

## 雙相不銹鋼的回顧與展望

金屬中心 MII 產業分析師 林偉凱

出版日期：2012.09.17

所謂的雙相系不銹鋼，正如字面所示，即為具有肥粒鐵和沃斯田鐵兩種金屬組織的不銹鋼。【表 1】為雙相不銹鋼的代表性質。雙相不銹鋼利用其廉價、高耐腐蝕的特性，應用於海水淡化裝置及各種化學工廠設備等領域。今後，雙相不銹鋼的高強度特性被加以利用，且可預期朝更輕薄、輕量且提升安全性邁進。

表 1 雙相不銹鋼的代表性質

| 項目   | 不銹鋼種類                                   | 雙相系不銹鋼                          | 沃斯田鐵系不銹鋼            |                         |
|------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------|-------------------------|
|      | 不銹鋼型號<br>組成                             | SUS 329J4L<br>25Cr-6Ni-3Mo-N-LC | SUS 304<br>18Cr-8Ni | SUS316<br>18Cr-12Ni-2Mo |
| 機械性質 | 降伏強度(N/mm <sup>2</sup> )                | 676                             | 314                 | 275                     |
|      | 抗拉強度(N/mm <sup>2</sup> )                | 846                             | 618                 | 588                     |
|      | 延伸率(%)                                  | 24.4                            | 59                  | 58                      |
|      | 硬度(Hv)                                  | 279                             | 170                 | 170                     |
| 物理性質 | 密度(10 <sup>3</sup> ・kg/m <sup>3</sup> ) | 7.8                             | 7.93                | 7.98                    |
|      | 比熱                                      | 0.46                            | 0.50                | 0.50                    |
|      | 熱傳導係數                                   | 16.3                            | 16.3                | 16.3                    |
|      | 線膨脹係數                                   | 10.5                            | 17.3                | 16.0                    |
| 抗腐蝕性 | 孔蝕電位                                    | 約 800                           | 約 300               | 約 400                   |
| 成形性  | Erichsen Value(mm)                      | 9.04                            | 13.2                | 12.7                    |
|      | CCV(mm)                                 | 63.4                            | 38.0                | 38.4                    |

註 1：Erichsen Value 為 Erichsen test 測得之數值(Er 值)，Er 值愈高，代表材料之伸張成形性愈佳。

註 2：CCV(Conical Cup Value)為 Conical test 測得之數值，用來評估鋼料深衝及伸張之複合成形性。

資料來源：日本新日鐵技報第 389 號(2009)/金屬中心 ITIS 計畫整理

### 一、用於食品及水工業的 S32506 雙相不銹鋼

次氯酸鈉是食品及水工業的重要配料，但因其為強氧化劑而具有高腐蝕性，故通常使用高耐蝕性的鈦合金，但鈦合金價格昂貴。日本冶金工業公司對 304、316L 沃斯田體不銹鋼，N10276、N06022 合金和 S32506 雙相不銹鋼(25Cr，6.5Ni，3.3Mo，0.17N)的耐蝕性能進行比較試驗，結果顯示 S32506 在次氯酸鈉溶液中的耐蝕性能最好。

## 二、耐鹽酸腐蝕的 SAF 2507 雙相不銹鋼

最近 Sandvik Steel 公司的超級雙相不銹鋼 SAF 2507<sup>®</sup>(25%Cr, 4%Mo, 7%Ni) 在煤油、石化及化工工業中的使用不斷成長。該合金不僅具有優異的耐點蝕、縫隙腐蝕、均勻腐蝕及氯離子 SCC 腐蝕性能，還具有高熱傳導率、低熱膨脹係數及高衝擊強度。SAF 2507<sup>®</sup>無縫管已經用於海水冷卻換熱器，以解決曾在黃銅、青銅和銅－鎳材料中發現的磨損腐蝕問題。

在一家義大利鑄造廠，該合金取代碳鋼後，不僅延長了使用壽命而且減少了停工和維護時間。許多美國化學公司在醋酸設備中使用 SAF 2507<sup>®</sup>無縫管，而其在有機酸的試驗中具有與更昂貴的鎳基合金同樣優異的耐蝕性能。Sandvik Steel AB 公司及 Swagelok 公司聯合開發了一種新的 SAF 2507TM 合金，用於具有腐蝕性環境，例如油氣勘探。

Outokumpu 不銹鋼管(OSTP)公司已提供用於高壓體系的 SAF 2507<sup>®</sup>焊接管給海水逆滲透工廠，OSTP 希望這些高強度鋼管的投入能夠給設計者提供降低壁厚的機會，並且希望憑藉其耐蝕性能，該合金可以理想地替代 254 SMO<sup>®</sup>(17.5-18.5Ni)，目前正在海水淡化工廠及發電廠開發該合金的其他用途。

