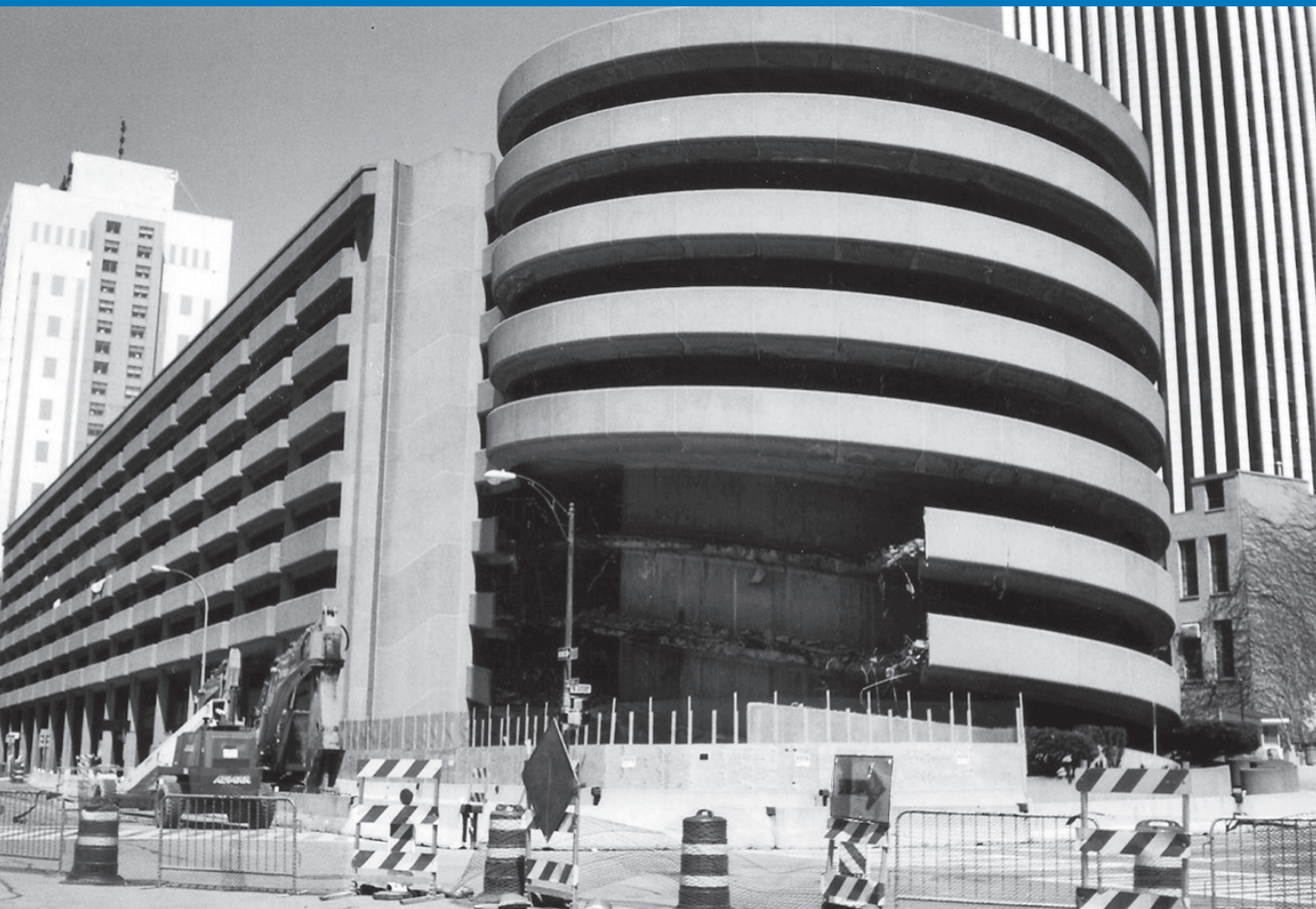


Hoofdstuk 1

Het belang van technische materialen

Afritspiraal op een parkeergarage die instortte vanwege corrosie van de staalversterkingen in de vrijdragende constructie



Leerdoelen

1. Vertrouwd raken met materialen die worden gebruikt om dingen te maken.
2. Het belang begrijpen van het gebruik van het 'juiste' materiaal voor een toepassing.

