

## Styreen-butadieen-rubber

Voor het maken van autobanden is jaarlijks een enorme hoeveelheid rubber nodig. Omdat er onvoldoende natuurrubber is, wordt op grote schaal synthetische rubber gemaakt.

Hierbij is 1,3-butadieen ( $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}_2$ ) een belangrijke grondstof. 1,3-butadieen ontstaat bij het stoomkraken van mengsels van verzadigde koolwaterstoffen. Uit het hierin aanwezige heptaan worden 1,3-butadieen, propaan en nog één andere stof gevormd.

- 3p 12 Ga met een berekening na of deze reactie exotherm of endotherm is. De vormingswarmte van heptaan bedraagt  $-1,88 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$ .

Bij condensatie van het ontstane mengsel wordt een aantal fracties opgevangen. Elke fractie bevat een mengsel van verzadigde en onverzadigde koolwaterstoffen. Om 1,3-butadieen te scheiden van de andere koolwaterstoffen in de betreffende fractie maakt men gebruik van extractie. Door het relatief lage kookpunt (269 K) is 1,3-butadieen vervolgens af te scheiden uit de ontstane oplossing.

- 2p 13 Geef de namen van twee stoffen die zich in dezelfde fractie als 1,3-butadieen zullen bevinden en leg uit waarom deze stoffen zich in dezelfde fractie bevinden. Licht je antwoord toe met getalswaarden uit Binas.

De meest gebruikte rubbersoort voor autobanden is het zogeheten styreen-butadieen-rubber (SBR), een zogenoemd copolymeer van 1,3-butadieen en styreen (fenyletheen). 1,3-Butadieen kan op twee manieren polymeriseren met styreen:

- 1,4-additie. In het polymerisatieproces worden de koolstofatomen nummer 1 en 4 van 1,3-butadieen elk verbonden met een andere monomeereenheid. De hierbij in elke gepolymeriseerde monomeereenheid 1,3-butadieen gevormde dubbele binding tussen koolstofatomen nummer 2 en 3 kan zowel de *cis*- als de *trans*-configuratie aannemen;
- 1,2-additie. De reactie verloopt via koolstofatomen nummer 1 en 2 van 1,3-butadieen.

- 4p 14 Geef een fragment uit het midden van een SBR-polymeer weer met behulp van structuurformules. Dit fragment moet bestaan uit twee styreen-eenheden, één butadieen-eenheid met de *trans*-structuur die is ontstaan na 1,4-additie en één butadieen-eenheid die is ontstaan na 1,2-additie.

De productie van SBR is hieronder vereenvoudigd beschreven. Styreen, 1,3-butadieen, water, een emulgator en hulpstoffen worden in een reactor gemengd. Als 60% van de monomeren is omgezet, wordt de reactor geleegd in ruimte S1.

In S1 wordt 1,3-butadien afgescheiden uit het mengsel dat uit de reactor komt. Het resterende mengsel wordt naar een zogenoemde stoomstripper geleid. Hier wordt stoom door het mengsel geleid. De stoom neemt het resterende styreen mee. Het mengsel van stoom en styreen wordt daarna in ruimte S3 gecondenseerd en gescheiden.

Aan het overblijvende mengsel van onder andere water en SBR wordt in ruimte S4 een zuur toegevoegd. Het SBR klontert daardoor samen en kan worden afgescheiden.

In de uitwerkbijlage die bij deze opgave hoort, is een onvolledig blokschema afgebeeld voor de productie van SBR. Bij deze productie wordt zo efficiënt mogelijk omgegaan met grondstoffen.

- 4p 15 Maak het blokschema af dat op de uitwerkbijlage bij deze opgave is gegeven. Gebruik lijnen met pijlen voor de ontbrekende stofstromen. Geef de stofstromen in het schema aan met cijfers:

- |   |                          |   |                 |
|---|--------------------------|---|-----------------|
| 1 | 1,3-butadien             | 4 | stoom           |
| 2 | emulgator en hulpstoffen | 5 | styreen         |
| 3 | SBR                      | 6 | vloeibaar water |

Hergebruik van stoffen afkomstig uit S4 en hergebruik van water hoeft niet te worden aangegeven.

Voor de productie van een autoband wordt vloeibaar SBR gemengd met zwavel en enkele andere hulpstoffen. De band wordt opgebouwd uit een aantal lagen van dit mengsel, waartussen versterkende staaldraden aanwezig zijn. Aan het eind van het proces laat men de gehele band enige tijd in een mal uitharden bij 290 °C. Tijdens het uitharden worden de SBR ketens op een beperkt aantal plaatsen onderling verbonden door zwavelatomen. Het resultaat is een stevige, elastische rubber band. Rubber afkomstig van oude autobanden kan niet worden gebruikt voor de productie van nieuwe banden.

- 2p 16 Leg uit hoe rubber van een autoband er op deeltjesniveau uitziet en leg uit:
- waarom dit rubber niet kan worden gebruikt voor de productie van nieuwe banden;
  - waarom dit rubber elastisch is.

Een manier om autobanden nuttig te gebruiken is door ze in korrelvorm in cementovens te verbranden. Bij de verbranding ontstaan  $H_2O$  en  $CO_2$  en twee andere oxides. Deze twee andere oxides worden in het cement opgenomen. De beide oxides vormen een nuttige grondstof voor het cement. In vergelijking met gewone verbranding, kan zo milieuoverlast door één van deze oxides worden voorkomen.

- 2p 17 Geef de formules van de twee oxides die ontstaan naast  $H_2O$  en  $CO_2$  bij de volledige verbranding van een autoband. Geef aan welk milieuvoordeel wordt bereikt doordat één van de oxides in het cement wordt opgenomen. Gebruik Binas-tabel 97A.

uitwerkbijlage

15

