

機器零件的多孔性鍍鉻

岡恰連科著 譚浩泉譯



機械工業出版社

出版者的話

鍍鉻是電鍍中最重要的一種，多孔性鍍鉻是鍍鉻工作中的最新成就。

本書敘述鋼和鑄鐵零件的多孔性鍍鉻方法。書內列舉可靠的電解液配方，並說明可能發生的缺陷和補救方法。此外還介紹了在車間內用最簡單的化驗儀器來分析鉻酸電解液的方法，以及車間設備、通風和安全技術方面的資料。

本書適用於機器製造廠和汽車修理廠中電鍍車間的工人和工長參考。

本書根據蘇聯 К. С. Гончаренко 著 'Пористое хромирование Деталей Машин' (Машиз 1950 年第一版) 一書譯出

* * *

著者：岡恰連科 譯者：譚浩泉

文字編輯：高曉楓 責任校對：崔 鳳

1953 年 11 月發排 1954 年 1 月初版 0,001—5,500 冊
書號 0406-0-101 31×43¹/₂₅ 62 千字 36 印刷頁 定價 4,300 元(乙)

機械工業出版社(北京區甲版 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠(北京泡子河甲 1 號)印刷

新華書店發行

原 序

由於精密機器製造業、發動機製造業及金屬加工業中其他方面的空前發展，鍍鉻在蘇聯作為一種防護機件銹蝕和顯著的提高其耐磨性的手段，已經具有非常重大的意義。

鍍鉻是電鍍的一種。電鍍，按其工藝過程來說，和電鑄法很相像。後者在 100 年前已有工業上的應用價值。

利用電流來實行電鑄這個方法的開拓，應歸功於俄國的學者波里斯·西蒙諾維奇·亞考比(圖 1)。他在 1838 年春天，就已向當時的俄羅斯科學院(現在的蘇聯科學院)作過報告，並且出示了工作的樣品。

亞考比寫道：“這個發明是屬於俄國的，不容以任何其他發明來辯駁”。

俄羅斯的技術雜誌^①對這個發明作過如下的評介：“在歷史上，電鑄法的發明，其意義可以和印刷術相提並論”。

從那時起，電鑄法和電鍍法在我國都獲得了很大的發展，電鍍法和電鑄法最主要的差別在於：前者要求電解所得的表層和主體金屬結合得很牢固，而後者則適相反，不要求這樣。在大革命前對各種電鑄法和電鍍法起很大作用的，是當時的國家書籍電鍍工場，而其中所有的工作都是在亞考比參加下進行的。

在革命前的帝俄時代，這個非常重要的工業部門，沒有得到應有的



圖 1 波里斯·西蒙諾維奇·亞考比
院士(1801~1874)。

① 丹尼列夫斯基 (В. В. Данилевский): “俄羅斯技術” 列寧格勒出版局, 1947 年版, 第 316~323 頁。

發展。俄國學者的成就，被各外國公司所竊盜，把它當作自己的成就而廣泛宣傳。

直到革命之前，電鍍的設備和材料都是由國外輸入的，但是儘管如此，俄國仍然肯定地是電鍍發源地。

偉大的十月社會主義革命之後，電鍍的應用有了廣泛的發展。在第一個五年計劃和以後的五年計劃中，隨着我國的工業化，特別着重地發展了許多電鍍車間，並生產了相應的設備和材料。

現在，除了極少數例外之外，蘇聯所有機器製造廠和金屬加工廠都有了設備優良的電鍍車間了。

用最新技術成就而建立起來的蘇聯大型汽車製造廠的電鍍車間，無論按其生產能力、機械化程度和一般外觀來看，都不愧為世界上最大的電鍍車間之一，並且在全歐洲首屈一指。而鍍鉻在這種工作中佔有首要的地位。

