



(四)高滲透性

針對複雜工件均能滲入形成均勻保護膜。而複雜形狀工件進行電鍍加工，除非良好的陽極形狀設計或輔助陽極，否則位於低電流區常會造成電鍍不均現象，進而影響防銹能力。

(五)耐化學品與耐候性

高溫烘烤燒結後，鋅鉛鎘等金屬緻密與基材合為一體，耐有機溶劑類、潤滑油、

機油、清潔劑等。環境中紫外線亦無損傷塗層。不似有機塗料易受環境影響。

(六)再塗裝能力

可按需求進行耐酸雨的有機塗料塗裝，或無機系列的封閉劑增強耐蝕力。

發展至今日，鋅鎘塗層美中不足之處

(一)現今的環保要求，已無法滿足。

(二)烘烤燒結溫度高達300°C與時間，產生一定的耗能。

(三)顏色單一，只有銀灰色一種，雖然有黑色鋅粉，但不普及。

小結

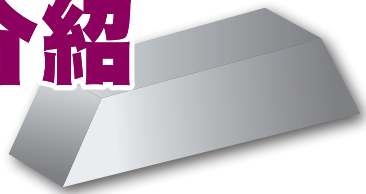
鋅鎘塗層雖有諸多優點，惟不敵世界先進國家逐年提高的環保要求，規定每輛汽車的鎘(六價鎘)含量不可超過2公克。這項規定使國內生產汽車螺絲的公司大受影響，急需找到一個解決之道。及未來科技的持續發展應用下，以美國為首的西方國家，在柯林頓總統任期，主導了奈米研究推行計畫(National nanotechnology initiative, NNI)，之後世界各國展開了鋪天蓋地的研究。奈米合成技術的創新，奈米材料的生成與應用，也日趨成熟。奈米鋅也在政府研究經費的挹注之下，找到穩定且可以大量生產的技術。

另一重大發現石墨烯，從發表論文開始，竟不出十年就獲得諾貝爾獎，說明其傑出的材料特性。一個二維穩定平面結構，將碳簇(carbon cluster)材料做了最佳的理論依據。

下一期的內容，添加石墨烯與奈米鋅於環保鋅鎘塗料中的應用結果進行完整介紹。

扣件用鋼材規格 與試驗介紹

文 / 白光



參、扣件用條線產品規格

扣件用條線產品規格主要為日系之JIS(日本工業標準)規格及美系之SAE(美國汽車工程師協會)規格，或扣件業者依其用途及其加工方式與用料需求而量身訂做之特殊規格。

以下僅針對規格中常見之敘述，包括碳鋼與合金鋼分類、脫氧方式、機械性質、尺寸公差、表面品質、物理試驗等項目，重點摘要說明如下：

1. 碳鋼

碳鋼(Carbon Steel)：鐵與碳之合金，含碳(C)量通常為0.02~2.0%範圍。另依碳含量的高低，分為高碳鋼材，鋼種包括SWRH27~SWRH82B，及低碳鋼材，鋼種包括SWRM6~SWRM22，其中S表示Steel，WR表示線材(Wire Rod)，6~22表示碳含量約0.06~0.22%。

另SAE J411亦提及碳鋼成分範圍上限(最大值)不超出下列限制，包括錳(Mn)：1.65%、矽(Si)：0.6%、銅(Cu)：0.6%，另硼(B)得添加於細晶粒脫氧鋼，以改善硬化能。

此外，依據SAE J403鋼材規格，就碳鋼而言，其分類法為：①10XX碳素鋼(Mn：1.00% max) ②11XX再硫化鋼(Resulphurized) ③12XX再硫化、磷化鋼(Resulphurized & Rephosphorized) ④15XX高錳碳鋼(Mn：範圍介於1.10%至1.65%)，其中XX表示含量的約略成分，例如，SAE 1018鋼種，其碳(C)的範圍0.15~0.20%。

壹、前言

就扣件用鋼材而言，不論是設計、加工製程及熱處理作業如何嚴謹，若是使用之鋼料規格不符，則無法發揮合金應有之特性，亦即無法得到滿意的成品性能。故扣件業者選購鋼料時，應針對鋼種成分、用途及品質等級代號等充分了解，以及是否有物性或機性要求，以確保扣件能符合最終用途之需求。因此本文重點介紹棒線的規格與試驗，期使扣件業者對棒線產品之規格與試驗有更深的認識。

