

鍍面鋼片的過去、現在和未來

魏豐義*譯

摘要

在過去的幾年中，鍍面鋼片的使用更為流行，因此許多新的鍍鋅線因而被建立，但面對市場可能產生過飽和的情形也就為製造者所驚惶。最初許多此方面的投資均應汽車工業的需求而來，但是結構和工具工業的需求也一直在增加，因而鋼片製造者不斷地改進產品、製程去滿足他們的需求，成功的產銷這些產品。

一、前言

近幾年來，全世界在鍍面鋼片的產量大幅的增加，特別是自1970年來，鍍鋅鋼片的生產即呈現穩定的增加（圖1），此原因來自鋅具有較好的抗蝕性、伽凡尼性質和容易使用及低的成本。

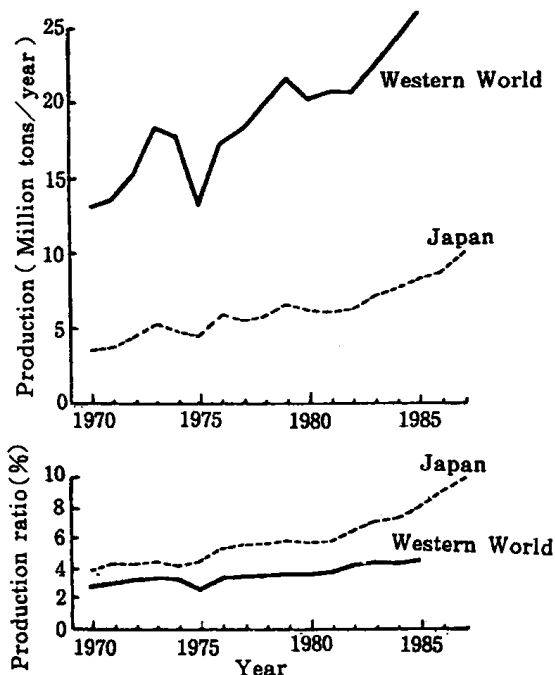


圖1 在日本和西方世界於電鍍鋅鋼片的產量與其在鋼鐵產品所佔比例之逐年演進的情形

自從1973和1979石油危機，人們為節省能源和資源，同時改進人活水準，以及偏好高品質的產品，客戶的需求因而有急劇的改變。使用於汽車工業的鍍鋅鋼片所需的量因而增加，以延長汽車的壽命。而電氣製造商需要更複雜的產品，在建築工業則致力於使用鍍鋅鋼片，以提升抗蝕能力和可靠性。

依據真正和預測所得之需求資料，鋼鐵生產者成功的發展出改進製程的技術，並且連同上游之生產一起整合而產出高品質、高效率的鍍面鋼片。市場仍預測需求會增加，因此幾條新的產線仍在規劃興建中（圖2）。本文即對鍍鋅鋼片最新的技術和產品發展的趨勢，包括了鉛、錫合金鍍面和鍍鋁產品作一整理和介紹。

二、鍍鋅和其它鍍面鋼片

經由鍍面的方法和鍍層金屬進行分類，於本文即有超過10種的鍍鋅鋼片，假使加上後續的處理或有機塗裝，則這數目就會達到幾打（表1）。主要的用途範圍包括結構物（屋頂和牆壁），汽車（有無曝露在外的汽車用板、消音器和油箱）而電器用品和辦公器材對此鋼片的需求也急速的增加。

現代化之鍍鋅鋼片製程主要有熱浸鍍鋅和電鍍鋅兩種，現簡述如下：

熱浸製程是使用功能密集之 Sendzimir process，它能以低成本、有效率的生產鍍鋅鋼片。

* 中國鋼鐵公司鋼鐵鋁品研究發展處

產品被廣泛地用於汽車、電器用品和結構物之直接曝露於外的部位。由於技術不斷的進步，已能生產近於冷軋鋼片之高品級鍍鋅鋼片，同時具有良好的表面品質。Sendzimir 製程也被用於生產曝露於外之汽車面板，目前正注意它的使用狀況。

