

日本

螺絲線材加工技術
及產品發展趨勢

文 / 劉文海

一、前言

螺栓、螺帽以及螺絲是一種廣泛使用在汽車、機械、土木建築、橋樑、家電、OA 機器、航太、醫療、3C 等領域的緊固零件，亦是支撐起整體產業的重要零件，其形狀、強度水準與製程等會依據使用環境、目的等有所改變，且種類繁多。螺絲用線材二次加工的品質、服務及成本，會大幅度地直接影響到螺絲廠的品質、成本及交期，因此重要性與日俱增。

二、線材二次加工技術動向

關於螺栓、螺絲使用的材料，鋼鐵廠會生產熱軋線材，但是生產螺絲的冷打廠商卻無法直接使用。線材二次加工廠商透過實施熱處理、除銹、皮膜潤滑、伸線等加工，將材料轉化為可以使用的狀態，稱為冷打線材。

一般的線材產品

1. 冷打線材的鋼種

關於冷打用線材產品的鋼種，如同【表 1】所示，根據 JIS G3507-2（碳鋼）、G3508-2（硼鋼）、G3509-2（合金鋼）的內容，總共規定了 79 種標準。針對這些 JIS 鋼種，為了滿足各種螺絲廠商提出的切削性、淬火性、鍛造工模具壽命、剪裁斷裂、鍛造斷裂的感受性等改善要求，經過些微調整化學成分後，目前共有超過 100 種的鋼種在市面上流通。此外，若再加上二次加工的製程種類（依據 JIS 規定的話則有 D、DA1、DA2、DA3）、表面皮膜種類、盤元單重種類以及以 0.01mm 單位指定的線徑尺寸的種類的話，目前使用的線材產品數量可謂非常龐大。

表 1 JIS 的冷打線材的鋼種名稱與數量

	碳鋼 (G3507-2)			硼鋼 (G3508-2)	合金鋼 (G 3509-2)
	淨面鋼	半靜鋼 (鋁脫氧鋼)	全靜鋼		
鋼種數量	6	11	21	12	29
鋼種名稱	SWCH6R ↓ SWCH17R	SWCH6A ↓ SWCH25A	SWCH10K ↓ SWCH50K	SWCHB223 ↓ SWCHB734	SMn420WCH ↓ SNCM616WCH

資料來源：特殊鋼，61 卷 6 號，2012.11

2. 冷打線材製程

冷打線材的製程大致上由熱處理、除銹與皮膜潤滑、伸線三領域組成，並且利用各種組合這些製程的方法，來滿足需求者，即為冷打廠商的各種需求。在 JIS 規格中，雖然只規定了 D 製程（單邊拉伸、一次伸線）、DA1 製程（退火後一次伸線）、DA2 製程（包括退火在內二次伸線）、DA3 製程（退火→伸線→退火→伸線）四種而已，但是，如果加入除銹和皮膜潤滑方法等的差異的話，製程就會變得複雜且種類繁多。

球狀化熱處理的特徵就是，為了防止冷打加工時材料出現破裂，因而特意將鋼中的硬質碳化物轉化為圓形，但是為了可以製得適合用來伸線的金相組織，亦實施低溫退火處理。

一般而言，材料表面上會附著因為鐵氧化而形成的銹皮（氧化鐵），因此在實施伸線之前，必須加以去除。一般而言，會使用酸洗設備將整捆盤元直接浸泡到硫酸或是鹽酸等酸性溶液中，使氧化鐵溶解；但，如需實施兩次伸線，在第一次伸線時，則將盤元整平成直線狀態，並使用珠擊方式的機械式除銹設備進行處理。

去除氧化鐵後的線材表面，會再塗抹上適合下一階段冷加工製程，也就是「伸線或冷打使用的表面潤滑劑」。一般而言，通常使用可以讓磷酸鋅上的硬脂酸鈉產生反應的皮膜或是石灰石鹼皮膜；但是，有時為了讓材料產生中間特性，也會在磷酸鋅上塗抹石灰石鹼。在伸線製程上，利用拉伸材料穿過碳化鎢（Tungsten carbide）材質的超硬眼模，除了可以改善線徑的尺寸公差，讓表面變光滑之外，同時也可打造出下一個製程——冷打廠商容易使用的材料強度。

