

全苏同位素和核射线
应用会议著作集

(1957年4月4~12日)

机械制造和仪器制造

B. И. 吉庫欣 主編

熊大遠 黃克敏 譯

科 学 出 版 社

Труды Всесоюзной научно-технической конференции
по применению радиоактивных и стабильных изотопов и
излучений в народном хозяйстве и науке

(4—12 апреля 1957 г.)

Машиностроение и приборостроение

Изд-во АН СССР, 1958

內 容 簡 介

本著作集刊載了苏联科学研究机关、高等学校和工业部門在机械制造和仪器制造中发展应用同位素和核射綫的論文七十余篇，包括材料的耐磨性、摩擦表面金属的轉移、机器零件和切削刀具的磨損，鑄造过程、密度和厚度的測量、工艺过程的自动检查和控制、气体流速和耗量的确定、靜电的消除、地下管道漏洩地点的探测、零件的探伤、射綫測量的方法和仪器等等方面的研究成果和工业应用成就，指出了进一步发展这个嶄新的科学技术領域的意义和前景。

本著作集供机械制造和仪器制造的研究人員和工程师参考，也可供关心同位素和核射綫的技术应用的工程技术人員参考。

机 械 制 造 和 仪 器 制 造

В. И. 吉庫欣 主編

熊大遷 黄克敏 譯

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市書刊出版业營業許可證出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1961 年 9 月第 一 版

書号：2376 字数：358,000

1961 年 9 月第一次印刷

开本：350×1158 1/32

1 号：0001—7,400

印张：12 5/8 插頁：15

定价：2.20 元

目 录

- 放射性同位素在机械制造中的应用 В. И. 吉庫欣院士(1)
- 渗炭鋼組織和耐磨性的研究 Л. С. 巴拉特尼克等(7)
- 高强度鑄鐵磨損的研究 В. И. 斯傑倩柯等(17)
- 硫化层在磨損过程中的作用的研究 В. Э. 瓦英施傑等(21)
- 摩擦磨損时金属轉移的研究 Г. М. 扎莫魯叶夫等(30)
- 論表面金属和物質轉移的問題 Г. В. 維諾格拉陀夫(38)
- 滚动摩擦时磨損的研究 В. П. 巴沃洛夫等(40)
- 滑油质量对鑄鉄磨損影响的研究 В. С. 扎魏里斯基等(43)
- 柴油机汽缸套、上活塞环磨損与循环最大压力、轉数的关系
..... М. Д. 尼基京(51)
- 灰尘对于拖拉机发动机零件磨損影响的研究 А. И. 尼斯轟維奇(56)
- 借滑油添加剂降低发动机气缸-活塞組的低溫磨損
..... Ю. С. 扎斯拉沃斯基等(63)
- 滑油防蝕添加剂作用机理的研究 Ю. С. 扎斯拉沃斯基等(73)
- 滑油添加剂与金属相互作用机理的研究 М. М. 庫薩柯夫等(80)
- 采煤机器齒輪磨損的研究 Е. Я. 斯屠德尼茨(87)
- 航空发动机供电設備元件磨損的研究 А. И. 尤勤(92)
- 研究空气含灰量和空气清淨器质量对发动机活塞环磨損的影响用
的汽車-行走試驗室 Д. И. 魏索茨基等(97)
- 研究摩擦表面上薄膜形成用的裝置 М. 密李克-扎杰(102)
- 測量液体的放射性活度用的閃爍計数裝置 О. Е. 卡林諾夫斯基(106)
- 金属切削过程的研究 Н. Ф. 卡扎柯夫(112)
- 硬質合金車刀磨損的研究 В. Д. 拉捷勃尼克(121)
- 切削刀具磨損的研究 Г. М. 雅柯沃列夫(127)
- 鑑定金属除油质量的方法 Р. Б. 切尔雅科娃(134)
- 鑄件在砂型中成形过程的研究 В. Б. 古里雅耶夫等(139)
- 热鍍錫基本过程机构的研究 А. И. 維特金(147)

