

机器零件与工具的

镀铬

Г. С. 列维特斯基編著



机械工业出版社

机器零件与工具的鍍鉻

Г. С. 列維特斯基編著

王德服等譯

机械工业出版社

1959

出版者的話

本書闡述了機器零件和工具的耐磨鍍鉻和尺寸鍍鉻的理論基礎及工藝規程。

在分析文獻中敘述的鍍鉻方法的基礎上，在分析生產實踐和研究工作的基礎上，在分析從事耐磨鍍鉻的電鍍工作者所面臨的任務的基礎上，研究了鍍鉻層工作條件與機器零件、模壓工具、切削工具及量具上鉻層的性能的獲得之間的相互關係。提供了編寫耐磨鍍鉻工藝規程的一般方法。

本書適用於工廠及科學研究機關的工程技術人員。

苏联 И. С. Левитский 著 "Хромирование деталей машин и инструмента" (Машгиз 1956 年第二版)

* * *

NO. 1698

1959 年 4 月第一版 1959 年 4 月第一版第一次印刷

787×1092 1/25 字數 219 千字 印張 11 1/25 0,001—6,100 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 號 定價(11) 1.70 元

目 录

序言	5
导言	7
第一篇 耐磨镀铬的理论基础	24
第一章 机器零件、制件的磨损条件及其对镀铬层的要求	24
第二章 耐磨镀铬和尺寸镀铬的过程及镀铬层的性质	38
铬的电解沉积	38
电解铬的物理-化学性质和机械性能	53
用改变镀铬层表面的方法来改善镀铬层的性能	78
活塞环磨损试验结果（与镀铬汽缸配偶时）	101
根据使用条件来选择镀铬层的性质和厚度	103
第三章 电流在电极上的分布及制件在槽内镀铬条件的选择	107
第二篇 耐磨镀铬工艺	157
第一章 工艺过程的一般工序	157
表面准备	157
镀铬	169
镀铬后的处理	176
镀铬槽的维护	177
镀铬过程的车间日常检验	182
镀铬时的缺陷	185
第二章 机器零件镀铬的特点	187
金属切削机床和桥式吊车的零件	187
汽车与其他机器的零件	198
蒸汽机车零件	204

农业机器零件·····	208
船舶机构零件·····	209
采矿机器零件·····	210
燃料器械零件·····	211
发动机汽缸筒及活塞环松孔镀铬的工艺特点·····	213
机械法造松孔工艺及镀铬工艺·····	218
第三章 量具镀铬的特点·····	221
光滑量具·····	221
螺纹量具·····	232
第四章 金属加工工具镀铬的特点·····	236
第五章 镀铬层质量的检验·····	254
第三篇 设备·····	265
参考文献·····	270
附录·····	273

序 言

提高工具及机器零件的耐磨性乃是改善它們的質量和降低使用消耗量的一項最重要的任务。耐磨鍍鉻在頗大程度上可以解决這項任务，因为它已充分地証明它是經過实际考驗能提高表面耐磨性的方法之一。耐磨鍍鉻能够而且也应当成为制造一系列零件及工具的一道普遍必不可缺的工艺工序。

这本书中所叙述的資料可以解决耐磨鍍鉻实践中所遇到的問題，因为在这本书中作者把「耐磨鍍鉻」一書中所述的原理作了进一步的發展。

这本书的目的不仅在于促使耐磨鍍鉻理論的进一步發展和闡明实际工作的成就，而且是在分析这一电镀过程的基础上，在积累起来的經驗的基础上指出必須鍍鉻的工具及机器零件的品种扩大的途徑。

在使用鍍鉻制件方面的丰富的生产經驗及在这方面的研究，使我們能够普遍联系鍍鉻層的工作条件来研究耐磨鍍鉻問題，来研究用什么方法和在什么地方鍍鉻層能提高制件的耐磨性；使我們能够闡明这一电镀过程的基本規律，找出解决工艺問題的方法。

