

M10-1.5×101.5

不銹鋼雙頭牙螺絲 破損分析

文 / 金屬工業研究發展中心 檢測技術發展組林渤詠、吳學文、林一峰

某螺絲公司 M10-1.5×101.5 不銹鋼雙頭牙螺絲（圖一）經搓牙成形後，發現螺絲牙部有隨機分佈日視可見之孔洞，此公司欲了解此螺絲之孔洞形成之原因，遂進行螺絲破壞原因分析。

一、檢驗項目：

(1) 外觀檢視 (2) 化學成份 (3) 硬度分析 (4) 金相組織 (5) 掃描式電子顯微鏡 (SEM) 及能量散佈光譜分析儀 (EDS) 微區成份分析

二、試驗結果

(1) 外觀檢視

觀察螺絲牙谷有隨機分佈之孔洞生成（圖二），且螺絲牙腹附近之位置有裂縫生成（圖三）。

(2) 化學成份分析

使用分光分析儀進行螺絲成份分析，其結果如下表所示，符合 JIS G4303 SUS304 材質規範規定。

樣品	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
葉片	0.04	0.66	1.19	0.034	0.015	18.4	8.01
SUS 304	≤ 0.08	≤ 1	≤ 2	≤ 0.045	≤ 0.03	18-20	8-10.5

(3) 硬度分析

使用微小硬度機進行螺絲之硬度分析，結果如下所示。由下表可知，螺絲硬度遠高於 JIS G4303 SUS304 硬度規範規定，不符合規範規定。

樣品	測試值 (HV0.3)	平均值 (HV0.3)
葉片	259 256 264 265 260	261
SUS 304	< 200	

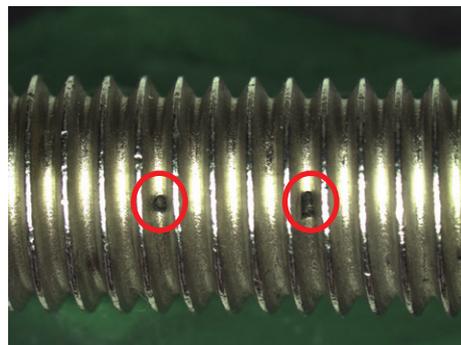
(4) 金相組織試驗

將螺絲切割、研磨與拋光後進行介在物觀察，由圖四顯示螺絲心部存有少量之介在物，螺絲牙谷孔洞附近之位置並無明顯之介在物存在，但是在牙谷孔洞表面有附著外來物存在（圖五）。

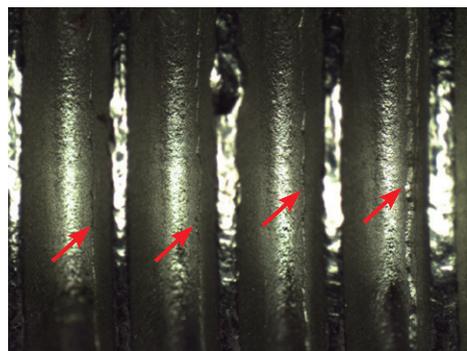
將螺絲拋光後之試片進行草酸電解，進行觀察金相組織，由金相組織顯示螺絲螺紋有經過塑性變形之流線組織，且螺紋牙谷與牙腹皆有裂縫以及牙谷有孔洞生成，裂縫與孔洞皆生成於螺紋表面（圖六與圖七）；而螺絲心部組織為沃斯田鐵組織與變形雙晶組織，基地上有碳化鉻析出於晶界與基地上（圖八）。



