

78.55
LKJ

78.55
LKJ

专 題 譯 文 集

发动机零件的强化及防蚀

辽宁科学技术文献編譯委员会
旅大市科学技术委员会情报处

題 譯 文 集

發動機零件的強化及防蝕

江苏工业学院图书馆
藏 书 章

內 容 簡 介

本專輯收集了最近国外書刊上发表的有关柴油发动机气缸套、活塞环、曲軸、凸輪軸、柱塞付等零件的强化和防蝕方面的文献22篇，并按內容編成四个专题：鍍鉻、热处理、磨損及防磨、腐蝕及防蝕。介紹了苏联、日本、民德、匈牙利、西德、美国等国家在提高柴油机寿命方面所取得的試驗研究成果和生产实践經驗。可供从事船舶、机車、汽車拖拉机发动机及一般柴油机設計、研究、制造、运用、維修及教学人員参考。

发动机零件的强化及防蝕

辽宁科学技术文献編譯委员会

旅大市科学技术委员会情报处

旅 大 印 刷 厂 印 刷

开本 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印張 11 字数 272,000

1964年4月第1版 印数 0001—2000

編号 64—5 定 价 1.50 元

前 言

发动机制造业在机械工业中占有重要地位。这是因为，发动机与国防工业、电力工业、交通运输业、农业等国民经济重要部门都有着密切的联系，这些部门的发展，在很大程度上要取决于发动机制造业的发展。而发动机水平的高低，则决定于发动机的经济性，即发动机的效率、寿命和成本。这里，寿命是一个突出的问题。

我国在解放后，特别是大跃进以来，随着电力、航空、造船、机车、汽车和农业机械工业的建立和发展，发动机制造业也有了迅速的发展。现在，我国不但能制造各种用途和型式的较小的发动机，也能制造大功率发动机。但是，由于我国的发动机制造业还比较年青，有些问题还需要进一步提高，其中，如何延长发动机的使用寿命，就是一个十分重要的课题。

众所周知，发动机气缸、活塞环、曲轴、柱塞付等零件极易磨损和腐蚀。所谓发动机的寿命，实际上就是上述零件在修理前所能运用的时间。上述零件的修理间隔愈长，发动机的寿命也愈长。实践证明，提高上述零件寿命的最有效的方法是强化与防蚀。

近年来，国外对发动机零件的强化和防蚀进行了大量的研究和实践，积累了一定的经验，并且发表了许多有价值的文献。我们编译这个专辑的目的，就在于向国内从事发动机专业工作的同志介绍国外在延长发动机寿命方面所取得的成果和经验，以便对我们的工作有所裨益。

本专辑共收入苏联、美国、日本、民德、西德、匈牙利等国的文献22篇，并按内容编成四个专题：镀铬；热处理；磨损与防磨；腐蚀与防蚀。

目前，镀铬正作为强化发动机气缸套、活塞环、曲轴轴颈和柱塞付的最有效的手段而被广泛应用。各国的经验表明，虽然也可用其它的手段来延长上述部件的寿命，但没有一个方法能达到象镀铬那样的效果。譬如，气缸套镀铬后，至少能延长寿命2倍；曲轴镀铬后，可延长寿命2~4倍。在本专辑中，详细介绍了采用镀铬的经济效果；提出了发动机气缸套的最佳镀铬层形式；推荐了新的曲轴镀铬工艺，并且对曲轴镀铬后的持久强度进行了研究；对活塞环和柱塞付的镀铬问题也有详细的论述。

除镀铬外，对发动机零部件进行适当的热处理，也是提高耐磨性、延长使用寿命的有效措施。在这方面，以曲轴和凸轮轴的表面淬火用得最为广泛，本专辑的热处理专题中，介绍了匈牙利、苏联等国的经验，这些文献阐明了曲轴和凸轮轴的各种表面淬火工艺，还对淬火中可能出现的缺陷进行了研究，提出了改进措施。

专辑的第三部分论述了发动机零件特别是气缸的磨损和防磨问题。目前，改善气缸套磨损的措施主要有以下几种：镀铬；改进缸套材质；使用含硫量低的燃料和碱性润滑油；表面处理。本专题的三篇文献分别从不同角度介绍了采用上述方法进行磨损试验的研究成果，并对船用柴油机气缸套材质问题进行了深入的探讨。

在腐蚀和防蚀专题中，搜集了有关船舶、机车、汽车等发动机的腐蚀和防蚀资料。发动机最易产生腐蚀的零件是气缸套、活塞环和燃料泵柱塞付。其中，气缸套由于成本较高、拆换困难因而防蚀问题特别突出。气缸套水侧的腐蚀原因很多，除了一般的化学腐蚀（生锈）外，更严重的是机械腐蚀（即所谓空穴作用侵蚀）和电化学腐蚀。防蚀的方法也多种多样。

样，最常用的是在冷却水中添加防蚀抑制剂，安装防蚀锌板和涂饰防蚀涂料。本专题着重介绍了上述防蚀方法对气缸套的防蚀效果，并列出了大量试验参数和图表，这些试验成果对我国船舶、机车、汽车发动机的维护运用具有一定的实用价值。此外，在本专题中还介绍了国外在燃料泵喷嘴及活塞环方面的防蚀成果。

由于我们的水平较低，本专题在选题、翻译和编辑质量上一定还存在着不少缺点，诚恳地希望读者批评指正。

編 者 1963.12.10.

目 录

鍍 鉻

发动机零件在大批和大量生产中采用耐磨鍍鉻的問題.....	1
大型曲軸的硬鉻鍍飾法.....	8
发动机气缸鍍鉻层形式的选择.....	12
用鍍鉻方法强化新柱塞付和修复磨損的柱塞付.....	20
A50 內燃機車柴油机用多孔鍍鉻和等温淬火法强化的活塞环耐磨性的研究.....	30
鍍鉻曲軸的持久强度.....	41

热 处 理

曲軸的火焰淬火.....	46
高频淬火时曲軸軸頸产生裂紋的原因.....	60
关于鑄造曲軸合适的感应表面淬火.....	63
內燃機車柴油机焊接机体的热处理問題.....	70
凸輪軸的浸液淬火.....	75
凸輪軸的火焰淬火.....	80

磨 損 及 防 磨

关于船用柴油机气缸套的磨損和材質問題.....	88
提高內燃機車柴油机气缸套和活塞环的耐磨性.....	99
燃料中的含硫量对柴油机腐蝕磨損的影响.....	105

