

VANWEGE 150 JAAR PERIODIEK SYSTEEM BESTEEDT CHEMIE MAGAZINE DIT JAAR AANDACHT AAN EEN AANTAL BIJZONDERE ELEMENTEN

WOLFRAAM, DIAMANT ONDER DE METALEN

NR. 74 BOORT ALLES

74

W

Tungsten
183.84

Het metaal wolfram is hard. Wolframcarbide, een mix van wolfram en koolstof, komt qua hardheid zelfs in de buurt van diamant. De meest alledaagse toepassing is in balpenpunten. Maar het meeste wolfram zit in boren, van megagrote tunnelboren tot het gevreesde tandartsboortje.

Tekst: Marga van Zundert

Hard, zwaar en hittebestendig. Element nr. 74 is een stoer grijs-wit metaal dat twee wat wonderlijke namen draagt: het officiële Nederlandse 'wolfram' en het meer internationale 'tungsten'. Je komt het element waarschijnlijk meer tegen dan je vermoedt. Het kogeltje in je balpen is er bijvoorbeeld van gemaakt, de gloeidraad in ouderwetse peertjes, de punt van dartpijltjes, de draden in gewapend glas en de achterrautverwarming in auto's. En wolfram laat je mobiel vibreren bij een telefoontje of bericht. Maar wolfram vindt vooral toepassing in draaiend gereedschap zoals de boor. Niet alleen omdat het metaal hard is, maar ook omdat het tegen grote hitte kan. Het smeltpunt ligt bij 3422 graden Celsius, het hoogste van alle metalen. Een wolframboor zal dus niet smelten door wrijvingswarmte. De koppen van

grote ronddraaiende boren die graniet verpulveren voor auto- en treintunnels in de Alpen bevatten het metaal, net als boren die diepe gas- en olieputten slaan. Ook in werkplaatsen zijn de meeste boren en boortjes, slijptollen, messenslijpers, draaibekels en frezen van wolfram of bekleed met wolfram. En ja, ook de minuscule boortjes waarmee de tandarts gaatjes vult, zijn vaak van het metaal. "Tandglazuur is het hardste materiaal in het lichaam, veel harder dan bot", vertelt Joris Muris, onderzoeker bij het Academisch Centrum Tandheelkunde Amsterdam (ACTA) en tandarts in dezelfde stad. Glazuur scoort een 5 op de hardheidschaal van Mohs, die loopt van 1 voor talk tot 10 voor het hardste natuurlijke materiaal: diamant. Het toplaagje van onze tanden is zo hard omdat het voor 96 procent uit kristallen van het mineraal hydroxyapatiet ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$) bestaat. Om er

JORIS MURIS:

'Om nauwkeurig in tandglazuur (veel harder dan bot) te kunnen boren, is een zeer hard materiaal nodig'

FOTO: MIRIAM VAN DER LINDEN





Het kogeltje van de balpen en de punt van het darpijltje zijn gemaakt van wolfram.



FOTO: SHUTTERSTOCK

CHINA IS GROOTLEVERANCIER

China is grootleverancier van wolfram. Het land is goed voor meer dan 80 procent van de wereldproductie van circa 80 miljoen kilo per jaar. Vaak is wolfram een 'bijproduct' van het meer gewilde metaal molybdeen, dat staal versterkt. Wolfram kost momenteel zo'n 25 euro per kilo. Naast China delven Rusland, Canada, Bolivia en Vietnam wolfram. Ook in Europa zijn (kleine) mijnen: in Portugal, Oostenrijk en Spanje. De grondstof, het gesteente wolframiet of scheeliet, wordt eerst in kleine stukken geblazen met springstof en vergruisd. Om het metaal te isoleren wordt gebruik gemaakt van gravitatie-scheidingstechnieken; wolfram heeft een relatief hoge dichtheid. Wolframoxide wordt vervolgens verhit tot 550-850 graden Celsius met waterstof, waarbij puur wolfram ontstaat: een grijs-wit glanzend metaal.



Met een boor van wolframcarbide wordt de Brenner-basistunnel geboord, een straks 55 kilometer kaarsrechte spoortunnel dwars door de Alpen van Innsbruck naar Fortezza.

FOTO: WIKIPEDIA



De Duitse duikbommenwerper Stuka werd tijdens WO II geladen met wolfram-munitie die dwars door de Britse tanks heen sneed.

FOTO: HOLLANDE HOOGTE

TWEDE WERELDOORLOG

Helaas wordt wolfram niet alleen voor vredelievende toepassingen gebruikt. Kort voor de Tweede Wereldoorlog begon het Duitse leger de tips van kogels, torpedo's en bommen van wolframcarbide te maken. Het bleek een *game changer*. Er wordt gezegd dat wolfram misschien wel bepalender was voor de snelle opmars van de Duitse veldmaarschalk Erwin Rommel in 1941 in Noord-Afrika, dan de roemrijke strategieën van 'De Woestijnvos' (Rommels bijnaam). De gevreesde duikbommenwerper Stuka werd geladen met wolfram-munitie die dwars door de Britse tanks heen sneed. Nazi-Duitsland kocht tijdens de oorlogsjaren al het wolfram op waar het de hand op kon leggen. De productie van wolframcarbide door staal- en wapenfabrikant Krupp 'explodeerde' tot 500 ton in 1945. Het was vooral neutraal Portugal dat de grondstof leverde. Dictator Antonio Salazar handelde zowel met de geallieerden als met Duitsland. Hij verdiende er goed aan, de prijs verduizendvoudigde gedurende de oorlogsjaren. De nazi's betaalden voor een belangrijk deel met goud geroofd van vermoorde joodse burgers.

nauwkeurig in te kunnen boren is dus een zeer hard materiaal nodig. Muris, bekend van het tv-programma *Gênante tanden* van RTL4, waarin hij patiënten behandelde die al in jaren geen tandarts hadden gezien, gebruikt per behandeling al snel vijf of zes verschillende *burrs*. "Je bent veel aan het wisselen. Bij een gaatje boor je het aangedane weefsel weg. Eerst met een wat grover boortje, dan met een wat fijner en dunner exemplaar. Dan maak je het oppervlak geschikt voor het vulmateriaal en die vulling wordt ook nog gepolijst." En om een tand te prepareren voor een kroon, voor het verwijderen van een oude vulling of voor het uitboren van een zenuw bij een wortelkanaalbehandeling, zijn er weer andere boortjes, vervolgt Muris. "De één zweert bij dit of dat type, mij gaat het vooral om de grootte, de grofheid en de vorm."

Het hardste natuurlijke materiaal, diamant, is uitstekend geschikt om mee te boren, maar ook prijzig. In 1896 ontdekte de Franse chemicus Henri Moissan min of meer per ongeluk een alternatief. Moissan was eigenlijk op zoek naar een manier om diamant te synthetiseren. Hij probeerde in een hete oven allerlei recepten uit met koolstofrijke grondstoffen om de unieke vorm van koolstof in handen te krijgen. Tijdens een van die experimenten verhitte hij wolframoxide met suiker. Het leverde wederom geen diamant op, maar wel wolframcarbide, dat een dikke 9 scoort op de hardheidsschaal van Mohs. Het staat ook bekend als *widia*, van het Duitse *Wie Diamant* ('als diamant').

Dubbelkristal

De stof wordt tegenwoordig gemaakt door wolframoxide te mengen met koolstof en met water-

stof om te zetten in wolframcarbide (WC). Dat wordt vervolgens gesinterd: langdurig verhit net onder het smeltpunt. De korrelgrenzen die het materiaal kunnen verzwakken worden zo aaneengesmeed. Wolframcarbide is moleculair gezien een bijzonder compact materiaal. De veel kleinere koolstofatomen vullen de 'gaten' op in het metaalrooster van wolfram. Je kunt het ook zien als een dubbelkristal. Met 'nepdiamant' wordt sinds 2007 de Brenner-basistunnel geboord, een straks 55 kilometer kaarsrechte spoortunnel dwars door de Alpen, van het Oostenrijkse Innsbruck naar het Italiaanse Fortezza. Een bijna 2 miljoen kilo wegende, 200 meter lange tunnelboormachine, genaamd Gripper (7500 pk), beslecht het graniet met 42 roterende stalen schijven bekleed met wolframcarbide. De tunnel is een alternatief voor de

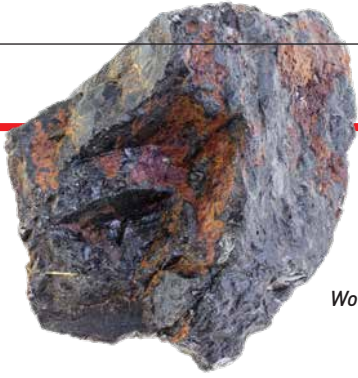
druk bereden Brennerpas, waar jaarlijks 2,25 miljoen vrachtwagens passeren om van Noord- in Zuid-Europa te belanden. De basistunnel bekort de huidige reis met 20 kilometer, en – nog belangrijker – met zo'n 800 meters omhoog en weer omlaag. De treinreistijd tussen Innsbruck en Bolzano zal straks 50 minuten bedragen in plaats van 2 uur. Het is niet het eerste huzarenstukje van wolframcarbide. De langste tunnel ter wereld, 57,1 kilometer, opende in 2016 na 17,5 jaar boren: de Gotthard-basistunnel tussen Zwitserland en Italië. Die heeft de treinreis van mensen en goederen tussen Zürich en Milaan met een heel uur verkort. Voor de tunnel is in totaal een volume van vijf piramides van Giza uit het Gotthardmassief geboord.

Witte vulling

Ook de minuscule burrs van de

tandarts zijn vaak gemaakt van wolframcarbide of van 'hardmetaal', een legering die 70 tot 95 procent wolframcarbide bevat, met daarnaast nikkel, kobalt, chroom en/of titanium. Muris: "De boortjes breken zelden, maar ze worden op den duur wel bot. Dat komt niet alleen door het boren, maar ook omdat ze na elk gebruik natuurlijk grondig gereinigd en gesteriliseerd worden." De boortjes draaien rond met toerentallen tot 400.000 per minuut en zijn watergekoeld om het tandbeen niet heet te laten worden. De trillingen en ook het geluid dat een tandartsboor produceert, zijn de afgelopen decennia fors verminderd. Toch boezemt de tandartsboor nog vaak angst in. "Maar één op de vijf mensen ligt echt ontspannen in een tandartsstoel", bevestigt Muris. Maar boren doet een tandarts steeds minder, benadrukt hij. Een grote stap werd gezet rond de

Nazi-Duitsland kocht tijdens de oorlogsjaren al het wolfram op waar het de hand op kon leggen



Wolframiet

WOLFRAAM ALIAS TUNGSTEN

In 1779 onderzocht de Engelse mineraloog Peter Woulfe het gesteente dat nu bekendstaat als wolframiet (ijzer-mangaan-wolfraam-oxide, $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{WO}_4$). Hij concludeerde dat het een nog onbekende substantie bevatte. Twee jaar later ontdekte de Zweedse chemicus Carl Wilhelm Scheele een nog onbekend zuur dat gemaakt kon worden uit *tung sten* (Zweeds voor 'zwarte steen'). *Tung sten*, zo bleek later, was CaWO_4 , en is nu bekend als het mineraal scheeliet. Kort daarna toonden twee Spaanse chemici, de broers Juan José en Fausto Elhuyar, aan dat Scheele's zuur ook uit wolframiet kon worden bereid. En het lukte hun de onbekende substantie te isoleren door het zuur te reduceren met houtskool. Het element, een metaal, kreeg toen officieel de naam wolfraam, naar het mineraal wolframiet. Dat had zijn naam gekregen in de late middeleeuwen in de Duitse tinindustrie. Wanneer wolframiet in tinerts voorkwam, verminderde het de opbrengst. De ovenwanden werden bedekt met een dikke laag zwart gesteente, want wolfraam heeft een zeer hoog smeltpunt. Het mineraal werd daarom gezien als een 'wolf' die het tin opvrat. In de Engelstalige wereld burgerde echter de Zweedse naam tungsten in voor het element, en sinds 2005 heet het element ook officieel zo, al blijft de afkorting W.



