

Kunststoffen

11.1 Additiepolymerisatie

A 1

- a**
- 1 Een monomeer is een klein molecuul, waaruit een groter ketenmolecuul of netwerkvormig molecuul kan worden gevormd.
 - 2 Een polymeer is een groot ketenmolecuul of netwerkvormig molecuul.
 - 3 Een copolymeer is een polymeer dat uit twee of meer verschillende monomeren is gevormd.
 - 4 Een polymerisatiereactie is de reactie waarbij uit monomeren een polymeer wordt gevormd.
- b** Additiepolymerisatie en condensatiepolymerisatie

B 2

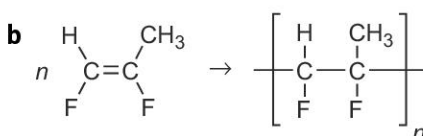
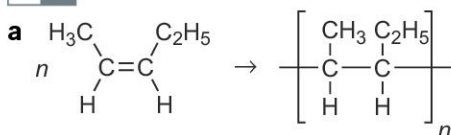
Het volume is $2,0 \times 1,0 \times 0,15 = 0,30 \text{ m}^3$ en de massa is 12 kg.

De dichtheid is dan $\frac{12}{0,30} = 40 \text{ kg m}^{-3}$.

A 3

- a** Additiepolymerisatie is een polymerisatiereactie waarbij een dubbele of drievoudige binding in de monomeren wordt verbroken en er nieuwe bindingen tussen de monomeren worden gevormd.
- b** Het monomeer bevat een dubbele of drievoudige binding (tussen twee C-atomen).
- c** Een initiator
- d** Het polymeer krijgt de naam 'poly-', gevolgd door de naam van het monomeer.
- e** $n \text{ C}_3\text{H}_6 \rightarrow (\text{C}_3\text{H}_6)_n$

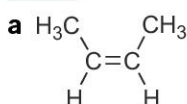
B 4

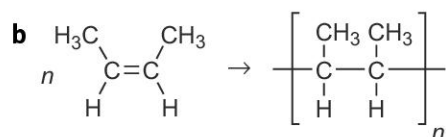


C 5

- a** Een additiepolymerisatie stopt wanneer het uiteinde van de gevormde polymeerketen reageert met de initiator. Door weinig initiator toe te voegen aan het reactiemengsel, wordt de kans dat dit gebeurt kleiner. Hierdoor wordt de polymeerketen (gemiddeld) langer.
- b** De gevormde polymeerketens hebben niet allemaal dezelfde lengte. De stof die is ontstaan is dus in feite een mengsel en mengsels hebben een smelttraject.

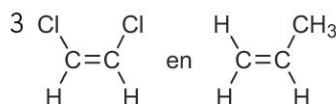
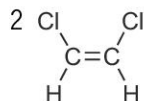
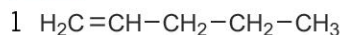
B 6



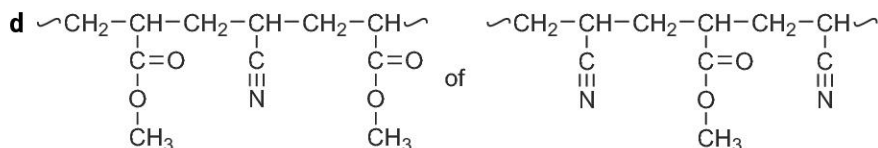
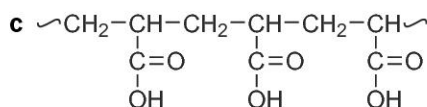
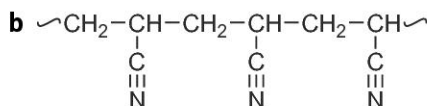
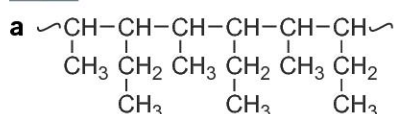


c polybut-2-een

B 7



B 8



C 9 ★

a De dichtheid van gewoon glas is $\sim 2,5 \cdot 10^3 \text{ kg m}^{-3} = \sim 2,5 \text{ g cm}^{-3}$.