貳、扣件用條線鋼材與應用

扣件用條線鋼材包括條鋼(直徑14 mm以上的直棒及盤元)、線材盤元(直徑5.5~13mm)及球化盤元(直徑5.5~55mm)。另依鋼種粗分為低碳鋼、中高碳鋼、冷打材及低合金鋼四類。最終產品廣泛的應用於螺絲/帽、手工具、鉚條、鋼線鋼纜、彈簧、自行車及汽機車零件等。常用之加工方式則有抽線、熱鍛車削、冷打(鍛)、退火、淬火與回火等方式。

2. 合金鋼

合金鋼(Alloy Steel):依據JIS G0203鋼料規格,為改善鋼材之性質,添加1種或2種以上之合金元素超出上限者,包括Mn:1.65%、Si:0.6%、Cu & 鉛(Pb):0.4%、鋁(Al) & 鉻(Cr) & 鈷(Co) & 鎳(Ni) & 鎢(W):0.3%、鈮(V):0.1%、鉬(Mo):0.08%、鈮(Nb):0.06%、鈦(Ti):0.05%、B:0.0008%及其他合金元素:0.1%(S、P、C、N等元素除外)。

例如,條線常用的SCM435鉻鉬鋼,因其Cr:0.90~1.20%,超出Cr:0.30%(合金添加)及Mo:0.15~0.30%,超出0.08%之合金添加,故為合金鋼。

3. 脫氧方式

包括矽脫氧、鋁脫氧及矽鋁脫氧等,依據JIS G3507規定SWRCHXXA為鋁脫氧鋼(Aluminium-killed steel),例如,SWRCH18A鋼種,其Al含量為0.020% min.、Si含量為.10% max.;此外,亦規定SWRCHXXK為矽脫氧鋼,其Si含量為.15/.35%。

由於SAE並未規定SK(矽脫氧)、AK(鋁脫氧)或SAK(矽鋁脫氧)之鋁、矽成分範圍,故在此僅歸納常用條線鋼材不同脫氧方式之矽、鋁成分範圍,如表1所示。

表1 不同脫氧方式之矽、鋁成分範圍

脫氧方式		Si	AL
SK(Si-Killed)	矽脫氧	.15/.35%	.006%max.
AK(AL-Killed)	鋁脫氧	.10%max.	.010%min.
SAK(Si & AL-Killed)	矽鋁脫氧	.15/.35%	.010%min.

值得一提的是,鋼材中鋁、矽的含量會影響到條線產品的晶粒度,例如,冷打(鍛)鋼材若有細晶粒度要求及清淨度方面考慮時,則以高鋁及低矽之鋁脫氧鋼為原則,若鋼材中鋁含量在0.020%以上時,一般可判定為細晶粒,扣件業者在鋼料選用時應特別留意。

4. 機械性質

係指熱軋(As-rolled)條線產品或熱處理後之拉伸試驗、彎曲試驗、硬度試驗等性質,大部分條線產品之最終用途需再施予熱處理,以獲得所需特性,故規格中大多數鋼種均無機械性質之要求,但亦有部分扣件業者會針對本身加工或成品特性需求,提出此方面的要求,即視為規格之一部分,必須加以遵守。

5. 尺寸公差

包含直徑公差及欠圓度公差,一般依各種規格協會之規定實施,不同鋼種之尺寸公差要求亦不同。值得一提的是,高尺寸精度之熱軋(As-rolled)鋼材,可減少抽線減面率(減少模具數)或省略抽線加工製程而直接進行冷間鍛造,降低二次加工成本。

6. 表面品質

扣件用條線鋼材的表面缺陷形態極多,典型缺陷外觀分為線縫、夾渣、剝片、重面、擦/刮傷、軋輥印痕與表面粗糙等。

各表面缺陷與二、三次加工間之關係如下:

- (1) 擦/刮傷、表面粗糙、軋輥印痕,將造成扣件外觀不良。
- (2) 剝片、重面、夾渣、軋輥印痕,易導致抽線斷線。
- (3) 線縫、重面、夾渣、剝片、軋輥印痕,易導致扣件冷打(鍛)裂。圖1為線縫缺陷外觀,圖2為線縫缺陷金相觀察。