应用核辐射测量热力参数	Г. Г. 約尔丹等(153)
减小閃爍計数器測量誤差的方法	Б. И. 維尔哈夫斯基等(157)
利用辐射的分析法	В. А. 柯諾特柯娃(165)
放射性輻射强烈度的記錄和測量的自动化	В. Н. 阿法拉西耶夫(172)
电离电阻的电气性能的研究	В. Г. 捷里奇金(180)
放射性同位素在采掘机械自动化中的应用	В. Г. 謝加林等(185)
利用 γ 射綫測量液体密度	Г. Г. 約尔丹等(188)
新型放射性密度計	Г. И. 毕尔盖尔等(194)
借 γ 射綫測定密度的工业用仪器	Е. Г. 卡尔塔什(201)
按 γ 射綫的吸收量計算和研究鉄矿浆的密度	А. К. 瓦里切尔等(211)
γ 射綫泥浆計在吸泥机上的工作情况	Г. Б. 維施涅克(221)
γ 射綫密度計的使用經驗	Е. М. 洛巴諾夫(223)
放射性射綫在河运方面的应用	С. Н. 傑久科夫(230)
放射性射綫在乳制品生产工艺过程自动检查与調节中的应用; А. Я. 瓦因別尔格(233)
放射性同位素在皮革工业中的应用	С. М. 斯米尔諾夫(237)
毛皮毛层密度的射綫測量法	В. А. 普切林等(245)
放射性同位素在紡織工业中的应用	С. С. 施費列夫等(249)
用放射性同位素检测紙幅重量	Е. А. 涅赫叶夫斯基(256)
測量管子用的閃爍厚度計	Е. Г. 卡尔塔什(262)
用 β 射綫測量溶液浓度	Г. Г. 約尔丹等(270)
利用 β 射綫反向散射检测鍍层厚度	Б. И. 叶莫拉耶夫(275)
測量鍍层厚度的仪器	Н. В. 尤里耶夫(283)
运用軟件与鍍层厚度測量裝置的經驗	Л. Н. 巴斯金等(285)
“查波罗什鋼”厂应用厚度計的情况	Н. С. 罗沃舍年(290)
用继电器式仪器記錄放射性射綫时控制信号的統計計算 И. М. 塔克薩尔等(291)
設計 γ 射綫液面高度計的几个問題	В. К. 拉迪舍夫等(298)
应用电子調变閃爍計数器記錄 γ 射綫	Е. Я. 奥符恰連科(305)
便移式放射性液面指示器	К. К. 施波尔等(308)
顆粒体水准指示器	Е. А. 布力克(312)
放射性继电器式自动化检测仪表	Я. А. 奥贊等(314)
晶体三极管 γ 射綫继电器	В. Г. 謝加林(320)

γ 继电器计数管最小必要负荷的估计	K. C. 克列姆涅耳(322)
利用放射性同位素自动检测液体消耗量	H. H. 舒米洛夫斯基等(323)
应用短寿命同位素检验钢带生产工艺	B. B. 克雷先诺夫斯基等(327)
使用放射性射线无接触检测气流速度及其消耗量 H. H. 舒米洛夫斯基等(333)
使用 α 放射体测量气体密度	Я. Ю. 列包等(338)
用 β 射线自动检测气体消耗量的装置	Г. Г. 约尔丹等(345)
丝绸工业应用放射性同位素消除静电荷	П. А. 波洛尼克等(349)
用于消除静电荷的 β 放射体制备的几个问题 ..	A. H. 维杰尔尼科夫(353)
放射性同位素在安全技术中的利用	B. C. 梅德维节娃等(354)
关于中和静电荷用放射性片的生产	И. С. 罗依金(359)
通信电缆铅皮密封性损坏地点的探测	Т. В. 阿布拉莫娃(360)
地下煤气管道漏气地点的探测	В. И. 库兹涅佐夫(362)
γ 探伤术的电离法	Л. К. 塔托谦柯(366)
电子回旋加速器探伤术中闪烁计数器的应用	И. Г. 法基陀夫等(373)
利用闪烁计数器检查铸件质量	A. A. 阿尔汉盖里斯基等(378)
在黑色冶金中应用透视法检查焊缝	Л. К. 塔托谦柯等(386)
管子对接焊缝的射线照相	C. T. 纳扎罗夫(391)
利用同位素 Tu^{170} 进行薄壁零件的 γ 射线探伤	C. B. 鲁米扬采夫(397)
大厚度钢制件的探伤	И. Г. 法基陀夫等(404)
γ 探伤法的特点和透视复杂焊接结合的技术 ..	K. M. 格利戈累叶夫等(410)
应用同位素 Co^{60} 的 γ 射线透视钢件时所得缺陷影象的离散问题的 研究 H. И. 格拉日丹金纳等(413)
在船舶制造中应用具有软射线的同位素来检查焊接结合的质量 O. H. 茹柯夫(419)
里加船舶修理厂应用同位素 Ir^{192} 的经验	B. O. 比尔施杰英(424)

