes gebruikt: een verbrandingsruimte V, een zogenoemde absorptietoren A en een elektrolyseruimte E. In het vervolg van deze opgave wordt ervan uitgegaan dat in de elektrolyseruimte alle opgeloste waterstofchloride wordt omgezet.

PVC wordt in de verbrandingsruimte verbrand met ingeblazen lucht. De niet verbrande, verkoolde, vaste bestanddelen (slakken) worden afgevoerd. De gasvormige producten en de afgewerkte lucht worden naar de absorptietoren gevoerd.

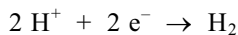
Het hete gasmengsel uit de reactieruimte wordt onder in de absorptietoren geleid. Van boven stroomt koud water als een douche naar beneden. Het waterstofchloride lost op in het water. Daarbij ontstaat zoutzuur. Dit zoutzuur wordt naar de elektrolyseruimte gevoerd.

Eindexamen scheikunde 1-2 vwo 2005-II

havovwo.nl

Door de hoge temperatuur van het gasmengsel verdampt er wat water. Dit wordt samen met de koolstofdioxide en de afgewerkte lucht aan de bovenkant van de absorptietoren afgevoerd.

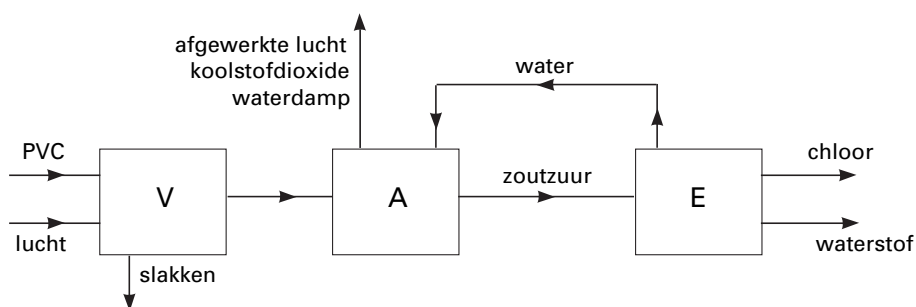
In de elektrolyseruimte ontstaat aan de negatieve elektrode waterstof en aan de positieve elektrode chloor:



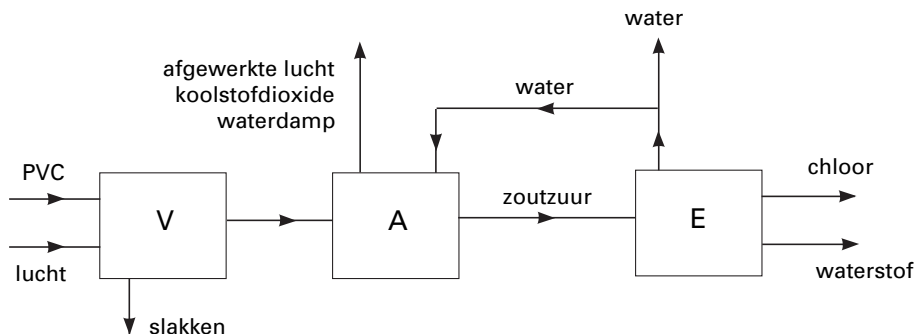
Waterstof en chloor worden gescheiden van elkaar uit de elektrolyseruimte afgevoerd. Uit de elektrolyseruimte wordt water teruggevoerd naar de absorptietoren.

Dit continue proces kan worden weergegeven met een blokschema. Hieronder zijn twee blokschema's getekend die proces 2 zouden kunnen weergeven.

blok-
schema 1



blok-
schema 2



3p 10 Leg voor elk van beide blokschema's uit of dit een juiste weergave van het proces kan zijn.

In de installatie die volgens proces 2 werkt, kan per jaar een hoeveelheid afval worden verwerkt waarin $9,2 \cdot 10^3$ ton PVC aanwezig is. De installatie is gedurende een jaar $8,3 \cdot 10^3$ uur in bedrijf.

2p 11 Bereken hoeveel ton chloorgas maximaal uit $9,2 \cdot 10^3$ ton PVC kan worden verkregen (een ton is 10^3 kg).

4p 12 Bereken de gemiddelde stroomsterkte, in ampère, die voor de elektrolyse nodig is wanneer $9,2 \cdot 10^3$ ton PVC wordt verwerkt. Maak bij je berekening onder andere gebruik van het gegeven dat de lading van één mol elektronen gelijk is aan $9,65 \cdot 10^4$ C ($1 \text{ ampère} = 1 \text{ C s}^{-1}$).