

手表零件

材料

及热处理

郭宝莲 编著

轻工业出版社

14.904

手表零件材料及热处理

郭宝莲 编著

•
轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

轻工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

•
787×1092毫米1/32 印张: 6 字数: 128千字

1982年12月 第一版第一次印刷

印数: 1—6,300 定价: 0.55元

统一书号: 15042·1726

前 言

手表零件所用的材料及热处理工艺是决定每个零件以及整个手表内在质量的主要因素。材料选择是否合理，热处理工艺是否恰当，决定了每个元件能否具备所要求的性能，以使手表走时准确，经久耐用。同时，所用材料的种类及性质对零件的加工工艺路线，生产周期及成本也有很大影响。因此，手表零件的正确选材及热处理是进一步提高手表产量和质量的关键之一。

本书从分析机械手表中各个金属零部件的工作条件及性能要求出发，提出了选材依据及适用的材料类别，对目前国内外手表零件制造中采用的各种材料的化学成分、热处理工艺以及零件的金相组织和性能进行了介绍和分析，并从提高手表走时精度、延长零件工作寿命及降低生产成本出发，对手表零件的选材及加工工艺的国内外发展情况作了适当的介绍。书中还就金属材料的成分和热处理工艺对其组织和性能影响的基本原理和规律以及手表原材料和零件热处理后的质量检验的内容和方法作了简要说明，以供从事手表设计和制造人员在选择材料和制定热处理工艺时参考。

本书在编写过程中得到北京、上海、西安、丹东、天津等有关厂、所的支持和帮助，许多同志为本书提供了宝贵的资料和图片，同时编者还参考了国内外有关书刊和文献资料，从中引用了许多数据。本书最后经张吉人同志审阅，提出了宝贵意见。编者谨向为本书提供帮助的单位和同志致以诚挚

的谢意。

由于编者水平不高，更兼新材料和新工艺的研究成果层出不穷，日新月异，书中收集的资料恐难全面，缺点和错误也在所难免，殷切希望读者批评指正。

哈尔滨工业大学金属学教研室

郭宝莲

一九七九年十月

目 录

第一章 手表零件的材料选择…………… (1)

第一节 正确选择材料及热处理工艺的重

要意义…………… (1)

第二节 手表零件选材依据及材料分类…………… (5)

一、手表零件选材依据…………… (5)

二、手表零件材料分类…………… (6)

第三节 原材料质量要求及技术检验…………… (8)

一、对原材料的质量要求…………… (8)

二、原材料检验…………… (8)

第二章 手表零件热处理的特点及

保护气氛的应用…………… (14)

第一节 手表零件热处理的特点…………… (14)

一、防止零件变形…………… (14)

二、保持零件表面光亮…………… (18)

第二节 保护气氛在手表零件热处理中的

应用…………… (21)

一、可控气氛的作用原理…………… (21)

二、可控气氛的制备方法…………… (24)

三、可控气氛应用实例…………… (26)

四、其他保护性气氛·····	(30)
第三章 轴类和齿轮类零件材料及其 热 处 理 ·····	(33)
第一节 摆轴材料及其热处理 ·····	(33)
一、摆轴的工作条件及材料选择·····	(33)
二、摆轴的加工工艺流程和热处理·····	(36)
第二节 擒纵轮等齿轮零件材料及热处理 ·····	(46)
一、擒纵轮的工作条件及材料选择·····	(46)
二、擒纵轮的加工工艺及热处理·····	(47)
三、擒纵轮热处理后的变形分析·····	(49)
四、大、小钢轮的热处理·····	(51)
第三节 拉档零件热处理 ·····	(51)
一、拉档的工作条件及材料选择·····	(51)
二、拉档的热处理·····	(52)
第四节 手表零件的金相检验 ·····	(57)
一、金相试样的制备·····	(58)
二、金相组织观察·····	(59)
第四章 发条材料及其热 处 理 ·····	(62)
第一节 发条的工作条件及发条材料应具 备的性能 ·····	(62)
一、发条的工作条件·····	(62)
二、发条材料应具备的性能·····	(63)
第二节 铬镍不锈钢发条 ·····	(69)
一、发条用铬镍不锈钢中合金元素的作 用·····	(72)