放射性同位素在机械制造中的应用

В. И. 吉庫欣院士

特別注意在國民經濟中利用放射性同位素的問題，是由于許多有關創造各種新產品、改善生產工藝、加速物理-化學過程、提高產品質量和機構使用期限的技術進步方面的複雜任務，如果不依靠以利用放射性同位素為基礎的各種最新研究方法和控制方法，就不可能成功地予以解決。

好幾十種元素的放射性同位素已經在機械製造中作為標記（示踪）原子和射線源而應用於：研究接觸物質的相互作用、擴散和溶解度、機器零件和刀具的耐磨性，試驗和改變結構材料、潤滑物料、燃料和其他材料的性質，測量和檢查各種不同參數，確定各種過程在自動化情況下的物理-化學和工藝規律性。

減小摩擦零件的磨損，是機械製造中最重要問題之一。現在有許多借秤量重量和測量尺寸以確定零件磨損的方法，但是這些方法都免不了叫機器停車。採用化學方法和磁學方法，可以不叫機器停車，而進行磨損的研究。但是這些方法的靈敏度和精確度不總是足夠的。在放射性同位素所揭示的許多新的可能性當中，首先就是研究磨損和尋求提高機器零件耐用度的途徑，特別是對於各種軸件、機床中轉動和直線運動用的導向支承、發動機的活塞和活塞環、傳動齒輪等。放射性同位素法可以精確、迅速和經濟得多地解決機械製造中的這個重要問題。

機器零件預先借射線照射法或借嵌入放射性樣品法（鍍蓋或其他方法）予以活化。當零件磨損時，放射性金屬微粒便擦落下來。借安裝於滑油流路中或濾過器近傍的計數管之助，可以覺察到這些放射性微粒的存在，並且把放射性原子的射線記錄下來。

根据单位时间内的脉冲数目，可以判定脱落金属微粒的数量，因而也可以判定零件磨损的数量。可以自动地记录零件磨损与时间关系的曲线。这曲线起始的短促部段通常具有较大的磨损强烈度（这是两摩擦表面进行磨合的后果），然后有相当长的部段具有比较缓慢的磨损。有时是经过一定的时间间隔来采取滑油样品，并且测量滑油样品的活度。

标记原子法可以观察物质的转移现象，并且可以在高压和高温条件下，不叫机器停车，而观察一个或同时观察几个零件磨损的数量和强烈度。这时，确定磨损的灵敏度可以达到几分之一微克。此法可以有效地改进机器的结构、材料、生产工艺和运转条件，并且也可以延长迅速磨损零件的使用期限。

国立汽车与拖拉机科学实验研究所（НАТИ）的研究结果表明，只要借放射性同位素之助，就可迅速确定所用滑油和燃料的种类、轴上的载荷和轴的转速、空气的含灰量、工作中的间歇对于发动机零件磨损的影响，并且揭示金属从一摩擦表面向另一摩擦表面的转移现象。

在物体的接触和干摩擦过程中所发生的、放射性同位素从已活化表面向未活化表面的转移现象，常常也可借自射线照相法来揭示。这种对磨损的研究工作，给出为选择摩擦偶件材料和滑油类别的必要数据。实验证明，在固体表面受到摩擦时，金属的磨损往往是不均匀地发生，连带着固体物质微粒的突然脱落。在短时间的试验中，从一个表面向另一个表面上转移物质的数量是非常微少的，以致只有借标记原子之助才能揭示出来。

如需在机器运转中得到受润滑或冷却的摩擦零件到达极限容许磨损的自动信号，可以在零件表面下装入放射性钴、银、锌等元素制成的细销柱状的嵌入样品。当安置嵌入样品处的金属层磨损到危险数量时，放射性微粒就进入流过的液体中，于是计数管便给出相应的信号。

