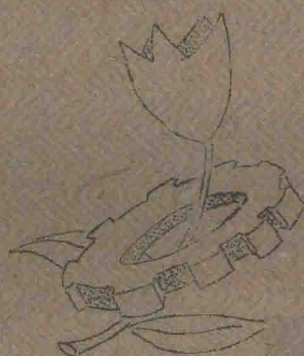


紡織機器安裝與修理工藝學



華東紡織工學院

196 年 月



序

“按装与修理”这门课，是1955年度为适应当时形势需要，中纺部委托我院所办纺织机械制造专业按装与修理专门化学生而编出的一份专业教材讲课54学时，实验54学时的初稿，后来因为专业行办，所以也没有进行修订过。

这份讲义所牵涉的面还是较广的，特别是一些磨损的本质和理论与所介绍的耐磨合金及一些修理工艺还是比较新的资料。对机械制造厂工作同志和纺织厂的保全职工们仍有很大的参考价值。

所以我们这是把一部份剩余的讲义装订成册，当然内容中有什么错误和不足之处，尚待读者提出批评和共同研究。

華東紡織工学院
纺织机械制造教研组

1961.3

纺织机口按装

第一章：机口的磨损

磨损的概念	— — — — —	P 1
A. 氧化磨损	— — — — —	P 6
B. 热磨损	— — — — —	P 15
B. 磨蚀磨损	— — — — —	P 22
T. 斑点磨损	— — — — —	P 29

第二章：机械零件的磨损形式对摩擦力的关系

A. 氧化磨损时摩擦力的变化	— — — — —	P II-1
B. 热磨损时摩擦力的变化	— — — — —	P II-2
B. 磨蚀磨损时摩擦力的变化	— — — — —	P II-4

第三章：零件的耐磨性

A. 氧化磨损时金属之耐磨性	— — — — —	P III-1
B. 热磨损时金属之耐磨性	— — — — —	P III-5
B. 磨蚀磨损时金属之耐磨性	— — — — —	P III-7
T. 斑点磨损时 " " " " "	— — — — —	P III-9

第四章：耐磨合金

A. 巴氏合金	— — — — —	P IV-1
B. 锌基合金	— — — — —	P IV-9
B. 铝基合金	— — — — —	P IV-11
T. 铜基合金	— — — — —	P IV-14
A. 灰铸铁	— — — — —	P IV-19

第五章：润滑

A. 润滑剂的粘度与油性	— — — — —	P V-1
B. 滑动轴承计算	— — — — —	P V-3
B. 润滑材料	— — — — —	P V-14

第六章：材料缺陷之检查

1. X-射线探伤法	— — — — —	P VI-1
2. 磁力探伤法	— — — — —	P VI-9
3. 超声波探伤法	— — — — —	P VI-12

第七章：金屬噴鍍 — — — — — PVII-1~13

第八章：電鍍 — — — — — PVIII-1~8

第九章：電火花加工 — — — — — P IX-1~4

第十章：機匣裝配的基本知識

- 一、裝配之意義及其目的 — — — — — PX-1
- 二、機匣之組成 — — — — — PX-1
- 三、裝配之方式 — — — — — PX-4
- 四、裝配之組織形式 — — — — — PX-5
- 五、裝配工藝之作業內容 — — — — — PX-7

第十一章：部件裝配

- 一、機架之裝配 — — — — — PXI-1
- 二、滾動軸承之裝配 — — — — — PXI-20
- 三、傳動輪之裝配 — — — — — PXI-28
- 四、齒輪之裝配 — — — — — PXI-31
- 五、降伸羅拉裝配 — — — — — PXI-38

第十二章：機匣安裝之基本知識

- 一、機匣之安裝方式 — — — — — PXII-1
- 二、" " 安裝的組織形式 — — — — — PXII-1
- 三、" " 的安裝 — — — — — PXII-7
- 四、" " "調心與試車 — — — — — PXII-5

第一章 机器的磨损 磨损故障的概念

关于机四的工作能力通常是以机四的工作性能来判断的。这种工作性能例如对发动机而言是：依据轴为转移的功率变动——即 $Ne = f(n)$ 单位燃料耗量和单位润滑油消耗量，没有敲击和不正常的噪声，对传动机件而言机械效率是基本的性能，关于机械效率的降低在工作时通常是以传动中的噪声增高的现象来判断的。各种工作性能的脱离正常情况的任何偏差都未表明机四中有某种故障的存在。

由于未将机四调整到适应于当前的工作种类，或由于在机四中发生了某些普通调整所不能消除的变动都会引起这些故障的发生。

关于调整及安装机四和农具的问题在叙述这种机四的构造的课程中已经说明，因为在本书中将不再讨论，我们的研究对象只是由于磨损或其它原因在机四中发生而不能用普通的调整消除的故障。

任何机四都由个别组合 (собрание) 所组成，因此，很显然地，由于机四中的组合的变动，机四也将发生工作性能的变动。

关于组合正常的工作也以组合工作指标来判断，在这种情况下，这指标就是已知的形成组合的联合机件构造性能，也就是配合，因此，就组合而言，故障表现在配合的破坏，也就是在运动的组合中所设的间隙的破坏以及在静止的组合中所设的过盈的破坏，这样，例如发动机功率的下降就可能是活塞组机件间隙增大的结果。