De dichtheid van ETFE is met $1,73 \text{ g cm}^{-3}$ dus lang niet een factor honderd minder.

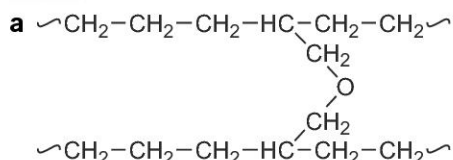
b De massa van één m^3 luchtkussens is in dit geval:

$$m_{\text{kussens}} = 0,010 \times 1,73 \cdot 10^3 + (1 - 0,010) \times 1,293 = 19 \text{ kg}$$

De dichtheid is dan $19 \text{ kg m}^{-3} = 0,019 \text{ g cm}^{-3}$.

$$\text{Dit is } \frac{2,5}{0,019} = 1,3 \cdot 10^2 \text{ keer zo klein als de dichtheid van glas.}$$

C 10



b Diallylether heeft twee dubbele bindingen. Het kan daardoor polymeriseren met verschillende ketens. De ketens raken daardoor onderling verbonden met atoombindingen, waardoor een netwerkstructuur ontstaat.

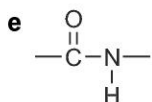
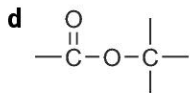
11.2 Condensatiepolymerisatie

A 11

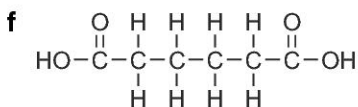
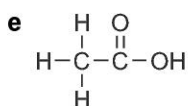
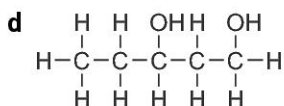
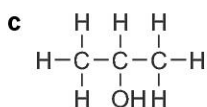
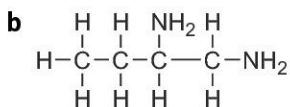
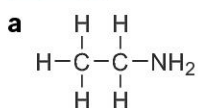
a Een zuurgroep, $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$ en een hydroxylgroep (—OH)

b Een zuurgroep, $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C—OH}$ en een aminogroep (—NH_2)

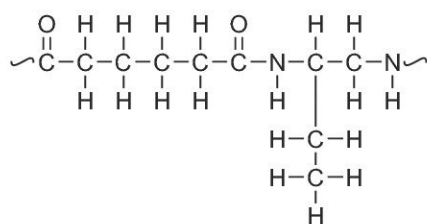
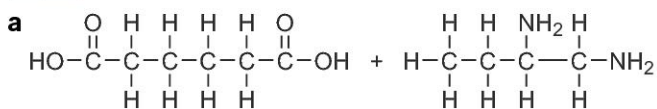
c In beide polymeerketens komen andere atomen dan C-atomen voor. In een polyester komen echter estergroepen voor, terwijl in een polyamide amidegroepen voorkomen.