与此法相似的还有：借电镀之助，将薄薄的放射性金属子层（底层）镀在摩擦零件表面上去，然后用非放射性待磨损金属层

盖起来。

标记原子法已成功地应用于研究切削刀具的耐磨性、结构材料的可切削加工性,应用于确定合理的切削用量和选择刀具材料。

在切削过程中,每秒钟内通常有几微克材料的极细微粒从切刀上脱落下来。这些微粒粘附于切屑和被加工零件上,散落于周围介质中,以及进入冷却液中。已经证明,在正常工作情况下,活化(在原子反应堆中接受照射)切刀刀刃磨损产物的一半以上(约80~90%)是粘附到切屑上去了,而放射性同位素 Co^{60} 、 W^{185} 或 W^{187} 的原子也就转移到切屑上去了。因此,研究切削刀具的磨损主要是以测量所得切屑的放射性活度为基础而进行的。

为了查明究竟有多少切刀材料转移到切屑上去,必需预先确定计数速度与给出相应脉冲数目的切刀材料磨损重量(或体积)之间的关系。借计数管之助,测量出切屑样品的活度,然后就可以确定刀具磨损的数量。

这样一来,利用放射性同位素就可成功地研究刀具磨损的原因,观察切削时所发生的物理-化学现象,以及查明刀具材料与被加工金属相互作用的特征。所有这一切,提供了在加工各种不同材料时正确选择切削用量的可能性。许多研究所所进行的研究工作证明;应用此法可以迅速、精确地决定采用各种刀具加工各种不同材料时的最佳切削用量,并且求出切刀磨损强烈度最小的切削速度范围。

放射性同位素已经广泛地应用于研究扩散现象,而扩散现象乃是各种不同材料的许多种加工或处理过程的基础。在研究自扩散参数时,先将一层放射性同位素加在这金属上,经扩散加热后,从这金属表面取下一些平行的薄层。借计数管确定出这些薄层的活度,绘制扩散曲线,计算出扩散系数,确定出扩散系数与温度的关系以及激活能。

现在已有许多不必破坏试件而确定固体中扩散系数的方法。借放射性指示剂之助,可以确定出非常小的扩散系数,达 10^{-13} 克/米²/秒。应用此法已经证明,当炭向奥氏体中扩散时,钢中激活

能的减小与固溶体中含炭量的升高成正比。

許多強化金属表面的工艺过程——渗炭、渗氮、渗铬、渗硼、氧化等，都是扩散过程。如果仔細观察含有相应放射性同位素的物质的扩散现象，那末上述某些过程的规律性就可以被研究清楚。

应用自射綫照相来研究工艺加工后合金中化学元素的分布、沿晶界的原子结构和迁移率，具有很大的意义。这特别是对于耐热合金，因为在加热静载荷下，耐热合金的破坏是沿晶界发生的。

对金属腐蝕作斗争，是机械制造中非常重要的問題。设备由于腐蝕而遭到破坏，使得每年消耗掉大量的金属。利用放射性同位素，可以研究各种金属在不同条件下的腐蝕机理，以便拟定保护金属表面免受腐蝕磨損的合理方法。

在氧化介质中，金属表面上形成固体的氧化物薄膜。氧通过这薄膜，繼續向內里渗透，使金属氧化；反之，金属的原子則通过这氧化物薄膜而向外渗透，被介质中的氧所氧化。例如，将預先鍍有一薄层放射性同位素 Cu^{64} 的銅板加热时，这銅板就被氧化銅薄膜复盖，而其外层乃是非放射性的。銅板的氧化过程愈长，放射性銅的渗透就愈深。在这場合里，不是氧，而是銅通过氧化物薄膜而扩散。

放射性同位素可以应用于进行相分析。大家知道，鋼和其他合金的相分析是在各相电解分离后对沉淀物进行化学分析和伦琴射綫組織分析。

鋼中碳化物相的成分可以根据沉淀物的活度測量数据来确定。为此，例如，将同位素 Cr^{51} 引入鉻鋼中。測量合金和析出相的比活度，并且知道合金中元素的浓度，就可确定析出相中元素的浓度。根据 β 射綫的反射程度不仅取决于其能量而且取决于反射体的性质，同时被反射射綫的极大能量又随反射体原子序数的增大而增加，建立了金属和合金的快速化学分析法。

