

143138

化 學

化學生產中的腐蝕問題及其防護方法叢書

第 二 冊

778081
SWC

化 學 工 業 中 零 件 及 制 件 的 金 屬 電 鍍

Г. К. 施維里雅耶夫 著

季候風 譯

化 學 工 業 出 版 社

и Способы Защиты

Выпуск 2

* * *

Г.К.Швыряев

**ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ПОКРЫТИЯ
ДЕТАЛЕЙ И ИЗДЕЛИЙ В ХИМИЧЕСКОЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Госхимиздат (Москва 1955)

* * *

化學生產中的腐蝕問題及其防護方法叢書

第二冊

化學工業中零件及制件的金屬電鍍

季候風 譯

化學工業出版社 (北京市安定門外御路16號) 出版

北京市書刊出版業營業許可証出字第〇九二號

* * *

冶金工業出版社印刷廠印

一九五六年八月第一版

一九五六年八月北京第一次印刷 (1-4,538)

$850 \times 1168 \cdot \frac{1}{32} \cdot 46,000$ 字 • 印張 $1 \frac{24}{32}$ • 定價 (10)0.36元

書號 0029

* * *

發行者 新華書店

化學生產中的腐蝕問題及其防护方法叢書

第 二 冊

**化学工業中
零件及制件的金属电镀**

Г. К. 施維里雅耶夫 著

И. Я. 克利諾夫 主編

李侯風 譯

化学工業出版社

“化学生產中的腐蝕問題及其防护方法”
叢書中的这一冊專門叙述金屬的电鍍。

在本冊中闡述了各种电鍍及鍍層的保护作用的基本知識，介紹了电鍍时所用的設備，並給出鍍鋅、鍍鎳、鍍鉻、鍍鉛、鍍錫和鍍銀时所用電解液的成份。

本書供从事化工設備設計的工作人員及生產者閱讀。

目 錄

編者的話

緒論	(6)
電鍍的基本概念	(8)
電鍍過程的工序	(10)
電鍍前化工器械表面的處理	(10)
鍍鋅	(19)
鍍鎳	(25)
鍍鉻	(29)
鍍鉛、鍍錫、鍍銀	(40)
電鍍時採用的設備	(41)
化學工業工廠中電鍍的應用	(50)
技術經濟指標	(54)
參考文獻	(55)

編 者 的 話

金屬的腐蝕給國民經濟帶來了巨大損失。根據研究與概略的計算確定，如不採取有效的方法來防止腐蝕的話，那末由於液體或氣體腐蝕介質的作用，每年熔煉出來的金屬有三分之一將因化學破壞而永遠地損失掉。

在化學生產中，由於所用的作用物和所生成的產物的腐蝕性都很強烈，因此金屬之使用壽命便最短。腐蝕尤其縮短了在高压及高溫下工作的器械及輸送管的使用壽命。在這種情況下，有時即使是任何次要器械的器壁被腐蝕，都會迫使整個綫路或整個設備停止生產。

在我們國家里對腐蝕的防止非常注意。蘇聯的學者們全面地研究了金屬被腐蝕介質破壞時發生的物理化學過程，從而擬出了腐蝕的近代電化學理論，並確定了很多材料在不同介質中的化學穩定性的極限。

在蘇聯出版了很多有關腐蝕理論及有關化學穩定材料生產方面的有價值的著作。

但是，在化學生產中進行設計及管理工作的專家們，到今天為止還沒有一本實際的指南，來指導他們怎樣選擇適當的耐腐蝕材料以及怎樣來延長在腐蝕介質作用下的設備的壽命。

為了彌補這一缺陷，國立化學出版社開始出版一套小冊子。這套小冊子的總名為“化學生產中的腐蝕問題及其防護方法”。

這套小冊子將分三組出版。第一組專門討論在各項化學生產中的腐蝕防護方法，例如在酸、磷肥、氮及鉍鹽、氯、苛性鈉及漂白粉、染料中間體及染料、合成橡膠、合成醇以及含氮有機化合物的生產中的腐蝕防護問題。