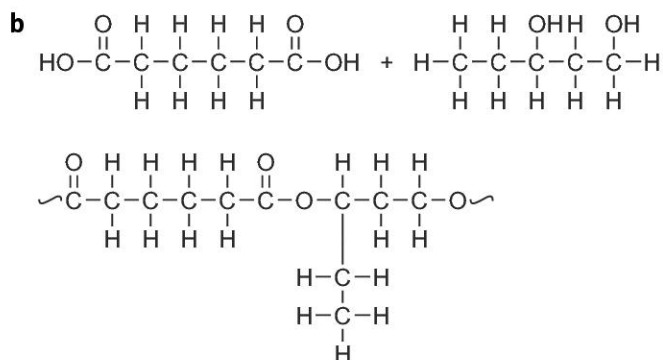


B 12



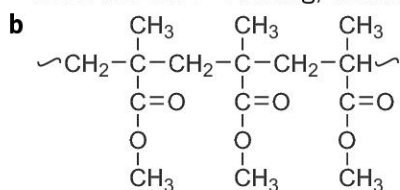
B 13





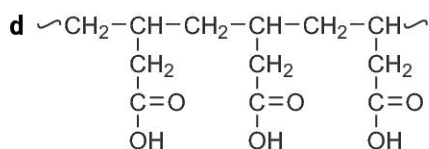
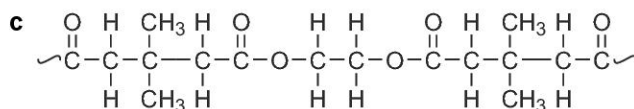
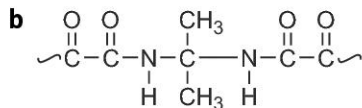
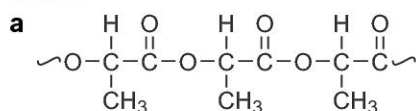
B 14

a PMMA is een additiepolymeer. Het monomeer waaruit PMMA wordt gevormd bevat niet de karakteristieke groepen die nodig zijn om een condensatiepolymeer te vormen. Het bevat wel een C=C-binding, waardoor additiepolymerisatie kan optreden.

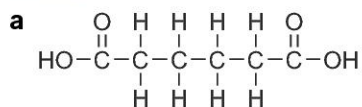


c Polycarbonaat is een condensatiepolymeer. In de repeterende eenheid komen in de polymeerketen esterbindingen voor.

B 15



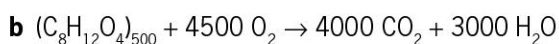
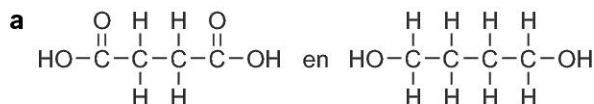
B 16



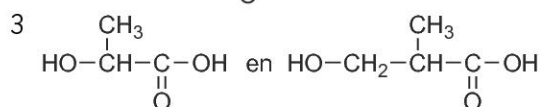
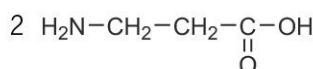
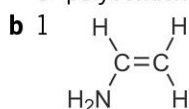
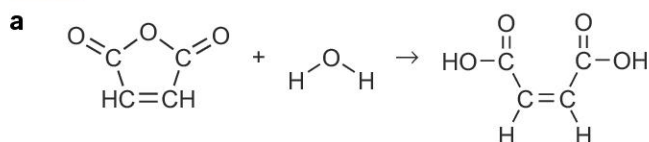
b De formule van de repeterende eenheid van Stanyl is $(C_{10}H_{18}N_2O_2)_n$ met als molecuulmassa:

$$10 \times 12,01 + 18 \times 1,008 + 2 \times 14,01 + 2 \times 16,00 = 198,26 \text{ u}$$

Het aantal repeterende eenheden is dan $\frac{2,0 \cdot 10^4}{198,26} = 1,0 \cdot 10^2$.

C 17**C 18**

- a**
- 1 polyadditie
 - 2 polycondensatie
 - 3 polycondensatie

**B 19**

b Ja, want bij de hydrolysereactie ontstaat er uit twee moleculen, één nieuw molecuul.

c $2,1 \cdot 10^3 \text{ kg} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ g MZA per uur}$

De molare massa van MZA is $4 \times 12,01 + 2 \times 1,008 + 3 \times 16,00 = 98,06 \text{ g mol}^{-1}$.

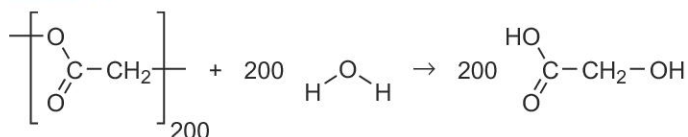
Er wordt dan $\frac{2,1 \cdot 10^6}{98,06} = 2,1 \cdot 10^4 \text{ mol MZA per uur}$ verbruikt.

De molverhouding MZA : water is 1 : 1, er wordt dus ook $2,1 \cdot 10^4 \text{ mol water per uur}$ verbruikt.

De molare massa van water is $18,015 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa is dan $2,1 \cdot 10^4 \times 18,015 = 3,9 \cdot 10^5 \text{ g water per uur}$.

