

ASZTENOSZFÉRA-EREDETŰ FLUIDUMOK SPINELL IHERZOLITOKBAN: ESETTANULMÁNYOK ÉSZAK-KELET-AUSZTRÁLIÁBÓL ÉS KAMERUNBÓL

Berkesi Márta¹, Pintér Zsanett^{1,2}, Czuppon György³, Kovács István János⁴, Ferrero, Silvio⁵, Boiron, Marie-Christine⁶, Szabó Csaba¹

¹ ELTE TTK FFI, Litoszféra Fluidum Kutató Laboratórium, Budapest

² Macquarie University, Sydney, Ausztrália

³ MTA CSFKI Földtani és Geokémiai Intézet, Budapest

⁴ MFGI, Budapest

⁵ Univeristät Potsdam, Potsdam, Németország

⁶ CNRS Laboratoire GeoRessources, Nancy, Franciaország

e-mail: marta.berkesi@gmail.com

1. Bevezetés

A szubkontinentális litoszféraköpenyben az általában nagy H₂O aktivitással jellemezhető, szubdukciós eredetű fluidumok (jelen munkában az illó-gazdag komponensekre fókuszálva) litoszférikus köpenyre kifejtett metasztatikus hatásáról széles irodalmi ismeret áll rendelkezésre (pl: Manning, 2004 és hivatkozásai). Ezzel szemben jelentősen kevesebb adat ismert annak a fluidumnak a jellemvonásáról, amelyik riftesedés során az asztenoszféra litoszférizációjával migrálnak a litoszféraköpenybe. E munkában két lelőhelyről (Kamerun Vulkáni Vonal és Mt. Quincan, ÉK-Ausztrália) származó, spinell lherzolitokban csapdázódott fluidumzárványok részletes vizsgálati eredményét mutatjuk be.

A vizsgált fluidumzárványok a peridotitos kőzetekkel kölcsönható asztenoszférikus fluidumok mintáinak tekinthetők. Vizsgálatukkal pontosabb kép alkotható a riftesedés során a litoszférikus köpeny metasztatizációját eredményező fluidumokról.

2. Geológiai háttér és xenolitok

A kameruni spinell lherzolitok a Ny-Kamerunon átívelő Kameruni Vulkáni Terület (KVT) Barombi Mbo tó környéki bazaltokból és piroklasztokból (Pintér et al., 2015), míg az ausztrál spinell lherzolitok az északkelet-ausztráliai Atherton Fennsík Vulkáni Terület (AFVT) Mt. Quincan bazanitok salakkúpjából (Czuppon et al., 2009) származnak.

A késő-jurában kinyíló Atlanti-óceán eredményezte a litoszféra extenzióját, melyet akár az egész litoszférát az asztenoszféráig érintő törésszerű felületek harántolhatnak (Pintér et al., 2015 és hivatkozásai). A korai riftesedés eredményeképpen a köpenylitoszféra termokémiaileg és mechanikailag is erodálódhatott. A kőzeteken végzett petrográfiai, fő- és nyomelem, valamint infravörös spektroszkópos vizsgálatok alapján a Barombi Mbo xenolitok egy juvenilis litoszférát képviselnek, amely az asztenoszféra felboltozódása során litoszférizálódott (Pintér et al., 2015).

Ehhez hasonlóan az AFVT-ről származó xenolitok teljeskörű geokémiája és Sm-Nd izotópos adatai azt sejtetik,

hogy fiatal, termikus litoszféraszegmens rétegződik az ősi litoszféra réteg alatt, amelyből a Mt. Quincan xenolitsorozat származik (Handler et al., 2005).