由於不同加工用途,在熱軋棒線品質要求上就會有所差異,故必須將扣件用棒線產品劃分不同的品質等級,加以管制表面缺陷。例如,冷打材鋼料之品質等級要求為HCWQ3(高級冷加工)>HCWQ2>HCWQ1>SCWQ(特殊冷加工)>GCWQ(普通冷加工),由此可知,若扣件業者要求嚴厲冷打(鍛)用途,則以HCWQ品質等級為佳。

綜合上述,扣件用熱軋鋼材的表面缺陷直接影響成品表面外觀或二次加工成敗。

7. 物理性質

部分條線產品有脫碳層、晶粒度、介在物等物理性質之規格要求,另扣件業者亦可自行提出此一規格要求。

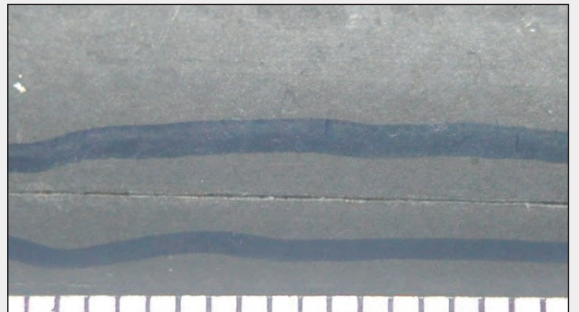


圖1 線縫缺陷外觀

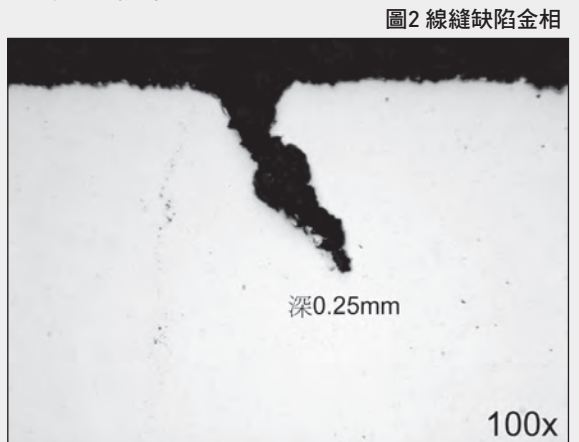


圖2 線縫缺陷金相

肆、扣件用條線產品試驗

條線產品於規格中,其主要之試驗項目,重點說明如下:

1. 拉伸試驗 (Tensile Test)

條鋼或線材的拉伸試驗,主要為:

- (1) 抗拉強度(TS):鋼材受拉力產生永久變形後,可承受的最大強度。
- (2) 降伏強度(YS):鋼材受拉力,剛產生永久變形而無法彈回原位時的強度。



(3) 伸長率(EL%)：鋼材拉斷後之長度增加量與拉斷前長度之比值。標點距離依據規格，例如，50mm(2 in)或200mm(8 in)，一般而言，同鋼種其標點距離較短、直徑(截面積)較大時，通常會有較佳的伸長率。

(4) 斷面縮減率(RA%)：鋼材拉斷前後之斷面積比值。

2. 硬化能試驗(Hardenability Test)

為測試鋼料淬火性優劣，就是測量鋼料自沃斯田鐵化溫度淬火所造成硬化深度，即鋼料硬化能力，硬化深度愈大則硬化能愈佳，最常用喬木尼終端淬火試驗(Jominy End-Quench Test)，將試片加熱到規定的沃斯田鐵化溫度後，保持適當時間(約30分鐘)，然後取出並噴水淬火，待冷卻後試片延軸向之相對兩側各磨出一平面(至少0.015"深)，並由淬火端算起測定其HRC之硬度，試驗結果依距離及硬度劃成一曲線，即Jominy 硬化能曲線，淬火端冷速最快，離淬火端距離增加，冷速逐漸下降，硬度亦逐漸下降，如圖3。

3. DI值

鋼材的淬火硬化，有硬淬火及深淬火兩種，所謂硬淬火就是表面淬火的硬度值，深淬火就是淬火深度的深淺，也是所謂的淬火硬化層深度。一般硬淬火由碳含量左右與合金元素無關，然而深淬火則不僅受碳含量影響，且依合金元素及沃斯田鐵晶粒度而變化，故又稱為淬火性，一般以DI值(in英吋)記號表示，DI值愈大，則淬火性愈良好。