在這一組的每本小冊子中，都將敘述在該項生產中最常遇到的設備腐蝕的類型以及防止這些腐蝕的最有效辦法。

在第二組小冊子中，將敘述在腐蝕性程度不同的介質中建築結構，房屋和建築物的適當的防蝕方法。

在第三組小冊子中，將詳述用得最普遍的化學穩定材料的特性及其使用技術。這些材料包括：金屬與合金，特殊鑄鐵，耐酸矽酸鹽水泥與耐酸混凝土，熔岩，玻璃與陶瓷材料，搪瓷，石棉酚醛樹脂，聚氯乙烯，聚異丁烯，橡皮，硬橡皮，焦油瀝青與瀝青，石棉乙烯塑膠，木材，非金屬導熱材料，漆及清漆，襯墊、填充以及過濾材料等。

每一組中的所有的小冊子都將根據統一的計劃排列，並在統一的編輯下出版。

編者誠懇地希望讀者把寶貴的意見和建議寄給我們，以便我們在準備出版以後的小冊子時考慮。

意見可以寄到下列地點：莫斯科，新廣場，10，國立化學出版社（Москва, к-12, Новая Площадь, 10, Госхимиздат.）。

緒 論

金屬保護層在化學工業中供保護器械、零件和管道在一般和較高的溫度下免受大氣腐蝕，免受酸、鹼和各種鹽溶液以及化學生產中的其它腐蝕性介質的作用之用。它也用來保護零件免受機械磨損，以及對化工器械和工具的磨損部份的恢復和保護裝飾加工。

金屬層在各種不同的應用中，保護方法的正確選擇、最合理的鍍層厚度以及鍍金屬的工藝過程都有很大的意義。

金屬保護層同基本金屬應具有較高的結合強度，並且在完全無孔的情況下應均勻地分佈在整個被保護的表面上。保護層應具有十分清淨的表面，並具有較高的硬度和耐磨性。

仔細處理金屬表面、正確的選擇溶液成份以及嚴格的遵守電鍍工作的操作規程便可以使得保護層均勻分佈，以及保護層同基本金屬間具有高的結合強度。

對無孔保護層，或在有孔的條件下也能具有可靠的保護作用的鍍層的獲得應予特殊注意。

金屬層抗蝕性的特征是金屬層電極電勢的大小和保護金屬在電位電化序中的位置，因此任何一種金屬鍍層對基本金屬講來可能是陰極鍍層也可能是陽極鍍層。

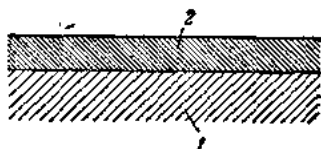


圖 1 無孔的金屬保護層

1—基本金屬；2—保護層

圖 1 所示為無孔鍍層，它對基本金屬所起的保護作用系統機械的，其保護作用直到保護層全部溶解為止。

圖 2 表示鋅為鋼的保護層。在此種鍍鋅表面上可能產生深達基本金屬的氣孔或不大的劃痕。當有水份存在和工業氣體或化學產品溶解於水中時，在鍍層的氣孔中可以生成電解液，其結果開始產生賈法尼電池作用，在這裡基本金屬（鋼）是陰極，而鍍層（鋅）是陽極。由於鋅對鋼具有很高的負電勢，它就逐漸地被破壞，從而保護了基本金屬（鋼）免於腐蝕。

当鍍陰極鍍層時，如鉻陰極鍍層（圖3），作為鉻的陽極的鋼將被破壞，從而引起鉻的剝落。

在選擇能保護金屬免受腐蝕性介質作用的最有效的金屬鍍層時，必須注意到鍍層在該介質中不平衡電勢的大小。電解液的溫度、性質、濃度、溶液運動的速度、金屬表面的狀態及一些其它因素對電極電勢的大小都有影響。

例如，在一般的大氣條件下鋅鍍層是鐵的陽極鍍層，而當溫度升高到70°C以上時本身的電勢便發生變化而成為陰極鍍層。

鉻也完全相同，在一般的大氣條件下特別鈍化，因而它的電勢就變成正電勢了。

在開始選擇有效的電鍍保護層之先，必須確定：

- a) 在該介質中工作時鍍層金屬的性質；
- б) 器械或零件的整個被保護表面上進行電鍍的可能性，並要考慮到它們的外形；
- в) 鍍上一層均勻分佈於整個制件表面上的所需厚度的鍍層的可能性；
- г) 保護層与其它金屬及合金接觸是否容許；
- д) 腐蝕性介質同時作用的情況下機械負荷的性質。