## 三、替代 316 的經濟型雙相不銹鋼 AL 2003

Allegheny Technology 公司的經濟型雙相不銹鋼 AL 2003TM，目前正被試驗用於 CalEnergy 公司的冷凝器管。為了應對高鎳價而開發的 AL 2003TM，填補 316 和 2205 不銹鋼在耐蝕方面之不足。與 2205 相比，它的耐蝕性能稍差，但比 316 強度高、耐蝕性能好。由於鎳含量低(僅 3.3%，較 10%的 316L、5%的 2205 以及其他合金低)，該合金對鎳價格波動更不敏感。2006 年 1 月 19 日該合金被批准允許用於 ASME 壓力容器結構。Allegheny 公司聲稱其已經為東馬來西亞 Sabah 海上 Kikeh 油田開發工程提供該合金，以用於工作深度超過 1,200m 的海底輸油管線系統。

## 四、經濟型雙相不銹鋼：LDX 2101

為進一步降低鎳含量，Outokumpu 公司推出了新的經濟型雙相不銹鋼 LDX 2101<sup>®</sup>。它的目標是擁有雙相不銹鋼所具有的良好耐點蝕、縫隙腐蝕性能和高的抗拉及降伏強度，而其鎳含量僅為 1.5%。因此，LDX 2101<sup>®</sup>得到了廣泛應用如【圖 1】，其中包括海上油氣、海水淡化、紙漿和造紙、食品和飲料工業甚至建築業。

在 Outokumpu 供應的所有海上鑽探用金屬軟管方面，LDX 2101<sup>®</sup>供應的帶鋼已經占大約 10%，而這一比例還在增加。Outokumpu 公司已提供該產品給三家金屬軟管製造商：法國的 Technip、英國的 Wellstream 和丹麥的 NKT Flexibles。

熱軋板 LDX 2101<sup>®</sup>目前用於中東正在建設的兩個海水淡化工廠，一個在杜拜，另一個在阿布達比，這是 LDX 2101 首次用於大型海水淡化工廠。

LDX 2101 目前還用於食品工業的儲存罐，2004 年位於荷蘭鹿特丹港的歐洲最大的棕櫚油

提煉分離工廠 Lodders Croklaan，從 Siemerink 公司訂購了一個棕櫚油儲存罐，LDX 2101<sup>®</sup>憑藉其有助於降低儲物交叉污染風險的耐蝕性能而被採用。而且由於 LDX 2101<sup>®</sup>比標準沃斯田體不銹鋼的强度高 90%，與傳統不銹鋼罐相比，Siemerink 公司可以節省材料重量 30%。在巴塞隆那港之儲存罐生產商 Emyro SA 選擇 LDX 2101<sup>®</sup>代替 304，用於為散裝液體儲存公司 Relisa 修建的油罐區(於 2007 年初完成)，因板厚更薄再一次節省了大量材料。

利用 LDX 2101<sup>®</sup>的抗載荷能力，Architecture 公司開拓出另一個市場。當 SETECO 的義大利公司在設計一座穿越 Tuscany 的 Siena 郊區高速公路的人行橋時，LDX 2101<sup>®</sup>熱軋板便憑藉其良好的耐點蝕及縫隙腐蝕性能、耐輕度的腐蝕性能、高抗拉強度及漂亮外觀而被採用。



圖 1 用 S32101 與 S32205 雙相不銹鋼製造的海水淡化裝置

資料來源：Outokumpu/金屬中心 ITIS 計畫整理

最近，LDX 2101<sup>®</sup>板在紙漿漂白方面得到應用，在生產牛皮紙板的瑞典 Smurfit Kappa Kraftliner Pitea 公司，該合金應用在一個新的雙氧水反應器上。在

此 LDX 2101<sup>®</sup> 替代了諸如高合金沃斯田體不銹鋼 904L(EN 1.4539)或更普遍使用的雙相不銹鋼 2205(EN 1.4462)。相較於傳統合金，LDX 2101<sup>®</sup> 具有的高強度使設計者可使用更薄的規格。

## 五、雙相不銹鋼之應用前景

即使鎳價回落，但由於對雙相不銹鋼有需求的很多工業正在持續成長，雙相不銹鋼的需求可能依然高漲。由於近距離、易提取之油田不斷匱乏，迫使人們到那些遠離陸地、人跡罕至地區的更深海底去勘探開發。最近 Chevron 公司在墨西哥灣發現 Jack 2 油田正說明了這種趨勢。