腐 蝕 及 防 蝕

柴油机气缸套的防蝕.....	116
柴油机冷却水系統的防蝕.....	126
汽車发动机冷却系統用防蝕剂及腐蝕試驗法.....	135
鋁制汽車发动机元件的抗腐蝕性能.....	142
腐蝕抑制剂对空穴作用机械腐蝕的效果.....	149
內燃机活塞环的腐蝕.....	157
DMH 发动机燃料噴嘴的腐蝕原因及防蝕措施.....	162

发动机零件在大批和大量生产中 採用耐磨鍍鉻的問題

〔苏〕Р. В. КУТЕЛЬ

易磨損零件鍍鉻能延長其壽命好幾倍，這一事實人們已知道將近十年了，但是耐磨鍍鉻（與裝飾性鍍鉻以示區別）的採用範圍直到現在還不廣，它甚至在修理中也很少採用，在大批生產中也只是少數零件（例如，活塞環）採用鍍鉻。這種早就經過驗證的、能保證從根本上延長發動機壽命的方法幾乎仍無使用。

許多易磨損的零件在大批和大量生產中廣泛採用鍍鉻是有必要的，以汽車發動機氣缸和曲軸為例就足以說明鍍鉻是合適的。

在備件消耗定額方面，ГАЗ—51 和 ЗИЛ—150 汽車發動機的活塞平均每10個月要更換一次；活塞環每 7—8 個月要更換一次；軸瓦一年要更換兩次；此外，每 100 輛汽車每年需用 7—9 個氣缸體、10—11 根曲軸。А—54 拖拉機發動機的氣缸套平均每年要更換一次；曲軸每 4 年要更換一次；連杆軸瓦和主軸瓦以及活塞可使用 15—16 個月，而活塞環使用則不到一年。由於大多數發動機是在有腐蝕磨耗和磨料磨耗的不良氣候條件下運用，再加上它又處在高負荷工況下，所以需要大量的備用零件，而不盡完善地組織修理和過早地更換未達到使用期限的零件也有關係。修理的勞動量大，它包括要求高精度的零件的機械加工工序：汽車發動機鑄機體；曲軸軸頸多次重磨。

通常，發動機需要大修是由於氣缸和曲軸軸頸的磨損所致。ГАЗ—51 和 ЗИЛ—120 發動機氣缸磨損往往提前，在這種情況下，在鑄氣缸的同時，通常要重磨曲軸。如果曲軸的磨損也提前，則在重磨曲軸軸頸的同時，也要鑄削氣缸。在更換氣缸套或鑄氣缸的同時，要更換活塞和活塞環，而重磨軸頸時，則要更換軸瓦。

可以斷定，蘇聯製造的發動機在上述的運用條件下，氣缸和曲軸的耐磨性是夠的。如果能大大提高耐磨性，則可顯著地減少大修次數，取消兩道複雜的加工工序（鑄氣缸和重磨軸頸），從而降低修理的勞動量。這點可由採用鍍鉻來實現。

發動機氣缸的鍍鉻效果在很大範圍內變動，它決定於鍍層的形式和性能、發動機的結構及其工作條件。然而鍍鉻的作用通常是顯著的，其中包括在特別嚴重的磨損條件下也是顯著的。現舉幾個例子如下：

三台 ЗИС—5 發動機，其中每一台有 3 個氣缸鍍鉻，在作運用試驗後查明，鍍鉻和不鍍鉻氣缸的磨耗差為 13—14 倍（兩台發動機在汽車上試驗，而一台是在固定式裝置上試驗）。ГАЗ—М 發動機在加入石英粉作試驗台試驗時，鍍鉻氣缸的磨耗比不鍍鉻的鑄鐵氣缸的磨耗小 $\frac{1}{8}$ — $\frac{1}{10}$ ；活塞環的磨耗相應減小 $\frac{1}{2}$ — $\frac{3}{8}$ ，而活塞磨耗減小 $\frac{1}{8}$ （И. С. Вороницын 的資料）。

11 台氣缸鍍鉻的 ЗИЛ—120 發動機在汽車行走公里為 40,000 到 90,000 公里的運用試驗後表明，氣缸的耐磨性提高 3—7 倍，活塞環耐磨性提高 1—3 倍；活塞環的使用期限延長到 60,000—80,000 公里（在鍍鉻氣缸中工作的活塞環不要更換）。這時，氣缸的磨耗量如下表

所示 (B. K. Горбатов的資料)。

汽 車	运 用 条 件	走 行 公 里 千公里	磨 耗 微米/1,000公里
ЗИЛ—150	一般条件, 中等公路	60—90	0.7—0.9
ЗИЛ—585	困难条件, 恶劣公路和露天矿	40—80	0.9—1.2
带拖车的 ЗИЛ—151	困难条件, 恶劣公路	50—80	1.4—1.6

三輛汽車用 2 等汽油和 6 号 10 号汽車潤滑油在总走行公里为 200,000 公里以上的运用試驗后查明, 在活塞和活塞环的使用期限同时延长 0.5—1 倍的情况下, 鍍鉻气缸套的耐磨性要比鑄鉄气缸套增加 3—6 倍。B—2 型 12 缸柴油机在牵引車上試驗时, 鍍鉻气缸套的使用期限比鋼制渗氮气缸套的使用期限延长 3 倍〔1〕。

C—80 拖拉机 KAM—46 发动机的鍍鉻气缸套运用期限比不鍍鉻气缸套运用期限长 2—3 倍〔2〕。两台只在气缸套上部分鍍鉻的 A—35 拖拉机发动机用含硫燃料作試驗台試驗 (由国立汽車与拖拉机科学实验研究所所作的試驗) 时, 其气缸套的磨耗比鑄鉄气缸套的磨耗小 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ 。

AШ—62ИР 航空发动机鍍鉻气缸的磨耗比鋼制渗氮气缸的磨耗小 $\frac{1}{2}$ (K. A. Крылов 的資料)。

汽油机在加入石英粉作試驗台試驗时, 其鍍鉻气缸的磨耗比鑄鉄气缸小 $\frac{1}{4}$, 在鍍鉻气缸中的鋁活塞磨耗比鑄鉄气缸中的活塞磨耗小 $\frac{1}{9}$, 而活塞环則小 $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{4}$ 〔3〕。

