

# A Mecsekalja-zóna deformációrörténetének rekonstrukciója a Szentlőrinc-1 mélyfúrás egyedülálló kvarcsemcséi alapján

## Deformation history reconstruction of Mecsekalja-zone using single quartz grains of Szentlőrinc-1 deep drilling

SKULTÉTI ÁGNES, M. TÓTH TIVADAR, FINTOR KRISZTIÁN, SCHUBERT FÉLIX

*Szegedi Tudományegyetem, Ásványtani, Geokémiai és Kőzettani Tanszék,  
skulteti.agi@gmail.com, mtoth@geo.u-szeged.hu, efkrisz@gmail.com, schubert@geo.u-szeged.hu*

### Összefoglaló

A kvarc a földkéreg leggyakoribb kőzetalkotó ásványaként széleskörű nyomás és hőmérséklet viszonyok között jelen van, és mikroszerkezetében információt hordoz az őt ért deformációs mechanizmusokról. A Raman spektroszkópia segítségével elkülöníthetők az eltérő deformációs állapotú kvarcsemcsék, illetve kvarcsemcse domének. Munkánk során elkülönítettünk három eltérő mikroszerkezeti megjelenésű kvarcsemcsét: egységes, unduláló kioltást mutató szemcséket (T0), alszemcsékre tagolódó szemcséket (T1), kisméretű deformációmentes rekrisztallizált szemcsékre tagolódó szemcséket (T2), illetve olyan vegyes szemcséket, melyek a szélső tagokat képező T0, T1, T2 szöveti típusok különböző arányú kombinációjából állnak. A statisztikai vizsgálatok eredményeként megállapítható, hogy a mikroszerkezeti tulajdonságaik alapján elkülönített, szélső tagokat képviselő kvarcsemcsékből felvett Raman spektrumok spektrális tulajdonságai szintén szignifikáns eltérést mutatnak. Így az eltérő mikroszerkezetű kvarcsemcsék az azokból felvett Raman spektrum bizonyos spektrális tulajdonságai alapján is jól elkülönülnek egymástól. A három szélső tag a spektrális térben egy-egy pontot definiál, együtt azonban meghatároznak egy háromszöget. A vegyes mikroszerkezeti felépítésű kvarcsemcsék a spektrális térben a három szélső tagot képviselő szemcse által kifeszített spektrális háromszögön belül helyezkednek el. A három szélső szemcsét a dinamikus rekrisztalizáció különböző mechanizmusai hozták létre, ennek megfelelően azok eltérő deformációs állapotot képviselnek, melyhez a T0-tól a T2-felé növekedő hőmérséklet társítható. Így a T0-T1-T2 által meghatározott spektrális tér egyben egy virtuális deformációs térnek is tekinthető. Mivel minden egyes kvarcsemcse egy kicsit máshol tart a T0-T1-T2 szélső deformációs állapotok által meghatározott deformációs folyamatban, így együtt egy deformációs fejlődési pályát határoznak meg, mely egy adott kőzettérfogatra jellemző. A munkánk során létrehozott virtuális deformációs tér az általunk vizsgált terület deformációtörténetének rekonstrukcióját teszi lehetővé.

### Kulcsszavak

kvarc, mikroszerkezet, deformáció, Raman spektroszkópia

### Abstract

Quartz is among the most common minerals in the Earth's crust, which is stable within a wide range of temperature and pressure conditions. As its microstructure is sensitive to diverse deformation mechanisms, quartz may provide valuable information about the structural evolution of many different rock types. Using Raman microspectroscopy, single quartz grains and monomineralic domains, which are characterized by different deformation conditions can be identified and separated. In this study three microstructurally extreme quartz grain types were discriminated from a subsurface shear zone; grains with undulose extinction (T0), grains with subgrains (T1), grains with recrystallized grains (T2). Moreover several microstructurally transitional grains were measured, which are combinations of the above extremes. Statistical analysis displays that the microscopically identified extreme grains have significantly different spectral attributes. The microstructurally different quartz grains can accordingly be divided on the basis of the certain spectral variables of their Raman

spectra. The three extreme quartz grains were formed by different deformation mechanisms, so they represent different deformation conditions. The T0-T1-T2 spectral space is actually considered to as a virtual deformational space. Each complex quartz grain measured in the sample appear a little bit elsewhere in the deformation process defined by T0-T1-T2 extreme conditions, but they together determine a successive deformation path. It can be supposed that this combined pathway is characteristic for the whole rock volume in study. Finally, the computed Raman spectroscopy based virtual deformational space allows determination of the structural evolution of the analyzed shear zone.

