

扣件用鋼材品質改善與應用 文/白光

壹、前言

由於冷鍛(打)扣件(螺絲、螺帽)，與磨光棒用途之鋼材的市場需求量大，因此，扣件業者可能會採購不同鋼廠或不同製程所生產的鋼材，但因不同鋼廠或製程所生產的鋼材，品質多少有一些差異性，故可能會造成後續冷鍛(打)扣件或成品加工等品質問題。因此，本報告主要針對不同鋼廠與製程所生產的棒、線產品，概述扣件用鋼材常見的表面缺陷，與鋼材經後續加工之品質問題。

「知識就是力量」，因此，本文評估比較不同鋼廠與製程所生產的棒、線產品之差異性後，以深入淺出的方式，再依鋼種分類，分析扣件用鋼材常見的品質問題與改善對策，期使改善後之鋼材品質更精進，以利業者後續加工，期能滿足業者冷鍛(打)扣件與抽線加工之品質需求，共創雙贏。

貳、扣件用鋼材表面缺陷於產品加工之品質問題

扣件用鋼材(棒鋼或線材盤元)軋延時，常見的表面缺陷與後續成品加工之品質問題，說明如下：

以1022AK鋼種為例，鋼材軋延時，熱軋鋼材(線材盤元)的表面易產生剝片缺陷，如圖1；金相觀察，如圖2。此一缺陷易造成鋼材後續抽線斷線之品質問題。

此外，扣件用鋼材線縫及表面裂縫或重面等缺陷，金相觀察，如圖3。經業者抽線後，進行冷鍛(打)加工製成螺絲、螺帽等產品，則易造成冷打裂之品質問題，如圖4。



圖1. 鋼材表面剝片缺陷外觀



圖2. 鋼材表面剝片缺陷金相 100x

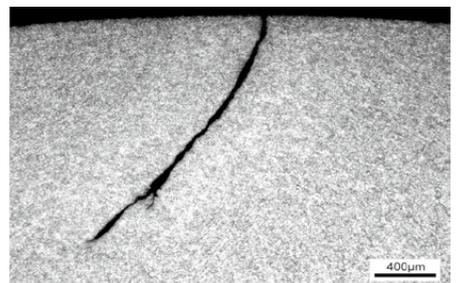


圖3. 鋼材表面裂縫或重面缺陷金相





圖4. 螺絲表面冷打裂外觀



圖5. 鋼材表面起泡缺陷外觀

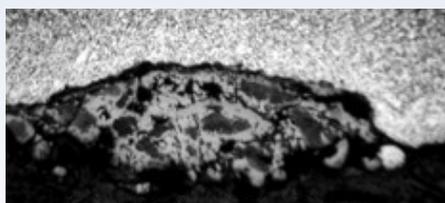


圖6. 鋼材銹皮太厚的金相 50x



圖7. 螺絲頭部冷鍛(打)硬裂外觀



圖8. 1022AK(不加Ca)氧化物金相

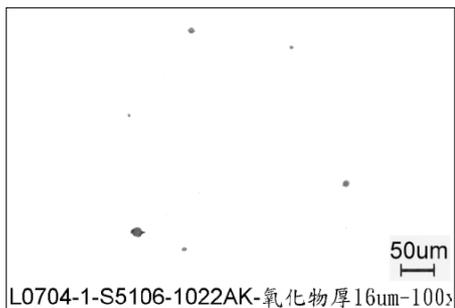


圖9. 1022AK(加Ca)氧化物金相

另外，當鋼材完軋後之盤捲溫度偏高時，則易造成扣件用鋼材表面銹皮太厚或起泡缺陷，如圖5；金相觀察，如圖6。不利於後續機械除銹與影響扣件表面電鍍等品質問題。

參、扣件用鋼材常見的品質問題與改善對策

扣件用鋼材常見的品質問題與改善對策，依鋼種分類，說明如下：

1. 1008鋼種以下低碳鋼材的品質問題

以1006AK、1008AK鋼種為例，說明如下：

若氮(N)含量或殘留元素偏高時，則易造成鋼材TS偏高，經後續冷鍛(打)加工時，易造成業者模具損耗大與扣件(螺絲、螺帽)冷鍛(打)硬裂發生，如圖7。

1. 於鋼材完軋後，若軋鋼廠以保溫蓋進行鋼材(條鋼或線材盤元)緩冷的作業，雖然可使鋼材的TS降低，但易造成銹皮太厚，不利於後續機械除銹及造成扣件表面電鍍不良等品質問題。