飲用水是另外一個供應短缺的商品，特別是在中東。海水淡化設備將會增加雙相不銹鋼的需求，沙烏地阿拉伯已經著手龐大的建設計劃。近 15 年來人口不斷成長的杜拜正計劃在未來 10 年內修建 40 座海水淡化工廠。2006 年 3 月美國擴充了 NSF/ANSI 61 標準，增加的不銹鋼類型包括雙相不銹鋼 2205、2304、2101 和 2003(304、304L、316 和 316L 已經被收錄其中)被允許用於飲用水方面。

空氣污染防治是(超級)雙相不銹鋼另一個可能成長的應用領域，最近的研究顯示，在廢氣脫硫裝置和靜電除塵器中，雙相不銹鋼 UNS S32205 和超級雙相不銹鋼 UNS S32520 的耐蝕性能往往等同甚至超過沃斯田體或超級沃斯田體不銹鋼，如【圖 2】。

在化工及化學儲運工業，雙相不銹鋼也已經開始替代 300 系不銹鋼和鎳合金。比如由 Weir Materials and Foundries 公司生產的 Zeron100 超級雙相不銹鋼憑藉其更優異的耐蝕性和高強度，顯示出替代沃斯田體不銹鋼和高鎳合金的優勢。

造紙和紙漿業是(超級)雙相不銹鋼需求有望成長的另一個領域，2010 年前全球對紙及紙板的需求每年上升 2.5%。南美以及俄羅斯正在建造紙漿廠，以滿足紙量消費快速成長的亞洲，特別是中國的造紙和紙板設備的需求，雙相不銹鋼(特別是 2205)毫無疑問會繼續逐漸替代不銹鋼和鎳合金。

在建築業，將壽命周期考慮進去後，雙相不銹鋼也越來越被視為低碳鋼的一個有力競爭對手，而且由於可以節約材料重量，費用也會降低。比如，最近 Cimolai Group 公司(義大利)採用來自 Outokumpu 公司的雙相 2304 不銹鋼板來建造位於 Anglesey 的英國最繁忙港口之一 Holyhead 港的 Celtic Gateway 步行橋。

由於新興國家的資源使用量遽增、地球暖化與異常氣候等因素，社會環境正產生極大的變化。因此產生的中長期性社會需求的關鍵為：1.節省資源；2.安心、安全；3.環境、新能源對應。針對這些考量因素，未來不銹鋼在產品的發展動向上將朝這些方向發展。

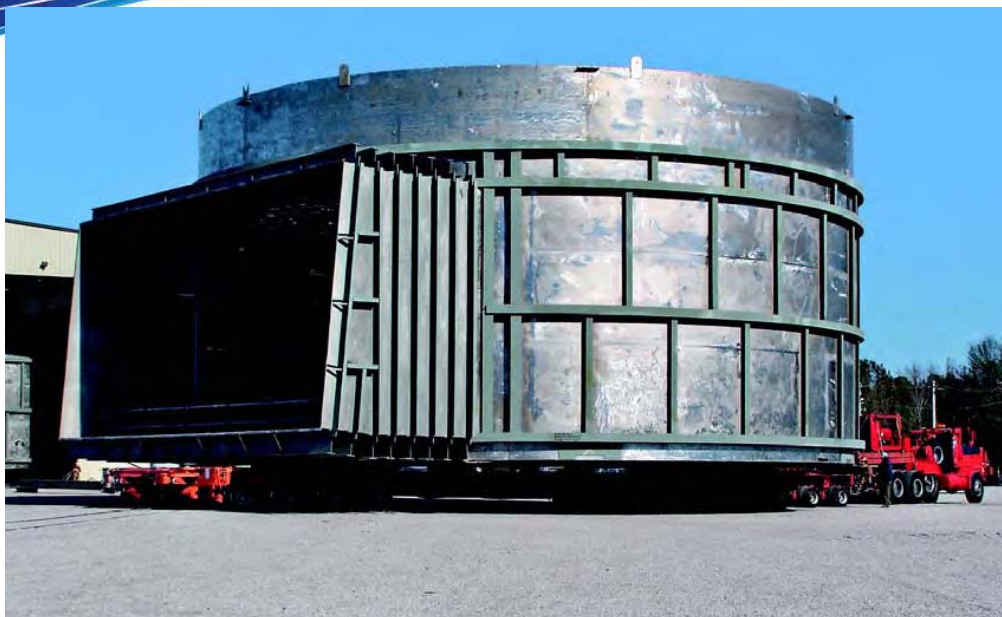


圖 2 用 2205 雙相不銹鋼製造的廢氣脫硫裝置

資料來源：ArcelorMittal /金屬中心 ITIS 計畫整理