1.1 Wat is materiaalkunde?

De verschillen tussen de levens van de mensen vandaag de dag en de levens van mensen door de geschiedenis heen worden mede gevormd door de beschikbare materialen. Tot de tijd van Christus waren reeds een aantal metalen beschikbaar: koper, zilver, goud, tin, lood, ijzer en kwik. Tot 1800 veranderde het materialenrepertoire op de wereld niet veel. Het moderne tijdperk zoals wij het nu min of meer kennen, begint in de tweede helft van de negentiende eeuw met de Industriële Revolutie en de massaproductie van staal. Rond dezelfde tijd werden synthetische vezels zoals kunstzijde (later rayon genoemd) uitgevonden en vervolgens verscheen rond 1908 de eerste kunststof (bakeliet). Bijna alle materialen die we tegenwoordig gebruiken voor gereedschappen, gebruiksvoorwerpen en recreatie, zijn in de laatste circa tweehonderd jaar ontwikkeld.

Het vormen van voor lenzen geschikt glas en de uitvinding van de microscoop door Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) waren ook zulke belangrijke gebeurtenissen. De microscoop stelde geleerden in staat om de 'werking' van materialen maar ook het menselijk lichaam te zien. In de zogeheten metallografie gebruikt men een microscoop om de wijzigingen in metalen te bestuderen wanneer diverse metalen worden samengesmolten om legeringen te vormen en de invloed van deze wijzigingen op de eigenschappen te begrijpen. De wetenschap van keramische materialen ontstond door microscopische studies van mineralen en kunststoffen, die op hun beurt ontstonden door de studie naar de wisselwerking tussen grote moleculen. Kortom: materialen en de kennis van hun 'werking' hebben de evolutie van de maatschappij mogelijk gemaakt.

In dit hoofdstuk laten we zien hoe de krachten van materialen, materiaaleigenschappen en het vermijden van materiaaldefecten zijn gebundeld om het leven op veel manieren gemakkelijker en beter te maken. Het gaat hierbij vooral om **technische materialen**, de vaste stoffen die aan het begin staan van het maakproces van producten en constructies, en de wetenschap die behoort bij

de studie en behandeling van deze stoffen en hun toepassingen. We definiëren termen, beschrijven waarom dingen falen, bespreken de rol van materiaaleigenschappen, en leggen uit hoe belangrijk de materiaalkeuze voor het goed ontwerpen van producten is.

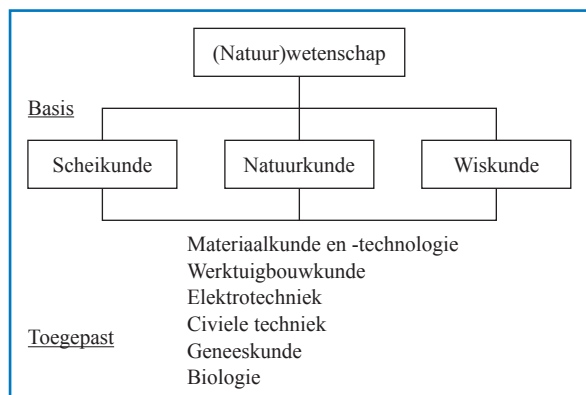
1.2 De taal van materialen

Zoals weergegeven in figuur 1-1 is **materiaalkunde** een toegepaste wetenschap met scheikunde, wiskunde en natuurkunde als basis.

Scheikunde is de wetenschap van de samenstelling van materie en de reacties wanneer stoffen worden gevormd of zich met elkaar verbinden.

Natuurkunde is de wetenschap die de toestanden van materie en energie behandelt die behoren bij materie, acties en reacties.

Wiskunde is de wetenschap van het gebruik van getallen, nauwgezette technieken en regels voor het produceren van exacte oplossingen voor problemen.



FIGUUR 1-1 *Scheikunde, natuurkunde en wiskunde vormen de basis voor de studie van techniek*

Overzichten van gebruikers van vorige edities van dit boek hebben ons geleerd dat de lezers variëren van mensen zonder voorkennis over de scheikunde van materialen tot postdoctorale studenten die alle basiskennis al hebben. We zullen ons proberen aan te passen aan degenen zonder voorkennis. Gevorderde lezers kunnen eenvoudigweg overslaan wat ze al weten.

We wijden een belangrijk deel van dit boek aan het definiëren van termen. Mensen en bedrijven kopen producten op basis van hun kenmerken. Ze willen een bepaalde prijs, sterkte, een bepaald uiterlijk, gewicht, een bepaalde levensduur enzovoort. Er zijn meetbare eigenschappen die kunnen worden gebruikt voor het kwantificeren van al deze gewenste kenmerken, en het kennen en begrijpen van de taal van de materialen is de eerste stap om in staat te zijn die kenmerken om te zetten in meetbare materiaaleigenschappen.

