



不銹鋼扣件生產技術綜述

第一部分

文
劉
文
海

一. 前言 //

不銹鋼扣件具有耐腐蝕的優點，高品質/高附加價值的外觀和形象，較高的強度，易於製作和銲接，不需要塗漆、電鍍，可以100%回收再利用等特性，經常被選擇在工程上替代傳統的碳鋼扣件。不銹鋼扣件比一個普通碳鋼扣件的耐用壽命約大四倍，且具有優良的抗蝕性、耐高溫、光亮性(裝飾性)和高強度特性，已廣泛應用於現代汽機車、醫療、航太、軌道車輛、機械設備、石化、造紙、能源、營建、傢俱、衛浴、五金、家電、通訊等產業。

二. 扣件用不銹鋼的分類與選用 //

(一) 扣件用不銹鋼的分類

不銹鋼是在空氣中或化學腐蝕介質中能夠抵抗腐蝕的一種高合金鋼，依據不銹鋼在室溫下的組織結構不同，可將其分為沃斯田體系、麻田散體系、肥粒體系、析出硬化系和雙相不銹鋼等，不同類型的不銹鋼具有不同的特性。

1. 沃斯田體系不銹鋼：

這類鋼在常溫下具有沃斯田體組織，特點是耐蝕性比肥粒體系和麻田散體系都強；加熱時組織不變，淬火不會強化；切削加工性比肥粒體系不銹鋼差；冷加工硬化明顯、導熱性差。沃斯田體系不銹鋼無磁性且具有高韌性和塑性，但強度較低，不能利用相變化使之強化，僅能利用冷加工進行強化。**這類鋼是目前不銹鋼扣件生產最常用材料**，典型牌號為SUS302、SUS303、SUS304、SUS304HQ、SUS304M、SUS305、SUS309、SUS310、SUS316、SUS316L、SUS317、SUS321、SUS347、SUSXM7等，其中**含Cu的易冷打成型沃斯田體系不銹鋼已成為主導鋼種**，而冷打用的SUSXM7，乃透過極度降低C及N的含量來減少變形抵抗，延長模具壽命等，以期降低加工成本。

2. 麻田散體系不銹鋼：

麻田散體系不銹鋼可利用調整碳、鉻、鎳、鉬等合金元素的含量和採用熱處理方法，獲得需要的機械性能，以滿足不同條件下的使用要求，典型牌號為SUS410、SUS420J1、SUS420J2、SUS416、SUS431等。這類鋼冷打性良好，在常溫下有較好的耐蝕性能，淬火後能大大提高材料的硬度和強度，改善耐蝕性能。退火狀態下塑性提高，但耐蝕性能下降。**麻田散體系鋼的切削加工性和拋光性能良好，廣泛用於製作螺栓、螺帽、機械螺絲和自攻螺絲等。**



3. 肥粒體系不銹鋼：

這類鋼在使用狀態下以肥粒體組織為主，特點是耐蝕性比麻田散體系鋼強，僅次於沃斯田體系不銹鋼。耐應力腐蝕能力和高溫抗氧化性能良好，不宜在硫酸中使用。加熱時無相變化發生，不會因淬火而強化。切削加工性比沃斯田體系好，冷加工硬化程度比沃斯田體系小，降伏強度較高，約300-400MPa，抗拉強度則接近，約500-600MPa。由於不同溫度下的脆性傾向較大，不宜用於自攻螺絲一類的扣件，典型牌號為SUS430、SUS405、SUS442。

4. 析出硬化系不銹鋼

析出硬化系不銹鋼的機械性能，主要是靠熱處理來調整，該類鋼除含有鉻、鎳元素外，還含有可在熱處理時能形成析出相的銅、鋁、鈦、鈮、鉬等元素，並藉此使鋼得到強化，使其具有高強度，又具有較好的耐蝕性能，典型牌號為SUS630 (17-4 PH)、SUS631 (17-7 PH)。由於1,000MPa以上的抗拉強度，對於應力腐蝕感受性更強，故一般會在過時效狀態下使用。為降低生產成本，近年開發出冷打用的SUS630-S鋼種，本鋼種在固溶化熱處理後的狀態下，不僅冷間加工性高，且時效後強度與抗腐蝕性等皆同於SUS630。