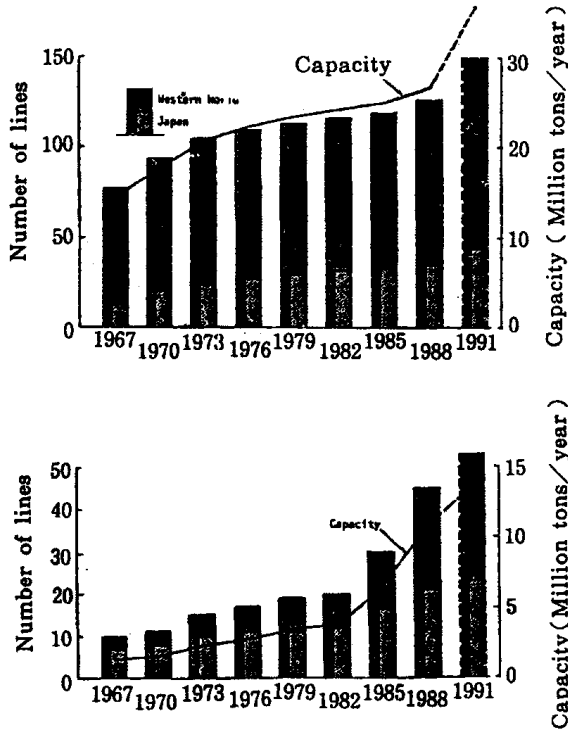


圖 2 在日本和西方世界之電鍍鋅鋼片產製設備和產能之逐年演進的情形。

電鍍鋅鋼片不僅有優良的表面品質，同時其加工性如同冷軋鋼片之底材。鋅合金亦能被單面或雙面鍍着，所以最初被用於傢俱和電器產品；而目前則主要被用於汽車面板上。

三、因應使用要求之技術發展

1. 汽車面板之防銹抵抗

汽車體的腐蝕可分為兩類，一為從內部生銹，再穿透到外面，此種腐蝕被證實是排水不良，同時容易沈積灰塵和塩所致。例如：搖臂桿，門和檔板的下部。另一類腐蝕被述為外觀腐蝕 (Cosmetic corrosion)，產生在外露的部位，這些表面容易被碎石、砂等所撞擊破壞而造成腐蝕。目前，汽車製造商已經建立防銹的目標，10年不會被銹穿，5年不會產生外觀腐蝕。為了瞭解這些目標，汽車製造商使用了各種技術，從原先的冷、熱軋鋼片到單面或雙面的鍍面鋼片，然後至高耐銹性的鍍面鋼片。高強度的鍍面亦已被使用，以達到車子輕量化的要求。

2. 鋼片構造物壽命的延長

由於使用組合配件製造量的增加，使得耐久性的鋼片構造物的需求上升，以耐較嚴苛的環境。另外，由於空氣污染，而必須經由改善腐蝕阻抗，以提高鋼片的壽命和較好的加工性，因此熱浸鍍鋅鋼片被改採用 Al/Zn 鍍面鋼片，以增長壽命，此不但用於屋頂和牆壁，也用於樑和柱。

品質保證將成為銷售之主要關鍵。例如：以鍍 Zn/Al 鋼片為底材，再進行塗裝，以使用於屋頂和牆壁，仍將須保證可能的壽命，以及提供在橫截面和焊接位置的抗銹改進情形。

3. 在家電和辦公器具之多樣化的需求

輕鍍面和電鍍鋼片被大量用於家電和辦公器具上，為了新的設計和降低成本，必須從事不同的處理，如：為了優異的絲織印刷 (Superiors-

表 1 以鍍面方法和鍍層金屬區分之目前已商業化之各種鍍面產品

Coating method	Coating metal	Zn	Zn alloy				Other metals		
			Zn-Fe	Zn-Ni	Zn-5%Al	Zn-55%Al	Al	Al-10%Si	Pb-Sn
Hot dip coating process		● *1	● *3	—	●	●	● *4	●	●
Electrolytic plating process		● *2	●	●	—	—	—	—	● *5

*1: hot-dip galvanized sheet; *2: electro-galvanized; *3: galvanized sheet; *4: aluminized sheet; *5: terne coated sheet.

ilk screen printing)，必須進行鉻酸塩處理，以提高抗生銹性和防止指印 (Fingerprints)，避免經由氧化，弄黑了鍍面鋼片表面，並於光亮的底片電鍍，於上漆後有很好的外觀。