加工技術動向

關於日本線材二次加工業界最近幾年的動向，最重要的就是全球化帶來的劇烈變化。關於此點，因為需求者陸續轉往海外，因此，線材加工廠商也開始在海外設立生產據點，除了必須在文化、語言和民族不同的環境進行生產活動，另外一方面，海外線材廠商也利用匯率、低成本的優勢進入日本市場。此外，還必須在日本國內市場與體質完全不同的國外廠商競爭。隨著這樣的變化，進而浮現了遠距離運送線材時如何防止表面擦傷、海外技術移轉的效率化、防止核心技術向公司外部洩漏等的新技術課題。

冷打線材的特徵之一，就是包括盤元單重以及線材線徑的差異在內，種類繁多，換句話說，意味著每一個生產批量很小，此點便成為阻礙提高線材生產性的主要原因。此外，包括冷打廠商在內，此點成為必須實施減少材料庫存量的原因。雖然突然要一口氣地減少以前曾經增加過的產品數量非常困難，但是，在開始生產新鍛造產品時，可改從既有的流通線材中選用鋼材的做法。

1. 硼鋼化以及非調質鋼化

關於硼鋼化，雖已看見可以大幅度擴大使用數量，未來可望能持續穩定使用；但是至於非調質鋼，則期待未來可以陸續增加適用之鋼種。非調質鋼是一種透過鋼鐵廠商設計適當的化學成分，以及配合實施狹幅管理和控制軋延，再加上線材廠商實施可以保證最終產品強度的伸線加工率，分別生產每一樣產品後，才得以打造出來的線材。與一般的線材相比的話，因強度較高，雖然必須特別留意在冷打時會縮短模具壽命，但是，卻不需要在成型後實施淬火與回火，具有極大的成本優勢，因此，未來可望持續成長，硼鋼化以及非調質鋼化被視為是降低成本的主要課題。

2. 盤元大線徑化

關於是否能夠擴大冷打線材的使用量，此點受到從前以切削和熱鍛加工的方式使用的棒材，在冷打技術的發展後而漸改為盤元的影響很大。這個動向已經從小線徑慢慢擴大到大線徑線材，目前 50mm 左右的線材也開始採用。隨著這樣的動向，也開發出用來伸線加工粗線材的伸線機，此伸線機並已經實際使用，但是，在線材末端的處理以及前置作業上，粗線徑特有的困難也正慢慢浮現。

3. 無磷皮膜實用化

為了達到以提高汽車燃油效率為目的的輕量化，在螺栓與螺絲產品的領域，也出現了高強度化的巨大轉變，但是，所面臨的技術瓶頸就是延遲破壞。除了希望未來可以開發出對延遲破壞有抵抗力的鋼材之外，同時，還期待未來線材二次加工領域可以繼續改善無磷皮膜。目前，雖然無磷皮膜在線材廠商的努力研發之下已經實用化，但是，相較於磷酸鋅皮膜而言，無磷皮膜的耐熱強度、潤滑效果以及抗蝕性表現略遜一籌，未來還需要持續改進。

4. 預防線材表面擦傷

近幾年來，鋼鐵廠在降低煉鋼、連續鑄造、鋼胚的處理、熱軋的各項製程的表面擦傷上，改善成績顯著。但是，與前述內容相反，盤元在運送

途中、疊放、重新堆疊、加工途中出現的表面擦傷，相對而言就越來越多。作為預防的措施，比如規定不可用叉動車搬運或是採用自動立體倉庫等的做法，就有了明顯改善的效果。

鋼鐵廠輸出軋延線材的船舶運送，也被認為是最會出現表面擦傷的地點，因此採取了各式各樣的措施，比如採用可回收包裝材料之簡易包裝方法，就確實浮現了效果。另外，以專用捲材箱裝入盤元，然後直接以船舶搬運，這套方法也已經實際使用。受到全球化的影響，運送距離變長，因此，也成為重新認知這個擦傷問題的嚴重性的契機。凡是移動盤元的任何地點，都可能會產生這些表面擦傷，相關人員必須有毅力地持續實施比如使用緩衝材料等無數細心的活動。