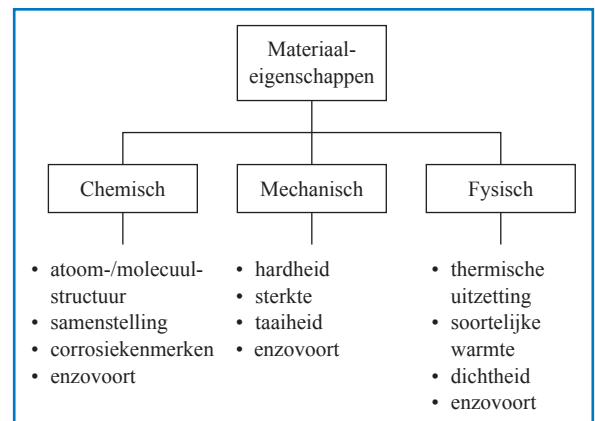
Voor het grootste deel worden deze termen gedefinieerd in de tekst; de termenlijst aan het eind van ieder hoofdstuk bestaat uit beknopte definities. Het belang van het begrijpen van eigenschappen en materiaaltermen, alsook het correcte gebruik ervan, kan niet genoeg worden benadrukt. Als een term verkeerd wordt gebruikt in een specificatie, kan dat tot gevolg hebben dat een onderdeel niet werkt of defect raakt. Een transmissie-as op een machine kan bijvoorbeeld breken. De technicus die belast is met de vervanging zal dan misschien zeggen: ‘We hebben een taaiere staalsoort nodig’, terwijl hij of zij waarschijnlijk ‘sterker’ bedoelt. Een vergelijkbare situatie ontstaat bij een verzakende constructie, waarbij de onderhoudstechnici misschien stellen dat ze een sterker materiaal nodig hebben om het probleem op te lossen, terwijl ze in werkelijkheid een stijver materiaal bedoelen. Chemische samenstelling is een van de belangrijkste eigenschappen van elk materiaal. We kregen onlangs een vraag over het testen van een straalmotoronderdeel dat was gemaakt van een materiaal aangeduid als C1023, een lage-koolstofstaal in het staalaanduidingssysteem dat wordt gebruikt in de Verenigde Staten. In besprekingen met de klant hoorden we echter dat C1023 ook de handelsnaam is van een hogetemperatuur-superlegering op nikkelbasis met eigenschappen (bijvoorbeeld op het gebied van machinale bewerkbaarheid, verkrijgbaarheid en kosten) die volledig anders zijn dan die van C1023-koolstofstaal. Het juist identificeren van constructiematerialen maakt dus voor alle betrokken partijen deel uit van de taal van materialen.

Ook andere bijbehorende details moeten beknopt en juist worden vermeld in elke materiaalaanduiding en -specificatie. Voor het geregistreerde handelsmerk en de huisstijl van het bedrijf handhaaft Eastman Kodak bijvoorbeeld nauwgezette normen en proeven om ervoor te zorgen dat het op verpakkingen en onderdelen in Bolivia afgedrukte Kodak-geel gelijk is aan het in China of de Verenigde Staten afgedrukte Kodak-geel.

Kwantitatieve proeven om kleuren te meten, en het specificeren van de gewenste kleur op manieren die kunnen worden gekwantificeerd en gemeten, maken dus ook deel uit van de taal van technische materialen.

1.3 De rol van materialen in het succes van een product

Bij een verkeerde materiaalkeuze is er onvoldoende nagedacht over de eisen en eigenschappen waaraan de materialen moeten voldoen. Dit aspect van materiaaltechnologie wordt in het hele boek behandeld. Eigenschappen zijn kenmerken die een materiaal identificeren en onderscheiden van elk ander materiaal. Deze eigenschappen hebben hun oorsprong in de aard van een materiaal op atomair of moleculair niveau. Eigenschappen van materialen worden ingedeeld in de volgende drie categorieën, zie figuur 1-2.



FIGUUR 1-2 Indeling van materiaaleigenschappen

We zullen veel ruimte besteden aan hoe deze eigenschappen worden gemeten en aan de eigenschapskenmerken van diverse technische materialen, maar op dit moment is het vooral belangrijk om het verschil te zien tussen deze categorieën:

Chemische eigenschappen: kenmerken van een stof die behoren bij de formule ervan en bij de reactiviteit met andere stoffen en omgevingen.

Fysische eigenschappen: kenmerken van een stof die kunnen veranderen zonder de chemische samenstelling te veranderen of te vernietigen.