蘇聯的社會主義經濟制度，保證了電鍍工業的正確組織。我們沒有個人的‘秘密’這種資本主義國家內的電鍍工業特點。電鍍方法的每一改進問題，都在科學研究機關中加以研究，並在雜誌上發表，此外還出版了大量有關電鍍的書籍。

1932年，成立了全蘇聯的金屬防護組織——‘電化學公司’；其後改組為‘金屬化學防護’托辣斯，其任務為設計和建造電鍍車間。

在革命前的帝俄時代和在蘇維埃時代，對電鍍學起過重大作用的，是我國最早的電化學家，斯大林獎金獲得者，尼古拉·阿列克塞維奇·依斯加雷謝夫教授。他的工作對電化學極有價值，同時他也培養了大量的電鍍專家，其中有我國著名的技術科學博士拉依聶爾，技術科學碩士庫德拉夫切夫等等。

列寧格勒國立學院在應用化學方面的工作，對蘇聯在鍍鉻方面的發展，也有很大的價值。在這裏，第一次在蘇聯解決了裝飾性鍍鉻和耐磨性鍍鉻所用鉻酸電解液的配方問題和工藝規程的問題。

戰後的斯大林五年計劃擬定了如下的恢復與發展蘇聯在機器製造業範圍內的人民的事業：

1950 年度的設備生產量要等於戰前的兩倍。

到五年計劃終了時生產能力應提高到 133,000 台拖拉機, 94,800 台工作母機和 750,000 輛汽車。

首先應注意到農業機器生產的恢復與發展。

要保證生產掘土機、最新的建築機械和築路機械、運輸起重設備和裝卸機械, 以及各種使繁重工作機械化的設備。

所有這些巨大數量的機器和機械, 在使用時都會受到不同程度的磨損, 因而就需要製造或修整一定數量的備品。因此, 提高機器的使用壽命, 有特別重大的意義。

在目前用來提高機件壽命和修整磨損機件的方法之中, 耐磨性的鍍鉻佔着首要的地位, 因為由電解沉積出來的鉻具有高度的化學穩定性、高的硬度和抵抗磨損的能力。

當各種鋼製機件需要防止機械的磨損, 減低相擦碰零件間的摩擦時, 以及修復已磨損了的或報廢了的零件時, 耐磨性的鍍鉻是最有效方法中的一種。

近年來, 除了氮化、氰化等提高表面硬度的熱處理方法和普通的鍍鉻方法以外, 多孔性鍍鉻的方法也成功地開始應用了。多孔性的鉻除了具有平滑鍍鉻的一切性質外, 還具有很多獨特的優點: 1) 和不鍍鉻零件之間能很好地‘走合’; 2) 有很好的潤油的能力, 在表面發生摩擦時能貯存潤滑油; 3) 摩擦係數很低; 4) 由於鉻鍍層中沒有內部應力, 所以厚的鍍層能和主體金屬結合得很好; 5) 在高壓之下, 溫度達 500°C 並且在硫化氫化合物介質之中, 能有很高的耐磨性。

1943 年, 工程師切爾基斯和安東諾夫建議和實施了對電解沉積出來的鉻的輔助加工方法, 因而使鍍層表面的耐磨性更加提高了。

由於這些顯著的性質, 多孔性的鉻這種耐磨性的表層, 愈來愈廣泛地用於內燃機和其他機器、設備等在必須潤滑的條件下運轉的受到摩擦的零件上。

多孔性鍍鉻的效力是很大的, 零件的耐磨性以及使用壽命會增加到 4~8 倍之多。

要得到優良質地的多孔性的鉻，就必須在零件的機械準備和化學準備時，在鍍鉻和鍍後加工處理時，都嚴格地保持一定的條件。

在操作過程中必須注意以下各項：對鍍積物質量的要求；鍍層的用途；使多孔性的鉻獲得規定結構的條件；製造鍍鉻零件的金屬；工作規範（電流密度，時間，溫度）；電極在槽中的位置；零件的表面狀況，電解液組成和陽極狀況；掛具的構造等等。

