

# Le Tormaline

Il componente principale delle ricariche di **Classwash Ball** è costituito dalle tormaline. Qui di seguito sono brevemente descritte le proprietà chimico-fisiche di questi minerali.

## Generalità

Le **tormaline** sono minerali associati alle rocce ignee e a quelle metamorfiche. La tormalina è formata da un gruppo complesso di minerali silicei che condividono un'identica struttura cristallina (trigonale) e una diversa composizione chimica. I componenti principali della tormalina sono il silicato di boro ed il silicato di alluminio ma, a causa dell'isomorfismo (la sostituzione di uno ione con un altro nel reticolo cristallino senza cambiare la struttura del minerale) sono stati incorporati in essa altri minerali, soprattutto sodio, calcio, ferro, magnesio e litio. Le differenze nella composizione chimica sono causa sia di differenze di colore che di proprietà chimico-fisiche. Poiché la capacità detergente della tormalina non è mai messa in discussione, si disquisisce sui meccanismi chimico-fisici che conferiscono alla tormalina questa proprietà.

## Proprietà chimico-fisiche

Le tormaline, come conseguenza della loro struttura cristallina asimmetrica e per la presenza di atomi di boro che ha una struttura elettronica esterna con una lacuna elettronica, possiedono due proprietà caratteristiche, la **piezoelettricità** e la **pireoelettricità**.

La **piezoelettricità** consiste nella polarizzazione elettrica che si ottiene in certi cristalli dielettrici a seguito dell'applicazione di uno stress meccanico (es. accendigas). E' anche, al contrario, la distorsione meccanica di due facce di un cristallo in seguito all'applicazione di un determinato voltaggio tra le facce. La **pireoelettricità** è la proprietà che hanno certi cristalli di produrre uno stato di polarità elettrica a seguito di una variazione di temperatura.

Queste due proprietà sono note da molto tempo e ben documentate da una vasta letteratura internazionale. Nella tormalina il coefficiente termico dovuto all'energia di polarizzazione è  $1 \times 10^{-7} \div 4 \times 10^{-6} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{k}^{-1}$ . Quando cambiano sia la pressione sia la temperatura (compresi i micro cambiamenti di frazioni di °C), questi causano una differenza di potenziale (voltaggio). Questo tipo di voltaggio statico è superiore ad 1 milione di elettronvolt ( $1 \times 10^6 \text{ eV}$ ) e ciò accelera la ionizzazione dell'aria e dell'acqua circostante il cristallo. Gli elettroni che vengono emessi colpiscono le molecole di acqua e di ossigeno presenti e li trasformano in ioni negativi (formalmente  $\text{H}_3\text{O}_2^-$  e  $\text{O}_3^{2-}$ ), ciò fa sì che ci sia uno sbilanciamento oscillante della polarità del cristallo che provoca un cambiamento dell'orientamento del dipolo: gli ioni negativi appena formati sono costretti ad allontanarsi dalla superficie del cristallo.

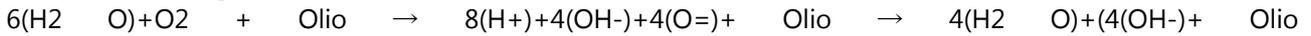
Nel 1986 in un centro di ricerca giapponese si dimostrò che anche quando la tormalina era trasformata in polvere, nei microcristalli permanevano elettrodi positivi e negativi e gli elettrodi non scomparivano nemmeno se la tormalina veniva portata a circa 1000 °C. Oltretutto, quando gli elettrodi venivano connessi l'uno all'altro si registrava una corrente elettrica di 0,06 mA.

Studi successivi hanno permesso di verificare gli effetti che l'agitazione meccanica e la variazione di temperatura hanno sulla tormalina.

