



NUOVE PROSPETTIVE SUI MATERIALI PARZIALMENTE CRISTALLINI IN GEMMOLOGIA: UN APPROCCIO INTEGRATO PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLA CRISOCOLLA

S. Monico¹, N. Marinoni¹, G.D. Gatta¹, I. Adamo², L. Prosperi², R. Conconi^{3,4},
G. Capitani³, A. Bernasconi⁵

¹Dipartimento di Scienze della Terra “Ardito Desio”, Università degli Studi di Milano, Via Botticelli 23, 20133 Milano, Italia

²Istituto Gemmologico Italiano, Piazza San Sepolcro 1, 20123 Milano, Italia

³Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e della Terra, Università degli Studi di Milano-Bicocca, Piazza della Scienza 4, 20126 Milano, Italia

⁴Université de Lille, CNRS, INRAE, Centrale Lille, UMR 8207-UMET-Unité Matériaux et Transformations, Lille, France

⁵Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Torino, Via Valperga Caluso 35, 10125 Torino, Italia

Indirizzo email dell’autore che presenta: sara.monico1@unimi.it

I materiali parzialmente cristallini utilizzati in gemmologia comprendono un'ampia varietà di specie mineralogiche aventi proprietà composizionali e strutturali distintive, che ne influenzano l'aspetto, la durabilità e il valore estetico. Uno di questi materiali è la crisocolla, classificata come un silicato idrato di rame ($\text{Cu}_{2-x}\text{Al}_x(\text{H}_{2-x}\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$; $x < 1$) [1] e composizionalmente descritta come un sistema colloidale di silice idrata e ossidi di rame. Il termine *crisocolla* ha origini antiche (Teofrasto, 315 a.C.) e deriva dalle parole greche *chrysos* (oro) e *kolla* (colla), utilizzate per indicare il materiale allora utilizzato per la saldatura dell'oro [2]. La crisocolla si presenta in varie colorazioni, influenzate dalle impurità composizionali. Nella sua tonalità verde-blu è stata apprezzata e utilizzata fin dall'antichità come pigmento, ma soprattutto come materiale gemmologico nella realizzazione di amuleti, ornamenti e gioielli. Grazie alla colorazione intensa e alle peculiari caratteristiche estetiche, la crisocolla continua a essere ampiamente utilizzata in ambito gemmologico anche al giorno d'oggi.

Dal punto di vista mineralogico, la crisocolla è stata ufficialmente accettata come specie mineralogica dall'International Mineralogical Association (IMA) nel 1969 [3]. Ciononostante, la sua natura rimane oggetto di dibattito, poiché non è ancora stato definitivamente stabilito se essa costituisca effettivamente una fase mineralogica, un aggregato di più fasi o un gel colloidale. La ricerca ha infatti portato spesso a conclusioni discordanti o non risolutive, a causa della complessità intrinseca di questo materiale e della sua natura pseudo-amorfa, che lo rendono spesso analiticamente inerte [4,5] e poco stabile se sottoposto a determinate procedure analitiche [1]. Questi aspetti cruciali si riflettono in una difficoltà significativa nel riconoscimento e nella classificazione della crisocolla in ambito mineralogico e gemmologico.

Il presente studio ha avuto l'obiettivo di caratterizzare la crisocolla dal punto di vista composizionale, mineralogico e microstrutturale, attraverso un approccio multi-metodologico. A tal fine, è stato perfezionato un protocollo analitico *ad hoc*, progettato per evidenziare le peculiarità di questo materiale senza comprometterne la stabilità. Sono state impiegate tecniche convenzionali e ad alta risoluzione, in grado di evidenziare aspetti distintivi della crisocolla finora mai osservati. La ricerca ha previsto l'indagine di diversi campioni, provenienti da due località di estrazione conosciute internazionalmente (Capo Calamita, Capoliveri (LI), Italia, e Cornwall (Lebanon County), Pennsylvania). Particolare attenzione è stata rivolta alla determinazione della composizione chimica, effettuando un'indagine chimica puntuale e spaziale tramite microsonda elettronica (EMPA-WDS). Il trattamento dei dati, attraverso l'analisi multivariata, ha consentito, inoltre, di individuare la relazione tra le variazioni composizionali e le specifiche condizioni di formazione del materiale. La tecnica *Pair Distribution Function* (PDF) con luce di sincrotrone ha permesso di investigare l'organizzazione atomica alla scala locale, rivelando aspetti inediti riguardanti distanze di legame e coerenza strutturale, ai quali la diffrazione convenzionale non è in grado di accedere. Infine, considerata la natura parzialmente cristallina del materiale, in cui le proprietà distintive si manifestano a livello di domini locali, l'indagine è stata estesa a scala nanometrica mediante microscopia elettronica a trasmissione (TEM), al fine di approfondirne la caratterizzazione tessiturale e chimica.

I risultati ottenuti hanno consentito di ampliare le conoscenze sulle proprietà composizionali, microstrutturali e tessiturali della crisocolla, contribuendo a delinearne le caratteristiche distintive. Inoltre, lo studio ha introdotto nuovi approcci metodologici per il riconoscimento e la classificazione di questo materiale, con implicazioni significative sia nell'ambito mineralogico che gemmologico.

Parole chiave: crisocolla; materiali parzialmente cristallini; caratterizzazione su scala nanometrica; ordine a corto raggio; luce di sincrotrone.

References: [1] Torpy, A., Fan, R., Wilson, N., MacRae, C., Austin, P. (2021): *Microscopy and Microanalysis*, **27**, 1870-1872; [2] Clark, M. (2021): *The Australian Gemmologist*, **27**, 330-342; [3] Fleischer, M. (1969): *American Mineralogist: Journal of Earth and Planetary Materials*, **54**, 960-961; [4] Frost, R. L., Xi, Y., Wood, B. J. (2012): *Thermochimica Acta*, **545**, 157-162; [5] Frost, R. L. & Xi, Y. (2013): *Vibrational Spectroscopy*, **64**, 33-38.