本書的基本任務是說明與獲得質量優良的多孔性的鉻有關的一些問題。書內敘述了作者本人從事研究和應用多孔性鍍鉻於生產中的工作經驗^①。

多孔性鍍鉻是受摩擦的機件表面的一種先進的加工方法。它展開了新的遠景，有可能代替熱化學方法以提高結構金屬的耐磨性，因而在許多情況下，在製造新機器時，就可以用比較價廉的低炭鋼和鑄鐵來代替昂貴的高合金鋼。

新製機器和磨損機件採用了多孔性鍍鉻之後，將會在頗大程度內減少備品的需要量，增高機器的工作能力，減少停工和修理時間，因而給我們的祖國帶來更大的經濟利益。

^① 在偉大的衛國戰爭期間，作者和技術科學碩士屠比欽尼和工程師比爾曼諾，曾共同研究了多孔性鍍鉻在內燃機零件修理方面的應用。

目次

原序

第一章

電化學概論	1
多孔性鍍鉻的性質及應用	2
硬度與耐磨性	2
鉻鍍積物與主體金屬的結合及其‘走順’	3
多孔性鉻的應用	5

第二章

多孔性鍍鉻方法	9
影響鉻的硬度與多孔性的各種因素	11
多孔性鍍鉻的工藝規程	13
多孔性鍍鉻中可能發生的缺陷及其補救方法	24
退除鍍積鉻層的方法	26
電解液的配製和校正	28
陽極	30
鉻酸電解液的分析	31
掛具和夾具	33

第三章

多孔性鍍鉻設備	39
鍍槽	39
電力設備	45
通風	52
安全技術及勞動保護	54
多孔性鍍鉻車間的勞動組織	55
鍍鉻車間的設備保養	57
附錄一	59
附錄二	60
中俄名詞對照表	63

第一章

電化學概論

能够傳導電流的溶液，稱為電解液。電解液由許多分子組成，這些分子的各部分帶有電荷。但就分子整個來說，電性是中性的，即：分子的各部分帶有同樣數量的正電荷和負電荷。

分子帶有電荷的各部分，稱為離子。

分子中帶陽電荷的部分，在電流的作用下趨向於負極，這種離子稱為陽離子，並以“+”號表示之。

分子中帶陰電荷的離子，在電流的作用下趨向於正極，這種離子稱為陰離子，並以“-”號表示之。

與電源正極連接的電極，稱為陽極。

與電源負極連接的電極，稱為陰極。

在電鍍中，被鍍的零件是陰極，而陽極通常為金屬。電鍍槽中所用的陽極，分可溶解的陽極與不溶解的陽極兩種。

不溶解的陽極有：鉛、石墨、鉑，可溶解陽極有：鎳、銅及其他等等。

電解作用的結果，在數量上遵循法拉第定律。

1. 電解作用中所析出的物質，其數量與電流強度及通電時間成正比比例（在計算鍍積金屬的數量時，電壓高低對鍍積多少並無影響）。

2. 在不同電解液中通過同樣大小的直流電時，析出物的數量與當量成正比比例。

1 安培的電流經過一小時的作用所析出的金屬重量（克），就叫做該金屬的電化當量。鉻的電化當量等於 0.323。

實際上得到的金屬析出量，與理論上的計算值之間的比例，用百分比表示出來，就叫做電流效率。在多孔性鍍鉻中，電流效率約為 18%。

電流強度與被鍍面積的比例，稱為電流密度，其單位為安培/平方公分。

一個電鍍槽的‘着落能力’是指該槽的電解液是否具有產生厚薄均勻的鉻鍍層的能力而言。一個電鍍槽的‘探深能力’是指該槽電解液能否在工作物凹深部分鍍上一層一定質量的金屬鍍層(鉻層)而言(例如,鍍上一層外表一致的鍍層),與鍍層均勻性無關。