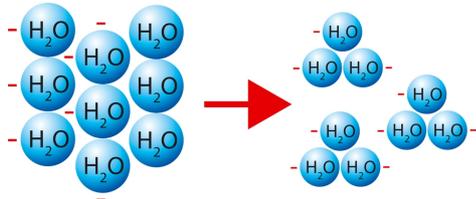
La tormalina ha elettrodi positivo-negativo che generano un'onda elettromagnetica applicata all'acqua di  $4 \div 14 \mu\text{m}$  (l'energia corrispondente è di  $0,004 \text{ watts/cm}^2$ ). In seguito a ciò i clusters di acqua vengono disaggregati generando ioni idronio ( $\text{H}_3\text{O}^+$ ) e ossidrile ( $\text{H}_3\text{O}_2^-$ ). L'agitazione della tormalina in acqua crea una frizione che aumenta la produzione di ioni positivi e negativi. L'elbaita contenuta nella **Classwash Ball** è una tormalina basica che rilascia, in modo naturale, in prevalenza ioni ossidrile ( $\text{H}_3\text{O}_2^-$ ). Uno studio condotto da Matsuoka et Al. formula ipotesi correlate tra loro che prendono in considerazione vari aspetti della piroelettricità della tormalina analizzandone le possibili conseguenze. Pur non essendo esaustivo, in questo studio sono fornite le risposte che ad oggi fanno sì che la tormalina sia utilizzata, con decine di brevetti, per

processi che coinvolgono la detergenza.

**1.** Aumentata capacità dell'acqua in tormalina di disciogliere l'ossigeno atmosferico in quanto le aumentate cariche elettriche generate dalla tormalina porterebbero alla reazione complessiva:

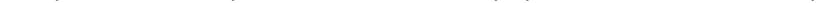


La prima freccia indica la naturale dissociazione dell'acqua, la seconda è conseguenza delle cariche elettriche generate in eccesso dalla tormalina per cui l'olio si lega agli ioni OH<sup>-</sup> spostando continuamente l'equilibrio verso destra.



*Dissociazione delle molecole d'acqua*

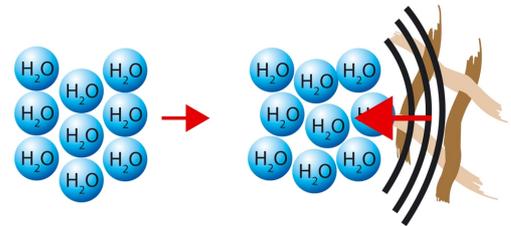
**2.** La semplice dissociazione dell'acqua. Le cariche elettriche generate dalla tormalina porterebbero ad una reazione complessiva:



La prima freccia indica la naturale dissociazione dell'acqua, la seconda è conseguenza delle cariche elettriche generate in eccesso dalla tormalina che spingono verso destra gli ioni H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> e H<sub>3</sub>O<sub>2</sub><sup>-</sup> che si legano all'olio spostando continuamente l'equilibrio (la

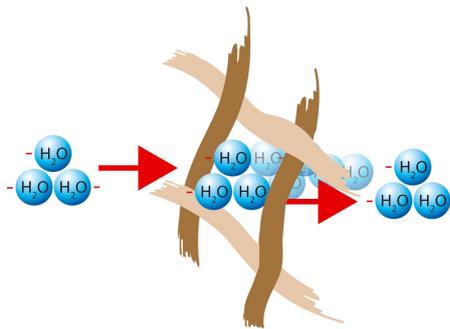
detergenza).

**3.** Micro turbolenze. La tensione superficiale impedisce all'acqua di entrare negli interstizi delle fibre dei tessuti impedendo l'asportazione dello sporco. La turbolenza dell'acqua facilita la sua penetrazione nei tessuti. L'elettricità statica generata dalla tormalina induce nell'acqua micro turbolenze. Il rapido movimento avanti ed indietro dell'acqua (polo + polo -) su una scala più piccola di quella formata dalle gocce generate dalla tensione superficiale consente alla stessa di penetrare le fibre dei tessuti con la conseguente rimozione dello sporco.



*La tensione superficiale impedisce il passaggio dell'acqua nei tessuti asciutti*

**4.** Effetto elettrostatico diretto. Lo sporco ha una superficie che è ricoperta anche da forze elettrostatiche (dipende dalla natura dello sporco). E' probabile che le forze generate dalle cariche elettriche della tormalina superino le forze elettrostatiche che tengono insieme le particelle di sporco disaggregandole.



*Le molecole d'acqua, ridotte dalle tormaline, passano dieci volte di più tra le fibre dei tessuti*

**5.** Tensione superficiale. La tensione superficiale è la forza che impedisce all'acqua di penetrare nei tessuti che non siano preventivamente bagnati. Le gocce si formano come conseguenza della tensione superficiale e, in condizioni normali, da un tubo capillare, a 20°C, cadono 58 gocce di acqua di rubinetto (non trattata) in 4 secondi per formare 1 ml. La presenza di cariche elettriche statiche generate dalla tormalina (una grande quantità di ioni idronio (H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>) e un eccesso di ioni ossidrilici (H<sub>3</sub>O<sub>2</sub><sup>-</sup>)) fa sì che in 1ml, dal capillare, cadano circa 1200÷1400 gocce. Le gocce hanno quindi dimensioni che sono circa 1/20 delle gocce normali. Detta in modo diverso, la tensione superficiale dell'acqua passata in tormalina è dieci volte minore di quella dell'acqua di rubinetto e l'effetto bagnante e, quindi detergente, è dieci volte maggiore. L'azione emulsionante per una miscela O/W è di conseguenza, enormemente incrementato.