二、不锈钢发条的生产工艺	(74)
三、不锈钢发条的热处理	(75)
四、不锈钢发条的组织	(77)
第三节 钴基高弹性合金发条	(80)
一、钴基高弹性合金的化学成分及主要性能	(80)
二、钴基高弹性合金的热处理	(81)
第四节 镍基高弹性高比例极限合金发条	(86)
一、镍基高弹性合金中各元素的作用	(86)
二、镍基高弹性合金的热处理及性能	(87)
第五节 发条材料的强化机理	(91)
一、固溶强化	(91)
二、形变强化	(91)
三、时效沉淀强化	(93)
第五章 游丝材料及其热处理	(94)
第一节 游丝的工作条件及游丝材料应具备的性能	(94)
一、游丝的工作条件	(94)
二、游丝材料应具备的性能	(96)
第二节 游丝材料的种类及其性能	(99)
一、铁-镍基恒弹性合金	(100)
二、铁-钴基恒弹性合金	(110)
三、无磁恒弹性合金	(112)
第三节 游丝的生产流程及热处理工艺	(115)
一、游丝的生产流程	(116)
二、游丝的热处理工艺	(117)

第六章 夹板材料及其热处理…………… (124)

第一节 夹板的工作条件和夹板材料应具有

有的性能 …………… (124)

一、夹板的工作条件 …………… (124)

二、夹板材料应具有的性能 …………… (125)

第二节 夹板材料 (铅黄铜) …………… (126)

一、铅黄铜中的相及组织 …………… (128)

二、铅黄铜中合金元素的作用 …………… (129)

第三节 铅黄铜夹板的生产流程和热处理 …………… (133)

一、铅黄铜夹板的生产流程 …………… (133)

二、铅黄铜的塑性变形 …………… (133)

三、铅黄铜的热处理 …………… (135)

四、夹板应力破裂倾向的检验 …………… (137)

第四节 夹板材料的显微组织 …………… (139)

一、单相黄铜HPb63-3 …………… (139)

二、双相铅黄铜HPb60-2 …………… (139)

三、双相黄铜HPb59-2 …………… (142)

四、几种瑞士手表主夹板的显微组织 …………… (145)

第七章 摆轮材料及其热处理…………… (147)

第一节 锌白铜摆轮… …………… (148)

一、锌白铜的化学成分 …………… (148)

二、锌白铜的加工工艺和退火 …………… (150)

三、锌白铜摆轮的显微组织 …………… (153)

第二节 铍青铜摆轮 …………… (153)

一、铜-铍状态图和铍青铜中合金元素

的作用	(153)
二、铍青铜的热处理及性能	(155)
第八章 表壳材料及其热处理	(165)
第一节 表壳的工作环境及对材料性能的要求	(165)
第二节 表壳材料及其性能	(168)
一、奥氏体型铬镍不锈钢	(168)
二、不锈钢的晶间腐蚀及防止措施	(169)
三、奥氏体型易切削不锈钢	(171)
第三节 表壳的生产方法及热处理	(176)
一、表壳的生产方法	(176)
二、表壳的热处理	(178)

第一章 手表零件的材料选择

第一节 正确选择材料及热处理工艺的重要意义

任何物质的运动变化都是在时间和空间内发生的。人们为了协调日常工作、学习和生活需要知道时间；国防战备、国民经济各部门更需要准确地计量时间；在科学研究中为了解一些现象的本质和探讨在技术上利用它们的可能性，也需要确定这些现象所经历的时间。为了适应准确计量时间的需要，人们研制和应用了各种类型的计时仪表，其中以机械手表用得最为广泛，目前手表的世界年产量已达两亿只以上。