多孔性鍍鉻的性質及應用

多孔性鍍鉻是一種方法,用來生產具有網狀裂縫的電解鉻。這種網狀裂縫,經過一定的輔助加工,可以將它擴大和稍加變更,以便在其後的使用中作為摩擦面之間貯油之用。因此,多孔性鍍鉻與一般鍍鉻不同之點,在於它造成一種條件,在這種條件下電解出來的鉻在表面上具有網狀的裂縫。

用鍍鉻法以提高鋼質零件的耐磨性時,主體金屬的結構並不變更,這是不同於熱處理(氮化、滲碳等)的地方(雖然有某些物理性質的變化)。

多孔性鉻鍍層的基本的和主要特點為: 1) 很高的硬度; 2) 耐熱性; 3) 在常溫及高溫(500°C)、高壓下,在硫化氫化合物、酸(鹵素酸除外)、鹼等物中的高度耐磨性; 4) 與主體金屬的良好結合; 5) 能接受和貯藏滑油。

硬度與耐磨性

用電解法析出的鉻,其硬度可達布氏 800~1000 度。鉻與一些金屬硬度的比較列於表 1。

從表 1 中可以看到: 電解鍍積的鉻,其硬度比滲碳鋼及氮化鋼高 30%,比內燃機汽缸用的鑄鐵高出 3.6 倍。

鉻的高度耐磨性非但表現在硬度方面,而且與其他金屬製品比較,也有較低的摩擦係數。

摩擦係數為: 鉻與鉻——0.12; 鉻與鋼——0.16; 鋼與鋼——0.20; 鋼與軸承合金——0.20; 鉻與軸承合金——0.13; 軸承合金與軸承合金——0.19。

表 1 幾種金屬硬度的比較

金 屬 名 稱	布 氏 硬 度
電 解 鉻	800~1000*
各種成分的鑄鐵	150~275
熱處理後的鑄鐵	400*
滲碳後的鋼	625

* 最高值

有潤滑油時，多孔性的鉻因為可以存油的緣故，所以要比光滑的鍍鉻表面具有更高的耐磨性。在零件工作時，油由小孔流出而潤滑了摩擦的表面。這可以這樣來說明，即：在縱橫交錯的、有凹痕的粗糙表面上，油的流動較在光滑的表面上為快。

多孔性鉻非但在通常大氣壓下具有耐磨性，就是在其他條件下也是一樣，如：在高溫（500℃）、高壓下的各種介質中，也就是說：多孔性的鉻質兼有許多的優良性質：抗蝕能力，以及在燃料燃燒時生成的氣體中和高壓力下對於機械磨損有很大的抵抗力（在內燃機汽缸中工作時）。

黑色金屬（鋼、鑄鐵）在這種工作情況下銹蝕得非常快，非常嚴重。在通常的大氣條件下，多孔性鉻即使在較差的潤滑下也不會銹蝕。

鉻鍍積物與主體金屬的結合及其‘走順’

鉻鍍積物與主體金屬的結合，視鉻的結合力而定。鉻鍍積物的缺點是脆弱，並且容易脫落，尤其是厚的鍍層，在變動負荷之下，在研磨時以及在不穩定的溫度下，更是這樣。

要使多孔性鉻的鍍積物與主體金屬結合得堅固，有兩個條件：鉻層中不能有內部應力，以及鍍層不得連續。

金屬鉻有銳角存在，就造成表面上有利的支持點，因而能夠與其他不鍍鉻的表面很好地‘走順’，在溫度變化時也不致因線膨脹係數不同而與主體金屬脫離，因為在這時只不過一些細孔擴大了而已（表 2）。

多孔性鉻鍍積物的良好物理化學性質表現於它的結構上的特性及

表2 幾種金屬的熱膨脹係數及導熱係數

金屬名稱	20°C時的線膨脹係數 (10^{-6})	20°C時的導熱係數 (卡/公分)	熔點 (°C)
電解鉻	4.5	0.105	1615*
鐵	6.6	0.12	1370
各種鋼	6.2~6.6	0.11	1480~1540
鋁	12~13	0.52	658
銅	9.1	0.92	1083

