

綠色新興表面處理技術-金屬表面矽烷化處理

金屬中心 產業研究組 陳仲宜

出版日期：2010.11.18

一、發展背景

隨著塗裝產業中環保壓力的逐漸增大，環保型塗裝前處理產品以代替傳統磷化如今顯得尤為重要。矽烷前處理技術做為磷化替代技術之一，目前已引起了世界塗裝行業的廣泛關注。與傳統磷化相比，矽烷處理技術具有環保性(無有毒重金屬離子)、低能耗(常溫使用)、低使用成本(每公斤處理量為普通磷化的5~8倍)、無渣等優點。援此，美國已於20世紀90年代就開始對金屬矽烷前處理技術進行理論研究，歐洲亦於20世紀90年代中期著手對於矽烷進行探索性研究。

二、基本成膜原理

矽烷含有兩種不同化學官能團，一端能與無機材料(如玻璃纖維、矽酸鹽、金屬及其氧化物)表面的羥基反應生成共價鍵；另一端能與樹脂生成共價鍵，從而使兩種性質差別很大的材料結合起來，獲致提高複合材料性能的作用。矽烷化處理可描述為四步反應模型：(1)與矽相連的3個Si-OR基水解成Si-OH；(2)Si-OH之間脫水縮合成含Si-OH的低聚矽氧烷；(3)低聚物中的Si-OH與基材表面上的OH形成氫鍵；(4)加熱固化過程中伴隨脫水反應而與基材形成共價鍵連接。為縮短處理劑現場使用所需熟化時間，矽烷處理劑在使用之前第一步是進行一定濃度的預水解。

1.水解反應

在水解過程中，避免不了在矽烷間會發生縮合反應，生成低聚矽氧烷。低聚矽氧烷過少，矽烷處理劑現場的熟化時間延長，影響生產效率；低聚矽氧烷過多，則使處理劑渾濁甚至沉澱，降低處理劑穩定性及影響處理品質。

2.縮合反應

成膜反應是影響矽烷化品質的關鍵步驟，成膜反應進行的好壞直接影響塗膜耐蝕性及對漆膜的附著力。因此，對於處理劑的PH值等參數控制顯得尤為重要。並且對於矽烷化前的工件表面狀態做出更高的要求：(1)除油完全；(2)進入矽烷槽的工件不能帶有金屬碎屑或其他雜質；(3)矽烷化前處理最好採用去離子水。

3.成膜反應

成膜後的金屬矽烷化膜層主要由兩部分構成：其一即在金屬表面，矽烷處理劑透過成膜反應形成金屬矽烷複合膜，二是透過縮合反應形成大量低聚矽氧烷，從而形成完整矽烷膜。

三、矽烷化與磷化之製程比較

(一)工位工序

矽烷化處理在操作工法上有所改進，現有磷化處理線無需改造即可投入矽烷

化生產，兩者間工序的比較如【表 1】所示。

表1 磷化與矽烷化工作位元配置之比較

工序	傳統磷化	矽烷化
①預脫脂	需要	需要
②脫脂	需要	需要
③水洗	需要	需要
④水洗	需要	需要
⑤表調	需要	不需要
⑥表面成膜	需要	需要
⑦水洗	需要	不需要
⑧水洗	需要	不需要

資料來源：武漢材料保護研究所/金屬中心 MII-ITIS 計畫整理

由【表 1】可知，矽烷化處理與磷化處理相比較可省去表調及磷化後兩道水洗工序。因矽烷化處理時間短，因此在原有磷化生產線上無需設備改造，只需調整部分槽位元功能即可進行矽烷化處理。對於懸鏈輸送方式改造，可將①預脫脂、②脫脂及④水洗等項目保留；③水洗改為脫脂槽；⑤表調、⑥磷化改為水洗槽；⑦水洗改為矽烷化處理；⑧備用。在改換槽位功能的同時提高鏈速進行生產，以加快前處理生產節拍，提高生產率。

(二)處理條件

傳統磷化處理因沉渣、含磷及磷化後廢水等環保問題，一直是各塗裝生產業者為之困擾的問題。隨著全球對環保及節能減排的重視程度不斷提高，未來塗裝行業的環保及能耗問題會越來突出。矽烷技術的推出，對於整個塗裝行業的前處理環保及節能降耗問題，進行了革命性的改善。

在使用溫度方面，由於矽烷成膜過程為常溫化學反應，因此在日常使用中槽液無需加熱即可達到理想處理效果。此方面與磷化處理比較，節省了大量能源並減少燃料廢氣排放；另一方面矽烷化反應中無沉澱反應，所以在日常處理中不產生沉渣，消除了前處理工序中的固體廢物處理問題，並有效地延長槽液的倒槽週期；此外，矽烷化處理對前處理工位設置進行了優化，省去傳統表調及磷化後水洗工序。透過此項優化，大大減輕塗裝廠在污水處理的壓力。

(三)作業成本

因成膜原理的差異，矽烷化處理與磷化相比，在使用溫度上就已有較大幅度的降低，省去表調工序。並且在其他涉及生產成本方面，矽烷化相較於磷化亦有顯著的優勢。

使用矽烷化工法，能省去磷化加溫設備、除渣槽、板框壓濾機及磷化污水處理等設備，節省設備初期投入。在配槽用量方面，矽烷化亦較磷化減少 20%~50%，

更關鍵的是在每平方單耗方面，矽烷化的消耗量為傳統磷化的 15%~20%。減少單位面積消耗量的同時，在處理時間上矽烷化較磷化亦有較大幅度的縮短，從而提高生產率，減少設備持續運作成本。

四、結語

矽烷化處理是以有機矽烷水溶液為主要成分，對金屬或非金屬材料進行表面處理的過程。在塗裝產業，塗裝前的表面處理以磷化為主，矽烷化處理與傳統磷化相比較具有節能、環保及降低成本等優點。持續發展中的矽烷化處理正挾其優勢，成為深具應用潛力的金屬表面處理新技術。