手表是一种比较精密和复杂的计时仪器。为了提高手表走时的准确性和能够经久耐用，除了要有正确的结构设计，较高的加工精度及装配精度外，还必须正确选择零件材料及进行适当的热处理。这是因为，一只手表机心通常由一百多个零部件组成，由于这些零件在表机中所起的作用（功能）及工作条件不同，因而对其性能要求也不一样，而这些要求只有通过正确选用材料及进行恰当的热处理才能达到。

例如，游丝是手表调速机构中的重要元件之一，摆轮游丝系统的振动周期是否稳定是手表走时精度的决定性因素。由于系统的振动周期与游丝的弹性模量和长度有关，因而，即使装在表机中游丝结构尺寸合适，加工和装配精度也符合

要求，但仍不能保证手表具有较高的走时精度。因为手表在使用过程中，环境温度是变化的，当温度变化时，材料的弹性模量要相应改变。同时，由于热胀冷缩现象，游丝长度也发生变化，引起手表走时快慢不稳定，计时误差较大。为了消除温度的这种影响，必须选用线膨胀系数以及弹性模量温度系数尽可能小的材料来制造游丝。目前采用Ni₄₂CrTi恒弹性合金就是按这种要求研制的较为理想的一种游丝材料。

但是，对于表机中许多较重要的零件，在设计、加工及选材都恰当的情况下，如果不对零件进行热处理，或热处理工艺不当，同样不能得到所要求的性能。这是因为，金属材料的各种性能（物理、机械及化学性能等）无不受其组织结构状态的影响，而热处理则是消除由于加工过程而形成的某些不利组织并获得有利的组织状态的主要手段。它通过造成有利于某些特定性能要求的组织状态，使材料的优点能够充分发挥，使零件具有最优异的工作性能。

以游丝材料为例，它的恒弹性性能是由合金的化学成分（镍、铬含量的适当配合）所决定的。但是，要使这类合金具有游丝元件所必需的其他性能，如较高的弹性极限和疲劳寿命，则必须通过固溶处理—冷变形—时效，使合金中含有的钛和铝等元素以细小弥散的Ni₃(Ti、Al)金属间化合物均匀析出才能造成强化状态。在热处理过程中，固溶处理和时效温度的选择，以及加热时表面保护情况对零件质量有重大影响。此外，时效温度通过影响Ni₃(Ti、Al)的析出数量，使合金基体中的含镍量改变，也会影响到弹性模量温度系数的数值。

又如摆轴，其轴榫直径十分细小，一般只有0.085毫米，它在工作时由于与宝石轴承发生相对转动而产生摩擦和磨

损。一个频率为21600次/小时的快摆手表，在其15~20年的服役期间要重复摆动约30亿次，为使这样一只像头发丝一样粗细的摆轴在长期磨损条件下能够正常工作，零件必须具有较高的耐磨性。同时为使摆轴在手表受到振动和冲击时不致弯曲或折断，还要求它具有较高的强度和韧性。这就决定了应该选用高碳钢制造摆轴，但高碳钢并不总是耐磨和强韧的，否则将无法对其进行切削加工以获得所要求的形状和尺寸。由冶炼厂供应给表厂使用的高碳钢都是球化退火状态，具有粒状珠光体组织，其强度和耐磨性是很低的（硬度只有HV250~300），只有当零件经切削加工后，进行淬火和低温回火得到回火马氏体组织的情况下，才具有较高的耐磨性和强韧性（硬度达 $HV770 \pm 30$ ），使零件能够长期可靠地工作。

手表零件所用的材料和热处理工艺并不是一成不变的，而是随着手表制造业的发展在不断地得到改善，从而使手表的质量逐步提高。

例如，游丝材料，多年来一直采用爱林瓦（铁镍基）合金。四十年代以来，日本研制出钴爱林瓦合金，其弹性模量温度系数进一步减小，因而环境温度对振动周期的影响降低，使走时日差在 ± 1 秒以内。近年还研制出更优越的Elcolloy合金及无磁的恒弹性合金，使游丝的性能及质量达到了新的水平。