Mechanische eigenschappen: kenmerken van een stof die beschrijven hoe een materiaal reageert op uitgeoefende fysieke krachten.

Het is zeer belangrijk om de eigenschappen van een materiaal in elke categorie te bekijken alvorens dat materiaal te selecteren voor een bepaalde toepassing. Het falen van de producten die we kopen en gebruiken, kan meerdere oorzaken hebben, maar heel vaak komt het door een verkeerd ontwerp of een verkeerde materiaalkeuze. De foto aan het begin van dit hoofdstuk laat een parkeergarage met acht verdiepingen zien, waarin een groot stuk van de helixstructuur van de afrit ontbreekt. Het spiraalvormige wegdek was vrijdragend bevestigd aan een centrale betonnen buis. De helix was in de buis gegoten, en de gespannen kabels waren ingebed in het beton en ontworpen om het vrijdragende gedeelte te vrijwaren van de buigbelastingen door het gewicht van het autoverkeer.

De helix faalde, zoals weergegeven op de foto, na ongeveer zeven jaar dienst. Gelukkig raakte niemand gewond. Dit defect trad op door een verkeerde materiaalkeuze in het gedeelte van het beton en de staalversterking. Het beton had onvoldoende mechanische eigenschappen om de buigwerking van het verkeer op de vrijdragende weg op te nemen en de staalversterking had niet de nodige chemische eigenschappen om bestand te zijn tegen **corrosie** die werd veroorzaakt door het strooien van zout in de winter. Het beton was ook onvoldoende bestand tegen herhaalde thermische cycli; het ontwikkelde scheuren. Door de scheuren kon het zoute water het versterkte staal bereiken en de diameter van de versterkende staaldraden verminderen tot een fractie van hun ontwerpdiameter. Zodoende hadden de krachten van het naar buiten rijdende autoverkeer tot gevolg dat de staalversterking defect raakte en de weg instortte. Dit is hoe eigenschappen invloed hebben op de bruikbaarheid.

Elk ontwerp moet werken voor een bepaalde tijd, de *levensduur*. Daarbij moet het materiaal de juiste eigenschappen hebben gedurende deze levensduur. De meeste dingen, de meeste producten en de meeste mensen hebben een verwachte levensduur. Voedselleveranciers weten hoelang een bepaald product mee zal gaan zonder te bederven (chemische eigenschap); werktuigbouwers garanderen dat gereedschappen een bepaald aantal jaren meegaan zonder te breken (mechanische eigenschap); en fabrikanten van kunststofgevels garanderen dat de gevels niet verbleken binnen

tien jaar (fysische eigenschap). Producten moeten dus een bepaalde ontwerp levensduur hebben. Voor de meeste dingen is het niet economisch om ze zo te ontwerpen dat ze voor altijd meegaan. Dat zou immers vereisen dat ze gemaakt worden van materialen die voor altijd meegaan, en behalve edele metalen en enkele speciale metaallegeringen hebben de meeste materialen net als mensen een eindige levensduur. Bijvoorbeeld:

Dimensioneel timmerhout: 5 jaar buitenshuis

Behandeld timmerhout: 10 tot 20 jaar buitenshuis

Polyethyleen: 3 jaar in zonlicht

Beton: 50 jaar in vries-/dooiklimaten

Onbehandeld koolstofstaal: corrodeert met minder dan 0,05 mm per jaar buitenshuis

Helaas bestaat er geen 'eigenschap' die overeenkomt met de levensduur buitenshuis, of in zeewater, of in de grond. In plaats daarvan zijn we chemische, mechanische en fysische standaard eigenschapsproeven overeengekomen, die worden gebruikt als indicatoren voor de levensduur. Auto-garanties bedragen nu bijvoorbeeld maximaal tien jaar voor enkele onderdelen van de auto. Dat betekent dat ontwerpers moeten besluiten welke eigenschappen een rol spelen in het tien jaar lang meegaan van de auto en materialen moeten selecteren met voldoende eigenschappen om dat te laten gebeuren. Het is de ethische verantwoordelijkheid van ontwerp ingenieurs om de invloed te onderzoeken van materiaaleigenschappen op de levensduur van wat ze ontwerpen en al het mogelijke te doen om een product te laten voldoen aan de verwachte levensduur. Garanties moeten echter ook worden onderzocht door gebruikers, om te bepalen of ze gebaseerd zijn op metingen die deze claims steunen. Fouten bij het voorspellen van de levensduur kunnen erg kostbaar zijn. Zij betekenen een aanslag op de reputatie van een bedrijf en kunnen de oorzaak zijn van terugroepacties en dure juridische procedures.