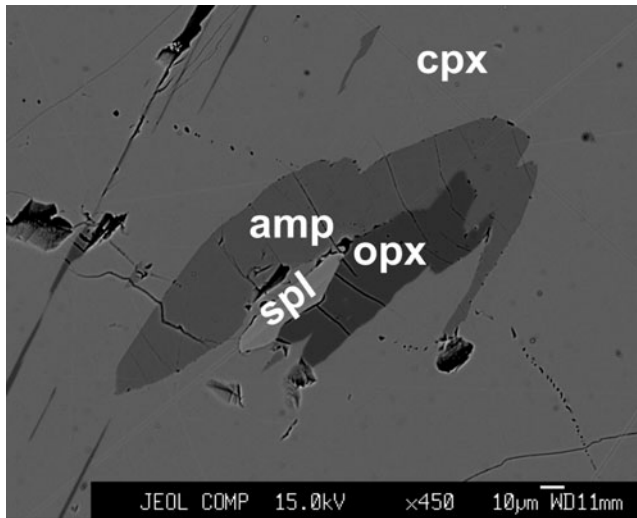
Mindemellett a fluidumzárványok nemesgáz-összetétele is azt a modellt erősíti, hogy a riftesedés során erodálódott litoszféraköpenyt egy MORB-típusú, asztenoszféra-eredetű fluidum (és valószínűleg olvadék) alakította át (Czuppon et al., 2009).

A nagy földrajzi távolság ellenére a Barombi és a Mt. Quincan xenolitok és fluidumzárványaik hasonlóságot mutatnak. A mindkét lelőhelyről származó protogranuláris és porfiroklasztos szövétű lherzolit xenolitok egyik jellegzetessége az ortopiroxénokban megjelenő klinopiroxén és spinell, valamint klinopiroxénban megjelenő spinell szételegyedési lamellák, amelyek az asztenoszféra felboltozódását követő termális relaxáció (hűlés) során alakulhattak ki (Bedini et al., 1997; Pintér et al., 2015).

3. Eredmények

Mind az ortopiroxénban előforduló klinopiroxén-lamellák, mind a kőzetalkotó klinopiroxének esetenként amfibolosodtak (**1. ábra**). Az amfibollamellák mg-száma a kameruni minták esetében 0,88–0,89, míg az ausztrál minták esetében 0,92–0,93 közötti értéket mutat. A Barombi xenolitokban megjelenő amfibol nagyobb Na₂O- (3,94 m/m%) és TiO₂- (2,66 m/m%), kevesebb Al₂O₃- (14,9 m/m%) tartalommal (Pintér et al., 2015) rendelkezik a Mt. Quincan xenolitok amfibolösszetételéhez képest (Na₂O és TiO₂ rendre 3,11–3,32 és 1,34–1,48 m/m%; Al₂O₃: 15,56–15,75 m/m%). Az összetételük alapján mindkét lelőhely amfibolja pargasit.

A nyomelemeloszlások a Mt. Quincan xenolitok esetében termikus köpenyrészre engednek következtetni, ahol a pargasitok és a klinopiroxének mutatnak hasonlóságot, különös tekintettel a ritkaföldfémekre. A főelem-összetételeket elektron-mikroszkópia (EPMA, Universität Potsdam), a nyomelem-összetételeket LA-ICPMS (GeoRessources laboratórium, Université de Lorraine) alkalmazásával határoztuk meg.

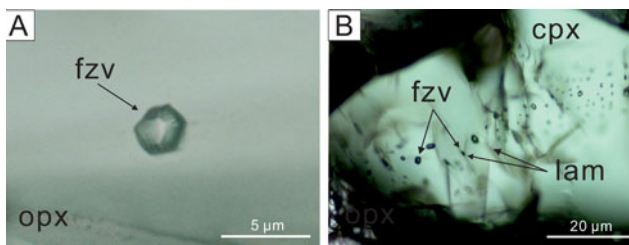


1. ábra – Amfibolosodott (amp) klinopiroxén (cpx), ortopiroxén (opx) és spinell (spl) szételegyedési lamellákkal a JMTQ20 mintában (Mt. Quincan). Visszaszórtelektron-felvétel

A kőzettani és geokémiai sajátosságokban mutatkozó nagy hasonlóság mellett a fluidumzárványok is hasonló karaktert mutatnak a két lelőhelyről, így a továbbiakban együtt tárgyaljuk.

