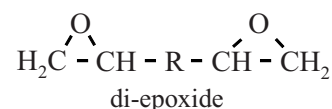


Carbon

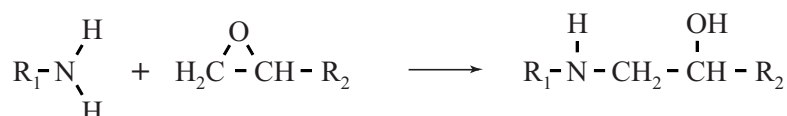
Carbon is een composiet samengesteld uit een netwerkpolymeer en koolstofvezels. Het netwerkpolymeer in carbon is een epoxyhars. De epoxyhars wordt gevormd uit twee monomeren: een amine en een zogeheten di-epoxide.

Moleculen van het di-epoxide bevatten aan beide uiteinden een epoxidegroep.



Wanneer het di-epoxide wordt gemengd met de amine treedt de hieronder weergegeven reactie op.

Met R_1 en R_2 worden de overige delen van de moleculen aangeduid.



De amine treedt hierbij op als een nucleofiel deeltje.

Op de uitwerkbijlage bij deze opgave is de reactie onvolledig weergegeven in twee stappen. In stap 2 verplaatst zich een H atoom.

- 3p 15 Maak de stappen op de uitwerkbijlage af door ontbrekende elektronenparen en atomen aan te vullen. Gebruik Lewisstructuren. Geef met pijlen aan hoe elektronenparen zich verplaatsen. Geef formele ladingen aan.

Een epoxidegroep is op te vatten als een cyclische ethergroep.

Van alle ethers blijken de stoffen met een epoxidegroep in de moleculen veel reactiever te zijn dan de lineaire ethers. De reden hiervoor is dat de bindingshoeken in de ring van een epoxidegroep afwijken van wat de VSEPR-theorie voorspelt. Hierdoor is de activeringsenergie voor het verbreken van de C–O binding in een epoxidegroep veel lager dan bij een lineaire ether.

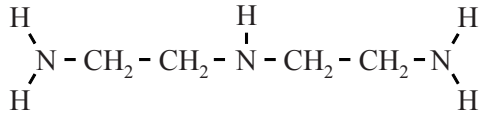
- 2p 16 Leg uit dat de bindingshoeken in de ring van een epoxidegroep afwijken van wat de VSEPR-theorie voorspelt.

Men streeft ernaar dat in het materiaal geen reactieve groepen meer over zijn. Daarom moeten de $\sim\text{NH}$ groepen en de epoxidegroepen in een molverhouding 1:1 gemengd worden.

Voor de gebruiker vermelden fabrikanten daarom twee waarden op de verpakking: de EEM en de AHEM. Deze waarden zijn als volgt gedefinieerd:

- EEM: het aantal gram van het di-epoxide per mol epoxidegroepen;
- AHEM: het aantal gram van de amine per mol aan stikstof gebonden waterstofatomen.

Hieronder is de structuur van de veelgebruikte diëthyleentriamine (DET) weergegeven.



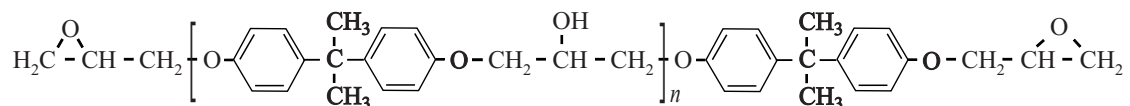
- 2p 17 Bereken de AHEM voor DET.
Geef je antwoord in twee significante cijfers.

Bij een bereiding van epoxyhars wordt een di-epoxide gebruikt met een EEM van 189 gram en een amine met een AHEM van 15 gram.

- 2p 18 Bereken hoeveel gram di-epoxide nodig is voor de bereiding van 100 gram van deze epoxyhars.

Omdat de amine-moleculen meerdere reactieve plaatsen hebben, vormen deze crosslinks tussen de moleculen van het di-epoxide.

De structuur van het meest gebruikte di-epoxide voor carbon is hieronder weergegeven. De waarde van n in dit monomeer kan liggen tussen 0 tot 25.



De waarde van n heeft onder meer invloed op de vervormbaarheid van de gevormde epoxyhars.

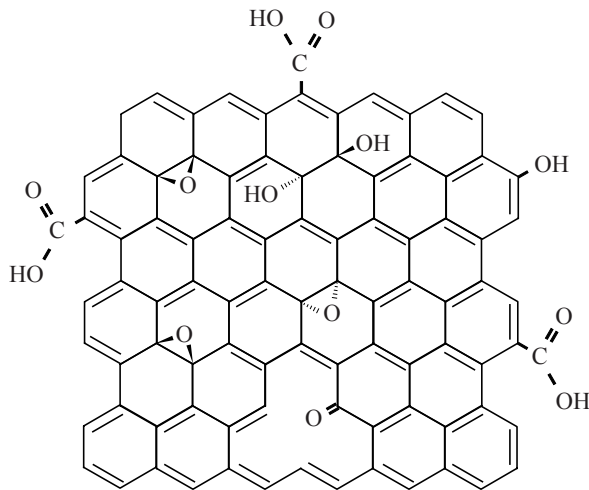
- 2p 19 Leg uit dat een grotere waarde van n zal leiden tot een grotere vervormbaarheid van de epoxyhars.

Om een voorwerp van carbon te produceren worden de twee monomeren samen met de koolstofvezels in een mal geperst.

Voor de sterkte van het gevormde carbon is van belang dat de koolstofvezels goed hechten aan de epoxyhars. Op microniveau bestaan de vezels uit meerdere koolstoflaagjes van elk één atoom dik, vergelijkbaar met grafiet (zie Binas-tabel 67E). Dankzij de platte vorm liggen de lagen dicht op elkaar.

Om de hechting met het netwerkpolymeer te verbeteren worden de koolstofvezels voorbehandeld met een oxidator. In figuur 1 is weergegeven hoe een laagje er dan uit kan zien.

figuur 1



- 2p 20 Leg uit op microniveau waarom deze voorbehandeling van de koolstofvezels leidt tot een betere hechting tussen de koolstofvezels en de hierboven beschreven epoxyhars.

Door deze voorbehandeling blijkt de sterkte van de koolstofvezels zelf af te nemen. Men verklaart dit uit een afname van de onderlinge hechting van de koolstoflaagjes.

- 2p 21 Geef een verklaring op microniveau waarom de onderlinge hechting van de koolstoflaagjes afneemt door de voorbehandeling.

15

