

'Groen' piepschuim

Piepschuim wordt onder andere gebruikt als verpakkingsmateriaal. Het is opgebouwd uit aan elkaar gekleefde bolletjes van een polymeer. Bij het maken van dit verpakkingsmateriaal worden de polymeerkorrels eerst in een reactor verwarmd terwijl een gas wordt doorgeblazen. De korrels schuimen dan op tot bolletjes. Het gas in deze piepschuim-bolletjes wordt vanzelf vervangen door lucht. Vervolgens worden de bolletjes in een mal gebracht en opnieuw verwarmd. De bolletjes kleven dan aan elkaar tot het gewenste verpakkingsmateriaal.

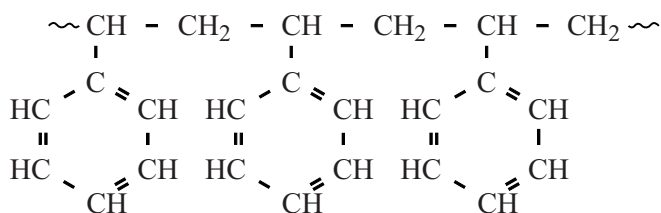
- 2p 11 Welke soort polymeer wordt gebruikt om piepschuim van te maken: een thermoplast of een thermoharder? Geef een verklaring voor je antwoord; maak daarbij gebruik van bovenstaande tekst.

Het is efficiënter om het polymeer in de vorm van korrels te vervoeren dan in de vorm van piepschuim-bolletjes. Om een bepaalde massa in de vorm van piepschuim-bolletjes te vervoeren, zijn veel meer vrachtwagens nodig, dan wanneer die massa in de vorm van polymeerkorrels wordt vervoerd. Een vrachtwagen kan maximaal 46 ton polymeerkorrels vervoeren.

- 2p 12 Bereken hoeveel vrachtwagens nodig zijn voor het vervoer van 46 ton piepschuim-bolletjes. Neem aan dat de laadruimte van een vrachtwagen 100 m^3 is. Ga verder uit van de volgende gegevens:
- de dichtheid van de polymeerkorrels is $1,06 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3}$;
 - de dichtheid van de piepschuim-bolletjes is $22,5 \text{ kg m}^{-3}$;
 - een ton is 10^3 kg .

In het verleden werd alle piepschuim gemaakt van polystyreen. Deze soort piepschuim wordt vaak aangeduid met de afkorting EPS. Polystyreen wordt gevormd door additiepolymerisatie van styreen. Deze polymerisatie is een endotherme reactie. Bij de omzetting van de polystyreenkorrels tot piepschuim-bolletjes wordt pentaan gebruikt, dat wordt verhit. Styreen en pentaan worden beide uit aardolie verkregen.

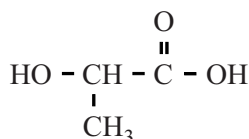
Hieronder is een stukje uit het midden van de structuurformule van polystyreen afgebeeld.



- 2p 13 Geef de structuurformule van styreen.

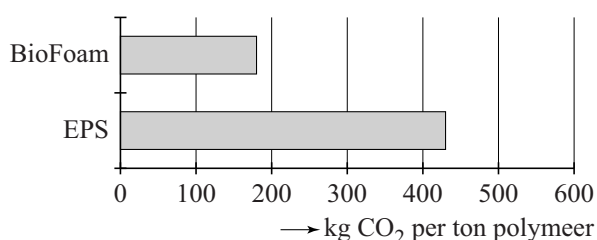
Sinds 2009 is een nieuw soort piepschuim ontwikkeld: BioFoam[®]. BioFoam[®] bestaat uit polymelkzuur, de polyester van melkzuur. De vorming van polymelkzuur is een exotherme reactie. Het melkzuur dat wordt gebruikt voor de productie van BioFoam[®], wordt verkregen door vergisting van suikers en zetmeel uit bijvoorbeeld suikerriet en maïs. Bij de omzetting van polymelkzuurkorrels tot piepschuim-bolletjes wordt koolstofdioxide gebruikt dat wordt gewonnen uit de rookgassen van energiecentrales.

Hieronder is de structuurformule van melkzuur weergegeven.



- 3p 14 Teken een uiteinde van de structuurformule van polymelkzuur. In het getekende stukje moeten drie monomeren zijn verwerkt.

BioFoam[®] wordt wel 'groen' piepschuim genoemd. Eén van de redenen daarvoor is dat de netto hoeveelheid CO₂ die bij de productie van een ton BioFoam[®] wordt uitgestoten aanzienlijk minder is dan bij de productie van een ton EPS. Zie onderstaande grafiek.



Een aantal factoren is van invloed op de netto CO₂ uitstoot tijdens de productie. Eén ervan is het warmte-effect van de polymerisatiereactie.

- 2p 15 Leg uit of, met betrekking tot de hoogte van de netto CO₂ uitstoot, het warmte-effect van de polymerisatiereacties in het voordeel of in het nadeel is van BioFoam[®] in vergelijking met EPS.
- 2p 16 Leg uit of het verschil in grondstoffen ertoe bijdraagt dat de netto CO₂ uitstoot per ton polymeer voor BioFoam[®] lager is dan voor EPS.

Bronvermelding

Een opsomming van de in dit examen gebruikte bronnen, zoals teksten en afbeeldingen, is te vinden in het bij dit examen behorende correctievoorschrift, dat na afloop van het examen wordt gepubliceerd.