綜合上述問題之扣件用鋼材的改善對策，說明如下：

1. 煉鋼方面：降低鋼材中的氮含量，並且微量添加鈦(Ti)，使二者結合而形成氮化鈦(TiN)析出物，使鋼材TS降低，以改善業者後續加工之模具損耗大或扣件冷鍛(打)硬裂問題。
2. 軋鋼方面：鋼材完軋後，適當地調整史蒂摩(Stelmor)冷卻作業。例如，調整散置溫度的高低，或利用少量吹風作業，以降低條鋼或線材盤元表面的銹皮厚度。

2. 1018鋼種以上低碳鋼材的品質問題

以1018AK、1022AK鋼種為例，若錳(Mn)含量或殘留元素偏高時，則易造成鋼材的TS偏高，影響後續抽線加工性。

綜合上述問題之改善對策，說明如下：

1. 煉鋼方面：鋼材成分設計將Mn往下限設計，並控制殘留元素，使鋼材的TS降低，以利後續抽線加工。
2. 加工方面：1022AK鋼種，於業者加工時可經由製程退火，使鋼材的TS降低，以利後續抽線加工。

3. 中碳鋼材S45C鋼種的品質問題

以S45C鋼種為例，若棒、線鋼材的TS偏高，經後續抽線加工易造成磨光棒直度較差。

綜合上述問題之扣件用鋼材的改善對策，說明如下：

碳(C)、Mn成分往下限設計，並且鋼材完軋後，適當地調整史蒂摩(Stelmor)冷卻作業。例如，適當調降冷卻風量，使棒、線鋼材的TS降低。

肆、鋼材的介在物與肥粒鐵晶粒度

1. 鋼材的介在物分析

鋼材介在物依其形狀、大小、分佈及顏色，可大略區分為dA1：硫化物(Sulfide)、dA2矽化物(Silicate)、dB：鋁化物(Alumina)及dC：氧化物(Oxide)等四種。由於氧化物是疲勞破壞及冷間或熱間加工破壞的起始點，因此希望鋼材中的氧化物愈少愈好。

此外，鋼材內部的介在物會受到煉鋼添加元素的影響，以1022AK鋼種為例，在煉鋼時，若添加鈣(Ca)元素，則鋼材中易形成氧化鈣(CaO)，由於氧化物是不易塑性變形與不規則分佈之顆粒狀介在物，因而會造成介在物較差的現象，對扣件產品內部品質有不利的影響。



依據JIS G0555標準，計算介在物所佔面積百分比，評估比較結果，如表1，說明如下：

不加鈣鋼材之氧化物(dC)為0.01%，金相觀察，如圖8；總介在物(dT)為0.02%，皆屬良好範圍，因此，清淨度較佳。

加鈣鋼材之氧化物(dC)為0.03%，金相觀察，如圖9；總介在物(dT)為0.04%，因此，清淨度較差。主要為鋼材中CaO形成之氧化物含量較多所致。

表1 依據JIS G0555介在物標準評估比較

鋼材分析	JIS G055介在物評估					
	介在物分析	dA1(%)	dA2(%)	dB(%)	dC(%)	dT(%)
1022AK(不加Ca)		0.01	0	0	0.01	0.02
1022AK(加Ca)		0.01	0	0	0.03	0.04

2. 鋼材的肥粒鐵晶粒度試驗

由於氮(N)含量或殘留元素偏高時，則易造成扣件用鋼材TS偏高，以及對業者後續加工之抽線性與冷打性有不利的影響，因此希望適中才好。

此外，鋼材中的鋁(Al)，若是與氮(N)或氧(O)結合而形成細小析出物或介在物，則在高溫下，會抑制沃斯田鐵之晶粒成長，進而影響熱軋低碳鋼材(條鋼或線材盤元)的肥粒鐵晶粒度。