放射性同位素的应用，揭开了研究金属合金和其他材料的结构的广泛可能性。

在机械制造中，已經迅速发展应用了借射綫照相来揭示固体

中的空洞、夹杂物和其他缺陷的便利方法。其中特别是对于鑄件材料、鍛件、透平焊接毛坯、鍋炉、管件和其他高应力零件的检查。这时是用放射性同位素所放射出的 γ 射綫束来透視这些机件。在透視小于150毫米的壁厚时用放射性同位素 Co^{60} ，在透視小于60毫米的壁厚时用 Cs^{137} 和 Ir^{192} ，在透視小于10毫米的壁厚时用 Tu^{170} 。

为了进行工业的 γ 射綫探伤术，使用着固定式的装置 ГУП- $\text{Co}-50$ 和 ГУП- $\text{Co}-0.5$ ，以及可携式的装置(可用来透視直径小于500毫米、壁厚小于40毫米的管子)。在苏联，重要零件是必須經過 γ 射綫探伤的。

与 γ 射綫探伤类似的一种方法叫做塞洛¹⁾射綫照相(ксерорадиография)。进行塞洛射綫照相时，将被研究工件安放在一銅板前面，这銅板是用硒薄层鍍盖过的，而硒薄层又是預先借电量放电来充过电的。当 γ 射綫束落在这硒薄层上时，銅板的电导便增大，并且受照射的部位开始放电，放电的速度取决于照射的強烈度。在曝光后，在硒薄层上得到潛象。潛象的密度就取决于被研究物体对于通过本身的 γ 射綫的不均匀吸收情况。然后将銅板显影，安放在暗箱里，通过噴咀向暗箱里吹入粉末，粉末的充电符号与硒銅板的充电符号相同。于是有少量的粉末沉降在电量密度較大的部位上，并且在这里成象，揭示出被透視工件的缺陷。在查看这象之后，用刷子从硒薄层上清除粉末，于是这銅板可供重新使用。

放射性同位素已經应用于創制各式各样的检查仪器。这些仪器是以测量气体的电离或受检查物質对于放射性射綫的吸收和反射程度为基础的。属于这类仪器的有：各种厚薄規、鍍层厚度测量仪、散粒体和液体界面测量仪、密度测量仪。

测量 γ 射綫和 β 射綫用的盖革-弥勒气体放电計数管，愈益經常地由带有固体或液体磷光体的、效率較高的閃爍計数器所代替。电机計数器則由十进位装置来代替，剂量測定仪器也有所改进。

已經拟定了选择最佳放射性射綫源的方法，其中考虑到极小

1) 或称“干式”射綫照相——譯者。

必需活度和射綫能量、足够的半衰期、使用便利和安全。

在机械制造业中，有大批工作人員已經掌握了并发展着应用放射性同位素的方法。他們創造了几十种仪器，用来研究和检查产品，以及工作过程的工艺控制。

現在，学者和工程技术人員所面临的重大任务是利用放射性同位素来研究机器結構材料和工作过程。这首先关系到开始掌握核燃料的动力和运输机械制造部門。

(熊大遠譯)

滲炭鋼組織和耐磨性的研究

Л. С. 巴拉特尼克 И. М. 柳巴爾斯基

А. И. 柳勃謙柯 В. Г. 聶斯傑聯柯

(哈爾科夫列寧工學院, 哈爾科夫運輸機械製造廠)

本文研究滲炭合金鋼耐磨組織的形成機理。工作是借助於放射性同位素，並且兼用了倫琴射綫組織分析以及其他研究方法來完成的，於是可以確定組織形成過程對其耐磨性的影響。

所得數據對於含有大量低強度 γ 相的組織的耐磨性問題的探討，很有意義。

1. 借放射性同位素之助，研究了經受不同熱處理規範（表 1）處理過的 18XHBA 號滲炭鋼制試件的耐磨性。在按規範 1 進行熱處理後，表面層（深度 0.2~0.4 毫米）組織是馬丁體¹⁾和 15~10% 的殘余奧氏體（圖 1）。在按規範 5 處理時，表面層由奧氏體和少量粗針狀馬丁體組成，然後是以馬丁體占優勢的奧氏體-馬丁體組織區域。在二次淬火（規範 6）後， γ 相的含量減少，並且表面層具有細針狀馬丁體和奧氏體組織。