值得一提的是，針對合金添加量少的中低碳鋼，適度添加微量硼後，改善鋼材硬化能效果最為顯著，可提升淬火性。但由於微量硼對淬火性的影響，隨著碳含量及合金元素的增加而降低，因此，硼鋼大部分應用在中低碳鋼，以大幅改善鋼材之硬化能，提升淬火性。

此外，非硼鋼之碳含量愈高則DI值愈高。另外，相同碳含量之狀況下，合金含量愈高則DI值亦愈高，淬火性則愈佳。

4. 質量效應(Mass Effect)

厚工件於淬火時，因心部冷卻速率不足而影響硬化效果的現象稱為質量效應(Mass effect)。鋼材尺寸愈大，其熱處理效果愈差，並且質量效應大之鋼種，受尺寸大小之影響愈大，一般碳素鋼之質量效應大，其淬火性較差，導致大尺寸之螺栓/帽等扣件的淬火層深度較淺。

在淬火方式不變的情況下，可考慮以添加Cr、Mo、Ni、Mn、B等合金元素之合金鋼來取代碳素鋼，例如，高拉力螺栓、螺絲，須配合尺寸大小選用適當之鋼種，以滿足成品之強度要求，包括：

- (1) C-CH35ACR、C-CH40ACR加微量Cr之冷打用低合金鋼或10B21硼鋼；
- (2) JIS G4053 SCM435、SCM440機械構造用鉻鉬低合金鋼；
- (3) JIS G3509-1 SCM435HRCH、SCM440HRCH硬化能保證之冷打用鉻鉬低合金鋼等。

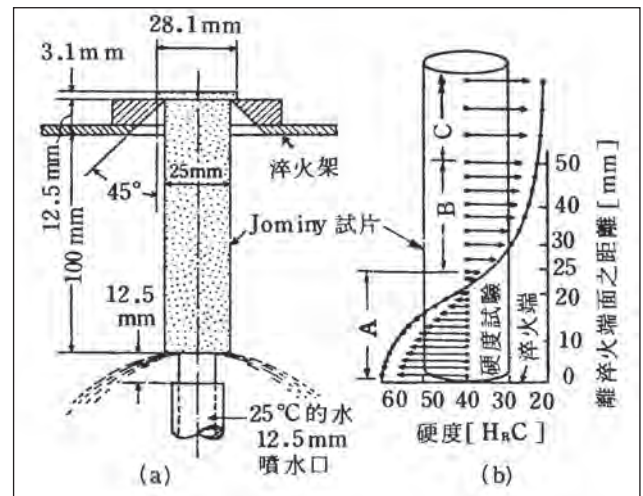


圖3 Jominy 硬化能試驗示意圖

5. 球化率試驗

球化率試驗是以顯微鏡觀察球化程度、碳化物分佈狀況後加以評級，其中1級球化率最佳，級數越大，球化率越差。

若是球化率較差，如圖4，則易造成冷打(鍛)硬裂，如圖5。

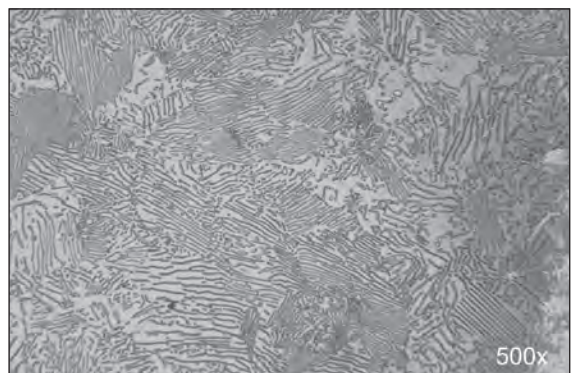


圖4 球化率較差 500x

圖5 凸緣螺帽冷打(鍛)硬裂



伍、結論

1. 本文將規格中常見之敘述，包括碳鋼與合金鋼分類、脫氧方式、機械性質、尺寸公差、表面品質、物理試驗，以及扣件用條線產品試驗加以說明。
2. 期望扣件業者更瞭解條線產品規格，選購合適的鋼材，以確保扣件的品質特性皆能符合最終用途之規格要求。