

可愛的晶化劑與可怕的氫氟酸

大理石結晶劑是 1960 年代在歐洲發明，它先通過酸與鹼的化學反應，再透過機器摩擦製造鹽類結晶，甚至可以將微晶體的層數堆積成一堅韌結石的膜。這能增加石材莫氏硬度 2 到 3 度，但一直未能普遍使用。21 世紀光面大理石在亞洲蓬勃發展，大理石晶化劑在亞洲地區快速流行，經過白色菜瓜布、百潔墊或鋼絲絨拋磨以後，能將大理石表面的碳酸鈣中的鈣離子快速分解再架構，並且開始形成氟化鈣的結晶過程，石材表面因此創造出一層細緻驚人的亮度。但是石材晶化劑本身若含有氟酸等化學成分，例如氟矽酸鋁(Aluminum fluorosilicate)、氟矽酸鎂(Magnesium fluorosilicate)、氟矽酸鋅(Zinc fluorosilicate)，這將帶來莫大的隱形危機。所以使用前需對產品做深入的了解與測試，只要是 PH 值為 1 的產品，或結晶後還可以被水解的強酸性產品，基本上都是不建議使用的。以下是晶化劑的主要成分及化學反應式：



在氟酸與碳酸鈣化學接觸反應之後，氟酸晶化劑先破壞侵蝕大理石表面，再重新加溫組織架構成結晶核，透過摩擦加溫並燥乾的過程，堆砌聚叢成氟化鈣的再結晶層(Recrystallization)沉澱物，變成所謂玻璃化的膜。這使石材表面堅硬而有光澤，達到大理石亮光保養的精緻效果，而酸性氣體的副作用，在此也悄悄的產生，危害環境、業主、施作人員於無形之中，這真是夢魘不斷的開始。

當晶化劑將大理石表面的碳酸鈣分解，並使鈣離子游離出大理石結構，隨後藉由晶化劑中的氟離子與表面溶離的鈣離子反應，產生氟矽化鈣結晶物。氟矽化鈣具備較碳酸鈣更高的硬度，因此結晶後的大理石表層會較具耐磨耗性且不易刮傷。

但施工研磨機不強，重量壓力與溫度不足之下，施作面不可能全部結晶成良好的膜型，半調子的準晶體酸液膜，聚覆在大理石表面，這深深的影響了大理石的透氣性，於焉形成石材病變的溫床。鹼性水泥的氫氧化鈣溶液與氟矽化鋅結晶水也形成另一個鹽類晶體，這種蒸發反應型的粉體，霧化模糊了大理石表層，鈣化白華現象於焉形成，新完工的大理石或鑽石水磨後的工程，破壞反應是更快速的，這已經快變成常態性的錯誤，應該立即改正才是。

一般酸性晶化劑對水不具有良好的抵抗性，其離子溶液被地上水與地下水氣同步還原成酸液，晶化層也緩緩遭受水分溶解，並還原成氟酸氣體，週而復始地破壞環境空氣，也導致原有的大理石反遭侵蝕霧化。另一酸性反應所產生的膨脹性氣體，會造成密閉型水氣壓力，造成大理石的龜裂；而酸化反應使的大理石形成吐黃現象，最後大理石表面色澤及紋路也會偏離原有的狀態，造成腐蝕性的漂白與褪色。

根據 Wikipedia 的說明，氟化氫的水溶液具有強烈的腐蝕性，能夠溶解其他酸都不易溶解的二氧化矽、玻璃、不銹鋼、鐵銹、磁釉、花崗石、大理石，因為氫氟酸能夠溶解絕大多數無機物，儲存的標準是需要一個密封型容器，而且要求容器應該盡可能真空。相對於實驗室的謹慎，氟系晶化劑自由自在的在建築物中薰蒸，暴露在室內空氣中的強酸性揮發氣體，其潛在的健康危害是令人不寒而慄的。因為當氫氟酸與人體內的鈣離子或鎂離子反應時，它會使依靠以上兩種離子發揮機能的五臟六腑器官喪失作用力。而氟酸氫根離子會進入紅血球，與另一個 H⁺ 結合，再次形成酸。在肺中，酸溶液中的水將被奪走，二氧化碳即從肺部釋出。常見石材養護施工者接觸、暴露在氫氟酸(晶化劑)的環境中，一開始可能只是刺鼻、流鼻水、流眼淚、過敏紅癢、口渴、喉嚨乾，其實無形症狀幾小時後才會真正出現，當氫氟酸與骨骼中的鈣反應時，肌肉與骨頭酸痛只是初期狀態，最終可能導致心、肝、腎和神經系統的嚴重破壞，甚至是致命損傷型的職業傷害。而接觸淡淡氫氟酸氣體的傷者，可能得不到及時且專業的護理，因為酸味早已習慣成自然，長期暴露其中卻不知其險惡。也因此，石材晶化劑在歐美一直存而不用，直到最近十年才一窩蜂的製造銷售到亞洲國家，但是歐美依然不普遍晶化劑於其石材保養，因為健康與安全性有虞。