因此，以1006AK鋼種為例，分析比較：(1)氮含量與殘留元素較低的鋼材；與(2)氮含量與殘留元素較高的鋼材，進行評估比較肥粒鐵晶粒度，試驗結果說明如下：

N含量與殘留元素較低的鋼材，肥粒鐵晶粒號數為8號，金相觀察，如圖10，抽線性及冷打性皆良好。

N含量與殘留元素較高的鋼材，肥粒鐵晶粒號數為9號，金相觀察，如圖11，抽線性及冷打性皆較差。

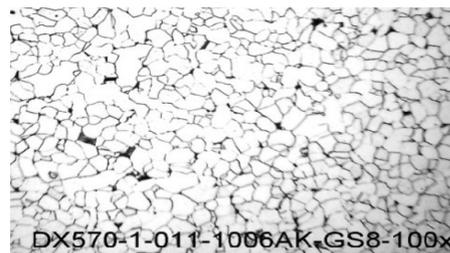


圖10. 低N鋼肥粒鐵晶粒號數8號 100x

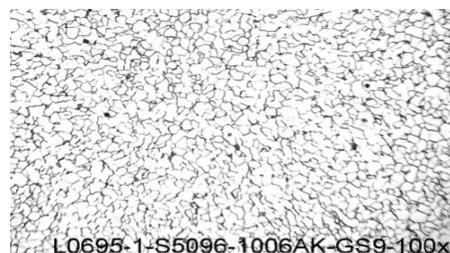


圖11. 高N鋼肥粒鐵晶粒號數9號 100x

伍、效果確認與應用

1. 原添加鈣(Ca)元素之1022AK鋼材，冷鍛(打)品質較差，經分析比較鋼材差異性並加以改善後，效果良好，冷鍛(打)裂明顯改善，已漸受扣件產品(螺絲、螺帽)業者青睞。
2. 原N含量與殘留元素較高之1006AK鋼材，冷鍛(打)成型螺絲時，模具損耗嚴重，經適當地調降鋼材中的N含量，與鋼材完軋後，進行史蒂摩冷卻作業最佳化調整等改善措施後，熱軋低碳鋼材(條鋼或線材盤元)之TS已大幅下降，後續加工之模具壽命明顯提升，符合扣件業者冷鍛(打)螺絲、螺帽之品質需求。
3. S45C抽製磨光棒直度較差問題，經C、Mn成分往下限設計，並且鋼材完軋後，適當地調整史蒂摩(Stelmor)冷卻作業，使鋼材的TS降低。改善後，磨光棒直度良好，已符合應用於軸心與機械零件加工用途之品質需求。

陸、結論

1. 雖然鋼種相同，但因鋼材的生產製造或製程不同，即有可能影響鋼材的品質特性，與後續扣件業者加工之品質問題。因此，本文以1022AK鋼種為例，評估原添加鈣(Ca)元素之1022AK鋼材，與不添加鈣(Ca)元素之1022AK鋼材，對扣件冷鍛(打)之影響，並加以改善。改善後，該鋼種之冷打裂大幅降低，製成螺絲、螺帽產品，已漸受扣件業者喜愛。
2. 原N含量與殘留元素較高之1006AK鋼材，冷鍛(打)成型螺絲時，模具損耗嚴重，且有扣件冷打硬裂問題。改善後，該鋼種已無模具損耗嚴重問題及冷打硬裂發生，達成扣件業者冷鍛(打)螺絲、螺帽之品質需求。
3. 由於各種用途之扣件，其冷(鍛)打之加工程度不同，有的是嚴厲冷鍛(打)成型的螺絲、螺帽，有的是普通冷鍛(打)成型的螺絲、螺帽，因此，對鋼材的品質要求亦不同。故希望業者於採購扣件用鋼料時，能留意鋼廠所開出的「熱軋鋼材(棒鋼或線材)品質證明書」或標籤，進一步瞭解是哪一家鋼廠生產。因為同鋼廠但不同代工廠生產的品質水準有差異。包括：(1)煉鋼及軋鋼設備及製程的品質水準；(2)鋼材品質等級的高低。最後，期使業者能採購適材適用，CP值(性價比)高的扣件用鋼材，使鋼廠與業者彼此攜手合作，互蒙其利，共創雙贏，並大幅提升產品競爭力。