* '工程百科全書' 第一卷 (1928, 128 頁), 物理、化學及工藝數值手冊。

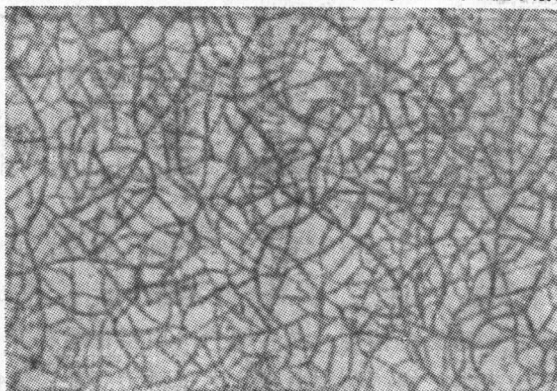


圖2 溝狀的多孔性鉍鉻層(經過陽極處理後), 放大50倍。

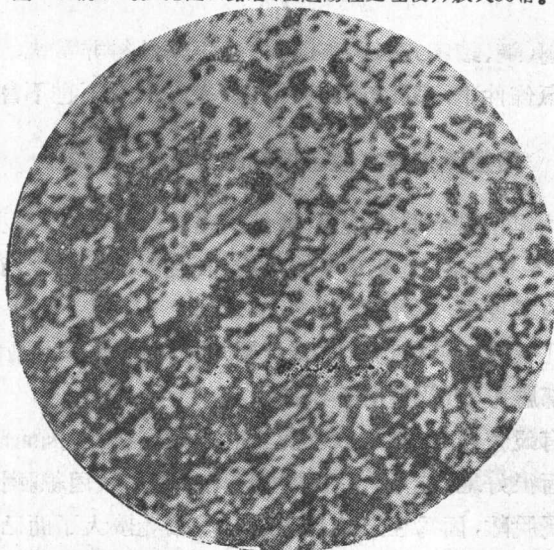


圖3 點狀的多孔性鉍鉻層(經過陽極處理後)。

其表面構造的特徵。

鉻的多孔性有兩種: 1) 溝狀的(圖 2), 具有無數深淺、寬狹不同的、縱橫交錯的河川式的網路; 2) 點狀的(圖 3), 具有粗糙的表面, 其上有無數尖峻的凸出點及凹入點。

多孔性鉻的應用

近年來多孔性鉻鍍層的應用有了顯著的發展, 特別是在發動機製造工業中。

內燃發動機活塞零件的多孔性鍍鉻, 以增加其耐磨性及修復磨損的上述零件, 都證明要比其他熱化學方法及平滑的鍍鉻法為優越有效。

例如, 內燃發動機內鋼及鑄鐵製的汽缸和活塞環, 鍍上多孔性的鉻層後, 其耐磨性及使用期限較不鍍鉻的汽缸增加到 2.5~4 倍(圖 4, 5)。

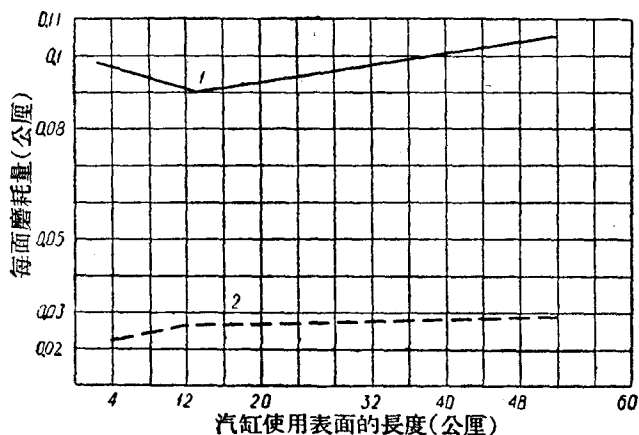


圖 4 內燃機汽缸鍍鉻與不鍍鉻的磨耗量: 1—未鍍過鉻的汽缸; 2—多孔性鍍鉻後的汽缸。

多孔性鍍鉻用於以下各種目的:

- 1) 增加新製零件的表面耐磨性;
- 2) 把磨損的舊零件的表面修復到原來的尺寸;
- 3) 把機械加工過程中報廢的新製零件修復到原來的尺寸。

多孔性鉻只有在比一般(平滑)的鉻更優越有效的場合下方才值得

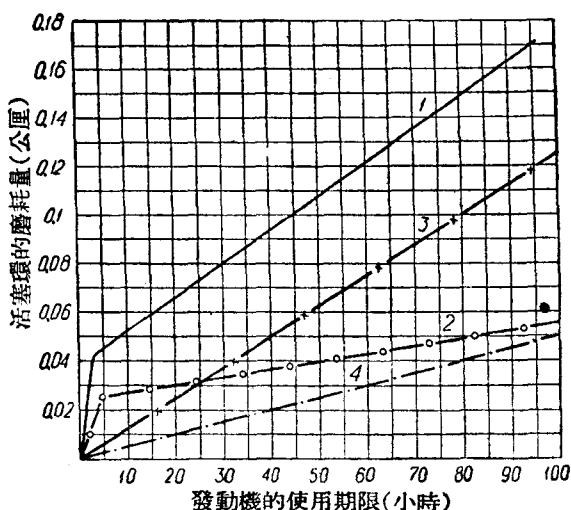


圖 5 鍍鉻與不鍍鉻的鑄鐵活塞環之磨耗量：1—未鍍過鉻的活塞環的磨耗量；2—多孔性鍍鉻活塞環的磨耗量；3—用未鍍過鉻的汽缸表面時汽缸表面的磨損量；4—用多孔性鍍鉻汽缸表面時汽缸表面的磨損量。

採用，因為它增加了額外費用。

為了使多孔性鍍鉻零件獲得更高的使用效能，必須在每個不同情況下正確地選擇表面加工的光潔度及鉻的結構。

在減低間隙以造成一定的配合，以及其他不重要的情況，對鉻的結構及零件表面加工程度是沒有什麼特別要求的。在這種情況只要有一般鉻鍍層所要求的厚度便够了。

對於在摩擦的條件下工作的零件，多孔性鉻在結構和鍍後的表面處理方面，應該滿足這些零件在工作上的要求。

由於電解液組成和工作規範的不同，電解鉻鍍積物的外表可能是：

a) 無光彩的（灰黯的）；b) 光彩的；c) 乳白色的。

無光彩的鍍積物，其結構內含有比光彩的鍍積物較大的結晶體，並且不宜用於在摩擦之下會遭受機械磨損的零件的電鍍。

光彩的鍍積物有銀藍色的外表，並且可以廣泛地應用於極大部分零件的電鍍，如修復原來的尺寸，或者防止機械的磨損等。在光彩性的

鉻鍍積過程中，在鉻層上有許多種不同的網狀裂縫，視採用的電流密度與溫度而定。

除了合宜的結構與外表之外，爲了使電解鉻能發揮有效的作用，還必須保證在鍍後的機械加工以後有一定的光潔度。

裝飾性鉻的一個很重要的優點，是鍍上的鉻不爲水所濕潤，也不沾上潤滑油。

但是對工作於摩擦條件下的鍍鉻零件而言，這些性質在使用上造成非常不利的條件。這是由於它在某種情況下會造成一種所謂半乾或乾的摩擦，對鍍鉻零件的工作極爲不利。

鍍鉻表面（非多孔性）若缺乏潤油，在使用時將招致下列惡果（特別是內燃機零件）：1）產生斑跡及刮痕；2）發動機在工作時冒烟，因而增加潤滑油料的消耗；3）汽缸、活塞環、曲軸頸、軸承瓦及其他零件迅速磨損；4）發動機過早損壞。