又如，手表发条过去是用碳钢制作的，虽然价格低廉，但弹性波动范围大，弹性衰减严重，易锈蚀断裂，使用寿命低。后来采用钴基高弹性合金和不锈钢作发条，具有高强度、高弹性模量、耐腐蚀及无磁性等特点，且发条的弹性储能大，输出的弹性力矩平稳，使手表的走时精度得以提高。

此外，对上条拨针系统中的拉档零件，应用近年来在低

碳马氏体的研究及应用方面获得的成果，采用低碳钢急冷淬火代替原来的渗碳淬火；以及对夹板材料采用双相铅黄铜 HPb60-2代替单相铅黄铜 HPb63-3 等都取得了简化生产工艺，降低成本及提高零件质量的效果。

综上所述，手表零件性能好坏或质量优劣同制造零件的材料及所经历的加工工艺有密切关系。可以预料，随着材料科学的迅速发展以及先进的加工成型工艺和热处理工艺的不断涌现，手表零件的质量将不断地得到改善和提高。

应该指出的是，在某些情况下，由于热处理工艺参数不合理，或操作过程中的不慎会使零件性能受到损害，因而达不到预期的目的。例如前面提到的摆轴，材料是高碳钢，经过淬火和低温回火后具有较高的机械性能。可是，高碳钢在加热时脱碳倾向及晶粒长大倾向较严重，如果淬火加热时保护得不好，零件表层出现贫碳，则强度、硬度和耐磨性会相应降低；若淬火加热温度过高（由于测温仪表失灵或操作人员疏忽）或保温时间过长，则会造成晶粒粗大，使零件变脆并易于折断。表机中约有40余种零件是由高碳钢制作的，在热处理过程中都存在这类问题。此外，象游丝、发条的固溶处理及时效，铜合金零件的去应力退火等，工艺参数及操作对零件性能影响都很大。因而要制造出质量高的零件必须针对材料类型及零件所要求的性能制定恰当的热处理工艺，并在生产中严格按工艺规程进行操作。

第二节 手表零件选材依据及材料分类

一、手表零件选材依据

正确选择手表零件材料是设计手表时应考虑的重要问题之一。因为手表的走时精度，对温度及周围介质的敏感性，手表的重量、体积和加工成型性能以及手表能否经久耐用等，都在较大程度上取决于所采用的材料。

选择手表零件材料的主要依据是零件的使用性能和加工工艺性能要求，还要考虑材料的供应来源及价格。具体应考虑以下几个方面：

1. 机械性能

手表零件虽然受力不大，但零件尺寸小，运动频率高，连续工作时间长，齿轮和齿轴之间以及轴榫在轴承里运动所产生的磨损大，因此，机心内的主要零件必须具有较高硬度、强度和耐磨性能。

2. 物理性能

手表在使用时，经常可能和一些具有磁场的设备接触，如电动机、变压器、扬声器等。这些电气设备周围的磁场容易使手表零件磁化，对走时性能产生极大的干扰。在手表装配时，凡是容易磁化的零件，都必须退磁处理。对一些重要零件如游丝、发条及外壳等需选用弱磁或无磁性的材料制作。

手表防磁性能的检验方法规定，在60奥斯特均匀磁场中保持1分钟不停走；撤离磁场后日差变化值不大于30秒。

3. 化学性能

手表在长期使用过程中经常和大气（具有一定湿度）、汗水接触，有时还和海水及腐蚀性介质相遇。这些介质对手表零件都产生腐蚀作用，为此，手表零件大都进行电镀，以防腐蚀。一些重要零件还需选择奥氏体基不锈钢制造。

4. 特殊性能

手表中的某些零件除要求上述性能外，还有一些特殊性能要求。如发条材料要求弹性模量大，弹性极限高，输出力矩平稳。游丝材料要求弹性模量温度系数小、线膨胀系数小。

5. 加工工艺性能

加工工艺性能包括压力加工性能、切削加工性能、热处理工艺性能以及抛光、电镀等性能。手表零件由于尺寸细小，精度要求高，故对加工工艺性能要求较高。工艺性能的好坏直接影响到零件的质量及生产成本。