四、熱浸鍍鋅技術的發展

1. 熱浸鍍鋅產品

在所有的鍍面鋼片中，熱浸鍍鋅產品所佔比例最大。在過去，其主要被使用於結構工業和非外露之汽車面板。現在，隨著表面品質及外觀的改進，已被用於外露之汽車面板。它的一些新產品已被開發出並已商業化，如表 2 所示。

對汽車外露面板而言，單面鍍鋅製程是為製程的主流，它能提供優良的底材上漆性和防銹能力。然而，改善外觀抗蝕性的需求逐漸在提高，因此採用雙面鍍鋅的鋼片也就逐漸的增加。

雙面鍍鋅的鋼片有幾種型式，如：純鋅 1.5 GI 鋼片（此為一面鍍有較少之鋅鐵合金，以確保於上漆後，對外觀腐蝕生銹具有有良好的抵抗力；另一面則以鍍較厚的純鋅以保證具有穿孔腐蝕


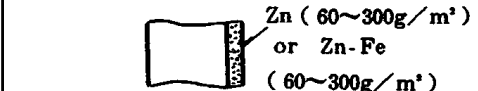


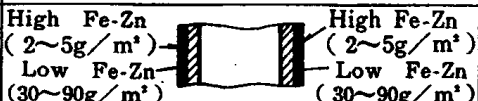


生銹抵抗的能力。）；以及雙面鍍鐵鋅合金鋼片 (Galvannealed sheet) 以得到優良的焊接性和上漆後的抗銹能力。

Galvannealing process 的概念來自鐵和鋅的相互擴散，以在底材上生成鋅的肥粒鐵層。此大都採用輕浸鍍，以使鍍層具有可加工性。在技術的發展上，則允許採用較厚的浸鍍，以得較好的抗生銹性。因此一些新的產品已被發展，包括在此熱浸鍍之鋅—鐵合金表面再電鍍一層 Fe/Zn 或 Fe/P 合金 (在外層，鐵的含量在 60% 以上)，此製程可克服在 Galvannealed sheet 上進行靜電塗裝會產生彈坑形缺陷的問題。

在結構工程上，節省資源和增加耐久性逐漸的被強調，而熱浸鍍 Zn/Al 合金鋼片與傳統之熱浸鍍鋅鋼片比較，即具有較優良的抗蝕性。目前熱浸鍍 Zn/Al 合金鋼片鋁含量為 5 和 55% 者，已大量商業化。一般而言，鋁含量增加，抗蝕性隨著提高，尤其在靠近 Zn/55%Al 時，有極大的改變。

含有約 5%Al 的熱浸鍍 Zn/Al 合金鋼片

表 2 各種熱浸鍍鋅產品及其特性

	Coating layer	Features and special remarks
Galvanized sheet		優良的抗蝕性
One-side coated sheet		未鍍的那一面，具有優良的上漆性
1.5 Gi		每一面分別具鍍鋅和鐵—鋅的特性
Galvannealed sheet		優良的焊接性和上漆後之抗蝕性
Galvannealed sheet given electro-flash plating		具有較佳的磷酸皮膜處理性和上漆性
5%Al-Zn alloy coated sheet		優良的抗蝕性，上漆性和鍍鋅者相當
55%Al-Zn alloy coated sheet		優良的抗蝕性

的抗蝕性約為熱浸鍍純鋅的1.5至3倍。Zn/A ℓ 合金鍍面鋼片經由此合金與底材間存有薄的相互擴散層，故仍有好的成形性；另外此種鋼片之上漆性和鍍純鋅者類似。基於這些特性，Zn/A ℓ 合金鍍面鋼片也被廣泛的用於需要好的上漆外觀之地方，同時被預期於未來會用為製造汽車的抗銹蝕鋼片。

含有約55%A ℓ 的熱浸鍍 Zn/A ℓ 合金鋼片的抗蝕性約為熱浸鍍純鋅的3至5倍，其在建築結構上的使用量正逐漸的增加中。

當底材為低碳鋼片時，很難確保經 Sendzimir process 產製之熱浸鍍面鋼片的成形性會如同冷軋鋼片一樣的好。針對此一問題，鋼片於鍍面前即先經箱型退火，以及/或於鍍面後，在300~400°C下進行退火，以增加其延性和抗時效性。但這需增加額外的製程，使得產製時間較長和成本變高；因此使用 IF 鋼（Interstitial-free，即內部清淨鋼）即為解決此問題的方法，主要是其與傳統熱浸鍍面鋼片比較，具有優異的成形性，特別是在汽車生產上能合乎要求。添加合金的 IF 鋼，具有成形性和高強度的雙重優點，亦已於最近被商業化。