本書是根据作者在烏拉尔机器制造厂的实际工作中的生产經驗及分析書刊中所登載的鍍鉻資料而写成的。

在本書的第二版中已将陈旧的材料由各章中删去，并按照工业上的新任务做了一番修訂，更具体地講解了提高耐磨性的問題和借改变表面状态（致密的、斑点的、網狀的和松孔的鉻層）提高鉻層質量的問題。援引了农业机器，燃料器械，機車零件等的鍍鉻資料。

在第一篇「耐磨鍍鉻的理論基础」中叙述了为了解和制訂任何类型制件的工艺規程所必需的耐磨鍍鉻理論基础。同时，在鍍

6

铬表面的工作条件与对镀铬层的要求之间的相互关系方面，在镀铬层需要的性质与获得这样镀铬层的理论条件之间的相互关系方面，在获得这样镀铬层的理论条件与一定金属表面上铬的实际沉积方法之间的相互关系方面，均给予了注意。

在「电流在电极上的分布」一章中，作者试图揭露现象的本质，确定控制现象的规律，明确术语并为获得复现的结果而提供了原始的資料。

在第二篇「耐磨镀铬工艺」中叙述了耐磨镀铬基本应用范围的工艺的种类。

本书中简要地叙述了电气设备、槽子结构及其安装等等。关于这方面的資料在近几年出版的许多书籍中都完全可以找到。如：「电镀工作者手册」〔巴赫瓦洛夫 (Г. Т. Бахвалов)、比尔克岡 (Л. Н. Биркган)、拉布京 (В. П. Лабутин) 著，苏联冶金出版社，1948年版〕；「机器制造厂设计員手册」〔第三册，苏联机械工业出版社，1946年版〕；「电镀車間的設備」〔娃依尼尔 (Я. В. Вайнер)、达索揚 (М. А. Дасоян) 著，苏联机械工业出版社，1954年版〕等等。

因为电化学工作者和机械工作者都在研究耐磨镀铬的问题，所以作者也以相当完整的形式尽力闡叙了关于这两方面的資料。

因为本书研究着有关耐磨镀铬的摩擦、磨損、电镀铬层的性质、应用范围、镀前准备和铬的沉积方法等等的复杂问题，所以不可能没有缺点。

导 言

我国工业的技术装备的速度和质量，决定于许多因素。这些因素中机器零件和工具的质量，工具的寿命及生产率起着很大的作用。如果考虑到工具应用范围的广阔、需求的大量性以及各种机器零件由于磨损而造成的损坏，那末，采取每一旨在满足上述要求的措施的重要性是可以理解的。

机器零件、量具、模压工具和切削工具的耐磨镀铬，应当是属于开支不大效果良好的措施。

电镀术已存在一百多年。在1836年，俄国学者亚考比（Б. С. Якоби）发明了用电铸的方法从奖章和各种物品上取得复制品的方法。他在彼得堡国币制造发行所（现今为国家货币发行管理局）建立了第一座电铸工厂。它是把电化学过程应用到工业上的第一个企业。

亚考比所发现和研究出的、用电来沉积金属的工业方法，在全世界引起了极大的兴趣，并把许多研究家都引向了对这方面的研究。于是各种金属（金、银、铅、锌及镍等）的电解镀复的方法相继出现。

这些新方法，除了用来获得形状及花纹以外，尚可用来获得装饰镀层及防护镀层。因而，作为电镀层应用的基本形式的电镀术获得了发展。有了新的方向，也就要引起新的研究，所以电镀过程的工艺特点、结晶问题、镀层的光泽、无孔隙及均匀性等等问题便被开始研究起来。

没有强大的直流电电源，就不能使金属进行电解沉积。科学院院士亚考比和连茨研究出了制造发电机的先决条件。在发展和改进发电机方面，拉契诺夫（Д. А. Лачинов）、波列斯柯（А. И. Полешко）及陀里沃-陀勃罗沃里斯基（М. О. Доливо-Доброво-

8

льский) 等工程师起了显著的作用。著名的俄国物理学家斯托列托夫 (А. Г. Столетов) 的工作, 对我们有特殊的帮助。他那以任何电机的设计与计算为基础的发明迄今仍在被应用着。

由于伟大的十月社会主义革命的成功, 在科学中也发生了根本的变革。正是在苏维埃的时代里, 电镀过程的研究才具有了最大的规模。

科学的成长和性质的改进过程也反映于电镀技术中。许许多多的苏联科学家在从事着电镀技术的研究, 不断地发展它并改进旧的过程及研究出新的过程。科学院士基斯嘉克夫斯基 (В. А. Кистяковский)、苏联科学院通讯院士伊兹噶磊歇夫 (Н. А. Изгарышев)、巴伊马柯夫 (Ю. В. Баймаков) 教授、费陀季叶夫 (Н. П. Федотьев) 教授、拉伊聶尔 (В. И. Лайнер) 教授及庫德利雅夫采夫 (Н. Т. Кудрявцев) 教授的理论 and 实际的工作, 对于这一工业部门有着巨大的贡献。

在本世纪二十年代又出现了一种新的电镀形式——镀铬^①。除了优良的装饰-防护性能外, 铬层尚具有颇高的硬度、小的摩擦系数及在一般摩擦条件下和在活性腐蚀介质中的良好的耐磨性能。在用镀铬的工具来加工金属, 而金属表面层的温度很高, 压力很大时, 这些被加工的金属也难以粘在 (粘附) 铬的镀层上。

在镀铬方面, 我国的研究者和生产工作者所做的工作也不少。拉伊聶尔 (В. И. Лайнера)、鲍郭拉德 (И. Я. Богорад)、费德洛夫 (Ю. Б. Федоров)、扎貝瓦叶夫 (Е. И. Забываев)、庫茲聶佐夫 (В. Кузнецов)、秋拉柯夫 (Н. В. Чураков) 及其他等人的工作给新形式的电镀层开辟了广阔的道路, 特别是将这一种镀层运用于机器制造业中。希施金 (В. В. Шишкин)、盖尔聶特 (Е. В. Гернет) [2]、謝尔巴柯夫 (И. Г. Щербаков) 及叶辛 (О. А. Есин) [3] 的研究, 在阐述电镀过程本质的理论工作方面, 是有很大的

① 在十九世纪后半叶第一次获得电解铬, 而电镀铬层的沉积条件只是在 1924 年才被确定下来。

价值。

鍍銘过程在苏联的發展与西方国家，特别是美国，是有不同之处的。那时，国外只把鍍銘用于裝飾-防蝕的目的，而在我国，除此之外，尚将鍍銘广泛地用来作为提高机器零件及工具耐磨性的手段。

在1937年，由列宁格勒地区的电镀工作者和电化学托拉斯列宁格勒研究分所的發起，召开了一次鍍銘會議。在會議上總結了这方面的工作，并指出了进一步發展鍍銘的道路。在这次會議上听取了两个主要报告：鲍郭拉德（И. Я. Богорад）和費德洛夫（Ю. Б. Федоров）的题为「硬鍍銘」的报告。在工厂的丰富經驗的基础上和在分析积累起来的資料的基础上，这些研究者研究出了耐磨鍍銘的方法。許多的工厂工程师的报导表明，有广大的技术团体在从事着鍍銘問題的研究。

在會議的決議中，根据鍍件的工作性質，做了編写耐磨鍍銘及防护-裝飾鍍銘工艺規程用的首創的概略分类。这样的分类确定了对要鍍銘的表面的要求，确定鍍銘的基本准备工序及鍍銘规范。給电镀銘过程的生产应用指出了符合当时知識水平的可靠的方向。

在这次會議閉幕之后，又出現了一些改进鍍銘工艺規程的研究工作。「量規」工厂的工程师安德列叶夫（С. И. Андреев）研究出了量具尺寸鍍銘的方法。

安德列叶夫对这个問題的解决，使我們能以把各种量具的鍍銘搞得非常妥善，而不必进行以后的鍍銘層的磨光和精磨。这种新的鍍銘法——尺寸鍍銘——在其他一些工厂也有一些人在研究。他們發展了旧的，并找到了新的、較为完善的尺寸鍍銘法。尺寸鍍銘是苏联工程师們的成就。

在偉大的衛國战争期間，电解鍍銘得到了更加广泛的应用。在鍍銘的广泛应用方面进行了研究工作，并研究出了耐磨鍍銘的基本原理。

在列宁格勒被严酷封锁的年代里，切尔凯兹（М. Б. Черкез）和安托诺夫（Н. М. Антонов）两位工程师研究出了零件松孔（多孔）镀铬的工艺方法。这些零件所以需要松孔镀铬，是因为摩擦偶件的良好润滑乃是其正常工作不可缺少的条件。

在1942年，这两位工程师在汽车修理基地破天荒第一次应用了松孔镀铬法。这种方法将来还可运用到机器制造业的各个部门中去。关于这一电镀过程正在进行着巨大的研究，其研究的成果正广泛地应用到工业上。属于这类研究工作的，首先就有鲍噶拉德（Л. Я. Богорад）、噶克曼（Э. Л. Гакман）及别尔卓夫斯基（М. Л. Перцовский）的研究工作。

在工厂里有许多在改善工艺方面获得显著成绩的集体生产者和研究者在工作着。

可以把某一工厂（我国最大的工厂之一）的工具车间的、在柯尔勃曼（С. М. Корбман）领导下的镀铬工段的多年工作引以为例。镀铬工段的全体人员与工业学院的工作人员一起对各种各样的切削工具的镀铬问题做了许多成功的研究。

这些简短的历史资料表明，镀铬方面的许多成就应归功于苏联的科学和实践。

电镀法现今正应用于下述各个方面：1）装饰镀铬；2）防蚀（防护）镀铬；3）耐磨镀铬；4）尺寸（恢复尺寸）镀铬。

因为耐磨镀层和尺寸镀层与装饰-防护镀层有着很大的区别，所以对它们的研究方法就应当是完全不同的。这种研究方法必须以关于镀铬层工作条件的知识为依据，必须以关于随着电镀条件而转移的镀层的机械性质的知识为依据，必须以善于获得规定尺寸及所需质量的镀层为依据。

这个问题，对于实际的电镀工作者来说，是特别需要知道和记住的。因为他们中间的大部人都企图根据金属防蚀-装饰电镀规范和工艺规程来解决耐磨镀层的问题，然而，这样做不可避免地要产生不良的结果。

对高质量的装饰-防蚀镀层的主要要求基本上有如下几点:

- 1) 制件在镀铬后要具有美丽的外观;
- 2) 镀层上没有孔隙;
- 3) 镀层厚度要大致均匀(厚度一般在15~30%范围内变动)。

与提高机器和工具寿命的其他方法比较,镀铬有着最适用的特点:镀铬的应用范围广泛,能显著地提高零件的寿命;能恢复磨损零件和因尺寸不符而报废的零件,镀铬过程低廉;它以电镀工段的形式在许多企业中有着广泛应用的基地。

现在还没有那么一个不能采用镀铬和对镀铬未经考验和证实的地方:无论是在机器制造业、汽车制造业、电动机制造业、工具工业及农业机器制造业上,或是在铁路运输业、印刷业、纺织工业及食品工业上等等。凡有摩擦表面工作的地方,摩擦就是使机械损坏的原因,因此把镀铬用在这方面就具有更大的意义。尤其是在受摩擦的零件同时又受腐蚀性介质影响的情况(如,内燃发动机、压模、蒸气及液体流出口等)下,它的意义就愈重大了。

零件镀铬后的耐磨性达到了很大的程度:比未镀铬的同样零件的寿命增大到5~15倍或更多。

在乌拉尔机器工厂里,曾进行了量规的耐磨性试验。这些被试验的量规都被用在成批的流水生产当中来量度平衡器的两个眼孔(拉制后)。

耐磨性试验昼夜不停地继续了3个月之久。

非镀铬量规和镀铬量规的磨损情况的比较表明,前者在量度130次后磨损掉0.001公厘,而后者(即镀铬的)在量度2330次后才相当于前者的磨损数值,即耐磨性增大到18倍。

在总结中得出:只因一种量具的镀铬,工厂就大约节约了119000卢布,节省了一台机床和两名技术熟练的工人。

在修理业中镀铬有着更为重要的意义。六台ДПП-300型的

金屬切削机床（〔紅色无产者〕工厂螺絲車床組中的）的修理表經一年時間的考察查明，318个新制零件中有 40 个可以进行鍍鉻。这占零件总更換量的 12.5%。

因为在工厂中鍍鉻零件的寿命增大到 3 倍到 6 倍，所以，平均起来寿命可增大到 4 倍，因而可以認為第一次修理的鍍鉻零件在这次安用之后，可在以后的 3 次修理时不必更換。由此可得： $40 \times 3 = 120$ 个，即降低了零件制造量的 37%，如果按照一次年度修理計算的話。

由此可見，金屬切削机床的零件实行大批的耐磨鍍鉻，可使它們的耐用度增加，可使部件的工作精度增加，可减少修理次数和設備的停工現象。

与鍍鉻軸頸成偶的軸承的研究，証明了軸承的磨損减少十五分之十四。

对于每一个工业企业，对于每一工厂，对于每一台机器都可以列出許多适于預防性耐磨鍍鉻的例子。

因尺寸不符而报废的零件能够修复，有着巨大的意义。这能产生很大的經濟效果，并可避免零件的再制。

恢复磨損零件及工具的尺寸，同样也有着很大的意义。如能正确地檢查零件的使用情况，那末，用定期鍍鉻法可使它們的寿命延長数十倍，而只需要不大的开支。

工艺規程的正确選擇和对工艺規程的深刻理解乃是获得最可靠、最良好的鍍鉻結果的关键。这种能使某些制件获得最高寿命的鍍鉻方法，叫做耐磨鍍鉻。

所謂尺寸鍍鉻应理解为鍍上一層非常均匀的且有一定厚度的鉻層的过程，因此在某些情况下可以省略掉鍍鉻后的磨光和精磨工序。

在机器制造业中，耐磨鍍鉻获得了广泛的应用。

金屬切削机床、在每台螺絲車床、刨床、六角車床、龍門銑床、立式車床、鑽床及其他机床上都有 20~40 个零件鍍鉻。鍍鉻

后，零件的寿命可延長到3~6倍。

桥式吊車 桥式吊車上有17个零件适于鍍鉻。

汽車和拖拉机 在汽車、拖拉机、曳引机和摩托車上有数十个零件要进行鍍鉻。

內燃机的汽缸 在胜利牌和ГАЗ-51型汽車發动机上的活塞环上鍍有松孔鉻層，能够改善汽缸上部的潤滑条件，而且也是提高汽缸和活塞环耐磨性的最重要因素。汽缸鏡面上鍍以松孔鉻層能够提高汽缸的耐磨性，并給活塞环創造了有利的工作条件。

鍍有松孔鉻層的汽缸，其耐磨性可增大到15倍。活塞环也可进行鍍鉻，但在这种情况下它必須用在未鍍鉻的汽缸上。

柴油机燃料泵的柱塞偶件 柱塞的耐磨鍍鉻能使耐磨性平均增大到2.5~3倍，并能把磨損的偶件完全恢复原状。此外，这种零件的鍍鉻使我們有可能用碳鋼代替高質鋼（ХВГ），从而提高了精密零件的尺寸的穩定性和消除了因殘留奧氏体轉变而引起的楔入現象。

这种柱塞偶件的規定寿命为一个半季节或3000小时。如果有五十万台拖拉机，那么每年就需要更換一百万零四百个柱塞偶件。如果用貨幣表示則是一笔很大的数目。

农业耕地机 研究工作表明，鍍鉻能使犁头的耐磨性增大到4~5倍，它主要是改变犁头的工作性質。由于犁头具有自行磨銳的性質，所以在鍍鉻犁头上不会粘上土，也不会为野草所阻塞。因而犁的曳引阻力平均减小20%，耕地燃料的耗量减少到15%。

耕耘机鏟的鍍鉻也能获得良好的結果。

船舶机构的零件 零件修理时鍍鉻，可增加零件的尺寸，以恢复松动的死配合；还可恢复磨損部分的原始尺寸和增大摩擦表面的耐磨性。

量規与量具 除标准塊規外，二級精度以下的全部工具都可进行尺寸鍍鉻，此后在鍍鉻面上不需要作任何精磨。量具的寿命在一次鍍鉻后能增大到8~10倍（包括斷裂情况等等）。

冷拉工具 鍍鉻后，冷拉工具的磨損大大地減小，平均起來壽命增加到5~10倍。

鍛模 用在溫度500°C以下的鍛模，其耐用度在鍍鉻后可增加到3~5倍，有時增加還多。

冷軋軋輥 這種軋輥的使用壽命在鍍鉻后增加到3~4倍。

非金屬材料加工用的模子及壓模 用模子或壓模加工樹脂、塑料、橡膠制件和玻璃等等時，鉻的化學安定性起着主要作用。

切削工具 如果工藝規程正確，則切削工具鍍鉻后平均可使壽命增大50~200%（切削鋼料時）。

常有耐用度增大很多的情況。譬如，用以加工黃銅的鑽頭，其壽命在鍍鉻后可增加到23倍（高爾基汽車工廠）。

可鍍鉻的工具種類是極其繁多的，如：鑽頭、划鑽、鉸刀、套絲板牙、滾絲板牙、滾刀、絲錐、拉刀、銑刀及插刀等等。

現在我們就來研究一下最複雜的情況——切削工具的鍍鉻，以作為關於各部書籍中敘述耐磨鍍鉻問題的狀況的一例。

關於切削工具和模壓工具電鍍鍍鉻問題的書刊，是相當多的。其中主要是敘述靠實驗法所編制出來的工藝規程和列出很大的鍍鉻工具一覽表。在這些書刊中關於鍍鉻層的性質敘述的非常少，而發掘鍍鉻時電流于工具表面上分布規律的資料幾乎一點也沒有，敘述鍍液組成、規範與鍍層質量間的關係的也幾乎沒有。無論在那一個工藝中，除了少數的例外，完全沒有注意到工具鍍鉻前的機械加工問題，特別是淬火表面的磨光問題，如這道工序做的不好能使鍍鉻效果全部化為烏有。

儘管所介紹的配方規範各不相同，但沒有原則性區別的除油、洗滌和預先浸蝕的過程對一切工藝規程來說都是共同的。

在編寫出的工具鍍鉻工藝規程中，常常對在頗大程度上決定鉻層與基體金屬結合質量的弱浸蝕過程默而不談。

一些作者建議在稀釋酸（硫酸或鹽酸）中以普通浸蝕方法進行弱浸蝕。另一些作者却倡議在與鍍鉻液組成相似的電解液中進

行阳極浸蝕。

后一种浸蝕方法获得了愈来愈广泛的应用，虽然它要求准确确定随加工鋼料成分而改变的规范。

关于鍍銘过程本身的叙述也是不够准确的，这样一来就不能够满怀信心地复演这一过程。因此，在这个工厂内工具的寿命提高了，而在另一个工厂内就不是永远可以实现的。

在比里芬盖尔 (Р. Бильфингер) [硬鍍銘] 一书中所叙述的许多工艺规程，可以作为多种工具鍍銘工艺规程在叙述上缺乏具体性、明确性的上一论断的显明例证。