根據台北榮總楊振昌醫師所著〈氫氟酸(HF)中毒〉，美國毒藥物中心聯盟 1993 年的統計，當年氫氟酸中毒者共 2,650 人，佔所有個案的 0.15%，其中絕大多數為意外暴露。在臺灣，根據臺北榮總毒物中心歷年來的統計，自 1986-1994 年，共 58 名氫氟酸中毒個案，約佔同時期個案的 0.18%。

病因：氫氟酸是無機酸，可溶解矽石英；在室溫下為無色略帶刺激味的液體。由於氫氟酸對皮膚刺激性弱，因此常導致患者不自覺中毒。一般中毒原因皆因工作上意外暴露所致。

毒理機轉：氫氟酸對於人體的毒理機轉，主要為(一)經由氫離子釋放，產生與強酸類似的局部腐蝕及脫水症狀(coagulation necrosis)；(二)藉由氟離子的組織穿透力，與體內的鈣或鎂結合成不溶性的鹽類，導致血中鈣及鎂降低，進而產生低血鈣、低血鎂、心律不整、抽搐、死亡。另外氫氟酸也可促使鉀離子移出細胞外，產生高血鉀、心律不整。

臨床表現：暴露氫氟酸後，人體產生症狀的嚴重性，可隨組織對酸之抗力、暴露濃度、時間、部位、面積與總量等因素而有差異。一般暴露濃度 50% 以上時，立刻會產生劇痛與組織損傷；但當濃度在 20%-50% 時，症狀在 1-8h 後才產生；暴露濃度在 20% 以下時，局部紅痛的症狀則可能延至 24h 後才產生。暴露後，局部的症狀一般為劇痛及紅腫，而後患部起水疱壞死、化膿、變黑色。另外也可造成指甲脫落或永久變形。至於全身性的影響，主要為低血鈣、低血鎂與高血鉀。其中暴露 50% 以上濃度的氫氟酸時，超過 1% 的體表面積，即可引起低血鈣。至於暴露面積在 5% 以上時，任何濃度氫氟酸，都可能造成低血鈣。低血鈣可引起 QTc 間隔延長及心律不整、抽搐等，嚴重者並可死亡。如果口服，除了上述症狀外，尚可能引起口腔及腸胃道腐蝕作用及出血、穿孔及腹膜炎。

實驗室檢查：監測血鈣及血鎂值。尤其血鈣更應時時監測，以隨時補充。血鉀、動脈血液氣體分析等亦應分析。患者如有電解質異常，則應隨時接受心電圖監視。

治療與預後：避免暴露是最有效的方法。對於已暴露者，除以大量清水沖洗患部外，尚可使用 2.5% 的葡萄糖酸鈣軟膏塗敷局部。如無葡萄糖酸鈣軟膏，則可使用 2-2.5% 的葡萄糖酸鈣溶液局部浸泡。另由於對於嚴重的中毒或劇烈疼痛，可使用 10% 葡萄糖酸鈣溶液注射於暴露部位。但此種方法本身就會疼痛，且注射量不可過多(量須小於 0.5ml/cm²)，以免引起患肢壞死，因此如缺乏經驗，實不宜使用。另外，也曾有人使用經局部動脈或靜脈注射葡萄糖酸鈣溶液的方法。其中利用血壓計阻斷靜脈血流，再注入 10% 葡萄糖鈣溶液 25ml，維持 15-20min 後再鬆開血壓計，以逆向回流至患部的方法，乃是一較簡單的方式。而使用靜脈注射高劑量含鎂製劑(如硫酸鎂)，也是可以考慮的。

至於全身症狀，主要的治療為矯正低血鈣。可根據臨床症狀、心電圖之 QTc 間距及血中游離鈣值，補充鈣製劑。至於高血鉀，則可補充葡萄糖酸鈣、碳酸氫鈉、或葡萄糖加胰島素，以矯正之，必要時並可血液透析。對於低血鎂則可以補充含鎂製劑。口服暴露者，如為剛服入 30min 內，還可予以洗胃，並給予牛奶或其他含鈣、鎂及鋁的溶液(如稀釋的石灰水、胃乳)。吸入暴露者，則應注意有無呼吸窘迫或肺水腫等情形發生。