## **Keywords**

quartz, microstructure, deformation, Raman spectroscopy

## **Bevezető**

A kvarc nagyon gyakori és ellenálló ásványként van jelen a földkéregben. Nagyfokú stabilitásának köszönhetően széleskörű nyomás és hőmérséklet viszonyok között megtalálható. A kvarc kristályszerkezete a fejlődése során rá ható nyomásnak és hőmérsékletnek megfelelően torzul, vagyis deformálódik. Eltérő körülmények között a kvarc deformációjában különböző mechanizmusok a meghatározók, melyek eltérő mikroszerkezeti megjelenésű kvarcsemcséket eredményeznek [1][2][3]. Így minden egyes kvarcsemcse mikroszerkezeti megjelenésében információt hordoz az őt ért deformációs mechanizmusokról. Egy adott kőzettestben minden egyes kvarcsemcse a deformációs folyamat egy részéről hordoz információt, együtt azonban segítségünkre lehetnek a deformációtörténet rekonstrukciójában azáltal, hogy egy deformációs fejlődési pályát rajzolnak ki.

Az általunk vizsgált terület egy aktív nyírási zóna, mely Közép-Európában, Magyarország Dél-Dunántúli régiójában található. A tektonikus zóna kőzettani felépítése és múltbeli deformációja eddig csupán felszíni-felszínközeli kőzetmintákból ismert. A vizsgálatainkhoz felhasznált minták egy, a diszlokációs övben geotermikus céllal mélyített kútból származnak, melynek fúrása során közel 2 km-es mélységből furadékanyag került a felszínre. A furadékanyagot az 1-2 mm méretű kőzetsemcsék mellett 80 %-ban önálló kvarcsemcse töredékek alkotják.

Munkánk során célunk az eltérő mikroszerkezeti megjelenésű kvarcsemcse típusok elkülönítése a Raman spektroszkópia módszerének alkalmazásával, illetve mivel a területről korábban ilyen mélységből nem álltak rendelkezésre geológiai információk, így célunk a rendelkezésünkre álló kvarcsemcse törmelékekből szerzett szerkezeti információk alapján egy lokális, a vizsgált területre vonatkozó módszertan kidolgozása, melynek segítségével rekonstruálhatóvá válik a nyírási zóna múltbeli fejlődéstörténete.

## **1. Eredmények**

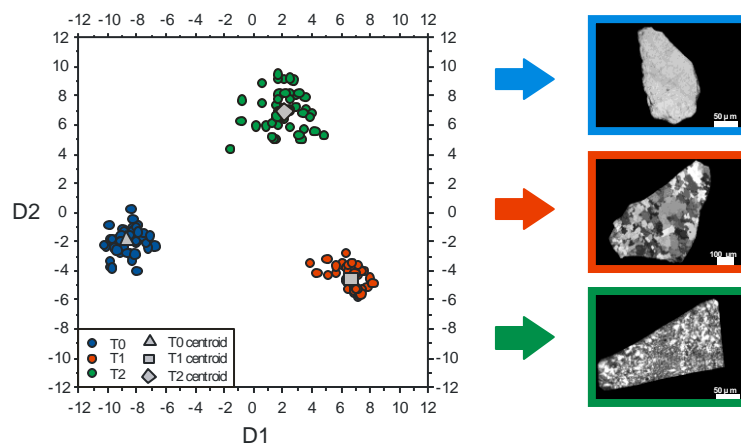
A mikroszkópos elemzésnek alávetett 500 kvarcsemcse mikroszerkezetét tekintve nem egységes. Három szélsőtagot képviselő mikroszerkezeti csoport különíthető el: unduláló kioltást mutató szemcsék (type0: T0), alszemcsékre tagolódó szemcsék (type1: T1), kisméretű deformációmentes rekrisztallizált szemcsékre tagolódó szemcsék (type2: T2). A T0 szemcsék petrográfiai megjelenésére jellemző, hogy az teljesen homogén, alszemcse és rekrisztallizált szemcse határok egyáltalán nem jelennek meg benne. A T1 szemcséken belül kissé eltérő orientációjú, más-más szögben kioltó, kisebb kvarcsemcse domének jelennek meg, melyek többnyire nem éles, optikailag jól meghatározható szemcsehatárok, hanem határ menti sávok mentén különülnek el egymástól. A T2 szemcsék néhány tíz  $\mu\text{m}$ -es, konkrét, optikailag megfigyelhető szemcsehatárok által határolt, új kvarcsemcséből állnak, melyek nem mutatnak unduláló kioltást és nem tartalmaznak alszemcséket. A mintában a szélsőtagokat

képviselő kvarcsezemcsék mellett többségben vannak az olyan szemcsék, melyek mikroszerkezetüket tekintve nem homogének, hanem a szélső tagok különböző arányú kombinációjából állnak.