在內燃機汽缸的使用中，曾經將鍍鉻的汽缸鏡面作過試驗。鍍鉻面在使用前經過拋光、磨製及砥磨試用結果，在拋光的鉻鍍層上出現了頗多的斑跡及刮痕（圖6）。

用水冷式內燃機曲軸頸的拋光鍍鉻表面作試驗，也得到相似的結果。

因此，這種加工方法不適用於上述類型的零件。

磨製的表面改善了潤滑情況，但是加速了互相接觸部分的磨損（活塞環、軸承瓦等）。

砥磨表面顯著地減少了活塞環的磨損，但在汽缸表面上仍出現了長條的刮痕，助長了內燃機在工作

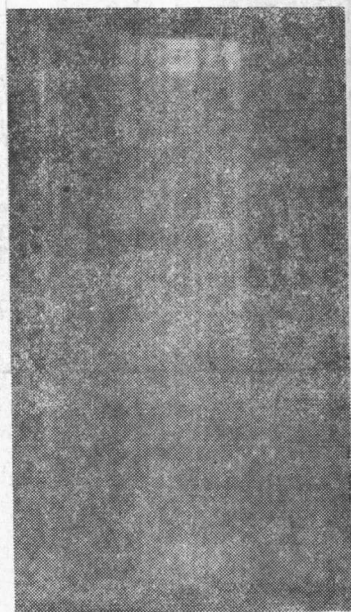


圖6 內燃機汽缸壁表面，經鍍鉻及拋光後，使用30小時後表面上生出斑跡和刮痕。

時冒烟及其他不正常的現象。

以上所敘述的鍍鉻表面的加工方法(拋光、磨製及砥磨),絕不適用於汽缸套及汽缸等內燃機零件。

採用多孔性鉻時,在表面上造成許多細孔,這些細孔成為藏油的處所,因此使工作於相當高壓與高轉速下的零件的工作部分(摩擦部分)獲得了均勻而良好的潤滑。可以應用多孔性鍍鉻的機器零件,列於表3內。

表3 可以應用多孔性鍍鉻的機器零件

零件名稱及簡單規格	所要求的多孔性鉻的形式	要求的鍍層厚度(公厘)	採用多孔性鉻的優點
內燃機汽缸及汽缸套	溝狀的	0.05~0.25或更厚,視特殊需要而定	a)耐高溫 b)表面硬度高 B)能抵抗燃燒氣體的化學腐蝕作用 r)保證均勻的潤滑 d)延長使用期限到4~7倍
機器及內燃機零件:曲軸,泵軸,凸輪軸,金屬切削機床的主軸等	溝狀的	0.05~0.25或更厚,視特殊需要而定	a)保證均勻的潤滑 b)提高表面硬度 B)提供利用較廉的鋼及鐵之可能性 r)延長使用期限到4~8倍
柴油機及泵的套筒等	點狀的	0.01~0.3或更厚,視特殊需要而定	a)保證均勻的潤滑 b)提高表面硬度及改善走順情況 B)延長使用期限到3~8倍
活塞環	點狀的	0.05~0.15	a)提高耐久性及工作效力到3~5倍 b)套筒及汽缸的磨損降低 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$

第二章

多孔性鍍鉻方法

有兩種生產多孔性鉻層的方法：

1) 機械加工法——基本上是利用特殊工具、磨料及其他切削工具在被鍍的金屬表面上造成凹痕，這些凹痕在鍍鉻後產生了細孔。

2) 電化學法——基本上是在各種通常的鍍鉻溶液中進行陽極剝蝕處理。這種方法，應用最廣，實行最易。

電化學法就是將已鍍鉻的零件表面在鉻酸溶液中用‘逆向電流’加以處理，即：將零件作為陽極，其結果是在鍍鉻表面上產生了顯著的網狀裂縫。

鉻鍍積物經過的最後加工是砥磨和拋光，有時還經過磨製，使支撐表面的凸起部分平滑。因此所謂電化學法的多孔性鍍鉻的工藝包括以下三個連續的程序：電鍍、剝蝕處理與機械加工。