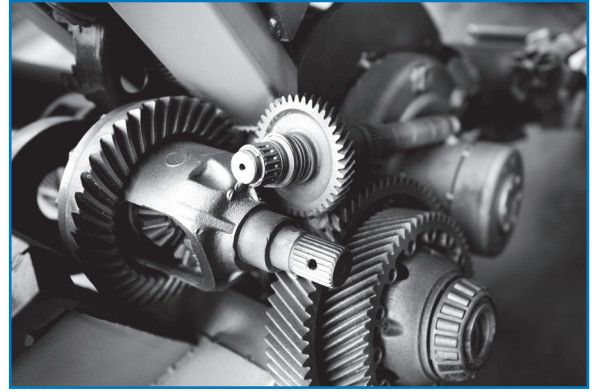
1.4 Technische materialen zoals ze op jouw wereld van toepassing zijn

Elke ingenieur, ontwerper en wetenschapper heeft een basis in materiaalkunde nodig. Alleen al het bezitten en onderhouden van een huis

vereist kennis van technische materialen. Er zijn vele verschillende materialen beschikbaar voor zo ongeveer alles, zie figuur 1-3. Kennis van technische materialen kan helpen bij het nemen van beslissingen over de vele productopties die verkrijgbaar zijn op huishoudelijk gebied.

Thuis vindt men vele consumentenproducten waarvan men verwacht dat ze lang meegaan. Een wekker produceert geluid door activering van een elektromechanische zoemer of door het aanzetten van een radio of een ander geluidsapparaat. Deze componenten, die gemaakt zijn van metaal of kunststof, zijn allemaal producten van materiaalselectie en materiaaltechnologie.

Je kleding bestaat uit vele weefsels die mengsels zijn van natuurlijke en synthetische vezels. Van natuurlijke planten zoals katoen worden draden en garens gemaakt met ingewikkelde mechanische machines die allerlei onderdelen vereisen die tegen elkaar wrijven en niet snel mogen verslijten. De synthetische vezels, bijvoorbeeld polyester, zijn afkomstig van chemische basismaterialen zoals petroleum. Polyesters worden gemaakt van een organische alcohol en een organisch zuur. Het hanteren van deze chemische stoffen vereist speciale corrosiebestendige materialen. Het spinnen van zulke materialen tot garen vereist het extruderen van het gesmolten polymeer door minieme gaatjes en afkoelen in zuur. Deze vezels bewegen bijvoorbeeld met een snelheid tot 160 kilometer per uur bij het maken van garen en draad. Bij deze snelheden kunnen ze in minuten door massief staal snijden, tenzij de garengeluiders gecoat zijn met speciale keramische materialen. Ten slotte worden de draden en garens door breimachines geleid, waar ze worden gecombineerd met natuurlijke draden en garens in jouw kreukvrije kleren.





FIGUUR 1-3 Voorbeelden van de toepassing van technische materialen

Foto's: Christian Lagerek / Shutterstock; Fuyu Liu / Shutterstock; Santiago Cornejo. Shutterstock/ AnekoHo / Shutterstock; Marino Bocelli / 123rf.com; Alex Koral / Shutterstock; Borisovstudio / Shutterstock

Een doodgewoon broodrooster bevat een van de wonderen van de materiaaltechnologie – een verwarmingselement dat zo'n hoge weerstand heeft tegen elektrische stroom dat het snel roodgloeiend wordt om de benodigde hitte voor het roosteren te leveren. Nog wonderbaarlijker is dat dit materiaal van het verwarmingselement afbraak door lucht voor zeer lange periodes kan weerstaan. Bijna alle broodroosters gebruiken een materiaal dat een legering is van nikkel en chroom – een product van materiaalonderzoek. Vergelijk dit eens met de roosters in de meeste stalen barbecuegrills, die bij normaal gebruik binnen een jaar oxideren, roesten en defect raken.