圖一：M10-1.5×101.5 不銹鋼雙頭牙螺絲外觀



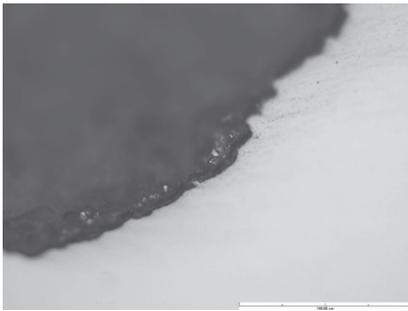
圖二：螺絲牙谷有孔洞（圓圈處）生成



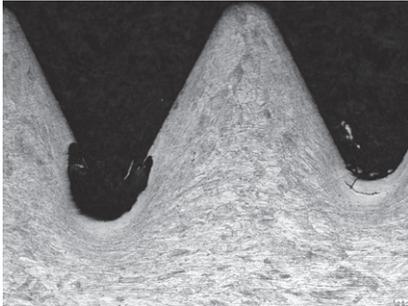
圖三：螺絲牙腹有裂縫（箭頭處）生成



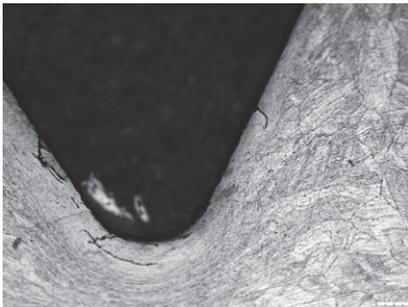
圖四：螺絲心部位置之介在物觀察，倍率 100X



圖五：孔洞表面有外來物（箭頭處），
倍率 500X



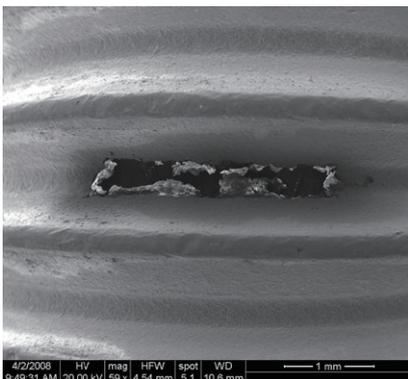
圖六：孔洞附近之組織，倍率 50X



圖七：螺絲牙腹與牙谷皆有裂縫產生，
倍率 100X



圖八：螺絲心部位置處之組織，倍率 500X



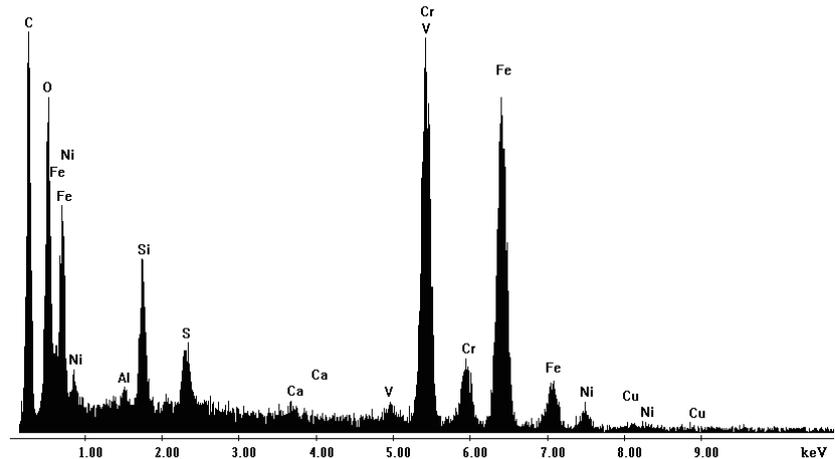
圖九：螺絲牙谷孔洞處

(5) 掃描式電子顯微鏡 (SEM) 及能量散佈光譜分析儀 (EDS) 微區成份分析

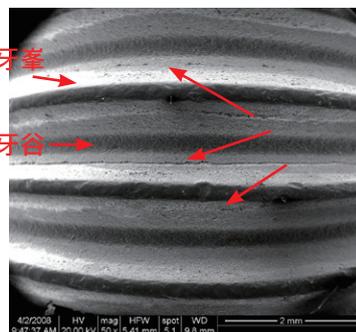
使用 SEM 觀察螺絲牙谷孔洞處之影像，照片九顯示孔洞處表面有外來物存在，使用 EDS 分析外來物之成份有 C、O、Al、Si、S、Ca、V、Cr、Fe、Ni、Cu 等元素（光譜一），此外來物可能是氧化物、碳化物與硫化物所組成。

觀察螺絲牙腹之裂縫（圖十），顯示裂縫屬於撕裂狀破壞，其裂縫內之成份為螺絲本身之材質，並無外來元素。

Label A:



光譜一：照片九外來物之成份



圖十：螺絲牙腹處有裂縫產生

三、結果與討論

- (1) 由外觀檢視不銹鋼雙頭牙螺絲，顯示孔洞隨機分佈於螺絲螺紋牙谷處，且牙腹附近有長條形之裂縫產生。
- (2) 螺絲之化學成份符合 JIS G4303 SUS304 不銹鋼規範，而其硬度 (261HV) 則遠高於 JIS G4303 SUS304 硬度規範 (200HV)。
- (3) 由金相組織顯示螺絲內部介在物只有少量分佈於螺絲心部，在螺紋附近亦有少量介在物存在，螺紋處有明顯之流線組織，此為螺絲搓牙過程中所造成，而基地組織中有碳化鉻析出於晶界與基地上，顯示此螺絲未經過固溶化處理或是固溶化處理不完全，而此現象會造成材料硬度較高，所以易於搓牙時造成位於螺紋表面剝離而形成牙谷孔洞與牙腹裂縫之生成。
- (4) 使用 SEM/EDS 分析孔洞處外來物成份，此外來物成份主要以碳化物、氧化物與硫化物等為主；牙腹處裂縫呈現撕裂狀破壞形貌，裂縫處無外來物。
- (5) 綜合上述試驗分析，不銹鋼雙頭牙螺絲牙谷之孔洞與牙腹之裂縫可能生成之原因，推論為：

1. 線材本身材料未經過固溶化處理或是固溶化處理不完全，造成線材硬度會較高，加上搓牙製程中牙板與材料相互作用下，可能會造成螺絲牙腹表面裂縫之產生；
2. 牙板沾黏較硬之外來物與線材相互接觸後，強大的外加負荷（搓牙成形之力量）使螺紋表面生成微小裂縫與牙谷孔洞之生成。