溝狀細孔的形成，視鍍鉻時的條件而定。

在鍍鉻時鉻鍍層上是有網狀裂縫的，即使厚度為 $0.001 \sim 0.005$ 公厘的裝飾性鉻鍍層上，也有一些比較不顯著的裂縫。只是在拋光的過程中，它們通常都被填平了(圖7)。這些裂縫的形成是由於主體

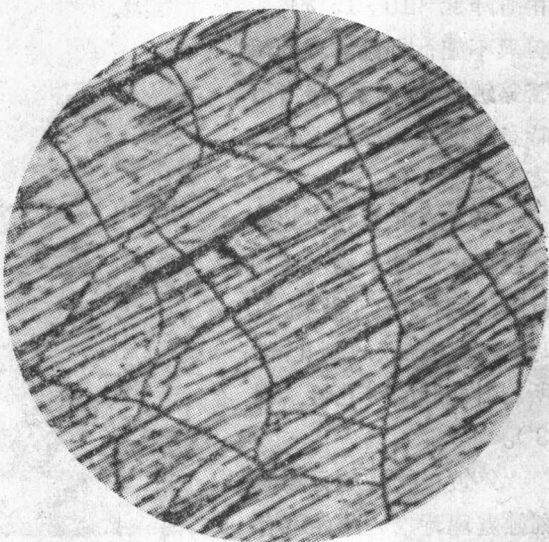


圖7 裝飾性鍍鉻後的網狀裂縫。

金屬的表面應力大於鉻的最高抗張力所致。

在用逆向電流作陽極刻蝕處理(退除鉻層)的過程中,已有的裂縫不斷地加深與變寬。同時這些裂縫向各方向伸張,直到全部表面佈滿了網狀裂縫並形成了一塊塊各種大小的小塊鉻積為止。用逆向電流來造成多孔性和減低殘留應力的結果如圖8。多孔性鍍鉻的鋼質零件在刻蝕處理後,疲勞極限稍有降低(10~15%),但與不施行剝蝕處理的緻密鉻鍍積物比較,後者有時竟降低疲勞極限至50%之多。

已具有非常細小的網狀裂縫之鉻鍍積物,在施行陽極電化學剝蝕處理時,會產生點狀的細孔,即所謂針孔狀的多孔性(圖3)。

鉻鍍積物在施行陽極刻蝕處理時,一開始就有點狀的細孔出現,其後隨

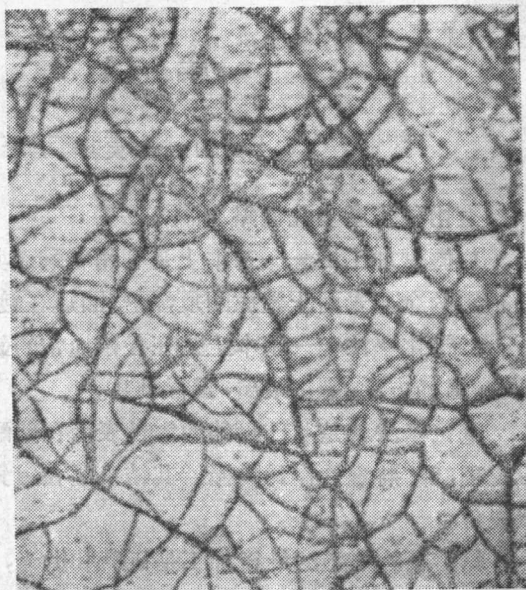


圖8 多孔性鉻(經過陽極處理後)的溝狀加大網狀裂縫。



圖9 混合型(溝狀及點狀)的多孔性鉻鍍積物。