2. 熱浸鍍面的製程

能夠成功的發展出熱浸鍍鋅鋼片主要來自 Sendzimir 製程的貢獻。在早期，此製程為包含一個氧化區和一個還原區的水平式爐子。鋼片上的軋延油於氧化區被蒸發和直接燃燒，而在還原區，則採用間接加熱，氣氛內並含有氫以還原鋼片上的氧化膜。在此一製程中，鋼片在熱效率高的直接燃燒區的溫度不得超過450°C，以避免氧化膜的生成。

為了消除此一限制，以空燃比在1.0以下進行燃燒，以限制加熱爐氣氛中氧含量之非氧化性爐子即被發展出來，如此即可提高鋼片在直接燃燒區的溫度，進而大幅的節省能源，且提高產能在兩倍以上。另經由加裝預熱裝置和廢熱回收系統，使得熱效率再度被改善，目前擁有60%熱效率之爐子已被用於商業上的生產線上。

垂直式的爐子也因較高之退火容量的需求，而被開發出。以水平式爐子來增加退火容量，則需增加其長度，而垂直式另外能避免於水平式常

發生的問題，如：鋼帶形狀的控制和鋼片與爐輓間之吸附髒東西，造成表面缺陷。對於此種缺陷，目前也以金屬噴塗於輓子表面，和於鋼帶進爐前，先經去除鐵粉的處理來防止。

目前已有幾種方法用來限制鋼帶表面氧化，而不必再還原大量之此一氧化膜，以得到較佳之外觀。其中之一，即不用直接加熱，改用控制含氫之爐氣的間接加熱方式；另外即以直接還原爐，用還原性火焰加熱鋼帶。

只有改進退火爐仍不足以應付熱浸鍍鋅製程的發展，對鍍面處理之改進仍然是需要的。二十年前，鍍層的重量是以兩個鍍面輓來控制，但在高速下，這種控制就會有困難，且品質也不穩定。氣體的刷除（Gas wiping）即被發展出來控制鍍層的重量。最新的此一技術，已能對速度超過200 m/min的鋼片上進行均勻地控制鍍層重量和得到較佳的外觀。

經由退火爐和鍍面處理的改進，已大幅提高產能和產品之外觀，達到滿足汽車外露面板的要求。熱浸鍍面製程經由添加較多的功能和整合較多的製程於產線上，使得其不斷的被改進。例如：客戶需要表面和外觀較佳，或不同的產品，鋼鐵生產者即在線上加裝表面精整機（Skin pass mill），有機塗裝和電鍍鐵合金設備等。另外在電腦控制系統上也不斷的改進，以穩定在大量生產上之操作和品質水準，此包括加強自動化操作控制之製程控制系統和產製製程之控制系統以蒐集產製記錄的數據，如圖3所示。

五、電鍍技術的發展

1. 電鍍鋅產品

在1970的下半年代，對於使用在汽車的鋼片已經被預測必須再做進一步的改善，因此在美國和歐洲經常以增加鍍鋅量至超過60g/cm²；而在日本，則因使用者及鋼鐵生產者不要鍍鋅層厚之鋼片，主要是此會造成在使用時有較差的成形和焊接性，同時生產此鋼片之成本較高。因此採用 Zn/Ni 和 Zn/Fe 合金來取代純鋅做為鍍層成為變通的良好辦法，如表3所示。

Zn/Ni 合金鍍面鋼片之所以被開發，主要是為改進一般鍍面鋼片之抗蝕性，它的溶解速率

比純鋅者低，且在其表面生成之氧化物也相當安定。最近在商業上的改進亦包含在其表面，上一層有機塗層，以增加其抗蝕性。

Zn/Fe 合金鍍面鋼片則是源於要設計出經塗裝後會有好的耐蝕性的鍍面鋼片。經由成形性和抗穿孔腐蝕性的研究，在鍍層中的鐵含量必須介於10%至30%，但在此鐵含量下，靜電上漆塗裝有可能產生彈孔 (Crater) 狀缺陷。為避免此缺陷，一層薄而含較高鐵含量的合金於最後快速