在 [切削工具] 一章中他只一般地叙述了切削工具、特形車刀、鉸刀、划鑽、絲錐、拉刀、麻花鑽頭。在这章中比里芬盖尔没有指出复杂表面和尖銳凸起处上的鍍層不同厚度的电流分布情况，而只指出了在鍍槽中工具应單个或多个一起用框架挂具垂直地悬挂起来。鍍銘规范 $D_k = 40 \sim 50$ 安培/公寸²，鍍銘时间 60 ~ 70 分鐘。

最后这个鍍銘时间与他的鍍銘層厚度須在 0.0025 ~ 0.005 公厘范围内的意見是没有絲毫联系的，因为在該鍍銘规范 (鍍液組成及溫度沒有規定出来) 下 1 个小时大約可沉积出 0.020 ~ 0.050 公厘 (由所选择的鍍液組成和溫度而定)。

如果再加上一个电流沿有凸起的表面分布不均的情况，那末，这本书中所講述的条件不能准确地重复就显得更明显了，因为这些条件叙述的远不够詳細。

遺憾的是，大多数鍍銘書籍的作者都采用了这种公式化的叙述耐磨鍍銘过程的方法。

为了比較一下各位作者所介紹的配方及规范，今把一切数据——一般也就是鍍液的組成，电流密度、电解液溫度欲鍍銘的工具种类全列入表 1 中。

表 1 中某些栏因为没有相当的材料可以引用，所以沒有填全。此外，表格中也不是包括所有已出版的書籍。

表 1

編 號	鍍液組成			鍍鉻規範			鍍層 厚度 (公厘)	鍍鉻工具	工具 材料	被加工 的材料	壽命延長 %	鍍鉻后的 熱處理	採用的單位 或資料來源
	鉻 克/公升	硫酸 克/公升	CrO ₃ H ₂ SO ₄ 之比值	電流密度 (安培/公寸 ²)	溫度 (°C)	時間 (分 鐘)							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1390~400	3.5~4	112~100	30~35	55~57	4~6	—	切割工具①	—	—	150~300%	180°C, 油中, 1~2小時	莫洛托夫汽車工
2	400	2	200	15	45	—	—	切割工具	—	—	—	—	美國標準局
3	400	4	100	13~19.5	43~65	1~4	5	切割工具	—	NIE 型鋼	—	油中, 1~2小時	技術報告 11945 年, 3 号
4	300	1.5	200	25	45	—	2~3	鉸刀	Y12	Y5	84%	130°C, 6小時	沃斯柯夫 (Roc-KOB) 工
5	250	1.25	200	35	55	—	—	切割工具	—	—	—	—	美國標準局
6	250	2.5	100	20	45	—	6	絲錐, 銑刀, 小型鑽頭	碳鋼	有色金屬和鉄	4~7倍	150°C, 40分鐘	國立第一鑄表厂
7	250	2.5	100	25	50	—	13	銑刀	碳鋼	有色金屬和鉄	—	—	國立第一鑄表厂
8	250	2.5	100	15	45	—	10	鑽頭	碳鋼	—	—	150°C, 45分鐘	國立第一鑄表厂
9	250	2.5	100	20~25	45	—	10~15	鉸刀	碳鋼	—	—	180°C, 1.5小時	紅色无产者工
10	250	2.5	100	45~60	48~52	—	30	鉸刀	碳鋼	—	—	—	莫洛托夫汽車工

① 見表 1 的附裝。