5. 雙相不銹鋼

雙相不銹鋼是指金相組織由肥粒體和沃斯田體兩相組成的不銹鋼，在固溶組織中此兩相約各佔一半，一般較少相的含量至少也要在30%以上。雙相不銹鋼將沃斯田體不銹鋼所具有的優良塑性、加工性和銲接性與肥粒體不銹鋼所具有良好耐蝕性和耐氯化物應力腐蝕性能結合在一起，使之兼有肥粒體不銹鋼和沃斯田體不銹鋼的優點。雙相不銹鋼因含有強化元素，使其具有比沃斯田體不銹鋼更高的強度（因雙相結構較易晶粒細化），具有優異的抗應力腐蝕性，典型牌號為SAF2205 (UNS S31803)、SAF2507、SAF2304、UNS S32001等。

(二) 扣件用不銹鋼材料的選材原則

扣件用不銹鋼材料的選擇主要從以下五方面來考慮：

- (1) 對扣件材料在機械性能方面，特別是抗拉強度的要求；
- (2) 使用條件對材料的抗腐蝕性能方面的要求；
- (3) 工作溫度對材料的耐熱性能(高溫強度、抗氧化性能)方面的要求；
- (4) 生產工法對材料加工性能方面的要求；
- (5) 其它方面，如重量、價格、採購諸因素都要考慮。

藉由對這五個方面進行全面、綜合的考慮後，最後確定選用扣件的牌號鋼種、規格、材料標準。

三. 不銹鋼扣件生產製程 //

不銹鋼扣件一般生產流程為：線材--酸洗(包括鹼脫脂)--固溶處理(軟化)--酸洗(包括鹼脫脂)--草酸鹽處理/加潤滑劑--鍛鍛(打頭)和搓牙(攻牙)--去應力退火--酸洗(除去草酸鹽薄膜)和鹼脫脂--(產品光亮熱處理)--拋光--(著色、鈍化或電鍍)。

當工件採用分序冷鍛成型，且加工硬化明顯時，應在每次冷鍛前進行軟化處理或固溶處理(對沃斯田體系)。工件每次軟化處理前或成品後，均應除去表面上的薄膜和油脂，防止熱處理時導致滲碳並保證鈍化處理工序的品質。若採用溫鍛，沃斯田體系最佳溫度為300°C和800°C兩個溫度。麻田散體系最合適的溫鍛溫度為600°C--800°C，在600°C以上溫鍛時，毛胚可不軟化處理。

四. 不銹鋼扣件的鍛鍛成型 //

(一) 設備

不銹鋼(特別是沃斯田體系)冷鍛加工硬化明顯，變形抵抗力增加，所需成型力為低碳鋼的1.8倍，故同樣大小的扣件，冷鍛不銹鋼用的設備，其規格要比碳鋼用的規格大一號，動力大一倍，特別對鉻鎳系加工硬化鋼更是如此。

(二) 製程

與碳鋼相比，冷鍛不銹鋼應在製程上做如下調整：

1. 縮小每次鍛鍛的變形量：每次變形量控制在50-60%之內，以保證模具所受的單位壓力一般不超過200kg/mm²，可採用增加冷鍛道次或用擠壓與鍛粗相結合的大料小變形等方法，減少鍛鍛劇烈程度。
2. 在600°C以下鍛鍛時，冷(溫)鍛工序之間，應增加固溶(軟化)處理工序，使硬度降至HB 199(HRB 97)以下(沃斯田體系可降至HRB 140以下)，減少變形抵抗力。

(三) 工模具整備

不銹鋼冷加工時，發熱量大，導熱性差，工件膨脹較大，不能沿用冷鍛碳鋼所用工模具的公差和模穴尺寸。應根據材料的線膨脹係數、導熱係數、工件形狀和變形度等進行修正。冷鍛碳鋼的模具用於不銹鋼時，壽命太短，常發生粘模和爆裂，無法實現批量生產。因此，冷鍛不銹鋼扣件的模具，必須在材料、結構、強韌化處理、表面強化、尺寸精度等方面加以改進。