Auto's zijn meesterwerken van materiaaltechnologie, en ze worden dat elk jaar meer. Sommige auto's hebben bijvoorbeeld tegenwoordig kunststof carrosserie-delen, zodat doorroesten geen bron van zorg meer is. De banden op zeer recente auto's kunnen een fractie hebben van de bandenhoogte van een paar jaar geleden. Deze 'vlakke' banden verminderen de rolwrijving ter verbetering van het brandstofverbruik. Net zo vereisten

de velgen rond sommige van deze vlakke banden de ontwikkeling van nieuwe magnesium- en aluminiumlegeringen, alsmede allerlei uitvindingen om de kunstzinnige vormen te maken die nu verkrijgbaar zijn. Autoruiten zijn getint met diverse zon-blokkerende coatingproducten van vacuümcoatingtechnologie, een materiaalbehandelingstechnologie die ook de basis vormt voor computers en alle andere elektronische gadgets waarvan we houden en afhankelijk van geworden zijn. Een ander resultaat van materiaaltechnologie in auto's, dat waarschijnlijk vaak onopgemerkt en ondergewaardeerd blijft, is dat het niet langer nodig is om de ophangingsverbindingen elke 20.000 kilometer in te vetten. In de laatste circa twintig jaar zijn de materialen in de ophanging voor de gehele levensduur 'zelf-smerend' geworden. Materiaaltechnici werken op het moment aan zuiger-/ring-/cilinder-/oliesystemen die de levensduur van olie zullen verlengen met tienduizenden kilometers.

Op je werk of opleiding zul je ongetwijfeld een computer gebruiken, waarschijnlijk het ultieme voorbeeld van het succesvol toepassen van materiaaltechnologie. Computertechnologie is gebaseerd op chips, elektrische circuits die microscopisch gemaakt zijn door zeer geavanceerde technologie. Computerchips zijn in wezen stukken die gesneden zijn uit een wafer van een enkel kristal silicium. Het nam tientallen jaren van materiaalonderzoek in beslag alleen om te leren hoe een éénkristal (waarin alle atomen zijn uitgelijnd) silicium te laten groeien tot 400 mm in diameter. Ook was er zeer geavanceerde materiaalexpertise nodig om manieren te vinden om schijfjes af te snijden die dunner dan 1 mm kunnen zijn, en die vervolgens te vacuüm-coaten met geleiders en isolatoren. Dit alles zonder defecten, met spiegelafwerkingen en soms met diktes niet groter dan tien nanometer.

Een biertje na het werk? Ook voor het maken van bier is uitgebreide kennis van materiaaltechnologie nodig. Het vereist een hygiënische behandeling van chemische stoffen en graan. Fermentatievaten vereisen materialen die bestand zijn tegen corrosieve omstandigheden en verhoogde temperaturen. Daarnaast mogen ze natuurlijk niet de smaak beïnvloeden van de vloeistoffen die ze bevatten. Flessenapparatuur vereist ook veel materiaaldeskundigheid – op het gebied van transportbanden, doppenmachines, dopmateriaal, bierblikjesmateriaal enzovoort. In feite zijn bierblikjes van staal en aluminium heel verbazingwekkende dingen. Elk jaar vinden materiaalingenieurs manieren om ze dunner (en dus goedkoper) te maken en toch

nog functioneel te laten zijn. Elk bierblikje is een drukvat met een corrosief materiaal.

Na het avondeten wil je misschien het nieuws op televisie zien. Je schakelt je televisie met LCD- of plasmascherm in. Heb je ooit nagedacht over de materiaal-technische aspecten van deze schermen? LCD staat voor *liquid crystal display*. Het actieve materiaal in een LCD-scherm is een materiaal dat de atoomrangschikking van een kristal in de vloeibare toestand laat zien. Deze vloeistof zit vast tussen een speciale glassoort en een drager die stroom naar de vloeistof brengt in matrixformaat. De elektronische excitatie van de vloeistof levert het beeld op het scherm. Het genereren van een plasmascherm vereist dat een materiaal in een unieke materietoestand wordt gebracht: niet het eenvoudig omzetten van het materiaal in een vaste stof, vloeistof of gas, maar de ionen en elektronen van een atoom in een aangeslagen toestand brengen. Het creëren van een plasma vereist daardoor zeer hoge voltages. Voor de televisietoestellen die we tegenwoordig als vanzelfsprekend beschouwen, was dus een aanzienlijke technische vooruitgang nodig.

We zouden nog veel meer voorbeelden van materiaal-technologische uitdagingen kunnen geven. Het belangrijkste punt is dat technische materialen vaak de beperkende factor vormen bij nieuwe producten of processen.