**6.** Permeabilità. La permeabilità è la capacità dell'acqua di passare attraverso un materiale che sia preventivamente bagnato per rimuoverne gli effetti della tensione superficiale. Gli esperimenti di Matsuoka hanno dimostrato che legata alla riduzione della tensione superficiale c'è un concomitante incremento della permeabilità, vale a dire una ridotta resistenza dell'acqua a fluire attraverso i tessuti preventivamente bagnati.

**7.** Attività energetica molto debole. La debole energia emessa dalla tormalina (4÷14 μm) consente di disaggregare l'acqua (mediamente l'acqua del rubinetto è formata da cluster di 36÷38 molecole d'acqua; l'acqua passata attraverso la tormalina ha cluster di 3÷6 molecole d'acqua). Ciò consente ai gas o ai metalli

pesanti inclusi nei cluster di essere rilasciati rendendo l'acqua sostanzialmente libera da impurezze. Come conseguenza può essere utilizzata per lavare pezzi particolari e consente di rimuovere residui di detersivo dalle maglie dei tessuti.

**8.** Azioni antifungina e antibatterica. L'alluminio contenuto nella tormalina ha, insieme alla ionizzazione dell'acqua, un'azione antifungina e battericida.

**9.** Azione sbiancante. L'effetto ionizzante della tormalina potenzia l'effetto sbiancante di eventuali additivi specifici utilizzati nel bucato.

**10.** Economicità e rispetto dell'ambiente. A differenza dei comuni detersivi domestici l'uso della tormalina è molto più economico e non provoca inquinamenti ambientali. Non è inoltre necessario risciacquare con un ulteriore risparmio di acqua.

## **BIBLIOGRAFIA**

- 1.** Butler, Edward Taylor (1962) Methods of determining pyroelectricity in tourmaline. American University, United-States; Master's 40 p.
- 2.** Gavrilova, N. D. (1965) Study of the temperature dependence of pyroelectric coefficients by the static method. *Kristallografiya*, 10,278-281.
- 3.** Donnay, G. (1977) Structural mechanism of pyroelectricity in tourmaline. *Acta Crystallographica, A*, 33, 927-932.
- 4.** Kittinger, E., Seil, and Tichy, J. (1979) Electroelastic effect in tourmaline. *Zeitschrift fur Naturforsch.*, 34a, 1352-1354.
- 5.** Novozhilov, A. I., Voskresenskaya, I.E. and Samilovich, M. I. (1969) Electron paramagnetic resonance study of tourmalines. *Soviet Physics and Crystallography*, 14, 416-418.
- 6.** Yamaguchi, S. (1983) Surface electric fields of tourmaline. *Applied Physics*, A-31, 183-185.
- 7.** Dambly, M., Pollak, H., Quartier, R. and Bruyneel, W. (1976) IR-irradiation enhanced effects in tourmaline. *Journal de Physique, Colloque (Paris)*, 6, 807-810.
- 8.** Han Lijuna, Liang Jinsheng, (2009) Mechanism of Far Infrared Emission from Mineral Tourmaline Fine Powders, *Advanced Materials Research Vol. 58 pp 77-82*
- 9.** Houchin, M. R. (1986) Surface studies of aqueous suspensions of tourmaline (Dravite). *Colloids and Surfaces*, 19, 67-82.
- 10.** Kubo, "Interface activity of water given rise by tourmaline", *Solid State Physics*, vol. 24, No. 12 Dec. 1989
- 11.** Nakamura, T. and Kubo, T. (1992) Tourmaline group crystals reaction with water. *Ferroelectrics*, 137,1-4.
- 12.** Matsuoka, Takahisa and Iwamoto, Mutsuo (1991) Surface tension and permeability of water treated by polar crystal tourmaline", *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi* vol. 38, No. 5, p. 422
- 13.** Jose Maria Leal - (2008) Tecnologia do Pò de turmalina preta - Tesi de doutorado