气缸鍍鉻在降低活塞和活塞环磨耗的同时, 可提高气缸使用期限 1—9 倍。例如, 載重汽車在 160,000 走行公里內, 其柴油机气缸的磨耗为 50 微米, 即約为 0.3 微米/1,000 公里。直径为 350 毫米的鍍鉻气缸套在柴油机工作 1,000 小时內的磨耗为 5 微米。小型船舶輔助发动机鍍鉻气缸套的磨耗降低 $\frac{1}{10}$ 〔4〕。根据同一个作者的另一份数据, 在鍍鉻气缸中的活塞环磨耗降低 $\frac{1}{4}$ 。

用直径为 108 到 222 毫米的气缸的两冲程船舶柴油机在試驗后表明, 气缸鍍鉻时, 耐磨性提高 3 倍 (根据 92 个不鍍鉻气缸和 104 个鍍鉻气缸的平均数)〔5〕。

气缸鍍鉻的 375 台 General Motor 六缸发动机在紐約牌汽車上的运用試驗表明, 气缸使用期限延长 4 倍; 鍍鉻气缸的平均磨耗为 1.5 微米/1,000 走行公里〔6〕。

西德生产的气冷式机器脚踏車发动机的鍍鉻鋁气缸的使用期限超过不鍍鉻鑄鉄气缸的使用期限 2 倍〔7〕。西德在 1948—1950 年对各种不同的汽車发动机 (两冲程和四冲程, 汽化器式发动机和柴油发动机, 水冷式和气冷式) 的 1,000 个鍍鉻鋁气缸所作的試驗証实了鍍鉻层具有高的耐磨性。在走行公里超过 100,000 公里时, 鍍鉻气缸的平均磨耗为 0.4 微米/1,000 公里, 即比鑄鉄气缸的平均磨耗 (3 微米/1,000 公里) 小 $\frac{1}{15}$ 〔8〕。

在英国 1956 年的汽車手冊中指出, 发动机很早就采用鍍鉻气缸套, 它在最繁重的运用条件下表现出耐磨性能, 在磨蝕和磨料粉的作用下具有良好的效果。与鑄鉄气缸套的使用期限相比, 鍍鉻气缸套使用期限提高 7 倍〔9〕。事实上, 載重量为 7 吨的英国 Commer 汽車汽化器式发动机鍍鉻气缸的磨耗約为 1 微米/1,000 走行公里。Riley 小排量 (工作容积 1.5 公升) 小轎車在 87,500 走行公里之后, 其鍍鉻气缸的磨耗不超过 12—20 微米, 即小于 0.25 微米/1,000 公里。

根据美国 1954 年的参考資料, 具有最佳孔隙的鍍鉻气缸在正常运用条件下, 比鑄鉄气缸

或鋼气缸的磨耗慢 $\%—\%_{10}$ [10]。

因此，苏联、英国、美国和西德的經驗无可爭辯地証实鍍鉻的效果。虽然也用其他的方法来延长气缸的寿命，但其中没有一个方法能得到这样显著的效果[11]。

至于曲軸軸頸的鍍鉻，在鍍层厚度为30—60微米时，可使汽車发动机在重磨曲軸之前的走行公里增加2—4倍；在某些情况下，該走行公里达到480,000公里[12]。在小型高速发动机中，鍍鉻可使曲軸軸頸的磨耗降低 $\%_{10}$ [13]。功率为400馬力的船舶用蒸汽机曲軸軸頸在鍍鉻层厚度为100微米时，其使用期限延长5倍[12]。

鍍鉻会减小零件的疲劳极限（在某些情况下，减小30%左右），所以鍍鉻曲軸的安全系数应通过試驗来检查。防止軸頸圓根部鍍鉻或在鍍鉻之前使曲軸冷作硬化，这样可避免降低安全系数。如果这种加工造成残余压縮应力时，鍍鉻零件的疲劳强度甚至还比不鍍鉻零件高[14]。

往往无根据地把活塞环的鍍鉻和气缸的鍍鉻对立起来，认为用前一种方法没有很大的价值。事实上，活塞环鍍鉻不仅能延长活塞环本身的使用期限，同时也能延长气缸的使用期限，根据多次試驗的資料，使用期限平均延长0.5倍。根据本文作者的意見，原因是：鉻对鑄铁的摩擦系数小（比鑄铁对鑄铁的摩擦系数为小）；在气缸上部分氧化膜的破裂强度較低，以及活塞环鍍鉻表面不可能有会擦伤气缸鏡面的磨粒。如果磨耗是适度的，則上活塞环的鍍层能长久保持着，并长久影响着气缸的磨耗。在严重磨耗时，这种影响大为降低，因为，第一、气缸表面开始起腐蝕和磨料的作用；第二、活塞环的鍍层迅速磨損，活塞环在活塞行程的全长內的較大摩擦路程促进了这种現象。

气缸鍍鉻和活塞环鍍鉻的第一个区别在于气缸表面上的鍍鉻层的磨耗要緩慢得多，气缸鏡面任何一部分与上活塞环的接触時間比活塞环各个部分与气缸鏡面的接触時間少 $\%_{10}$ ，所以气缸鍍鉻对气缸本身、活塞环、活塞裙部和上活塞槽的磨耗起很长久的影响（这点与活塞环鍍鉻較暫短的效果是不同的）。后一种情况是由于气缸在較小的磨耗时决定于受磨耗气缸形状走样的上活塞弹性变形数值和次数减少的緣故。

第二个本質上的区别是：气缸鏡面上的鉻层能直接防止气缸鏡面受腐蝕和磨料的作用；这种直接保护作用比活塞环鍍鉻的間接影响更为有效。

第三个根本区别是前两个区别的結果：气缸鍍鉻和活塞环鍍鉻相比，能延长其使用期限好几倍，并且发动机工作条件愈繁重，愈能明显地表现出气缸鍍鉻的优越性。

簡短評述发动机气缸成批鍍鉻的实践以便判断这种方法是否可用和是否可推广是有益处的，現在我們举一些数据。

苏联許多年来广泛而成功地采用鍍鉻来修复合式航空发动机的气缸。美国在战时和战后也采用了鍍鉻，也同样广泛地利用鍍鉻来修复气冷式坦克发动机的气缸（在战时，用这种方法能满足約一半气缸的需要）。在备品缺乏期間，大型运输企业用鍍鉻法大量修复受磨損的气缸体，特别是汽車的气缸体。战后船舶发动机、輕型气冷式鋁发动机（例如伐木鋸）、汽車强載柴油机和內燃機車发动机等的气缸采用鍍鉻。1955年美国鉄路上运用的四种型式內燃機車中就有三种用鍍鉻的气缸套。

英国鍍鉻气缸已采用将近20年。根据1948年倫敦汽車展覽会的資料，Leysmall 专业化公司成批制造了一种鍍鉻的干式气缸套，在英国生产的气缸直径为57—110毫米的发动机几乎全部使用这种气缸套，它能保証在很小磨耗下实现160,000走行公里。根据公司1957年的資料，这种气缸套在Austin、Albion、Bedford、Commer、Dennis、ford、Land-Rover、Leyland、Morris

和 Thornycroft 等汽車的發動機上採用。顯然，其中大多數氣缸套是在發動機修理時安裝上，但也有在新發動機上用這種氣缸套的例子。例如，早在1953年就有14個地區的 Karrier 汽車的發動機用鍍鉻的干式氣缸套。在1958和1959年出現有關 Perkins 公司生產的、用鍍鉻干式氣缸套的 Six—305型柴油機（6缸、工作容積 5 公升，在 2,600轉/分下的功率為89馬力）和 Four—203 型柴油機（4缸、工作容積 3.3 公升、在 2,000轉/分下的功率為60馬力）的說明。前一種型式柴油機安裝在載重量為4—6噸的 Commer 公司汽車和 Karrier Gamecock 汽車上。

西德從50年代開始大量生產機器腳踏車發動機的鍍鉻鋁氣缸。從1951年到1956年生產了一百萬以上的气缸〔7〕。在日本三輪汽車發動機的气缸也採用鍍鉻。

雖然鍍鉻的效果在很大範圍內在各種不同的發動機上得到驗證，但在國外採用得並不廣泛，這是可以意料的，其原因在於發動機運用特點以及資本主義國家評價結構經濟性有特殊的準則。

在美國和中歐國家，汽車拖拉機的發動機採用有特殊添加劑的含硫很低的燃料和潤滑油、主要在較溫和的氣候下，在沒有保養站分支網條件下使用。在這些條件下，往往在不採用鍍鉻下就能達到適當的使用期限。如果想提高耐磨性，往往由於鍍鉻的成本阻礙着鍍鉻的利用，因為這樣要增加費用，降低公司的利潤。公司終究只是在能促進增加發動機銷路，並且多賣出的發動機所得的利潤須超過因縮減備品出售而帶來的損失時才對提高發動機的壽命感興趣。

農業拖拉機短時間使用以及承受較小的負荷對於拖拉機發動機也有着很大的意義。例如，在美國一台拖拉機一年平均使用低於 800 小時；在英國一年為 700 小時；在蘇聯 AT—54 拖拉機一年平均工作約 2,000 小時，即幾乎多 2 倍；在這種情況下，在蘇聯拖拉機一年工作比美國拖拉機工作多 2.5—3 倍，而比英國多 7—9 倍。

根據上述的資料，可以斷定，國外發動機氣缸鍍鉻受到限制不能作為在蘇聯反對廣泛採用鍍鉻的理由。在蘇聯的條件下，採用鍍鉻無疑是合適的，正如下面將要談到的，鍍鉻具有很大的技術經濟效果。

在計算鍍鉻技術經濟效果時，我們認為可以期望氣缸使用期限延長 2 倍；活塞延長 0.5 倍；曲軸延長 2 倍。

為了計算鍍鉻的概略成本，取如下的附加費用：車間經費為生產工資的 400%，企業管理費為生產工資的 60%，其他費用為生產工資的 25%，廢品損失為生產工資的 10%。在選定折合成一個零件所需的工資量時，考慮到氣缸套是一個大型的零件，而不是普遍形狀的沉重零件，在鍍鉻和準備鍍鉻過程中，它在傳送帶化生產和自動化生產的條件下調動的次數很少，整個過程由很少的人員看管，在這些條件下，取一個氣缸套的生產工資數額為 2 盧布，大概這個數額稍高些。一根曲軸（看成是較沉重和形狀較複雜的零件）的工資數額為 4 盧布，這時不計及鍍層面積附加費的一個氣缸套工資為 11 盧布 90 戈比，一個曲軸為 23 盧布 80 戈比。一個零件計及鍍層面積和厚度的費用（決定於鍍鉻酸酐和電能的消費），在氣缸套鏡面鍍層為 0.15 毫米，曲軸軸頸鍍層為 0.07 毫米時，對於 3M—130 發動機的氣缸套為 2 盧布 15 戈比，A—54—4 發動機氣缸套為 4 盧布 35 戈比，3M—130 發動機的曲軸為 1 盧布 67 戈比，A—54 發動機的曲軸為 2 盧布 90 戈比。3M—130 型汽車發動機氣缸套鍍鉻總成本（不包括基本建設投資）約為 14 盧布，A—54 型拖拉機發動機的氣缸套約為 16 盧布。曲軸鍍鉻成本分別為 25 盧布 50 戈比和 26 盧布 70 戈比。

在這數字中，一方面未計及零件在鍍鉻後機械加工（曲軸拋光、氣缸套搪磨）的不大費

用，另一方面也沒有考虑在生产中因取消活塞环鍍鉻（在气缸鍍鉻时是多余的）而带来的节约，同时也沒有考虑气缸套采用最廉价鑄鉄的可能性和縮減汽車活塞和軸瓦的修理尺寸項目。在利用最新的鍍鉻法时，沒有注意到大大降低造价的可能性。例如，采用流动电解液問題。因此，应当認為上述的概略成本是偏高的，总之是最高的。不难相信，这些附加費用以后可得到多次的弥补。3ИЛ—130 型 8 缸汽車发动机在气缸套和曲軸采用鍍鉻后，其生产成本和价格增加为 137 卢布 50 戈比。由于这型发动机还没有投入生产，所以我們假定这样要增加現在制造的 3ИЛ—164 发动机的价格。这种发动机价格为 3235 卢布，占 3ИЛ—164 汽車成本的 21%。在采用鍍鉻时，发动机的价格增加 4.2%，但这时占汽車成本 20% 的主要机組在大修前的使用期限延长 2—3 倍。

实际上，甚至汽車发动机气缸套和曲軸使用期限总共只延长 3 倍时，也不需要 在 200,000 走行公里以前进行大修：在气缸磨损速度为 1.5 微米/1,000 公里时，在 200,000 走行公里內的磨耗只 0.3 毫米，即比气缸极限磨耗（0.5 毫米）一半略大些。在这走行公里內，平均节约不少于 3 次大修，每次大修要花費 1,600 卢布。因此，用戶在大修上每台发动机只少可节约 4,800 卢布，此时还没有考虑如下几个方面的节约：减少修理停頓時間；降低保养較耐用机組的劳动量；减少发动机的流动資金；减少潤滑油和燃料的消耗量以及发动机运往修理工厂和运回的費用。在慎重地估計了 200,000 走行公里內在上述各个方面能节约 500 卢布之后，在具有鍍鉻气缸套和曲軸的每台发动机上汽車运输方面的总节约为 5,300 卢布，超过新发动机价格的 0.6 倍，超过鍍鉻費用的 37 倍。

А—54 型四缸拖拉机柴油机在气缸套和曲軸采用鍍鉻后的成本和价格增加 92 卢布（零数不計），即增加的价格仅为新柴油机价格（12,540 卢布）的 0.7%，而新柴油机的价格为无液压設備的拖拉机价格一半以上。为了評定这个措施的效果，我們确定拖拉机在 8 年运用的時間內备用气缸套和曲軸的需要量預期变化情况以及相应費用降低的情况。

在这个期限內，在每年更换气缸套的实践中要耗用 7 組气缸套，即 28 个气缸套（淨重約 193 公斤），其中 24 个气缸套将由用戶花費 1,488 卢布（每个气缸套按 62 卢布計），而鍍鉻气缸套在 8 年內更换不多于 1 次，因此，在这期限內只耗用 8 个这样的气缸套，其中每个气缸套的价格貴 13 卢布。在这种情况下，用戶只花費約 300 卢布，并且仅在零件成本上就节约近 1,200 卢布，这时尚未計及以下几方面的节约：活塞使用期限只少延长 0.5 倍；活塞环延长 1—2 倍；修理費用的节省等。每台发动机金属节约 137 公斤（淨重）。

А—54 发动机的曲軸目前平均每 4 年更換一次，而曲軸軸頸在此期間內要重磨两次，这就常常引起精度降低，并縮短軸瓦的使用期限。备用曲軸的价格为 1,209 卢布，而鍍鉻曲軸的价格要貴 26—27 卢布，但这种曲軸在具有足够的刚度和疲劳强度时，在发动机整个使用期限內不需更換。用戶在采用鍍鉻曲軸的每台发动机上节约不少于 2,000 卢布。

发动机修理企业的数量和人員可縮減，汽車拖拉机工厂可减少备用气缸套、活塞、活塞环和曲軸的生产。在气缸套和曲軸采用鍍鉻时，备用件的成本仅在一种型号的汽車发动机上（大量生产中）每年的节约就約为两亿卢布。同时也应当注意到間接的节约，例如，由于取消鏤气缸和重磨軸頸的工序而提高修理的質量。已磨損的气缸套和曲軸（在目前被当作是廢件的）用再次鍍鉻法进行集中修复可附加节约金属和資金。

在沒有确定为組織鍍鉻車間所需的基建投資的情况下，不能認為技术經濟核算是充分的。我們不作这种計算，但在电鍍車間的設備相对的簡單（电源除外）时，可以肯定說，筹建电鍍車間的費用約在一年時間內在国民經济中就可得到完全弥补。

往往有人提出电鍍車間的面积要很大和要有很多的电鍍槽的理由作为反对零件在大量生产中進行耐磨鍍銘的理由。这些理由是以单个零件在万能装置內以現有方法进行耐磨鍍銘的概念为根据的。在大量生产中电鍍装置专业化时，能保証充分可能建立具有高生产率自动流水綫。这时，电鍍車間的面积可用强化鍍銘过程的現代方法而大大縮小。例如，在有催化剂的电解液中，銘沉积速度可提高到50微米/小时（目前一般是25—30微米/小时），而在流动电解液中可提高到100微米/小时和更高。但是新的鍍銘方法要求工艺調整和檢驗，并且要在最短期內实现。

各型內燃机气缸的鍍銘效果在好多年內进行过大规模地驗証；广泛应用鍍銘的合理性是没有疑問的。曲軸軸頸不大規模地采用鍍銘，但它的效果是没有疑問的，因为它的效果为发动机修理中各种曲軸鍍銘的試驗所証实。汽車拖拉机的发动机和其他发动机的气缸套和曲軸軸頸在其大量生产的实践中必須采用鍍銘，这样可保証汽車发动机实现 200,000 走行公里而不必大修，并保証拖拉机发动机可运用 4 年（6,000—8,000 小时），初步实现如下的办法：

1. 用气缸和曲軸鍍銘的大批汽車和拖拉机发动机进行全面的試驗台試驗和运用試驗，以便确定各型发动机气缸套和曲軸軸頸的最适宜的鍍銘层厚度；規定各型发动机气缸套最适宜的鍍銘层形式，以及检查曲軸在鍍銘时可能有的强度降低，在必要时，制定强化的方法；
2. 考虑到日益增长的工业需要量，应增加銘酸酐的生产；
3. 拟定自动綫的結構，在专业化工厂組織大量生产新型汽車发动机和拖拉机发动机用的鍍銘气缸套和曲軸，或在現有工厂新建的电鍍車間內进行这些零件的鍍銘；
4. 組織 ДТ—54 发动机气缸套的鍍銘和生产 ЗИЛ—150 和 ГАЗ—51 发动机用的鍍銘干式气缸套，以及組織这些发动机的曲軸进行鍍銘，以便减少現有汽車和拖拉机的修理次数和修理时的备用件消耗。

参 考 文 献

1. Ефремов В. В. Повышение сроков службы рабочих поверхностей гильз и поршневых колец путем покрытия их пористым хромом, сб. "Износ цилиндров и поршневых колец" Изд-во АН СССР, 1954.
2. Розенбаум М. С., Жиденко М. В., Гельштейн М. Я., Восстановление чугуных гильз двигателей методом хромирования, "Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства" №50—52.1953.
3. Pyles Russell, Porous chromium in engine cylinders, "Diesel Power and Diesel Transportation", 1944, XII, V. 21, No.12.
4. Williams C. D., Porous chromium hardening on diesel engine cylinders, "Engineering", 1948.6.11, "Mechanical World", 30. 1, V. 123, No.3185, 1948.
5. Payne W. G., Joachim W. F., Investigations on cylinder-liner wear, "SAE Quarterly Transactions", I. V. 3, No.1, 1949.
6. Moreland J., Cylinder life multiplied by 5.
7. Kaminski E., Porazinski S., Piezwsze doswiadczenia nad zastosowaniem chromowanych cylindrow aluminiowych, Techn. motoryz., 6, No.9, 1956.
8. Mahle E., Bewährung von verchromten Leichtmetallzylindern, MTZ, No.6, XI—XII, 1951.
9. Automobile Engineer Reference Book, 1956.
10. Engine metals and engine wear, Metal progress, 15/VII, 1954 (Supplements for the 1948 ASM Metals Handbook).

11. Кугель Р.В., О повышении износостойкости цилиндров двигателей, "Автомобильная промышленность" №3, 1960.

12. Buyer R., The development of industrial applications of hard chrome in France, Chrome Dur., 1949, 22—27.

13. Oswald J. W., Engineering applications of electrodeposited metals, J. Incorp. Plant Engineering, XI—XII, P.562—567, 1951.

14. Walter R. M., Surfaces treatment for metals, "Journal of metals", IX, 1959.

齊孟鵠 譯自苏联 "Вестник машиностроения", 1961, No.1, 3—9.

顧帆校

大型曲軸的硬鉻鍍飾法

〔美〕 D. D. DALRYMPLE

磨損的曲軸利用鍍鉻得以很好的修復。本文敘述一種把軸頸和陽極都包圍在塑料箱內並使軸轉動的電鍍方法。電鍍液經塑料箱循環流動。鍍鉻前須徹底檢查。表面狀況和平直度必須檢查。鍍鉻後的磨光是一種精密操作，須精確控制。

本文作為大型曲軸磨損後的修復方法來對鍍鉻問題進行探討。軸頸的直徑可達6—13吋，重量達500—2,000磅。該種曲軸可有1—8個曲拐。由作者所在公司所鍍鉻的大多數曲軸是用於多種內燃機車上的。然而，有許多固定式柴油機曲軸以及用於壓縮機和沖压机上的曲軸，也是鍍鉻的。

除實際鍍鉻操作外，對輔助操作亦將稍加敘述，因其對獲得全部良好結果起重要作用。這些輔助操作是：初步檢查、初磨、清理、精磨、拋光和最後檢查。

第一項是預檢。曲軸用磁粉檢查法來確定其表面有否缺陷。圖1示出該項操作。應在暗處應用螢光粉和紫外綫。為攝制該照片（指圖1），罩子被拿掉了。有時軸頸表面出現嚴重裂紋，後者系由於軸承有故障而引起的溫度突然升高所致。若這種裂紋不能以適當修磨而消除的話，則通知訂貨者，並權商曲軸的處理問題。若軸表面無疵病，則可作全套尺寸檢查，其中包括：測量軸頸的尺寸、齒輪的配合處、軸頸、法蘭面和突緣的磨損；確定曲柄銷的夾角和平行度，以及沖程的長度。

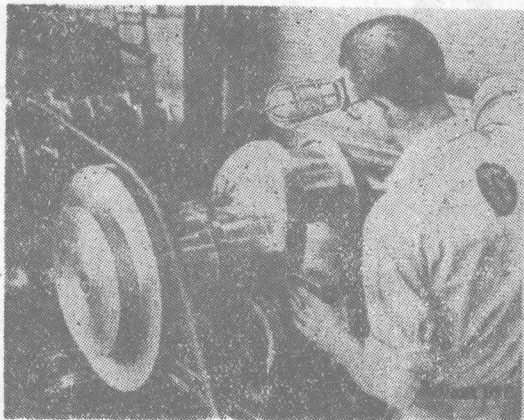


圖1 磁粉檢查

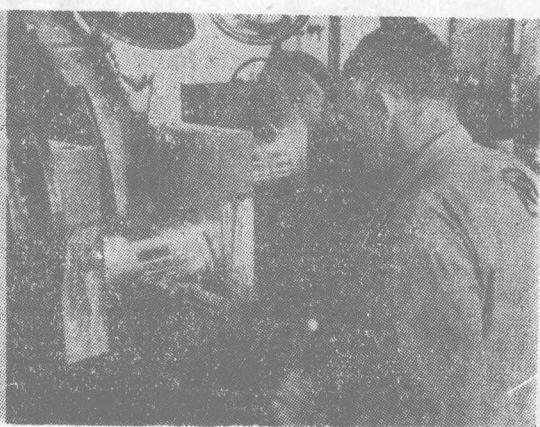


圖2 曲柄銷的磨光

若曲軸上無超過修理標準極限的缺陷，或無不能以適當矯正或磨光而加以修正的缺陷，則可將其裝到曲軸磨床上（見圖2）。曲軸在該機床上磨去足夠的金屬，以消除軸頸表面的缺陷，使尺寸正確。軸頸的平行度、不圓度和角度偏差必須修正。在磨光操作過程中，為消除所有的表面缺陷，需用視覺或磁粉加以檢查。正如任何一個電鍍工均熟知的，鉻不但不會遮蓋缺陷，實際上還能擴大缺陷。這樣，對於一根鍍前很好準備的軸來說，在精磨操作後將獲得良好的和厚度均勻的鍍層。圖3所示的系磨光後的軸頸。圓角附近的未磨削的區段是顯而易見的。這部分軸頸很少有任何磨損，並且它在後面將說明的鍍鉻操作中有兩個用處。

虽然清理工作较为简易，然而它能造成一个具有良好附着力的、无凹坑的表面。轴颈系

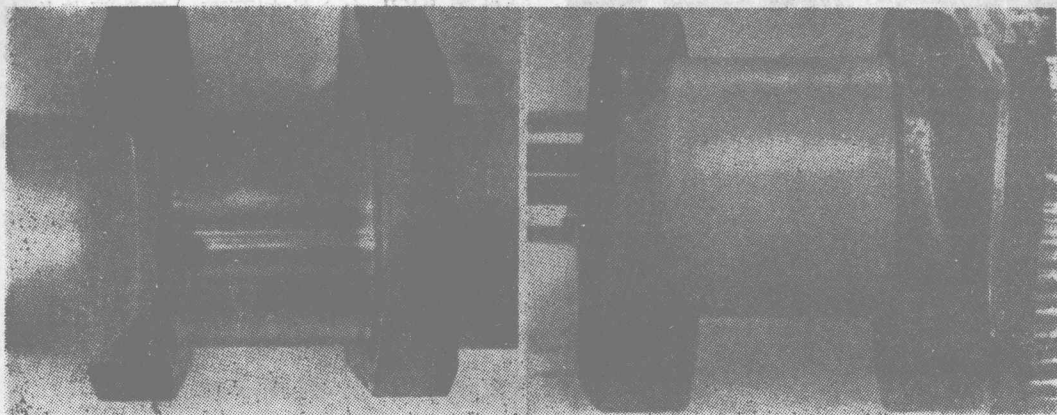


图 3 轴颈的镀前准备

图 4 镀前经喷砂清理的表面

用石油溶剂手工清洗，随后作喷砂清理。图 4 所示的系经喷砂清理的光滑面。须特别注意的是，该表面在镀前须避免操作者的触摸。

1954年，对电镀曲轴制了如下的处理方法。实质上这是一种曲轴以其二端支承于箱子或掣挡的上方并慢慢转动的方法。要镀铬的各段轴颈被包围在装有圆柱形阳极的塑料箱内。铬酸溶液在一定速度下加压流过塑料箱，并维持一个常温。

图 5 示出这种电镀机的全景。在这一根曲轴上仅四个主轴颈在电镀。在最左端能看到一个作为负电接点的滑环装置。靠近滑环电刷右侧的是一只由匀速转动的带齿轮的电动机带动的链轮。曲轴的左端卡紧在卡盘上，而另一端则在中心架中旋转。正电是通过与曲轴平行且在其上面的汇流杆供给的。软电缆将汇流杆与各个阳极相连接。铬酸溶液自一温度受控制的柜子内被压送到直接安装在铜汇流杆下面的支管内。再从支管经软塑料管流入塑料箱。从塑料箱通出另一根软管使溶液流到回流支管，并由此流回柜子。

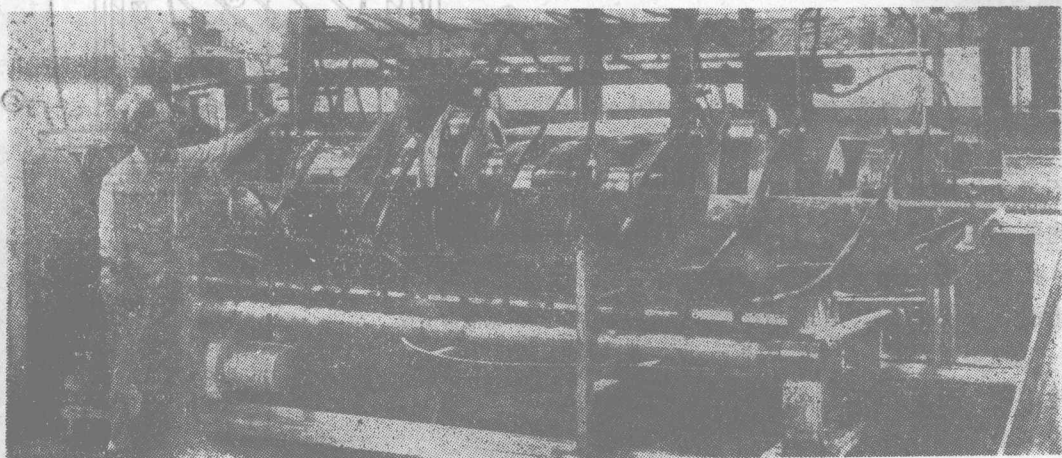


图 5 大型曲轴的电镀机

图 6 所示系同一根曲轴右端的近景。从该图中可看到在前面的排尿管，以及突出于塑料箱顶面的导杆。该杆有两个用途。它由于支靠在构架（靠近照片上部）上，因而可防止塑料箱随曲柄一起旋转。若塑料箱座于主轴颈上，则导杆就不运动。对曲柄销来说，当轴旋转时就作垂直摆动。导杆还用来将电镀电流导至阳极。金属夹装于四角，将箱的二半夹拢。

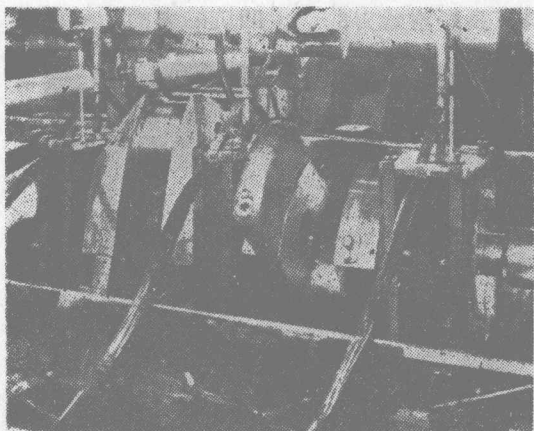


图 6 鍍鉻曲軸的近景圖

着不磨的。因为該区段由于軸承有間隙，很少磨損，它就被利用作为填料在其上滑行的軌道。而且从磨过区段至未磨过区段的較大的过渡半径就成为从鋼至鉻的一个理想过渡。由于該处复有填料，因而在圓角处一点也沒鍍到。这是一个明显的优点，因为曲軸的薄弱部分正好是曲柄銷的圓角。換句話說，假如曲軸断裂的話，裂紋往往产生于圓角，然后經過曲臂一直伸展到邻近的軸頸。若圓角处不进行鍍复，則疲劳强度将不会由于鋼的氢脆而降低。当然，也可把該处遮蔽起来，但这是一項耗費時間的操作，而且不能百分之百的保証避免产生一些沉积作用。

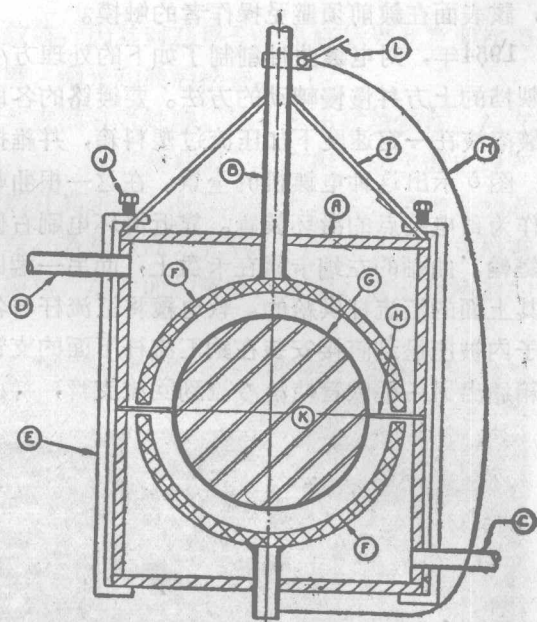
图 8 示出了用这种電鍍方法而获得的表面的范例。在軸頸表面上沉积 0.040 吋而几乎没有微量凸起的鍍层并不少见。这还不是最好的实践。我們曾按照某些訂貨者的要求在直径上鍍复过 0.25 吋厚度的鉻层，我們认为，由于鉻和鋼之間的膨胀系数接近 2 与 1 之比，以及由于其缺乏延展性，因而采用該厚度仍有許多危險。然而据我所知，这些曲軸中無論哪一根都未曾在使用中由于鍍层太厚而出問題。

