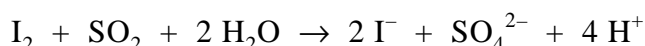


Nikkel

Sommige soorten nikkelhoudend erts bevatten pentlandiet. Pentlandiet wordt vaak weergegeven met de formule $\text{Fe}_4\text{Ni}_5\text{S}_8$. Bij de industriële bereiding van nikkel uit pentlandiet zet men eerst het pentlandiet met zuurstof uit de lucht om tot nikkel(II)oxide. Het zwaveldioxide dat bij deze reactie tevens ontstaat, moet zoveel mogelijk worden verwijderd uit de gassen die de fabriek uitstoot. Daarom moet de concentratie van het zwaveldioxide in het uitgestoten gas steeds worden gecontroleerd. Bij zo'n bepaling worden de gassen eerst geleid in een oplossing van jood. Met zwaveldioxide treedt dan de volgende reactie op:



Vervolgens wordt de ontstane oplossing getitreerd.

- 3p 1 Beschrijf globaal hoe zo'n bepaling van de concentratie zwaveldioxide in de gassen die de fabriek uitstoot, kan worden uitgevoerd.
- Vermeld in je beschrijving of stoffen al dan niet in overmaat moeten worden toegevoegd en van welke stoffen en/of oplossingen de hoeveelheid en/of molariteit bekend moet zijn.
 - Noem in je beschrijving een oplossing waarmee kan worden getitreerd nadat de reactie met de joodoplossing heeft plaatsgevonden.
 - In je beschrijving hoef je niet te vermelden hoe het eindpunt van de titratie kan worden bepaald.

Bij de bereiding van zeer zuiver nikkel speelt de stof nikkeltetracarbonyl, $\text{Ni}(\text{CO})_4$, een belangrijke rol. Deze stof ontstaat als men nikkel laat reageren met koolstofmonoxide. Dit is een evenwichtsreactie:



Dit evenwicht ligt bij 330 K uiterst rechts en bij 500 K is het evenwicht vrijwel aflopend naar links. Op dit verschil in ligging van het evenwicht is de productie van zeer zuiver nikkel gebaseerd.

De waarde van de evenwichtsconstante van evenwicht 1 is afhankelijk van de temperatuur. Men kan de evenwichtsconstante bij 330 K aanduiden als K_{330} en bij 500 K als K_{500} .

- 2p 2 Leg met behulp van de hierboven vermelde gegevens uit of de reactie naar rechts van bovengenoemd evenwicht exotherm is of endotherm.
- 3p 3 Geef de evenwichtsvoorwaarde voor evenwicht 1 en leg uit of K_{330} groter of kleiner is dan K_{500} .

Het nikkel(II)oxide dat uit het pentlandiet ontstaat, bevat nog verontreinigingen. Bij de omzetting van dit ruwe nikkel(II)oxide tot nikkel laat men het nikkel(II)oxide eerst reageren met waterstof. Het voor deze reactie benodigde waterstof verkrijgt men door methaan (aardgas) met stoom te laten reageren. Hieronder is het proces voor de bereiding van nikkel uit ruw nikkel(II)oxide beschreven.

- Methaan en stoom laat men in een reactor (reactor 1) reageren. Hierbij ontstaan waterstof, koolstofmonoxide en koolstofdioxide.
- Het gasmengsel uit reactor 1 gaat naar een scheidingsruimte (scheidingsruimte 1). Bij de scheidingen die daar plaatsvinden, worden de drie gassen afzonderlijk verkregen.
- In een volgende reactor (reactor 2) laat men het ruwe nikkel(II)oxide reageren met waterstof. In deze reactor gebruikt men overmaat waterstof. Er ontstaan waterdamp en ruw nikkel. Dit ruwe nikkel bevat nog verontreinigingen.
- Het gasmengsel van waterdamp en niet-gereageerd waterstof wordt naar een scheidingsruimte (scheidingsruimte 2) geleid, waar het wordt afgekoeld.
- Het ruwe nikkel wordt naar de derde reactor (reactor 3) geleid. Daar laat men het bij 330 K reageren met koolstofmonoxide. In reactor 3 is constant overmaat koolstofmonoxide aanwezig. Alle nikkel wordt in deze reactor omgezet tot nikkeltetracarbonyl. De overgebleven verontreinigingen zijn vaste stoffen en worden als afval afgevoerd.
- Het nikkeltetracarbonyl en de overmaat koolstofmonoxide worden naar reactor 4 geleid. Daar wordt bij 500 K alle nikkeltetracarbonyl omgezet tot nikkel en koolstofmonoxide. Het ontstane nikkel is zeer zuiver.

Een onvolledig blokschema voor dit proces staat op de uitwerkbijlage die bij dit examen hoort.

4p **4** Maak het blokschema op de uitwerkbijlage compleet door het plaatsen van blokken voor scheidingsruimte 2 en reactor 3 en reactor 4. Teken in het blokschema ook de ontbrekende stofstromen. Houd daarbij rekening met hergebruik van stoffen; water dat uit scheidingsruimte 2 komt, wordt niet hergebruikt.

5p **5** Bereken hoeveel m^3 methaan (298 K , $p = p_0$) nodig is voor de productie van 1,0 ton nikkel. Ga daarbij uit van de volgende gegevens:

- koolstofmonoxide en koolstofdioxide ontstaan in reactor 1 in de molverhouding 2 : 1;
- nikkel(II)oxide en waterstof reageren in reactor 2 in de molverhouding 1 : 1;
- een ton is 10^3 kg .

uitwerkbijlage

4