Fluidumzárványok elsősorban orto- és klinopiroxénben jelennek meg magános zárványokként (**2. ábra, A**), illetve az ortopiroxénben gyakran a szételegyedési lamellák mentén vagy akár azokkal összenőve (**2. ábra, B**). A fluidumzárványok negatív kristályalakúak, méretük 3–60 mikrométer között változik. Szobahőmérsékleten egy folyadékfázis látható szilárd fázis (0,5–4 mikrométer) mellett, amely a fluidumzárvány falára kristályosodott.

Hűthető-fűthető tárgyasztalú mikroszkópos megfigyelések során a fluidumzárványok -80 és -90 °C-on fagytak meg, majd



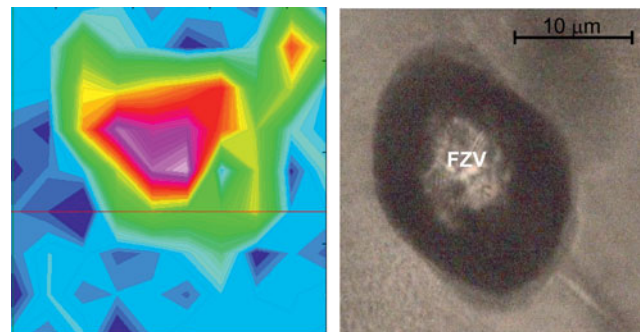
2. ábra – Reprezentatív optikai mikroszkópos kép (áteső fény, 1N) a vizsgált fluidumzárványokról a Mt. Quincan (A) és a Barombi (B) xenolitokból. fzv: fluidumzárvány, opx: ortopiroxén, cpx: klinopiroxén, lam: lamella

lassú melegítés mellett $-58,7$ és $-57,2$ °C-on határoztuk meg az olvadási hőmérsékletet. Mindezek CO_2 -gazdag fluidumot jeleznek. A homogenizációs hőmérsékleteket a kisebb méretű fluidumzárványokból dokumentáltuk, mivel ezek a leginkább reprezentatívak. A homogenizációs hőmérsékletek alapján számolt sűrűség $0,97$ és $1,18$ g/cm³ között változik, amelyek megerősítik a köpenyben csapdázódást (a negatív kristályalak mellett).

A sűrűségértékek esetében figyelembe kellett venni, hogy a CO_2 mellett a szobahőmérsékleten végzett Raman spektro-

szkópos (ELTE KKMC) vizsgálat N_2 jelenlétét mutatta ki (Berkesi et al., 2017). További melegítés során oldott H_2O jelét azonosítottuk a fluidumzárványokban, amelyet a CO_2 és a CO_2 -ben oldott H_2O Ramansávok alatti területek alapján homogenizáltunk 75 és 150 °C között. A homogén fluidum összetétele CO_2 94–96 mól%, N_2 0,2–2,1 mól%, míg a H_2O 0,9–3 mól% között változik. Kimutattuk továbbá magnezit és kvarc jelenlétét ortopiroxénben, míg dolomit jelenlétét klinopiroxénbe záródott fluidumokban. A karbonátásvány és a kvarc a CO_2 és a bezáró piroxén közötti reakció termékei, amelyek a csapdázódást követően, 400 – 600 °C-on formálódtak (pl., Berkési et al., 2012) a felemelkedés során.

Szinkrotron sugárzás által keltett infravörös spektroszkópiával (ELETTRA, Trieszt, Olaszország) alkotott hiperspektrális képek pargasít jelenlétét jelezték ortopiroxénben csapdázódott fluidumzárványokban (**3. ábra**). A szubmikronos léptékű FIB-SEM-vizsgálatok (ELTE KKMC), a Raman és az infravörös spektroszkópia alapján számolt szilárd fázisok térfogatszázalékai: magnezit 3–5%, kvarc 2–3%, dolomit: 2–5%, pargasit: 6–10%. A fluidumzárványokban detektált pargasit közvetlen bizonyítéka annak, hogy a szételegyedési lamellák mentén megjelenő pargasit fluidum–kőzet-kölcsönhatás eredményei,



3. ábra – bal: hiperspektrális FT-IR (SISSI, Trieszt, Olaszország) kép amely a kéktől a zöldön, sárgán és pirosan át a liláig a pargasit karakterisztikus infravörös csúcsának növekvő infravörös sávintenzitását mutatja. A kék színnel jelölt területeken nem volt detektálható sávintenzitás. Jobb: ugyanarról a területről felvett optikai kép, FZV: fluidumzárvány

amely modális metasomatózist eredményezett a vizsgált köpenyxenolitokon. A fluidum pargasitformáló képessége azt sejteti, hogy a kölcsönható fluidum víz móltörtje nagyobb volt a fluidumzárványban mértekhez képest ($\geq 0,3 X_{\text{H}_2\text{O}}$), amely inkább egy reziduális (kölcsönhatást követő) összetételt mutat.