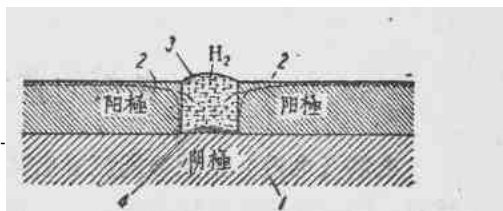


圖2 鋅為鋼的陽極鍍層

1—基本金屬（鋼）；2—鋅鍍層；
3—鍍層中的氣孔；4—鋅的腐蝕產物

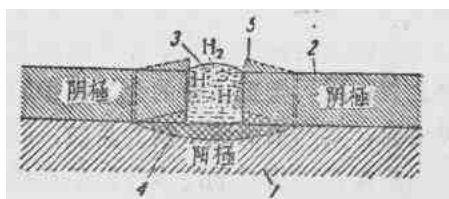


圖3 鉻為鋼的陰極鍍層

1—基本金屬（鋼）；2—鉻鍍層；3—鍍層
中的氣孔（帶有水份）；4—腐蝕產物；
5—剝落的鉻

電鍍的基本概念

電解（電鍍）法鍍金屬鍍層比其它方法具有一系列的極其巨大的優點，因此在化學機械製造業中得到廣泛的應用。

電鍍層能與基本金屬牢固地結合。被鍍金屬層的厚度在從1微米到數公厘的限度內可隨意調整。可以得到具有很大的硬度和抗磨性的金屬電解沉澱，而且在某些場合下還具有較高的抗蝕能力。

電鍍法獲得鍍層的過程是在直流電的作用下從金屬鹽的水溶液中將金屬析出。帶正電荷的金屬離子同電子作用，便在零件的表面上放掉電荷，其結果構成了新的晶核，同時結晶還要不斷增長。

根據晶核構成的速度和結晶增長間的關係的不同，可以得到各種各樣結構的沉澱——由平滑的小顆粒結晶（鉻、鎳和從鹽的組合溶液中所得到的鋅、銅及其它）到大顆粒結晶。在某些場合下，可以獲得針狀、樹枝狀的沉澱，還可以得到金屬粉末（海綿狀）。

鍍化工器械的零件時必須力求獲得小顆粒結晶的沉澱，因為在鍍層厚度較小的情況下可以具有良好的保護性能。

當電解沉澱時沉澱的析出量與通過溶液的電量成正比。析出一個克當量的任何一種金屬都要消耗 26.8 安培·小時。

一安培之直流電於一秒或一小時之內在陰極上所析出來的金屬數量稱為電化當量。某些金屬的電化當量值載於表 1 中。

電解的時間依下列公式計算：

$$\tau = \frac{h \times \gamma \times 60 \times 100}{e \eta D_{\text{к}}}$$

由此可求出金屬層的厚度

$$h = \frac{\tau \times e \times \eta \times D_{\text{к}}}{\gamma \times 60 \times 100}$$

而沉澱金屬的電流效率

$$\eta = \frac{h \times \gamma \times 60 \times 100}{e \tau D_{\text{к}}}$$

式中 τ —— 电解的时间 (分) ;
 h —— 鍍層的厚度 (公分) ;
 ϵ —— 电化当量 (克/安培·小时) ;
 η —— 沉積金屬的电流效率 (%) ;
 D_x —— 陰極电流密度 (安培/平方公分) ;
 γ —— 比重。

表 1

金屬的电化当量

金 屬	化 学 符 号 和 原 子 价	电 解 液	电 化 当 量	
			毫克/安培·秒	克/安培·小时
銀.....	Ag ⁺	氰化电解液	1.118	4.025
金.....	Au ⁺	"	2.043	7.37
鎳.....	Ni ⁺⁺	酸性电解液和氰 化电解液	0.582	2.097
鈷.....	Co ⁺⁺	酸性电解液	0.3056	1.10
鉻.....	Cr ⁺⁺⁺⁺⁺	"	0.0898	0.3235
銅.....	Cu ⁺	氰化电解液	0.6588	2.372
銅.....	Cu ⁺⁺	酸性电解液	0.3294	1.186
鉄.....	Fe ⁺⁺	"	0.2893	1.042
鎳.....	Ni ⁺⁺	"	0.304	1.095
鉛.....	Pb ⁺⁺	"	1.074	3.865
銻.....	Sb ⁺⁺⁺	"	0.421	1.515
錫.....	Sn ⁺⁺	"	0.616	2.216
錫.....	Sn ⁺⁺⁺⁺	鹼性电解液	0.308	1.103
鋅.....	Zn ⁺⁺	酸性及鹼性电解 液	0.3388	1.219
鎢.....	W ⁺⁺⁺⁺⁺	酸性电解液	0.317	1.145