In een jaar zit $365 \times 24 = 8,8 \cdot 10^3 \text{ uur}$. Op jaarbasis wordt dus $3,9 \cdot 10^5 \times 8,8 \cdot 10^3 = 3,4 \cdot 10^9 \text{ g water}$ verbruikt. Dit is $3,4 \cdot 10^3 \text{ ton}$.

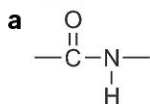
C 20 ★

11.3 Eigenschappen

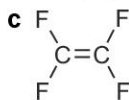
A 21 ●

a Je kunt de kunststof verwarmen, bijvoorbeeld met een bunsenbrander. Als de kunststof daardoor zacht wordt of smelt, is hij een thermoplast. Als de kunststof hard blijft, is hij een thermoharder.

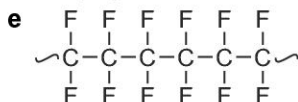
b Een thermoplast bestaat uit ketenvormige moleculen. Een thermoharder bestaat uit een netwerkvormig molecuul. Bij een thermoharder zijn de moleculen onderling verbonden door crosslinks.

B 22

b Een polycondensatiereactie



d Een polyadditiereactie

**B 23**

a De massa van een monomeereenheid is $3 \times 12,01 + 6 \times 1,008 = 42,08$ u.

De gemiddelde massa van het polymeer is dan $42,08 \times 800 = 3,37 \cdot 10^4$ u.

b $3,37 \cdot 10^4 \times 1,7 \cdot 10^{-27} = 5,7 \cdot 10^{-23}$ g

c $\frac{0,5}{5,7 \cdot 10^{-23}} = 8,7 \cdot 10^{21}$ moleculen

B 24

a In de repeterende eenheid van alginaat komen OH-groepen voor. Deze OH-groepen kunnen met andere alginaatketens waterstofbruggen vormen.

b In de repeterende eenheid van alginaat is een O-atoom negatief geladen. Het kan daardoor een ionbinding aangaan met positief geladen calciumionen.

c In de keten van polyacrylamide komen alleen C-atomen voor. Het is dus een additiepolymeer.

d Polyacrylamide bevat geen zijketens die onderling nieuwe bindingen aan kunnen gaan. De polyacrylamideketens zullen dus geen crosslinks en dus geen netwerkpolymeer vormen.

A 25

a Weekmakers, blaasmiddelen, vulstoffen, harders, uv-absorptiemiddelen en vezels

b

vulstof	effect
weekmakers	maakt de kunststof vervormbaarder
blaasmiddelen	verlaagt de dichtheid
vulstoffen	maakt de kunststof sterker en harder
harders	maakt de kunststof sterker en harder
uv-absorptiemiddelen	maakt een kunststof minder vatbaar voor de invloed van uv-straling / voorkomt brosheid
vezels	maakt de kunststof sterker

B 26

a Een composiet

b De harder zorgt voor crosslinks en maakt de kunststof sterker/harder.

c Een thermoharder.

B 27

a Het blaasmiddel verdampt tijdens de vorming van de kunststof. Hierdoor krijg je kleine gasbellen in de kunststof, met een lagere dichtheid tot gevolg.

b Hoe meer blaasmiddel je gebruikt, hoe meer gasbellen en hoe lager de dichtheid.

c Je kunt er bijvoorbeeld een harder aan toevoegen.

B 28

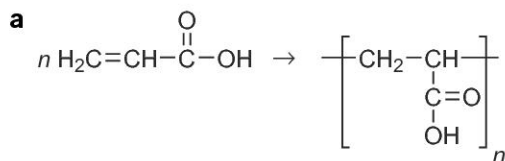
a Het rubber met het laagste zwavelgehalte bevat het kleinste aantal zwavelbruggen. Het rubber met het hoogste zwavelgehalte bevat het grootste aantal zwavelbruggen.

b In de autoband komt $\frac{4,0}{100} \times 20 = 0,80 \text{ kg} = 0,80 \cdot 10^3 \text{ g}$ zwavel voor.