A fluidumzárványokon végzett *in situ* LAICPMS-vizsgálatok noha nem tették lehetővé a fluidumzárványok nyomelemkoncentrációjának meghatározását, azonban a fluidumzárványokhoz köthető Ca-, Rb-, Sr-, Ce- és Sm-dúsulás (a bezáró ortopiroxénhez képest) megfigyelhető volt.

A felsorolt nyomelemek (a Rb kivételével) a pargasitban tudnak koncentrálni így feltételezésünk szerint a fluidumzárványban megtalálható pargasit-leányásványban „tárolódik” az egykor a litosferikus köpeny fluidum-gazdag fázisában oldott és szállított nyomelemek jelentős része.

4. Következtetések

Eredményeink arra engednek következtetni, hogy kontinentális rift környezetben, a litoszféraköpeny erózióját követő litoszférizálódó asztenoszférával egy COHN-gazdag szuperkritikus fluidum lehet együtt jelen, amely a litoszféraköpenyvel reakcióba lépve pargasit megjelenését eredményezte. Ennek okán feltételezhető, hogy nem kizárólag a szubdukciós eredetű köpenyfluidumok rendelkezhetnek jelentős H_2O -tartalommal – ahogyan az általánosan elfogadott –, hanem asztenoszférikus eredetű fluidumok is. Becslésünk szerint a vizsgált területek (Kamerun Vulkáni Terület és Mt. Quincan) alatti, asztenoszférikus eredetű fluidum minimális víztartalma (X_{H_2O}) 0,3–0,4 közötti értékeket ad, amely arra enged következtetni, hogy többkomponensű, Ca-t, Rb-t, Sr-t szállító fluidumok elterjedtebbek lehetnek a sekély köpenylitoszférában a jelenleg általánosan feltételezettekhez képest.

A víztartalom teheti lehetővé a nyomelemek oldását, ezáltal a fluidum–peridotitos köpenyrész kölcsönhatása során a pargasit kristályosodását. Feltételezésünk szerint a pargasit gyakran előforduló ásványfázis lehet juvenilis szubkontinentális litoszféraköpenyben.

Köszönetnyilvánítás

Jelen kutatást a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal OTKA PD 105410 kutatási pályázata és az MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja tette lehetővé Berkesi Márta számára.

Irodalomjegyzék

- Berkesi, M., Guzmics, T., Szabó, Cs., Dubessy, J., Bodnar, R.J., Hidas, K., Ratter, K. (2012): *Earth and Planetary Science Letters*, 331, 8–20.
- Berkesi, M., Káldos, R., Park, M., Szabó, C., Váci, T., Török, K., Németh, B., Czuppon, Gy. (2017), *European Journal of Mineralogy*, in press.
- Bedini, R.M., Bodinier, J.L., Dautria, J.M., Morten, L. (1997): *Earth and Planetary Science Letters*, 153, 67–83.
- Czuppon, Gy., Matsumoto, T., Handler, M.R., Matsuda, J. (2009): *Chemical Geology*, 266, 19–28.
- Handler, M.R., Benett, V.C., Carlson, R.W. (2005): *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 69, 5747–5763.
- Manning, C. (2004): *Earth and Planetary Science Letters*, 223, 1–16.
- Pintér, Zs., Patkó, L., Djoukam, T.L., Kovács, I., Tchoukaoué, J.P., Falus, Gy., Konc, Z., Tommasi, A., Barou, F., Mihály, J., Németh, Cs., Jeffries, T. (2015): *Journal of African Earth Sciences*, 111, 170–193.