金屬層的質量，和前面所說的一樣，是依电解液成份的選擇和电解液成份永恆性的保持以及操作規程、电解槽中零件和陽極的懸掛方法及其分佈情況而定。电解液成份的改變可能引起沉積的結構及其其它性質的改變，或引起沉積金屬电流效率的改變。在沒有加熱裝置

而工作的电解槽中的电解液的溫度於一年的 每季中 都不应低於 18—20°C。

为了獲得在一定的鍍層厚度的情況下具有抗蝕性和耐磨性的金屬層，必須在制件的整個被保護表面上鍍以無孔並均勻分佈的金屬沉積。

金屬層的多孔性，照例是由於電解液為陽極泥、鹽的非溶懸浮質點和灰塵沾污所引起的，而金屬表面的處理不良，制件中的夾渣，氣孔、砂眼等等的存在（特別是在鑄件上）也會導致同樣的後果。

保護層的均勻性也與電解液的攪復力和擴散力有關。

電鍍過程的工序

化工器械零件的表面上的金屬層的電鍍過程由下列工序組成：

a) 表面的處理；б) 電鍍；в) 鍍層的最後加工。

表 2 是鍍各種金屬層時所經各工序的一覽表。

電鍍前化工器械表面的處理

需要鍍保護層的化工器械和零件的表面通常多為金屬的氧化物、油垢、泥漿、灰塵等所沾污；所有這些都妨礙金屬層與基本金屬的緊密結合。因此在電鍍之前必須將金屬表面仔細清理，為此須進行機械加工、去脂、腐蝕和酸洗。

金屬表面的機械加工可用噴砂清理、磨光、拋光、刮光或在轉筒清理設備中清理等方法（根據鍍層的用途，零件、器械和制件的形狀和大小而定）來進行。

噴砂法用來清理需要鍍鋅和鍍鉛的較大的制件、金屬板、管子和零件表面上的鐵銹和鐵鱗。

表 2

電解法鍍金屬層時的工序

工 序 名 称	鍍 鋅		鍍 鉻		鍍 鎳		鍍 銅		鍍 鉛
	酸性鍍鋅	氰化鍍鋅	硬鍍鉻	裝飾鍍鉻	電解鍍鎳	化學鍍鎳	酸性鍍銅	氰化鍍銅	
磨光和拋光	—	—	Π	Π	Π	Π	—	—	—
技術檢查和測量	—	—	Π	—	Π	Π	—	—	Π
用有機溶劑去脂	Π	Π	—	Π	Π	Π	Π	Π	—
噴砂或噴末清理	M	M	—	—	—	M	—	—	M
零件表面的絕緣	—	—	Π	—	—	—	M	M	—
安裝於吊架上	Π	Π	Π	Π	Π	Π	Π	Π	Π
化學去脂並用熱水洗滌	Π	Π	—	M	M	Π	Π	Π	Π
電化去脂並用熱水洗滌	M	M	Π	Π	Π	Π	M	M	—
化學腐蝕和洗滌	Π	Π	—	—	M	—	Π	Π	Π
電化腐蝕和洗滌	—	—	—	M	—	—	—	—	—
用刷子清理	M	—	—	—	—	—	Π	Π	Π
在轉筒清理設備中清理	M	M	—	—	—	M	—	—	—
用維也納石灰(法國白堊)去脂	—	—	Π	—	M	—	—	—	—
用冷水洗滌	Π	Π	Π	—	Π	—	Π	Π	Π
化學酸洗和洗滌	Π	Π	M	Π	Π	Π	Π	Π	Π
電化酸洗和洗滌	—	—	Π	M	M	—	—	—	—
中和或貯存於蘇打溶液中並洗滌	Π	Π	—	M	—	—	—	Π	—
氰化鍍銅或鍍鎳(然後洗滌)	—	—	—	Π	M	—	Π	—	—
鍍銅和洗滌	—	—	—	Π	M	—	Π	Π	—
鍍鋅	ΚΠ	ΚΠ	—	—	—	—	—	—	—
鍍鉛或鍍錫	—	—	—	—	—	—	—	—	Π
鍍鎳	—	—	—	—	Π	Π	—	—	—
硬鍍鉻	—	—	Π	—	—	—	—	—	—
用冷水和熱水洗滌	Π	Π	Π	Π	Π	—	Π	Π	Π
干燥	—	—	Π	Π	Π	—	Π	Π	Π
磨光	—	—	Π	—	—	—	—	—	—
拋光	—	—	Π	Π	—	Π	—	—	—