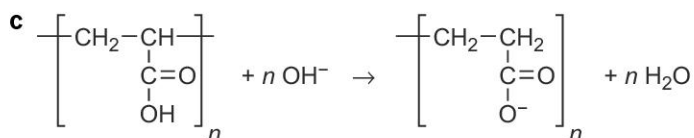
De molaire massa van zwavel is $32,06 \text{ g mol}^{-1}$.

In de autoband komt dan $\frac{0,80 \cdot 10^3}{32,06} = 25 \text{ mol}$ zwavel voor.

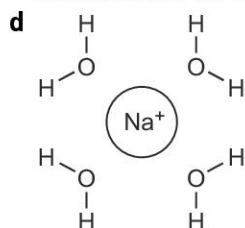
c Het uv-absorptiemiddel voorkomt dat de zwavelbruggen worden verbroken onder invloed van zonlicht. Hierdoor blijft de netwerkstructuur van het rubber langer intact en wordt het minder snel bros.

B 29

b $\text{Na}^+ + \text{OH}^-$



In deze reactie staat $\text{R}-(\text{COOH})_n$ een H^+ -ion af, dat is dus een zuur. OH^- neemt H^+ op en is dus een base. Deze reactie is dus een zuur-basereactie.



11.4 Verwerking

A 30

a Spuitgieten en extruderen

b In beide technieken wordt de kunststof verwarmd, waardoor hij zacht wordt.

A 31

a Door het polymerisatieproces in een mal met de gewenste vorm te laten plaatsvinden.

b Omdat een thermoharder bij verwarming niet zacht wordt.

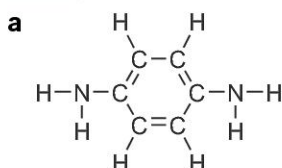
B 32

a Als het verwekingspunt laag is, duurt het langer voordat de kunststof weer uithardt. Met name bij massaproductie kan dit een groot probleem vormen.

b Als de gemiddelde massa van de thermoplastmoleculen afneemt, neemt de sterkte van de vanderwaalsbinding tussen de moleculen ook af. Hierdoor zijn de moleculen minder sterk aan elkaar gebonden, waardoor het verwekingspunt lager wordt.

C 33

- a**
- 1 Dit is een thermoplast, want de polymeermoleculen zijn niet onderling verbonden.
 - 2 Dit is een thermoplast, want de polymeermoleculen zijn niet onderling verbonden.
 - 3 Dit is een thermoharder, want de polymeermoleculen zijn onderling door crosslinks verbonden.
 - 4 Dit is een thermoplast, want de polymeermoleculen zijn niet onderling verbonden.
- b**
- 1 In de polymeerketen komen alleen C-atomen voor, het is dus een additiepolymeer.
 - 2 In de polymeerketen komen alleen C-atomen voor, het is dus een additiepolymeer.
 - 3 In de polymeerketen komen alleen C-atomen voor, het is dus een additiepolymeer.
 - 4 In de polymeerketen komen esterbindingen voor, het is dus een condensatiepolymeer.
- c**
- 1 Geen copolymeer
 - 2 Geen copolymeer
 - 3 Geen copolymeer
 - 4 Wel een copolymeer

C 34

b $2,2 \cdot 10^4 \text{ ton} = 2,2 \cdot 10^{10} \text{ g PPTA}$

Dit komt overeen met $\frac{2,2 \cdot 10^{10}}{1,7 \cdot 10^4} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ mol PPTA}$.

In dit aantal mol PPTA komen $1,3 \cdot 10^6 \times 70 = 9,1 \cdot 10^7 \text{ mol}$ monomeereenheden voor die afkomstig zijn van TDC.

De massa daarvan is $9,1 \cdot 10^7 \times 203,0 = 1,8 \cdot 10^{10} \text{ g} = 1,8 \cdot 10^4 \text{ ton TDC}$.

- c** Vanderwaalsbinding en atoombinding (amidebinding is ook een optie).
- d** Twee mogelijke gegevens/eigenschappen op microniveau:
- de polymeerketens liggen evenwijdig aan elkaar;
 - de polymeerketens zijn niet onderling verbonden door atoombindingen/crosslinks.