在材料方面，新型模具鋼和鋼結構硬質合金(含WC或碳化鈦30%-50%的模具鋼)等都對提高模具壽命有明顯效果。強韌化處理方面，根據可能條件和不同材料的要求，採用真空熱處理、淬火後回火前深冷處理、等溫淬火、複合強韌化處理、高速鋼低溫淬火等，可使模具壽命提高。表面強化處理對防止熱黏模、減少磨損特別有效，是提高模具壽命



最簡單、有效、經濟的方法。在模具結構上，可採用帶預應力套的組合模、硬質合金鑲塊、空心水冷結構等。此外，合理確定變形量和內外徑比，降低長徑比，加大過渡圓角半徑等，均可有效地提高模具壽命。在使用和保存冷鍛工模具之前，加熱到回火溫度以下進行消除應力，也是延長模具壽命的一個好方法。

(四) 工模具的潤滑

潤滑的好壞，決定不銹鋼鍛件的成敗。潤滑劑品質和合理的選用，對工模具壽命、工件的表面品質和成型性都有很大影響，不同種類的潤滑油，會影響六角孔沖頭壽命2-3倍甚至10倍。儘管不銹鋼硬度與碳鋼相近，但其加工負荷、發熱量和熱沾黏均比碳鋼大，故不能採用碳鋼冷鍛時那樣簡單的潤滑或冷卻。目前，**用於不銹鋼冷鍛最有效的潤滑方法是用草酸鹽薄膜加金屬皂，再結合使用含極壓添加劑的高壓潤滑油，並在扣件成型後，將酸鹽薄膜除去。**

(五) 不銹鋼扣件的搓牙和攻牙

1. 搓牙

相對於碳鋼而言，控制不銹鋼螺紋時，應在毛胚直徑、搓牙板、潤滑冷卻方面做相應的調整。

- (1) 種類不同的不銹鋼，線膨脹係數相差大，只有適當修正毛胚直徑，才能得到合格的成品尺寸。
- (2) 適當加大搓牙板切入部分的長度，切入部分越長，搓牙板壓入工件的過程越長，以此減少變形抗力，提高搓牙板壽命。搓牙板的工作速度應相應降低，特別是搓製硬度較高的SUS420J1等麻田散體系不銹鋼更是如此。
- (3) 採用硫化油或含氯化石蠟、硫、氯、磷等添加劑的高壓潤滑油作冷卻潤滑液，或機油與煤油的混合液。

2. 攻牙

對不銹鋼材料攻牙，摩擦力大，發熱量大，散熱差，銑牙刀具的切削條件比碳鋼攻牙時惡劣，因此，銑牙刀具材料和結構應有所不同。通常用於碳鋼的銑牙刀具材料，用於不銹鋼時，顯得不耐磨，易在孔內咬死或引起崩齒。高碳鋼製的銑牙刀具，在溫度高時，機械性能明顯下降。攻製不銹鋼材料的銑牙刀，通常選用高速鋼材料，攻牙速度相應放慢，以圓周速度3.3-7米/分鐘為佳，冷卻潤滑液選用不銹鋼切削液。



【本文第二部分將針對不銹鋼熱處理方法的選擇、不銹鋼扣件及線材熱處理製程、不銹鋼扣件熱處理設備及作業要點進行探討，預計於2022年一月號螺絲世界雙月刊第192期見刊，敬請期待。】

參考資料

1. 李勝隆，「熱處理-金屬材料原理與應用」，全華圖書公司，2014年8月
2. 「不銹鋼實用手冊」，中國科學技術出版社，2003年9月
3. 特殊鋼，61卷6號，(2012.11) pp.18-20
4. 張先鳴，「摩托車不銹鋼扣件的熱處理」，摩托車技術，2011.02
5. 孔德才等，「不銹鋼扣件生產技術」，第六屆華北(擴大)塑性加工學術年會論文集，2010年
6. Angelo Fernando Padilha, Ronald Lesley Plaut, and Paulo Rangel Rios: 「Stainless steels heat treatment (Chapter 12)」, Taylor & Francis Group, LLC. 2006
7. J.Beddoes, J.G. Parr, 「Introduction to Stainless Steels」, Materials Park, OH: ASM International, 1999
8. <https://www.aksteel.com>
9. <https://www.sanyo-steel.co.jp>
10. <https://www.asminternational.org>
11. <https://kknews.cc>
12. <http://www.chihong-ht.com.tw>



匯達全球採購網

www.fastener-world.com

解決所有採購需求

