

Van aardgas naar methanol

Van aardgas naar methanol

J.A. Wesselingh
G.H. Lameris
P.J. van den Berg
A.G. Montfoort

© VSSD

Eerste druk 1987, 1990, 1992, 1998, licht gewijzigd 2001

Uitgegeven door:

VSSD

Leeghwaterstraat 42, 2628 CA Delft, The Netherlands

tel. +31 15 2782124, telefax +31 15 2787585, e-mail hlf@vssd.nl

internet: <http://www.vssd.nl/hlf>

URL over dit boek: <http://www.vssd.nl/hlf/d003.htm>

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without the prior written permission of the publisher.

ISBN10 90-407-1304-9

ISBN13 978-90-407-1304-0

NUR 952

Trefw.: procestechnologie, industriële chemie

Inhoud

1. Inleiding	7
2. Methanol	9
Eigenschappen	9
Eigenschappen van methanol	9
De kleinere alcoholen	9
Toepassingen	9
Gevaren van methanol	12
3. Stromen in de fabriek	15
De synthese: evenwicht	15
De synthese: kinetiek	18
Scheiden van produkten	21
De reformer	21
Gebruik van de stookgassen	23
Alle stromen	24
4. De energiehuishouding	27
Systemen	27
De wet van behoud van energie	28
Reactie- en brandstof- enthalpie	28
Temperatuur- en verdampingsenthalpie	29
Ideale processen	30
De reformer	32
Het fornuis	33
De compressor	33
De synthese	35
Nevenapparatuur	35
Alle energiestromen	36
5. Apparaten	37
De reformer	37
De CO ₂ -winning	39
Warmtewisselaars	42

De compressor	42
De synthesesereactor	44
De methanol/waterscheiding	44
De fabriek	46
6. Kosten	49
7. Samenvatting	51
Bijlagen	55
Symbolen	60

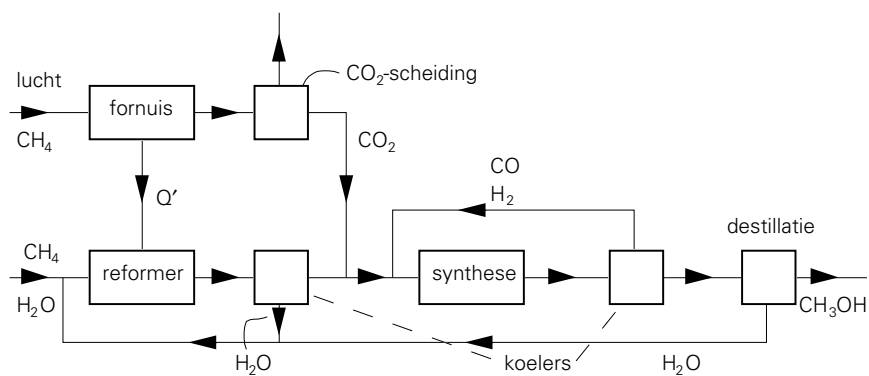
Op URL <http://www.vssd.nl/hlf/d003.htm> staat aanvullend onderwijsmateriaal.

1. Inleiding

Dit boekje gaat over industriële chemie. Het vakgebied van de industriële chemie beschrijft hoe de chemie (samen met allerlei andere vakken) gebruikt wordt om op grote schaal stoffen te maken.

Wij hebben gekozen voor de beschrijving van de industriële bereiding van methanol. Dit is een actueel en schoon proces en wij kunnen er goed de werkwijze van de ontwerper van zo'n fabriek aan laten zien.

Het processchema dat we zullen afleiden zien we in schema 1.1.



Schema 1.1. Processchema met de stromen.

Uit aardgas en een overmaat stoom worden CO en H_2 bereid volgens een evenwichtsreactie in de zogenaamde 'reformer'. De grootte van de overmaat stoom die nodig is om CH_4 volledig om te zetten zullen we berekenen.

Het mengsel van CO en H_2 dat zo wordt verkregen is niet in de juiste verhouding voor de volgende reactie, de vorming van methanol. We zullen laten zien hoe dit probleem door de toevoeging van CO_2 kan worden opgelost. Voor de 'synthese' zullen we het volume van de reactor berekenen uit de snelheid van de reactie.