的被鍍於鍍層上。此種鍍雙層之鋼片已商業化。

2. 電鍍製程

電鍍製程已廣泛的被用於生產製罐用的鍍錫鋼片。幾種新鍍槽也已被開發出來以符合下列之需求。

- (1) 在單面電鍍時，避免鍍著金屬附著於不需電鍍的面。
- (2) 藉著使更多的電流至每一鍍槽和提高極限電流密度，以降低為得到一定厚度之鍍層所需的設

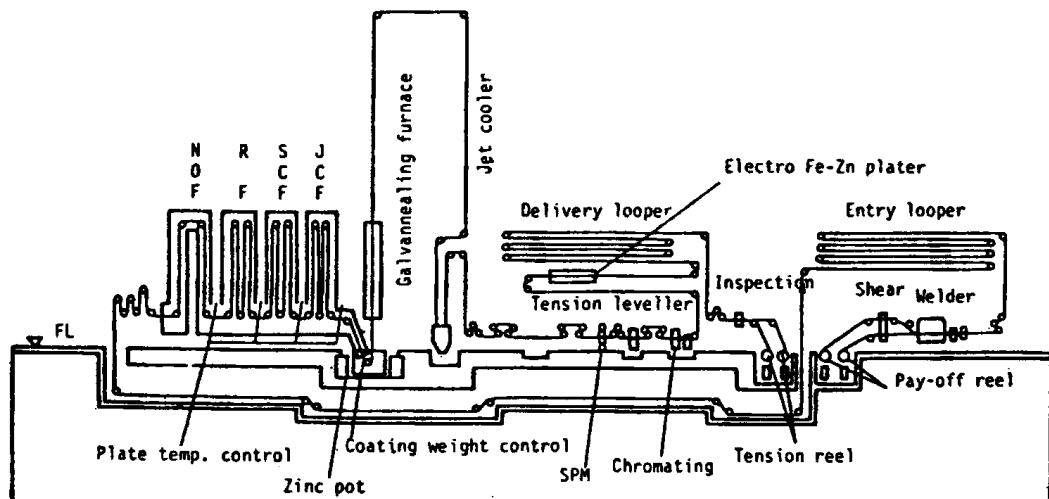







圖 3 新進電鍍線之產製控制設備 (在日本新日鐵公司, Nagoya 廠的第四條 CGL)

表 3 各種電鍍鋼片及其特性

		Coating layer	Features and special remarks
Galvanized sheet			可供做各種後續處理
Zn-Ni alloy-plated sheet			優良的抗蝕性
Zn-Fe alloy-plated sheet	Single-layer type		上漆後有優良的抗蝕性
	Double-layer type		可得較好的磷酸皮膜處理性和上漆性
Organic composite-coated sheet			優良的抗蝕性

備費用，因此增加陽極和鋼帶間之鍍液的流動速率是需要的。

- (3)經由小心的選用鍍液和採用在電極與鋼帶間的距離變小，以節省能源。
- (4)藉著增加鍍液的流速和提高極限電流密度以穩定鍍層合金成份。

被開發出合乎上述要求之電鍍方法可藉著鍍槽的結構、電極的形式和鍍液的類別，來加以分類。鍍槽之結構（外形）主要有垂直式、水平式和輻射式三種。電極的形式和鍍液的種類是彼此有關的，但在鍍槽中均需能源和減少電極與鋼帶間的距離。不溶性電極在硫酸槽中比溶性電極在鹽酸中有較多的優點，但鍍液之導電性較差。另外在不改變鍍槽的形式下，也有採用不同之組合及進行特殊改進之不同方法（圖4）。

在其它方面的努力，主要是在符合客戶的需求，包括電鍍之化學處理。商業化的鉻酸鹽處理被分類成鍍著、反應和電解三種方法。其中以鍍著的方法顯示有最好的抗腐蝕性，但很難達到均勻的外觀。氣體噴除（Gas wiping）亦替代傳統之鍍面軋來控制電鍍的量，如同在熱浸鍍鋅上一樣。另外值得注意的是電鍍線均逐漸增設有機