In de hoogtijdagen van de gloeilamp, zo rond 2000, gebruikten lampenfabrikanten elk jaar zo'n 20 miljoen kilometer wolframdraad.

GLOEIDRAAD

In de hoogtijdagen van de gloeilamp, zo rond 2000, gebruikten lampenfabrikanten elk jaar zo'n 20 miljoen kilometer wolframdraad. De wolfram gloeidraad was bijna 100 jaar eerder 'uitgevonden' door Kroatische chemici op zoek naar een materiaal dat bij hoge temperaturen stabiel bleef. Wolfram was met het op één na hoogste smeltpunt van alle elementen (3422 graden Celsius) een logische keuze, maar het metaal zelf was erg bros. De Amerikaan William D. Coolidge voegde een 'snuffje' calcium, silicium en aluminiumoxide toe, en perste het materiaal door een kleine opening. In de loop der tijd lukte het om het draadje dunner en langer te maken. De laatste generatie 60W-lamp heeft een ragfijne helixvormige gloeidraad van bijna 2 meter lang en een kwart millimeter dik. Sinds de opkomst van de veel zuinigere led-lamp en het Europese verbod van 2011 op de verkoop van gloeilampen verdwijnt wolfram uit onze huizen.

Een wolfraamboor zal niet smelten door wrijvingswarmte, het smeltpunt ligt bij 3422 graden



eeuwwisseling met de komst van de 'witte vulling'. Amalgaam, het klassieke, grijs-zwarte vulmiddel van kwik, zilver en tin, is vervangen door composiet. Dat witte materiaal bestaat uit een matrix ('cement') van kunststof (meestal polymethylacrylaat) vermengd met glas, kwarts of keramiek. Het wordt als een pasta in gaatjes gebracht, waarna het uithardt onder blauw licht. Composiet hecht sterk aan tand en glazuur, je kan er zelfs een afgebroken hoekje aan een tand mee 'opmetseen'. Muris: "Amalgaam hecht niet. Daarom moest je een gat boren dat naar beneden breder uitliep. Anders blijft zo'n vulling niet zitten. Maar daarvoor moest je gezond tandbeen opofferen. Dat is natuurlijk het laatste wat je wilt als tandarts." Nieuwe inzichten zorgen er ook voor dat groeven in kiezen niet langer preventief worden gevuld, en beginnende gaatjes blijken zich soms zelf

te herstellen wanneer ze goed schoon worden gemaakt. Muris: "We kijken het nu vaker even aan voordat we ingrijpen." Ook worden kleine gaatjes in melktanden en -kiezen zelden gevuld. "Wanneer je zo'n gaatje goed toegankelijk maakt voor de tandenbostel, is regelmatig poetsen genoeg om het tandbederf te stoppen. En de behandeling is zo veel minder intensief voor het kind." Is de toekomstige tandartspraktijk dan helemaal boorloos? "Nee, dat is een utopie zolang mensen hun gedrag niet veranderen. We houden van zoet en zuur, maar dat is slecht voor je tanden." En zeker 10 procent van de Nederlanders mijdt de tandarts helemaal. Vaak uit angst, soms ook vanwege de kosten. "Heel spijtig, want juist met regelmatige controle voorkom je problemen als cariës, tandvleesontstekingen en tanderosie." ■