In een hoofdstuk over de energiehuishouding zullen we laten zien hoe de hoeveelheid aardgas, die nodig is om de endotherme reactie in de 'reformer' op de juiste temperatuur te houden, kan worden verlaagd door het gebruik van warmtewisselaars.

2. Methanol

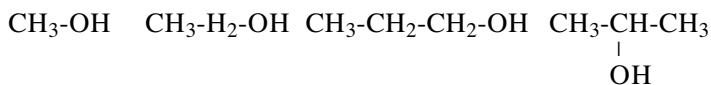
Eigenschappen

Methanol is de eerste van de reeks van alcoholen. Bij kamertemperatuur is het een heldere, waterige vloeistof. Het lijkt sterk op zijn broertje ethanol. De reuk en de smaak zijn hetzelfde, het is echter veel giftiger. Enkele van zijn eigenschappen staan in de tabel hieronder.

Eigenschappen van methanol

kookpunt	338 K (65 °C)
dichtheid (bij 298 K)	789 kg m ³
molaire warmtecapaciteit (l)	80 J mol ⁻¹ K ⁻¹
molaire warmtecapaciteit (g)	60 J mol ⁻¹ K ⁻¹
verdampingswarmte (bij 298 K)	38 kJ mol ⁻¹
verbrandingsenthalpie (bij 298 K)	-726 kJ mol ⁻¹
vlampunt (met een lucifer)	280 K (7 °C)
zelfontbrandingstemperatuur	743 K (470 °C)
explosiegrenzen (in lucht)	6 ... 37 mol%

De kleinere alcoholen



	methanol	ethanol	1-propanol	2-propanol
kookpunt	65 °C	79 °C	97 °C	82 °C

Methanol is volledig mengbaar met water. Het mengt ook met andere alcoholen en veel andere zuurstofhoudende organische verbindingen. Er zijn vrij veel zouten die goed oplossen in methanol.

Toepassingen

Het wereldverbruik van methanol bedroeg in 1991 18 Mt (megaton, ofwel miljoen ton). Dit is een enorme hoeveelheid. Het beantwoorden van de volgende vraag geeft hiervan enig idee.

Vraag 2.1. Bereken de lengte van een trein die de jaarlijkse wereldproductie aan methanol vervoert. Neem aan dat de wagons 20 ton vervoeren en dat zij 10 m lang zijn.

3. Stromen in de fabriek

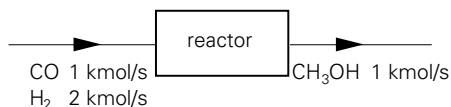
In het vorige hoofdstuk is besproken waarom er methanol gemaakt wordt, en waarom daar in Nederland aardgas als grondstof voor gebruikt wordt. Wij zullen nu nagaan hoe een methanolfabriek werkt.

Nadat het aardgas is omgezet in synthesegas (waarover straks meer), wordt methanol gemaakt volgens de onderstaande reactie. In onze fabriek gebeurt dit in het groot: wij maken 1 kmol/s.



Vraag 3.1. Bereken hoeveel ton per jaar overeenkomt met een continue productie van 1 kmol/s.

Uit vergelijking (3.1) kunnen wij schema 3.1 voor de methanolfabriek afleiden.



Schema 3.1. De methanolfabriek.

Dit schema is te simpel zoals wij zullen zien. Het opzetten van een fabriek is een ingewikkelde puzzel die ervaren ingenieurs jaren werk kost. Wij zullen de fabriek stap voor stap opbouwen. Daarbij zullen wij sommige zaken vereenvoudigen, zoals een echte ingenieur ook doet. We nemen echter alle belangrijke zaken in onze opbouw mee, zodat de grote trekken van het methanolproces duidelijk zullen worden.

In onze beschrijving van het proces worden temperaturen, drukken en samenstellingen gekozen. Later wordt nagegaan wat het effect is van een andere keuze. Dat is ook een van de taken van een procesontwerper: het kiezen van de beste procescondities.

De synthese: evenwicht

De eerste reden waarom het bovenstaande schema te simpel is, is dat reactie (3.1) niet afloopt; het is een evenwichtsreactie:

