

Invloed van meteorietinslagen op veldspaten

door A.J. (Tom) van Loon

Valle del Portet 17, 03726 Benitachell, Spanje

geocom.vanloon@gmail.com

Wat er bij de inslag van een grote meteoriet gebeurt, is niet uit directe waarnemingen bekend. De extreem hoge temperatuur en druk kunnen mineralen doen ontstaan die niet van andere omstandigheden bekend zijn. Onderzoek van veldspaten in het laboratorium bij vergelijkbare hoge druk en temperatuur geeft aan dat ook bij deze mineralen dan bijzondere veranderingen optreden.

Uit gebieden waar een grote meteorietinslag heeft plaatsgevonden, zijn merkwaardige mineralen bekend. Voorbeelden zijn coesiet en stishoviet, beide vormen van SiO_2 die ontstaan bij hoge temperatuur en hoge druk. Dergelijke mineralen vertonen bijzondere kristalstructuren, maar over het ontstaan daarvan is nog niet veel bekend. Deze bijzondere kristalstructuren zijn nu onderzocht door een andere groep van veel voorkomende mineralen, de veldspaten, in het laboratorium te onderwerpen aan extreem hoge druk, te vergelijken met de druk die mineralen aan en nabij het aardoppervlak ondergaan tijdens een inslag van een grote meteoriet. Daartoe verhoogden de onderzoekers de druk in een serie experimenten met verschillende snelheden.

Na de veldspaten hieraan te hebben blootgesteld, werden ze tot poeder fijngemalen; hiervan werd door middel van röntgendiffractie de kristalstructuur vastgesteld. Zo kon worden nagegaan hoe de structuur van de veldspaten was veranderd. Door de structuren te vergelijken bij veldspaten die aan een langzame of juist snellere verhoging van de druk waren blootgesteld, konden de onderzoekers de invloed nagaan van de snelheid van druktoename. Ook konden ze zo vaststellen bij welke druk bepaalde veranderingen van de kristalstructuur optraden.

Relatie met inslagen

Het onderzoek is van belang omdat de grootte van de ingeslagen meteoriet, zijn snelheid en de opgetreden maximale temperatuur en druk alleen kunnen worden vastgesteld met behulp van de veranderingen die in mineralen zijn opgetreden. Door de uitgevoerde analyse wordt het nu gemakkelijker om die factoren – binnen bepaalde marges – vast te stellen.

Weliswaar is er in de laatste tientallen jaren een schema opgesteld waaruit kan worden 'afgelezen' hoe hoog temperatuur en druk moeten zijn geweest wanneer bepaalde nieuwvormingen zijn opgetreden, maar daarover bestaat nog steeds veel onduidelijkheid. Ook leiden verschillende



▲ Afb. 1. Fragment van plaatvormig albietkristal in ongewoon zuivere vorm. Herkomst: groeve La Chance, Brunswick, Main (USA). Foto: Bob Downs. Herkomst foto: RRUFF (<http://rruff.info/albite/display=default/R040129>), met toestemming.

analyses tot uiteenlopende uitkomsten. Bij deze analyses speelden veldspaten vaak een prominente rol, omdat die groep van mineralen vrijwel overal in de aardkorst voorkomt. Veldspaten bieden dus goede mogelijkheden om onderzoeksresultaten van verschillende inslagkraters met elkaar te vergelijken. Maar, zoals gezegd, er bestaat nog steeds veel onduidelijkheid. Daar ga ik nu verder op in.