表 2 中列舉的是，按熱處理規範 1、5 和 6 處理後，樣品硬度 H_{Rc} 沿其滲炭層深度的變化情形。

磨損試驗是用直徑 50 毫米、寬 7 毫米的滾輪來進行的。將放射性同位素 Co^{60} 引入熔化金屬中而實現活化，金屬的比活度約為 7 微居里/克。借安放在滑油系統管壁近旁的 MC-4 型計數管和 «Б» 型裝置之助，測量滑油的活度 (ΔI 、脈沖/分) 以確定磨損數值

1) 馬丁體在這裡和以後所指的是 α 相，它在倫琴射綫照片上不給出四邊形性雙重綫的分裂（圖 1）²⁾，但是顯示出清晰的針狀結構。

2) 原書印成（圖 2），疑為（圖 1）之誤——譯者。

表 1

热 处 理 規 范	渗炭层中残余奥氏体含量(%)	残余奥氏体在极部(%)	表面硬度(H.R.)	磨損速度(脉冲/分) $\times 10^3$	磨損到形成凹痕和崩落前的試驗時間(小时)
生產規范					
1. 910° 渗炭至深度 1.7~1.9 毫米, 和渗炭箱一起在空气中冷却, 650° 回火, 810° 淬火于油中, 150° 回火	20		58~60	30	27~30
2. 同上, 但没有 650° 回火	30		57	65	27~30
試驗規范					
3. 按規范 1 渗炭并在空气中冷却	60~70		45	20~30	13
4. 按規范 1 渗炭并直接淬火于油中	70~75		50	10	大于100
5. 按規范 1 渗炭并直接淬火于水中	70~90		53~63	5	大于100
6. 按規范 1 渗炭, 繼以 810° 二次淬火于水中	50		57~59	7	大于100

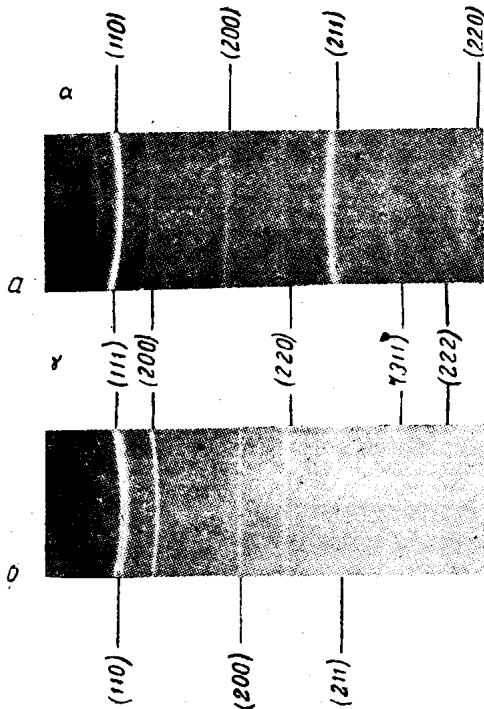


图 1. 深度 0.25 毫米渗炭层的伦琴射线照片
 a——生产热处理规范; b——渗炭并淬火于水中

表 2

規 范 №	深 度 (毫 米)									
	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	1.9
1	60	59	58	57	55	54	53	49	48	45
5	40	46	55	59	60	60	56	53	49	48
6	62	62	62	62	62	62	62	56	54	52

(h , 微米)。在我們的具体条件下, $h = 0.019\Delta T$ 。

試驗是在 MC-20 号航空滑油中进行的。这时, 赫芝接触应力 $\sigma_{\text{H}}^{(1)} = 100$ 公斤/毫米², 极大滑动速度 $v_{\text{CK}}^{(1)} = 1$ 米/秒。試驗前, 滾輪經受磨削, 磨削深度为 0.2~0.3 毫米, 得到表面光洁度为 $\nabla\nabla\nabla_7$ 。磨削后, 表面层中残余奥氏体含量实际上不变。