异常均匀的鍍层厚度是由于采用旋轉鍍复法而获得的。当应用靜止的鍍复法时，阳极的間距和形状亦影响沉积的質量。当需要較厚的沉积时，須使阳极具有一定形状，以便略微防止填料附近沉积过快。于表面上涂复 0.01 到 0.025 吋是最常用的。采用这样的范围时，为获得完全清理好的表面，需磨去的量希望不超过 0.002 至 0.003 吋。

最后加工是一項象電鍍工作一样精密的操作。一个優質的鍍层能由于磨削不当而輕易报

图 7 給出了軸箱的結構詳圖。这是一个通过軸頸“K”中心的剖面圖。箱和阳极均由二半組成，以便組裝。因电流是通过导杆“B”（原文誤为“A”——譯者）供給的，所以用外部电接綫“M”（此处原文誤为“B”——譯者）将阳极的二半联接起来。軟填料“H”系防止二半塑料箱之間的漏泄，而抗磨填料“G”系防止軸頸接触点处过多的漏泄。支杆“T”起到克服使軸箱有轉动傾向的轉矩的作用。溶液經軟管“C”流入，并于“D”处流出。夾子“E”借助緊定螺釘“J”将塑料箱夾攏。

如前所述，每一圓角附近的狹窄区段是留



- | | |
|----------------|---------|
| A—塑料箱 | H—軟填料 |
| B—阳极支架、导杆和电流导体 | I—支杆 |
| C—溶液进入管 | J—緊定螺釘 |
| D—溶液排出管 | K—曲軸軸頸 |
| E—夾子 | L—阳极接点 |
| F—阳极 | M—阳极联結綫 |
| G—硬填料 | |

图 7 塑料箱

度。如果要获得良好的结果，有六个要求必须遵守，它们为：

1. 砂輪較軟；
2. 足够多的冷却液；
3. 切削容量小；
4. 合适的圆周速度；
5. 沒有振动；
6. 經常修整砂輪。

由于铬质硬且脆，所以砂輪必須軟。如果所用砂輪过硬，則将使砂粒变钝而形成一光滑面，它将导致温升而使铬层碎裂。一个較軟的

砂輪砂粒能够足够快地掉下来就阻止了光滑面的形成。但过軟的砂輪也是不經濟的，因它促使砂輪过快变小。砂子粒度約为 60、硬度約为 H 的由树脂胶合的氧化铝砂輪能获得很好的结果。

如前所述，镀铬表面必須保持冷态。因而在和砂輪的接触区上应冲以足够的冷却液。冷却液一般由水加以少量的可溶性油組成。

在磨去多余的铬时，磨削速度不能象磨大多数其他材料那么快。每次最大的磨削量不应超过 0.0004 吋，同时如果还有任何碎裂的趋势，則还应当减少。这是一种不能急燥的磨削。

有几篇文献談到切削速度。认为速度的最佳值为 4,000 呎/分左右。

良好的磨削需要有良好的磨床。任何能感觉到的振动都能促使铬层碎裂，这是由于接触压力不均匀之故。同时此种振动还会形成波状表面。必須有安装良好的主軸承、平衡过的砂輪、稳定的床身和支承良好的工件。当砂輪表面即使是稍呈光滑状或不均匀状时，就应该用金刚钻来修整。

按照上述过程就能获得一具有 RMS 光洁度 14 到 20 的良好表面。用 240 号砂进行少量的研磨就能使表面达到 5 到 10 級。这抛光是用衬以砂紙的成型箱来进行的。这个操作必然是手工的。图 9 表示此操作过程。

最終检查用来确定是否有磨削碎裂。由于铬为非磁性材料，所以采用染色检验。这个检验系統是非常有效的，能发现任何在曲軸运用中会引起故障的碎裂。如已存在碎裂（有时候确是如此），則应把镀铬层磨削到出現底金属为止，并重新再镀。

我們已論述了大型曲軸整个镀铬过程中的各个步骤。数年来的經驗表明，每个步骤是必須的，并且如果严格地按照所列程序进行，則能得到优良的产品。

張鳴南 譯自美国“49th Annual Technical Proceedings American Electroplaters' Society”, 1962, 84—87.

張正楠 校

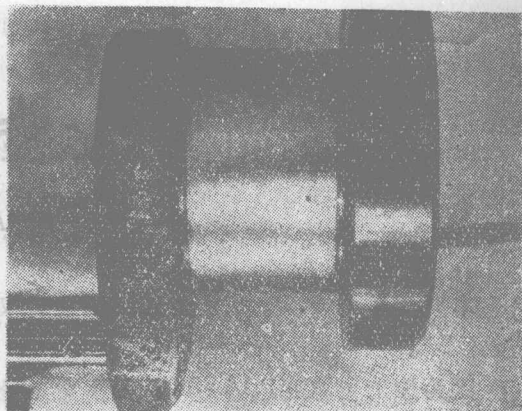


图 8 磨削前經镀铬的表面

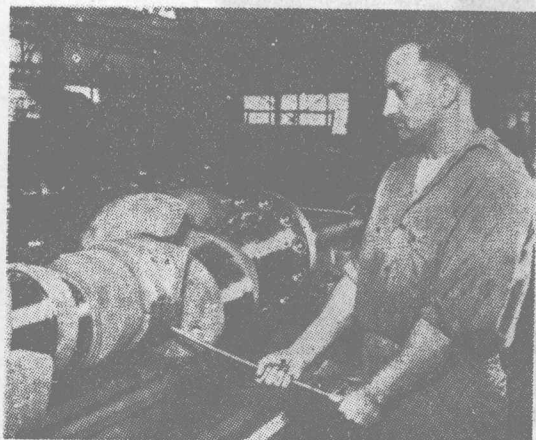


图 9 抛光操作