續表 2

工 序 名 称	鍍 鋅		鍍 鉻		鍍 鎳		鍍 銅		鍍 鉛
	酸性鍍鋅	氰化鍍鋅	硬 鍍 鉻	裝飾鍍鉻	電解鍍鎳	化學鍍鎳	酸性鍍銅	氰化鍍銅	
去鎂和洗滌·····	—	—	M	—	—	—	—	—	—
增潤和洗滌·····	Π	Π	—	—	—	—	—	—	—
鈍化和洗滌·····	—	Π	—	—	—	—	—	—	—
裝飾鍍鎳表面的處理（與鍍銅表面 的處理類似）·····	—	—	—	Π	—	—	—	—	—
鍍鎳並用冷水和熱水洗滌·····	—	—	—	Π	—	—	—	—	—
干燥·····	—	—	—	Π	—	—	—	—	—
拋光·····	—	—	—	Π	M	—	—	—	—
裝飾鍍鉻的處理（與鍍鎳表面的處 理類似）·····	—	—	—	Π	—	—	—	—	—
裝飾鍍鉻·····	—	—	—	Π	—	—	—	—	—
電解液的回收·····	—	—	Π	Π	—	—	—	—	—
用冷水洗滌·····	—	—	M	Π	—	—	—	—	—
用熱水洗滌·····	Π	Π	M	Π	—	—	—	—	—
在100—150°C下熱處理·····	—	—	Π	—	—	—	—	—	—
在200—400°C下熱處理·····	—	—	—	—	—	Π	—	—	—
干燥·····	Π	Π	M	Π	—	—	—	—	—
從吊架上卸下·····	Π	Π	Π	Π	Π	—	Π	Π	Π
拋光·····	—	—	—	M	—	—	—	—	—
技術檢查·····	Π	Π	Π	Π	Π	—	Π	Π	Π
剝下絕緣·····	—	—	Π	—	—	—	Π	Π	—
清理·····	—	—	Π	—	—	—	—	—	—
保存·····	—	—	Π	—	Π	—	—	—	—

符 号：

Π——採用工序。

負号——不採用工序。

M——可作附加工序用。

KΠ——最後的鍍層。

附註 於鹼性溶液中處理之後零件和制件必須在熱水中洗滌。

在制件的表面上有為數較多的油垢和銹鱗的厚層存在時，於噴砂清理之前應用化學方法進行去脂和腐蝕。

噴砂清理時可採用河砂、海砂或岩砂。用砂子處理的零件愈薄和對表面加工質量的要求愈高，零件處理時所用的砂子就愈細。

薄板和螺紋零件的噴砂清理以及表面的消光應使用顆粒為0.05—0.15公厘大小的砂子；精整型鋼製成的標準件、焊接部件和制件清理時，用顆粒為0.2—0.5公厘大小的砂子；受過熱處理並復有厚層銹鱗的較大零件的清理用顆粒為0.5—1.5公厘大小的砂子。

可採用金屬碎末的噴末清理代替噴砂清理，此種金屬碎末是在特殊裝置中粉碎生鐵和鋼而製成的。這時所得到的碎末是由0.5—4.5公厘大小的顆粒所組成的。

在噴末設備中清理時，採用不大於2公厘的顆粒。

壓縮空氣的工作壓力應保持在下列限度內：薄壁零件和小零件清理時——0.5—1.0公斤/平方公分；厚度在3公厘以下的型鋼製成的標準件、焊接部件和制件清理時——1.5—2.0公斤/平方公分；復有銹鱗的較大器械和零件清理時——3—4公斤/平方公分；鑄件清理時——4—6公斤/平方公分。