此外，还应根据我国资源情况，尽量采用国产、价廉的材料。为便于管理，材料的品种及牌号应尽量少。

二、手表零件材料分类

在选择手表零件材料时，上述几方面的要求并不总是同等重要的。不同的零件，工作条件不同，对材料的要求也不一样，如对强度及耐磨性要求高的零件（摆轴、擒纵轮、柄轴等）可采用高碳钢；对强度要求不高，但要求有较好的压延性能、切削加工性及耐蚀性能的零件（如夹板、各种传动齿轮等）则采用铅黄铜；而要求高弹性或恒弹性的零件（如发条、游丝等）则必须采用不锈钢及恒弹性合金。

手表机心零件虽然很多，但它们中有些零件相互之间在工作条件及加工工艺性能的要求方面存在着共性，因此，可

用相同的材料制造。表1-1列出了目前国内外手表零件材料的类型、牌号及用途。

表 1-1 手表零件常用材料的类型、牌号及用途

材料种类	材 料 牌 号	用 途
高碳易切削 钢 棒	Y 100 Pb、沪钟材-Y 105 Pb 20 AP ASK-1100	条轴、中心齿轴、过齿轴、秒齿轴、擒纵齿轴、叉轴、摆轴、柄轴、拉档轴、立轮、离合轮、拨针轮跨齿轴、分轮、各种螺钉
高 碳 钢	T 10 A 14 P	擒纵轮片、快慢针、小钢轮、大钢轮、拉档、离合杆、压簧、棘爪、跨轮压片、活动外桩环等
不 锈 钢	19-9Mo	发条、发条外钩
	0Cr18 Ni9、1Cr18 Ni9	表壳、柄头
	1Cr18 Ni9 Ti	后盖、衬环
	0Cr18 Ni9 (+S+Mo+Cu)	表壳
	2R15、12R10、11R50	离合杆簧、棘爪簧、表带簧
恒弹性合金	Ni42 Cr Ti Al等	游丝
高弹性合金	Diaflex、40KHXM 等	发条
铅 黄 铜	HPb 63-3、HPb 60-2 HPb 59-2	夹板、中心轮、条盒轮、过轮、秒轮、擒纵叉、双圆盘、时轮等
锌 白 铜	BZn 15-21-1.8 BZn 14-24-1-0.4	摆轮
铍 青 铜	QBe2、QBe2.5	夹板、摆轮等

第三节 原材料质量要求及技术检验

一、对原材料的质量要求

制造手表零件的原材料除游丝、发条等少数几种是由元件厂自行冶炼和加工外，绝大多数是由冶金厂按照表厂订货的要求提供的。由于这些材料的化学成分及其组织结构方面的某些特点（如夹杂物的数量、形态及分布；易切削钢及铅黄铜中铅粒粒度及分布等），在零件的加工及热处理过程中不再改变，以及原材料的组织状态对切削、冲压、热处理等工艺性能有重大影响，因此，进厂后的原材料需要检验。

通常，手表厂对进厂的原材料质量提出下述要求：

- (1)原材料的尺寸规格；
- (2)原材料的化学成分；
- (3)交货状态下的机械性能：硬度、抗拉强度及塑性指标等；
- (4)表面质量：表面光洁度及表面缺陷；
- (5)显微组织：晶粒度级别、第二相的形态及分布等；
- (6)低倍组织及断口；
- (7)其他要求。

由于原材料品种不同，以及用它制造零件时所经历的加工过程不一样，因此对原材料质量的具体要求不完全相同。在冶金部的部颁标准中对这些要求都有相应的规定，如有特殊要求可在订货时与冶金厂协商确定。

二、原材料检验

手表厂使用的原材料都是经冶金厂按上述要求检验合格后供应的。但是，为了确保原材料质量，材料进厂后还要进