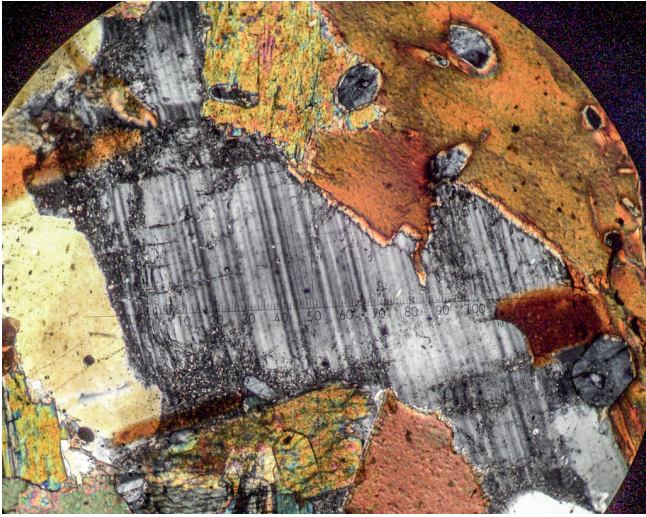
Veranderingen van veldspaten

Bij de plagioklazen, een mengreeks tussen de eindleden albiet ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) (afb. 1) en anorthiet ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) (afb. 2), met daartussen andere plagioklaas ($\text{Na}_x\text{Ca}_{(1-x)}\text{Al}_{(2-y)}\text{Si}_{(2+y)}\text{O}_8$) (afb. 3), kan de kristalstructuur bij verhoogde druk veranderen, maar ook kan de kristalstructuur geheel verloren



▲ Afb. 2. Grootchalige massa's van (wit) anorthiet, waarin springladingen worden aangebracht bij de aanleg van een weg. Foto: Hudson Resources Inc.

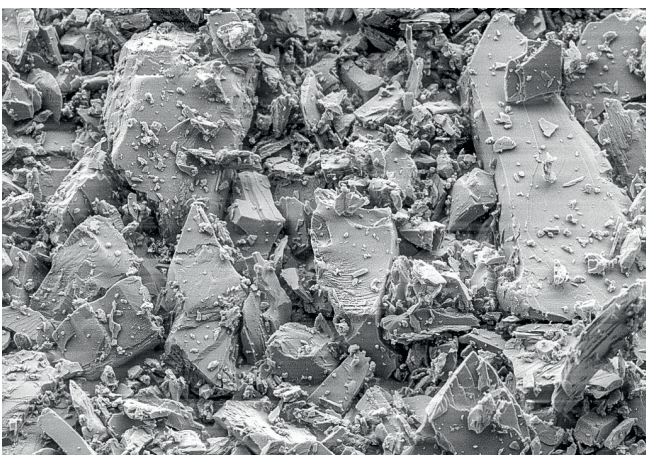
gaan (dit proces heet amorfisatie). Vanwege deze mogelijke veranderingen, in combinatie met het veelvuldig voorkomen, zijn veldspaten zeer geschikt om de gevolgen van verhoogde druk na te gaan. Het blijkt echter dat de tot nu toe gevonden waarden waarbij amorfisatie optreedt, sterk afhangt van de wijze van drukverhoging (statisch of



▲ Afb. 3. Microscopische opname (gekruste nicols) van plagioklaas. Foto: Chmee. Vrij domein, Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0.

dynamisch) die bij de samenpersing werd toegepast. Een probleem daarbij was ook dat röntgendiffractie moeilijk was te gebruiken om veranderingen ten gevolge van dynamische processen vast te stellen. Door de recente ontwikkeling van nieuwe technieken en bijzonder krachtige röntgenbronnen (PETRA III, Advanced Photon Source) kan nu echter worden onderzocht hoe de kristalstructuur van materialen, zoals veldspaten, reageert op snelle vervormingen door snel toenemende druk. De druk werd tijdens de experimenten opgevoerd tot 80 gigapascal (GPa), dat is 80.000 keer de gemiddelde luchtdruk. De snelheid waarmee de druk werd opgevoerd varieerde van 0,1 tot 81 GPa per seconde.

Door bij de nieuwe experimenten gebruik te maken van zogeheten diamond Anvil Cells, waren de onderzoekers in staat om tijdens het samenpersen van de plagioklaas-kristallen telkens weer nieuwe röntgendiffractiepatronen te verkrijgen. Zo konden de veranderingen in de kristalstructuur gedurende de volledige cyclus van druktoename en -afname worden bepaald. In vroegere experimenten kon alleen de verandering tussen de begin- en de eindtoestand worden vastgesteld.