1.5 Doelstelling van dit boek

Dit boek is bedoeld voor studenten in alle technische vakken, alsook voor technische mensen in industriële omgevingen. Het allesomvattende doel is het ontwikkelen van praktische kennis van

technische materialen voor het specificeren van materialen voor diverse projecten. Je zult daarbij het exacte materiaal willen identificeren door het gebruik van een wereldwijd erkend aanduidingssysteem, en je zult ook de vereiste materiaalbehandeling willen aangeven. Wanneer je naar een houtbedrijf gaat en om materiaal voor het bouwen van een boekenkast vraagt, zal de verkoper je verzoeken om je vraag nader te specificeren. Welke soort hout? Welke nominale afmetingen? Welke afwerking? Welke kwaliteit? Ook de taal van staalproducten moet de gebruiker leren beheersen. Het grootste deel van de terminologie en de grondbegrippen van staalproducten zijn ook van toepassing op de meeste andere metaal-systemen. Profielen, platen, banden en andere producten van nikkel worden in wezen op dezelfde manier van een ingot gemaakt als dezelfde soorten staalproducten.

Er zijn meer dan 15.000 kunststoffen commercieel verkrijgbaar, en zelfs nog meer metaallegeringen en keramische materialen. Geen enkele ontwerper of ingenieur kan vertrouwd zijn met al deze materialen of de aanduidingsnummers voor alles kennen. Het is daarom de strategie van dit boek om voor elke materiaalcategorie een repertoire van materialen te presenteren dat voldoet aan de meeste ontwerpbehoeften. We zullen kennis aanbevelen van koolstofstaal, gietijzersorten, geselecteerde aluminiumlegeringen, kunststoffen enzovoort. Van de materialen die we noemen, weten we dat ze wereldwijd beter verkrijgbaar zijn dan andere materiaallopties binnen een categorie van materialen. Hopelijk zal deze beperking van het toepassingsgebied je het vertrouwen geven dat je nodig hebt om de juiste materiaalkeuze te maken. ■

Termenlijst¹

chemische eigenschappen: kenmerken van een stof die behoren bij de formule ervan en bij de reactiviteit met andere stoffen en omgevingen

corrosie: materiaalverlies en vervolgens verlies van eigenschappen door chemische aantasting of omgevingsaantasting

fysische eigenschappen: kenmerken van een stof die kunnen veranderen zonder de chemische samenstelling te veranderen of te vernietigen

materiaalkunde: de wetenschap die behoort bij de studie en behandeling van de vaste stoffen die worden gebruikt voor het maken van nuttige producten en constructies

mechanische eigenschappen: kenmerken van een stof die beschrijven hoe een materiaal reageert op uitgeoefende fysieke krachten

natuurkunde: de wetenschap die de toestanden van materie en energie behandelt die behoren bij materie, acties en reacties

¹ *Opmerking:* Deze definities en die aan het eind van de volgende hoofdstukken zijn voor de beknoptheid verkort en zijn van toepassing op het gebruik in het betreffende hoofdstuk.

scheikunde: de wetenschap van de samenstelling van materie en de reacties wanneer stoffen worden gevormd of zich met elkaar verbinden

technische materialen: de vaste stoffen waarvan nuttige producten en constructies gemaakt worden

wiskunde: de wetenschap van het gebruik van getallen, nauwgezette technieken en regels voor het produceren van exacte oplossingen voor problemen

Opgaven

1. Wat onderscheidt technische materialen van andere materialen zoals papier, water, lucht enzovoort?
2. Noem vijf technische materialen die in het dagelijks leven worden gebruikt en identificeer een technologie die elk van deze materialen mogelijk heeft gemaakt (bijvoorbeeld koper: elektronische toestellen).
3. Productlevensduur wordt bepaald door
 - a. schattingen
 - b. marktkrachten
 - c. verplichtingen
 - d. beproeving van eigenschappen
 - e. defectenanalyse
 - f. alle bovenstaande antwoorden
4. Geef een voorbeeld dat de rol van materiaaltechnologie karakteriseert in elk van de volgende gebieden:
 - a. mechanische techniek
 - b. chemische techniek
 - c. elektrische techniek
 - d. luchtvaarttechniek
 - e. civiele techniek
 - f. geneeskunde
 - g. biomedische techniek
5. Wat is je doel bij de studie van materiaalkunde? Deel het de klas mee.



Pearson | MyLab

Op www.pearsonmylab.nl vind je studiemateriaal en de eText om je begrip en kennis van dit hoofdstuk uit te breiden en te oefenen.

Hoofdstuk 2

Het vervaardigen van technische materialen uit de elementen

Ruw materiaal in de haven van Singapore voor het maken van technische materialen

Foto: Chad Ehlers / Imageselect



1. Begrijpen hoe technische materialen uit de elementen gevormd zijn.
2. Kennismaken met de grondslagen van de scheikunde, van de aard van het atoom en van hoe de elementen verbindingen maken.
3. Begrijpen hoe technische materialen, metalen, polymeren, keramische materialen en composieten met elkaar in verband staan wat betreft oorsprong en structureigenschappen.
4. Kennismaken met de terminologie van de materiaalkunde.