Twee mogelijke gegevens/eigenschappen op macroniveau:

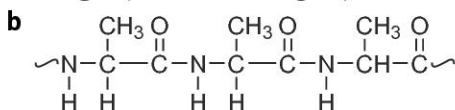
- PPTA kan oplossen in zwavelzuur;
- PPTA kan worden geëxtrudeerd.

A 35

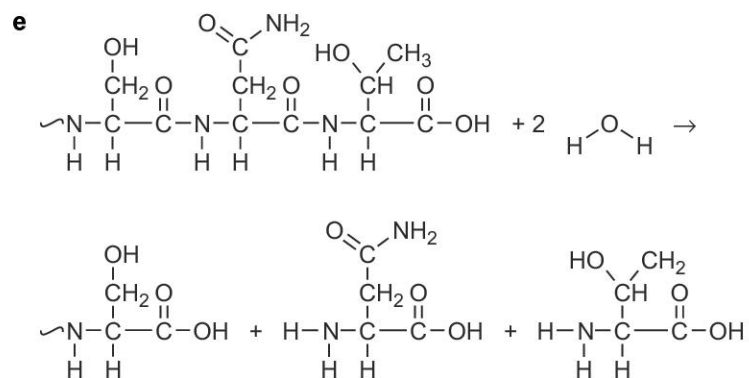
- a**
- 1 Plastics kunnen zich ophopen in het milieu.
 - 2 Bij het verbranden van plastics kunnen schadelijke stoffen ontstaan.
- b** Plastics worden zo veel mogelijk hergebruikt, gerecycled of biologisch afgebroken.

C 36

- a** Een spidroin is een condensatiepolymeer. In een alaninemolecuul komt zowel een zuurgroep als een aminogroep voor. Hierdoor kan een polyamide worden gevormd.

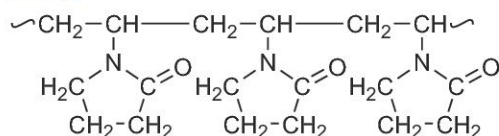


- c**
- 1 Spinnenzijde is een condensatiepolymeer. Door middel van hydrolyse kun je het polymeer afbreken tot de oorspronkelijke monomeren.
 - 2 Spinnenzijde wordt in de natuur gevormd. Het zal dus waarschijnlijk ook weer in de natuur kunnen worden afgebroken.
- d** In alle drie de aminozuren komen OH- of NH-groepen voor. Hierdoor kunnen ze waterstofbruggen met watermoleculen aangaan. Dat maakt ze goed oplosbaar in water.

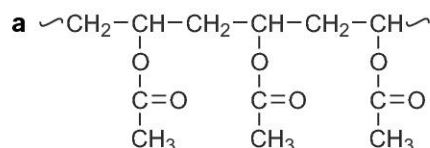


Afsluiting

1

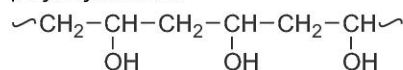


2

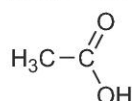


b hydrolyse

c polyvinylalcohol:

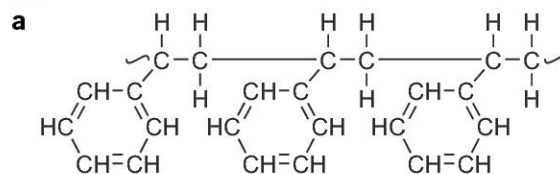


Andere soort molecuul:



- d** Na de reactie met borax heeft het polymeermolecuul geen OH-groepen meer. Er kunnen dan geen waterstofbruggen meer met watermoleculen worden aangegaan.
e Hoe meer borax je toevoegt, hoe meer crosslinks er worden gevormd tussen de polymeermoleculen. De polymeermoleculen raken daardoor sterker gebonden aan elkaar.

3



- b** Styreen bevat acht C-atomen, er ontstaan dus acht CO₂-moleculen bij de verbranding.
c Vijftig wegwerpbekertjes hebben een massa van $2,8 \times 50 = 1,4 \cdot 10^2$ g.