塗層處理所需之鍍面軋和爐子。

六、鍍鋁鋼片

自從鍍鋁鋼片被用在汽車的消音器，此一熱阻抗之鍍面產品的需求量即逐漸增加。一般有兩種鍍鋁鋼片，一為使用鋁-矽合金，另一為達抗腐蝕的用途，採用鍍純鋁。

鍍鋁鋼片之抗熱性主要來自鍍層結構會藉著鐵和鋁的彼此擴散而改變，此一合金層於600~650°C為一熱穩定之結構（Thermally stable structure），因此被用於汽車的消音器上，然而，採用高效率引擎和觸媒轉換器，對鍍鋁鋼片有更嚴苛的要求，包括對消音器內凝結液之高抗蝕性和於高溫下的機械強度，而不再偏重於高抗熱性。針對此些需求，新的技術因而被開發，如：在要鍍鋁的鋼材添加鈦，以達到在700~800°C有好的抗熱性，同時經由添加矽、錳和鉻，使其在高溫下，仍保有良好的抗蝕性和強度。另外，鍍鋁亦有被施於不銹鋼底材上。由於此些的發展，鍍鋁鋼片使用在廢氣系統上的地位，已成為爭議的材料。迄今，在生產技術上已做了一些改進

	Gravitel Cell (Ruthner)	Vertical Jet Cell (Sumitomo Metal Industries, Ltd.)	CAROSEL (USX, Kawasaki Steel Corp.)		LCC-H (Nippon Steel Corp.)
Structure					
Cell type	Vertical Type	Vertical Type	Radial Type		Horizontal
Electrode	Insoluble Type	Insoluble Type	Insoluble Type	Soluble Type	Insoluble Type
Plating solution	Sulphuric Acid Solution	Sulphuric Acid Solution	Sulphuric Acid Solution	Hydrochloric Acid Solution	Sulphuric Acid Solution

圖4 幾種現代化之電鍍槽

表 4 熱浸鍍鋅和電鍍鋅製程之比較

		Hot dip coating process	Electrolytic plating process
Quality (品質)	Strength and workability of base metal	Necessary to use IF steel	Same as hot rolled and cold rolled sheet
	Appearance	Dross defects Coating non-uniform	
Cost (成本)	For thin coating	Difficult to produce economically	High productivity
	For thick coating		High equipment or production costs
Others	Response to alloy plating		Wider range of metal selection

，如同在熱浸鍍鋅製程者一樣，另外在進行鍍鋁前的底材表面處理的乾淨度的要求更為提高，因此採用鐵或鎳之先前的輕鍍處理已成為一個改進底材的方式。

七、鉛錫鍍面鋼片

鉛錫鍍面鋼片被用在屋頂建築已有很久的歷史，目前使用上已擴大至汽車燃料箱和電視框架上。鉛錫鍍面產品擁有化學性穩定的鍍層，在濕的環境下，有良好的抗腐蝕性，因此適於製作燃料箱，而且在燃料循環系統上，能有效的避免燃料黏附之發生；可是，因常會有針孔存於鍍層，導致穿孔局部腐蝕。為解決此一問題，最近已發展出先行輕鍍鎳，再鍍鉛錫，可防止燃料外洩，因為鎳和鉛／錫合金有很好的親和力，生成細且緻密的合金層，而此一鎳／錫合金層有很好的抗蝕性。

為了對付塑膠材料介入燃料箱的市場，鋼鐵公司必須解決腐蝕的問題，當然此一競爭的程度主要還是與燃料中含有之酒精的量有關。

八、鍍面技術的展望

對鍍鋅和鍍面鋼片，為了滿足急速成長的需求，必須有效的運用熱浸鍍鋅和電鍍製程，例如：在電鍍方面，努力的開發合金、分散和複合鍍面，使其鍍層薄又有高抗腐蝕性；在熱浸鍍鋅方面，厚鍍的產品的表面品質、成形性和焊接性已再度引起注意，以求適用於汽車外露的面板上。（表 4）

真空鍍鋅製程亦已商業化的成為一種新的鍍面方法，其能控制鍍面的化學組成，此不是其它製程所能達到的，因此對改進和加強產品性質上，具有很大的潛力。事實上，在研究室以此製程已能產製出鋅合金和雙層鍍面處理鋼片。其它正在發展的新技術尚包括離子濺鍍和化學蒸鍍。

未來在鍍面技術的發展仍應不斷的研究，尤其是如何產製出符合需求之鍍層機械性質和化學組成。而各種有力的工具亦將被運用於表面和鍍層底材界面的分析上。

[本文譯自：Bunichiro Kawasaki：“Coated sheets-past, present and future”，Steel Times International, July (1990) 38-44.]