鋼的相分析以及 α 相、 γ 相和碳化物相晶格平面間距离的确定, 都是借伦琴射綫照相法来进行 (Fe——对阴极)。

由表 2 可知, 在渗炭后直接淬火于水或油中的情况下, 与生产规范 1 比較时, 耐磨性以及对于形成凹痕的抵抗力显著提高。

按规范 4 和 5 处理过的滾輪摩擦軌道的伦琴射綫分析証明, 磨損試驗前后的奥氏体数量是一样的。由此可知, 在現給情况下, 耐磨性的提高不可用摩擦过程中奥氏体轉变成馬丁体来解释。

随着渗炭层中残余奥氏体含量的增大, 在渗炭后比較緩慢冷却的試驗中, 因有可能实现渗炭层中合金元素的扩散重新分配^[1], 故使其耐磨性低于渗炭后急速冷却的場合 (规范 4、5 和 6), 后者能显著提高耐磨性。

由这部分試驗所得到的結果, 已經在真实齿輪上驗證过了。齿輪的模数为 5, 內圆直径 100 毫米, 寬 6 和 10 毫米。

2. 为了評定金属从放射性滾輪向配合零件上的轉移以及确定轉移的数量 (当滑动速度改变时), 对摩擦軌道进行了自射綫照相的研究。

1) 右下角字 K 表示“接触”, CK 表示“滑动”——譯者。

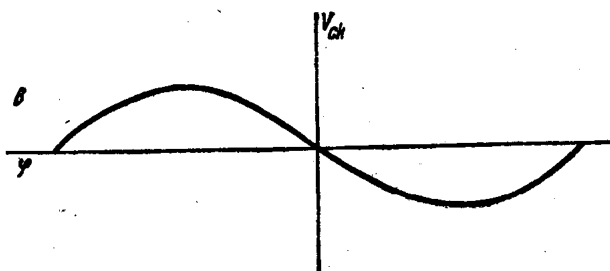


图 2¹⁾. 与放射性(放射性同位素 Co^{60}) 滚輪配对工作的
非放射性滚輪摩擦表面的自射綫照片

a — 渗炭并淬火于水中; b — 成批热处理规范; c — 速度变化特征

試驗台的构造^[2] 使得滑动速度在每轉一周的时间內越过零值两次, 并且滑动速度从 $v_{\text{CK}}^{\text{MH}} = 1$ 米/秒到 $v_{\text{CK}}^{\text{MRC}} = 1.05$ 米/秒而变化(見图 2 上的簡笔图).

滚輪自射綫照相的結果与磨損試驗的数据符合. 已經发现, 对于按规范 5 处理过的滚輪米說, 从一个滑动表面向另一个滑动表面的轉移实际上不存在. 对于规范 1 則观察到极強烈的金属轉移: 滑动部位上轉移金属的数量随着滑动速度的增大而增大. 图 2 上, 部位 B 相应于 $v_{\text{CK}}^{\text{MRC}}$ 和 $v_{\text{CK}}^{\text{MH}}$, 在部位 A 时 $v_{\text{CK}} = 0$.

3. 为了得到渗炭层中各相間銘的分布与热处理方式(見表 1)的关系数据, 熔化了一炉含有放射性同位素 Cr^{51} 的鋼. 金属的比活度約为 5 微居里/克.

将直径 15 毫米、高 5 毫米样品的渗炭层电解溶化后, 借 MCT-17 型带云母窗的計数管²⁾ 測量以确定活度, 进行了炭化物的

1) 原书图 2a 和 b 顛倒了, 已更正过来. 譯者.

2) 即所謂“钟罩式計数管”. 譯者.

研究。

伦琴射线照相分析和重量分析的数据证明, 渗炭体 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_3\text{C}$ 和碳化物 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_{23}\text{C}_6$ 沿渗炭层深度分布的特征, 对于缓慢冷却和急速冷却来说, 乃是一样的: 在这两种情况下, 在表面薄层中形成渗炭体(数量达 10~14%), 在深度 0.2~0.3 毫米处渗炭体含量下降到零(图 1)。碳化物 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_{23}\text{C}_6$ 在表面不存在, 但在深度 0.2~0.3 毫米处出现(数量为 2~3%)^[1]。