噴砂清理之後制件的表面要仔細除掉殘留的砂子和灰塵，其方法是用壓縮空氣吹洗。

準備大規模進行電鍍的小零件在轉筒清理設備中清理，同時根據零件的狀態和用途可採用“干法”或“濕法”清理。

表面的最後清理、毛刺及其它不平處的清除都要用“干法”清理。將零件裝在有適當研磨料（砂子、白堊、碎玻璃、礦渣及其它）的轉筒清理設備中。

從零件表面上清除銹鱗、銹蝕可採用“濕法”清理。這時往有研磨料的轉筒清理設備中加入1%的苛性鈉溶液。

清理時轉筒清理設備的迴轉速度應為30—50轉/分；處理的時間為2—8小時。

為了清除零件表面上的粗糙處、砂眼、毛刺和腐蝕產物，在安有毡、細毛毡或木制輪（用皮子包着）的雙軸機床上進行磨光。

磨光輪的外表面應塗上膠，並根據被加工表面所要求的光潔度於其上滾以不同顆粒度的金鋼砂。

膠用冷水泡上，經 12 小時的膨脹之後於 65 °C 的溫度下將其加熱 1.5—2 小時。依金鋼砂顆粒度的不同要以一定的比例來使用水和膠。金鋼砂的顆粒度愈小，熬膠時所需之水便愈多（表 3）。

表 3

依金鋼砂顆粒大小的不同膠與水之比例

金鋼砂號	膠 量 (重量百分數)	水 量 (重量百分數)	金鋼砂號	膠 量 (重量百分數)	水 量 (重量百分數)
40	45	55	120—140	33	67
60	40	60	170—200	30	70
80	35	65	230	25	75

磨光輪的乾燥於室溫下進行 18—24 小時，於溫度 35—40 °C 下進行 6—10 小時。

表 4 介紹了各種金屬制件磨光時所應採用的工序順序。

表 4

各種金屬制件磨光時的工序順序

制 件 的 特 性	金 鋼 砂 號							帶膠 粘劑 的布 麻	磨光輪 的迴轉 速度 公尺/秒
	46—60	80	120—140	170—200	230	325	M—28		
鋼與生鐵的鍛件和鑄件·····	+	+	—	+	—	+	—	—	20—25
鋼制沖制件·····	—	+	+	—	+	+	—	—	25—30
機械加工後的鋼制件·····	—	—	+	+	—	+	—	—	25—25
銅、黃銅和青銅制件·····	—	—	+	+	—	—	+	+	15—18
鋅合金和鋁合金制件·····	—	—	+	+	—	+	—	+	10—15
不銹鋼制件·····	—	—	—	+	—	+	—	+	15—20

符 号：

正号——採用工序。

負号——不採用工序。

磨光或鍍銅、鍍鎳、鍍鉻等之后可直接拋光（光澤處理）。拋光過程，本質上與磨光過程不同。拋光時不進行磨光時所特有的金屬層的切削，但實際上也是要剝去金屬層的。該金屬層為所復鍍層重量的5—20%。

拋光用布制輪以各種膏劑和膠粘劑來進行，該種膏劑和膠粘劑由細研磨料、油脂和粘合劑所組成。

供各種金屬拋光用的膏劑和膠粘劑，其中每一成份的比例必須是嚴格一定的。

表5中列舉了供各種金屬表面拋光用的膏劑的適宜成份。

表 5

各種金屬表面拋光用膏劑之成份
(重量百分數)

物質的名稱	金 屬 表 面					膏 劑 FOR		
	黃銅 和銅	鎳	鉻	鋅和 鋁合金	不 銹 鋼	粗 的	中 等 的	細 的
工業用脂肪.....	—	1.5	3.9	4.4	—	—	—	—
硬脂.....	18.5	23.0	14.6	8.8	23.0	10.0	10.0	10.0
金鋼砂 №225.....	—	—	—	35.2	—	—	—	—
油酸.....	1.0	—	2.0	—	4.0	—	—	2.0
氧化鉻.....	—	—	78.0	36.0	73.0	81.0	76.0	74.0
磨粉.....	73.1	—	—	—	—	—	—	—
維也納石灰.....	—	71.8	—	—	—	—	—	—
地臘.....	2.0	1.5	1.5	13.4	—	—	—	—
石臘.....	5.4	—	—	—	—	—	—	—
松節油.....	—	2.2	—	2.2	—	—	—	—
矽膠.....	—	—	—	—	—	2.0	2.0	1.8
分裂油.....	—	—	—	—	—	5.0	10.0	10.0
碳酸氫鈉.....	—	—	—	—	—	—	—	0.2
煤油.....	—	—	—	—	—	2.0	2.0	2.0

拋光時輪的迴轉速度：銅、黃銅、青銅為25—30公尺/秒；鎳、鉻為30—35公尺/秒；鋅、鋁為18—25公尺/秒。