▲ Afb. 4. SEM-opname van de microstructuur van albiet voorafgaand aan een experiment met snelle druktoename. Het beeld is 0,036 mm breed. Foto: Lars Ehm, Stony Brook University, met toestemming.

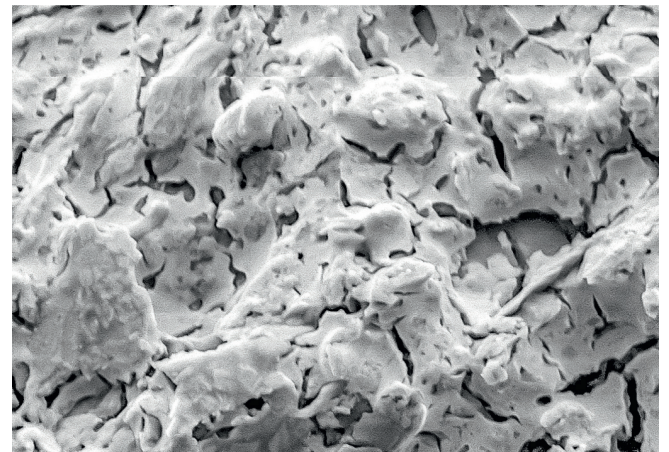
Resultaten

Amorfisatie bleek bij de onderzochte veldspaten op te treden bij een druk die afhing van de snelheid van druktoename: hoe groter die snelheid, hoe lager de amorfisatiedruk. Bij een toename van slechts 0,1 GPa per seconde was die voor albiet 31,5 GPa, terwijl dat bij de snelste druktoename (81 GPa/s) al plaatsvond bij een druk van 16,5 GPa (afb. 4-6). Bij plagioklaas en anorthiet werd een vergelijkbare relatie gevonden.

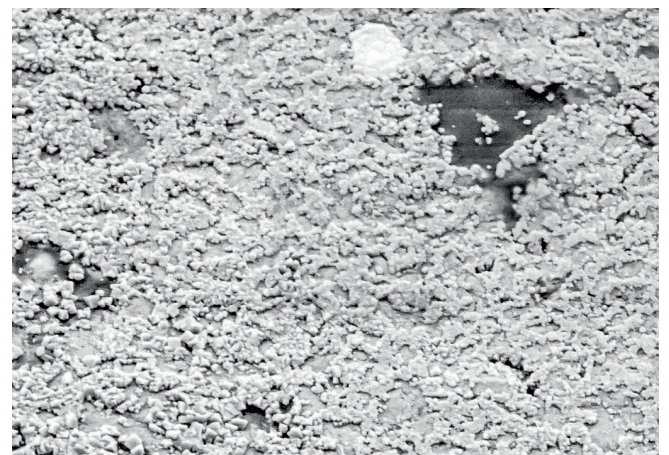
Uit deze metingen blijkt dat het niet mogelijk is om, zoals tot nu toe werd gedacht, uit de kristalstructuur van veldspaten bij een inslagkrater af te leiden hoe groot de meteoriet was of hoe snel deze insloeg. Dit betekent dat er nog veel nieuw onderzoek zal moeten worden gedaan ten aanzien van eerdere opvattingen over vroegere inslagen.

Referentie

– Sims, M. Jaret, S.J., Carl, E.R., Rhymer, B., Schrodt, N., Mohrholz, V., Smith, J., Konopková, Liermann, H.P., Glotch, T.D. & Ehm, L., 2019. Pressure-induced amorphization in plagioclase feldspars: a time-resolved powder diffraction study during rapid compression. *Earth and Planetary Science Letters* 717, 166-174.



▲ Afb. 5. SEM-opname van de microstructuur van albiet, na drukverhoging met 0,1 GPa/s tot 44 GPa. Het beeld is 0,007 mm breed. Foto: Lars Ehm, Stony Brook University, met toestemming.



▲ Afb. 6. SEM-opname van de microstructuur van albiet, na drukverhoging met 35 GPa/s tot 46 GPa. Het beeld is 0,007 mm breed. Foto: Lars Ehm, Stony Brook University, met toestemming.