5. 改善線材強度均一性

如果線材強度的差異很大，除了會直接造成螺栓或螺絲的強度產生不均之外，還會造成產品形狀以及尺寸彼此之間出現落差。如果為了降低成本而省略了以前實施的切削或研磨加工的話，螺栓及螺絲產品的形狀與尺寸會出現微妙不均的問題，如何降低以及改善線材強度不均，則是未來要解決的大課題。化學成分的狹幅管理雖然很有效，但是，除此之外，線材廠商盡力改善也絕對不可或缺，希望未來可提高熱處理製程中線材全部長度的均一性。

6. 線材缺陷檢查自動化

當發現冷打時出現斷裂不良的話，有時會要求線材廠商實施全數目測檢查作業。近年來，大部分冷打斷裂原因來自於線材表面擦傷，其特徵就是擦傷長度很短以及個數非常少，單一盤元有時只會出現 1-2 個斷裂。全數目測檢查不良品的作業，目前對線材廠商已經造成極大的負擔，如果站在從材料到螺絲產品的一貫化成本競爭力的觀點來看的話，未來如何開



省錢大學問

拒絕大海撈針、徒勞無功找客戶，
您可以選擇更有效率的方法！
低成本、高效率行銷看這裏。



凡登入螺絲世界網站註冊會員，
即可免費發佈公司資訊，
讓生意自動找上門！



邀您入主虛位 刻不容緩
諮詢熱線：+886-6-295 4000

發、導入具有信賴性、低成本的自動檢查機器，以及如何訂立在實用上屬於無害程度的微小缺陷之容許範圍，是尚待解決的課題。

三、日本螺絲的發展趨勢

在提高螺絲附加價值的產品開發中，以下介紹幾個代表性的發展趨勢：

螺絲的高強度化

關於提高每一根螺絲的強度後，但又要減少螺絲使用數量、尺寸以及重量等的高強度化的問題，則在公稱抗拉強度 1,200N/mm² 下，擁有降服比大於 90% 以上的高強度螺栓，則會面臨如何防止令人擔心的延遲破壞以及疲勞破壞的問題。因此，高強度材料的開發，就根本而言，就是高強度螺栓的生產技術開發。

螺絲的小型化以及輕量化

另外，也推動了在不降低任何緊固功能下，降低零件尺寸的產品開發，並且還推動了因為變更使用材料、變更螺絲形狀等而隨之出現的難加工材料的成型方法的開發活動。

新材料的使用

在開發適合航太以及醫療領域的使用環境所使用的材料、提高螺絲緊固功能方面，則有使用鈦合金、鎂合金等新材料的螺絲產品開發。

緊固以及防止鬆動技術開發

關於確保螺絲確實鎖緊，防止螺絲鬆動造成意外事故發生的研發方面，因為螺絲是一項操作容易的零件，往往容易輕忽它的鎖緊功能，結果造成大型意外的事件不絕於耳，因此，絕對不可忽視。容易使用與隨意使用完全屬於兩回事，應該要認知螺絲要能夠完整地發揮鎖緊功能，首先必須正確地鎖緊。並且還必須推動改善鎖緊設計，以及如何提高鎖緊作業的確實性的鎖緊工法的開發。

四、結語

螺絲 / 螺栓材料因為必須達到輕量化，故以具有抗氫脆性的高強度耐蝕鋼以及高強度化的鈦合金備受期待。然而，在以塑性加工為主的螺栓生產上，材料的高強度化並不表示一定能提高螺栓的性能，因此，材料製造商與螺栓製造商應緊密合作、共同推動開發，以期累積實績。高強度螺絲、螺栓用線材之加工技術雖然還有許多課題尚待解決，但其冷打技術未來發展的重要性將會與日俱增。

參考資料

- 1) 「JIS ハンドブック」，2011
- 2) 特殊鋼，61 卷 6 號，（2012.11）p.18-20，21-26，27-30
- 3) Journal of Materials Processing Technology, 210（2010）、p.1870.