2.1 De oorsprong van technische materialen

Materiaalkunde is grotendeels gebaseerd op de wetten van de zuivere wetenschappen scheikunde en natuurkunde. Volgens de scheikunde kunnen materialen worden ontleed tot zogeheten elementaire deeltjes oftewel de elementen. Een **element** is een zuivere stof die niet met chemische middelen kan worden afgebroken tot een eenvoudiger substantie. In de aardkorst vinden we ongeveer 90 verschillende elementen, waarvan sommige niet stabiel zijn en het resultaat zijn van kernsplijting- of kernfusiereacties. In dit boek staan 113 elementen vermeld, maar als we ook de elementen opnemen die het resultaat zijn van laboratoriumsynthese, ligt het totale aantal boven de 140 elementen.

De kleinste hoeveelheid van een element die nog de eigenschappen van dat element heeft, is het **atoom**. Alle materie inclusief technische materialen is samengesteld uit atomen die met elkaar verbonden zijn in verschillende patronen en met verschillende soorten bindingen. Zoals in figuur 2-1 duidelijk wordt gemaakt, kunnen de meeste stoffen waarmee we in de industrie of het dagelijks leven te maken hebben, worden geclassificeerd als organisch of anorganisch. In **organische materialen** is het element koolstof een belangrijk deel van de structuur, naast waterstof, stikstof en/of zuurstof, en deze materialen zijn meestal afkomstig van levende organismen. Olieproducten zijn bijvoorbeeld organisch; ruwe olie is in feite het restant van planten die miljoenen jaren geleden leefden. Olie is de grondstof voor veel kunststoffen. In **anorganische materialen** vinden we de stoffen

die niet afkomstig zijn van levende organismen. Zand, gesteenten, water, metalen en edelgassen zijn anorganische materialen. De technische metalen en keramieken zijn overwegend anorganisch. De scheikunde wordt op basis van deze twee criteria vaak onderverdeeld in twee vakgebieden, organische scheikunde en anorganische scheikunde.

Atomen zijn waarschijnlijk nog veel ingewikkelder dan we nu weten, maar we volstaan in dit boek met een eenvoudig model waarbij atomen zijn samengesteld uit **protonen** (positief geladen deeltjes), **neutronen** (ongeladen deeltjes) en **elektronen** (negatief geladen deeltjes) die in een baan om de **kern** van een atoom bewegen. Dit is het atoommodel ontwikkeld door Niels Bohr, een Deense natuurkundige. Elektronen, neutronen en protonen hebben elk een bepaalde massa. Algemeen is afgesproken dat protonen een nominale massa hebben van 1 eenheid van atoommassa (AMU = **atomic mass unit** = $1.66053886 \times 10^{-24}$ gram). Neutronen hebben een enigszins grotere massa dan protonen. Elektronen hebben een relatief kleine massa vergeleken met protonen en neutronen (ongeveer 1/1837 van de massa van een proton).

Men weet intussen dat elektronenbanen geen goed gedefinieerde ringen zijn. De kwantummechanica leert ons dat elektronen zowel eigenschappen van deeltjes hebben als eigenschappen die vergelijkbaar zijn met die van energiegolven. Het verschil tussen het atoommodel van Bohr en het atoommodel volgens de kwantummechanica wordt geïllustreerd in figuur 2-2. Men kan niet zeggen dat een specifiek elektron een baan om de kern van een atoom beschrijft op bijvoorbeeld een afstand van 1 Å van de kern. Elektronen in een atoom bezetten **schillen** en onderschillen binnen deze schillen. In plaats daarvan wordt de positie van elektronen in hun schillen – de **elektronenconfiguratie** – gedefinieerd door vier **kwantumgetallen** die betrekking hebben op respectievelijk de energie van het elektron (hoofdkwantumgetal), de vorm van een schil (nevenkwantumgetal), de oriëntatie van een schil (magnetisch kwantumgetal) en de spin van een elektron (spinkwantumgetal). Deze vier getallen geven in wezen de waarschijnlijkheid aan dat een bepaald elektron in een bepaald verband staat met de kern van een atoom. Dit concept wordt geïllustreerd in figuur 2-3. Voorbeelden van de elektronenconfiguratie van atomen zijn in figuur 2-4 te zien.