图 3 和表 3 是伦琴射线照相分析和射线测量分析的结果。所得结果可以解释如下: 当奥氏体中炭的浓度超过平衡浓度时, 渗炭层表面部位中在渗炭温度下便形成渗炭体。因此, 与冷却速度无关, 渗炭体深入渗炭层表面部位的深度达 0.2~0.3 毫米。碳化物 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_{23}\text{C}_6$ 的形成则具有另外一种机理。在冷却过程中(大约低于再结晶温度), 由渐渐成为介稳定性过饱和固溶体的奥氏体析出碳化物。碳化物的分布具有其极大值部位, 与奥氏体的极大值部位符合^[1]。这极大值部位取决于固溶体中炭的分布情况。

在渗炭温度下形成的碳化物 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_3\text{C}$ 中含有相当数量的铬。在渗炭后急速冷却时, 这样高浓度的铬(~16%)便在室温下固定于渗炭体中。在碳化物 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_{23}\text{C}_6$ 中, 由于低于再结晶温度使扩散过程受到抑制, 铬的浓度实际上无异于钢中铬的平均含量(~2.1%)。

表 3

碳化物种类	进入深度 (毫米)	碳化物中铬的含量(%)	
		急速冷却	缓慢冷却
$(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_3\text{C}$	0—0.3	16	1.5
$(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_{23}\text{C}_6$	>0.1	2.1	17.5

缓慢的冷却速度导致铬从渗炭体向固溶体的强烈过渡。这时, 渗炭体中铬的浓度下降到~2%, 这大概与渗炭体中铬的溶解度随着温度的下降而减小有关。与此相反, 碳化物 $(\text{Fe}, \text{Cr}, \text{W})_{23}\text{C}_6$

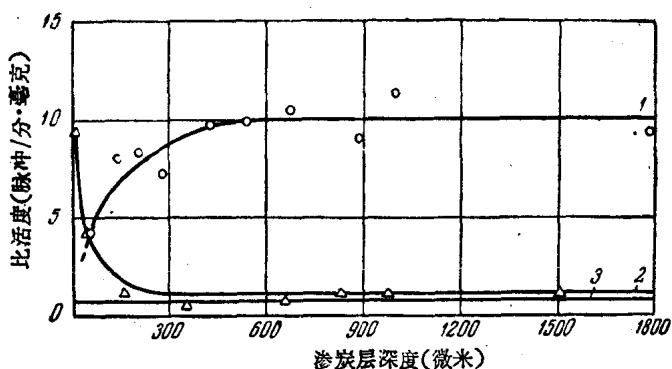


图 3. 沿渗炭层深度中碳化物粉粒的比活度(放射性同位素 Cr^{51})
 1——渗炭后缓慢冷却; 2——从渗炭温度淬火; 3——沿钢层深度的比活度

中能够大量溶解铬,在室温下铬的浓度可达 17.5%。

在急速冷却时,由于碳化物中合金元素平衡含量的浓度偏差可能部分地由其对于奥氏体晶格的定向长大而得到补偿,所以碳化物的自由能升高,碳化物和奥氏体的正规结合以及急速冷却下固溶体中铬的高饱和度,导致渗炭层的显著强化。至于冷却速度对于碳化物沿渗炭层的总含量和分布,实际上没有影响。

4. 为了研究渗炭后缓慢冷却和急速冷却试验中 γ 相晶格的显微组织,对于干涉曲线的形式进行了谱和分析^[3]。已经证明(图 4),在急速冷却的情况下,干涉曲线的消散实际上只由微观变形来决定:这时,变形均匀区域很大($\sim 220 \text{ \AA}$)而相对变形不大($\sim 2.5 \times 10^{-3}$)。在奥氏体缓慢冷却的情况下,与较大的不均匀微观变形($\sim 7.5 \times 10^{-3}$)并列,发生显著的晶体碎化过程(晶块大小 $\sim 380 \text{ \AA}$),这看来是由马丁体转变和碳化物析出(沿嵌镶晶块边界)来决定的。急速冷却 γ 相的这类不均匀微观变形,只有在长时间的磨损试验后才会发生。

5. 根据上述数据,可以提出在各种不同热处理或机械加工方法时合金硬度和耐磨性提高原因的揣测。金属和合金的强化势必与所有原子键结合的加强有关,或与限定晶体强度的最弱键结合的加强有关。这时,伴随着化学结合能 E_i 、“长度” L_i 和特性 χ_i 的