A Raman spektroszkópos vizsgálatok keretein belül elsőként a három szélsőtagot képviselő reprezentatív kvarcsezemcsében, majd további 10, mikroszerkezetét tekintve vegyes szemcsében hajtottunk végre vonal menti térképezést. Az így kapott spektrumokat kiértékeljük, majd a változókat adatbázisba rendeztük. Ezt követően diszkriminancia analízist hajtottunk végre a 3 szélsőtagot képviselő kvarcsezemcsét reprezentáló adatokra.

A statisztikai vizsgálat eredményeként azt tapasztaltuk, hogy a mikroszkópos tulajdonságaik alapján elkülönített, szélső tagokat képviselő kvarcsezemcsékből felvett spektrumok spektrális tulajdonságai szintén szignifikáns eltérést mutatnak, vagyis az eltérő mikroszerkezetű kvarcsezemcsék az azokból felvett Raman spektrum bizonyos spektrális tulajdonságai alapján is jól elkülönülnek egymástól.

A három szélső tag a spektrális térben egy-egy pontot definiál, így együtt meghatároznak egy háromszöget (1. ábra). A D1, D2 diszkriminancia függvény alkalmazásával a további 10, vegyes mikroszerkezetű kvarcsezemcsét reprezentáló adatok helyzetét számítottuk ki a spektrális térben. Ennek eredményeként azt tapasztaltuk, hogy a vegyes mikroszerkezeti felépítésű kvarcsezemcsék a spektrális térben a három szélsőtagot képviselő T0, T1, T2 típus által kifeszített spektrális háromszögön belül helyezkednek el.



1. ábra: A T0-T1-T2 kvarcsezemcsé típusok pozíciója a spektrális térben (T0-T1-T2 háromszög). Kék= T0 unduláló kioltású szemcsé; Piros= T1 alszemcsés szemcsé; Zöld= T2 rekrisztallizált szemcsékre tagolódó szemcsé

## 2. Diszkusszió

A kvarc kristályszerkezetét eltérő nyomás és hőmérséklet viszonyok között más-más deformációs mechanizmusok alakítják. A különböző deformációs mechanizmusok eltérő mikroszerkezeti megjelenésű kvarcsezemcséket eredményeznek [1][2][3][4][5]. Így egy szemcsé mikroszerkezeti megjelenéséből következtethetünk az azt létrehozó mechanizmusra.

A T0, unduláló kioltást mutató kvarcsezemcséket létrehozó deformációs folyamat a dinamikus rekrisztallizáció alacsony hőmérsékleten és magas feszültség mellett jellemző bulging (BLG) mechanizmusa. A T1, alszemcsékre tagolódó, illetve a T2, rekrisztallizált szemcsékre tagolódó kvarcsezemcsék feltételezhetően a dinamikus rekrisztallizáció közepes hőmérséklet és feszültség viszonyok mellett jellemző alszemcsé rotáció rekrisztallizáció (SGR) eltérő hőmérsékleti stádiumaiban (SGR I., SGR II.) alakultak ki.

Ez alapján megállapítható, hogy a három szélső szöveti típus (T0, T1, T2) az őket létrehozó mechanizmusoknak megfelelően három különböző deformációs állapotot képvisel, melyekhez a T0-tól a T2-felé növekedő hőmérséklet társítható [1][2][3][4][5].

Ezen eltérő deformációs állapotot képviselő szélső szemcsék a Raman spektroszkópos elemzések során felvett spektrumok bizonyos nagysúlyú változói alapján a spektrális térben is szignifikánsan elkülönülnek egymástól. A spektrális térben a T0, T1, T2 szemcséket reprezentáló pontok kifeszítenek egy háromszöget. Mivel a T0, T1, T2 szöveti típusok különböző deformációs állapotoknak feleltethetők meg, ezért a T0-T1-T2 által meghatározott spektrális tér egyben egy virtuális deformációs tér leképezésének is tekinthető.

## **Irodalom**

- [1] G. Hirth, J. Tullis, *J. Struct. Geol.* **1992**, 14, 145-159.
- [2] R. H. Vernon, *A practical guide to Rock Microstructure*, Cambridge University Press, Cambridge, **2004**.
- [3] C. W. Passchier, R. A. J. Trouw, *Microtectonics*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, **2005**.
- [4] M. Stipp, H. Stünitz, R. Heilbronner, S. M. Schmid, *J. Struct. Geol.* **2002**, 24, 1861-1884.
- [5] A. Halfpenny, D. J. Prior, J. Wheeler, *J. Struct. Geol.* **2012**, 36, 2-15.