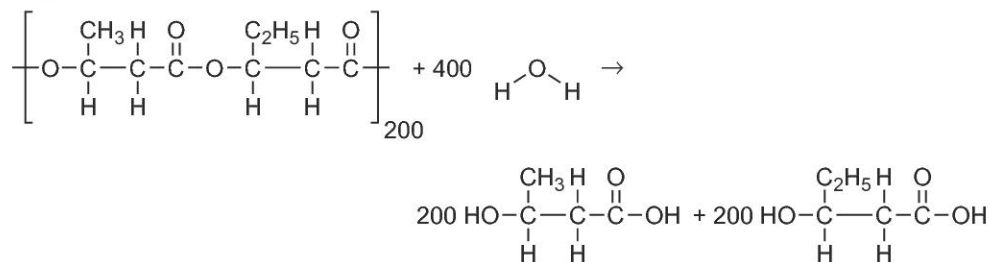
Daarin komen $\frac{1,4 \cdot 10^2}{104,1} = 1,3$ mol monomeereenheden voor.

Per monomeereenheid ontstaan er acht CO₂-moleculen.

Er ontstaat dus $1,3 \times 8 = 11$ mol CO₂.

Dit heeft een volume van $11 \times 24,5 = 2,6 \cdot 10^2$ dm³.

4 ★



5

a edelgassen**b** $2 \text{ H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{ H}_2\text{O}$ **c** De vormingswarmte van waterdamp is $-2,42 \cdot 10^5 \text{ J mol}^{-1}$.

Er is dan $\frac{9,5 \cdot 10^3}{2,42 \cdot 10^5} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$ water ontstaan.

De molaire massa van water is $18,015 \text{ g mol}^{-1}$.

De massa van het water is dan $3,9 \cdot 10^{-2} \times 18,015 = 0,71 \text{ g}$.

d Monomeer 1: $\text{H}-\underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}-(\text{CH}_2)_6-\underset{\text{H}}{\underset{\text{H}}{\text{N}}}-\text{H}$

Monomeer 2: $\text{HO}-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-(\text{CH}_2)_4-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}-\text{OH}$

e Mogelijke verschillen zijn:

- de gemiddelde ketenlengte / het aantal monomeren in de polymeerketen;
- de aanwezigheid van weekmakers;
- het gebruik van vulstoffen;
- de manier waarop de kunststofvezels zijn geweven;
- de dichtheid.

f Voorbeelden van juiste eigenschappen met bijbehorende uitleg zijn:

- sterkte; de airbag moet bestand zijn tegen druk;
- niet/slecht/matig doorlaatbaar voor gassen; de airbag moet (enige tijd) opgeblazen blijven;
- vervormbaarheid / de airbag moet flexibel zijn; de airbag moet zich kunnen vormen naar de persoon die bij een botsing wordt opgevangen;
- smeltpunt/smelttemperatuur; dit/die moet hoger zijn dan de temperatuur die bij het opblazen heerst;
- (on)brandbaarheid; hoe minder brandbaar materiaal (in de auto), des te beter;
- de structuur moet gedurende lange tijd (in opgevouwen toestand en bij wisselende temperaturen) behouden blijven; een airbag kan wel jarenlang in een auto opgeborgen zitten;
- biodegradeerbaarheid; dit draagt bij aan het milieuvriendelijke aspect van de airbag;
- reactiviteit ten opzichte van water(damp); de zak zou te snel kapotgaan (door reactie met water).

6

a Een voordeel van een continu proces is dat de productie continu doorgaat, waardoor de opbrengst hoger is. Een voordeel van een discontinu proces is dat de pers makkelijk te stoppen en te verwijderen is. Bij fouten kun je het productieproces daardoor eenvoudig stoppen.

b Aangezien de temperatuur stijgt door de druk van de schroef of pers, is de temperatuur het hoogst, vlak voordat de kunststof de extruder verlaat. De temperatuur is dus het hoogst bij de matrijs, punt 3.

c Het polymeer mag maximaal net onder de 285°C zijn, omdat het anders na de matrijs nog de gewenste vorm kan verliezen.