配合的任何破坏都决定于机件的尺寸和形状的改变，由此可以作出结论，所研究的任何一个机四，机件和组合的故障是在机件工作性能中发生了变动的结果，这些变动表现在机件构造尺寸的变动，它们的表面质量的变动，以及材料的改变（化学成份，结构，机械性质）。如实践证明，因机械尺寸的变动而发生的故障具有最大的实际意义，因为在最简单的机四零件上比较容易地注意和研究这些变动对于整个机四工作能力的影响，而这些机四零件及是机件副 (пары деталей) 的组合，所以研究机四的故障应该以研究个别的典型组合的故障为基础。

自然磨损和事故磨损以及损坏

只有在机四的各个机构建立起了这一机四的构造特性所要求的名种工作条件的情况下，才可以由使用的机四得到应有的生产率。这种条件的破坏，

摩擦表面的滑潤，組合中所要求的間隙、負荷及其他一系列的破壞，立刻就影響到整個機口的行動并使機構的磨損加強和損壞，其結果使車間必須以很高的代價付工和修理機口。因此，使用這種機口的技術人員不但應該知道個別機構的結構和工作原理，而且也應該知道設計者所定的基本的重要機件的工作技術條件。由於這些原因，工廠有責任對所生產的機口附以說明書，在這說明書中應該詳細地反映出維護這種類型的機口的所有的要求，並着重指出因機口的構造特點而產生的這種維護的特殊性。

仔細遵守工廠說明書的指示是正常使用機口的最重要的條件。但是無論怎樣仔細地按照維護機口的要求來實行，在機口的結構中和在摩擦的機件中久而久之就將發生磨損。在正確設計的機口中並且在規定的維護機口的情況下，這種磨損的增長的逐漸地、在長久的時間過程中發生。但在維護不良的情況下，磨損的增長可以是很強烈的，並且往往成為事故磨損。引用潤滑油層可將引起摩擦表面磨損的摩擦力的作用減到最小，但是，既然摩擦的作用不可能完全消除，所以應該將磨損的逐漸增長看作是不可避免的。在這種情況下我們的任務是遵守對機口工作所要求的條件來防止這種磨損的不正常的發展。

實際中所觀察到的機口的磨損和損壞，無論按照它的发生原因或發展的性質，都是非常多種多樣的，以致必須地研究每一個遭遇到的損壞。即使是在同一種呼號的機口的範圍內，都是巨大的，也許異常困難的工作。在這種情況下，科學的管理就採取現象分類法。這種現象分類法允許以現象類型的研究來代替分別地研究每一個現象。這些現象是由它們發生和發展的規律的一定共同性所結合的。

為此目的，在任何機口的工作機構中所有遭遇到的磨損和損壞可以分為兩種基本類型：

1. 通常漸漸地增長的磨損和損壞是在正常的使用條件下——即遵守了對這種機構所要求的一切維護規則——摩擦力的長期作用的後果、溫度和其他各種因素作用的後果。因為這些磨損屬於機口本身構造所決定的正常現象，所以它們被稱為自然磨損。
2. 迅速增長的，有時甚至是在機構經過短期工作以後就可看到的磨損和損壞。它們主要是對這種機構維護不當的結果，並且在比較稀少的情况下是生產上的缺陷的結果。這種損壞類型典型的、強烈的增長帶有事故的性質。因此，這些磨損和損壞可以被称为事故磨損。

所有见到的損壞的這種分類法之所以合理，是因為它幫助介決了防止故

障的基本问题：将所使用的机口保持在这样的状态下，使它们仅遭受到自然磨损。事故磨损和损坏是不应该发生的。

因为机口个别机构的自然磨损的延长速度与这种机构的设计上的完善性有关，所以显然地，研究这种类型的磨损首先对机口制造厂有重大的意义。根据机口在工作过程中的性能的使用资料，工厂就有可能及时地来消除机口在设计或制造上的某些缺点并因而可以系统地改进自己的机口。

同样重要地，要使使用这种机口的工厂知道机口的自然磨损。机构的自然磨损是随着这些机构的工作时间的增加而一起增长的。但是，这种逐渐的故障上的磨损增长仅在一定的范围才不致引起在机构工作质量上的改变。并且很明显地祇是在这个范围的磨损可以称作自然的、正常的磨损。超过了所指定的范围，磨损就会引起机构的工作质量上的改变，并造成使它的工作急剧地恶化的改变，换言之，从自然磨损增长而转变为事故磨损。

防止故障的问题的全部复杂性就在于：及时地掌握住每一个机构达到本身极限磨损的瞬间，并且修理工作来预防事故磨损。及时地修复已磨损的组合，因而可不需要大量的经费来使机口恢复原有的工作能力。

图 2-1 表示工作的机件到磨损的增长曲线，图中沿横坐标轴表示机件到的工作时间（以小时计）而沿纵坐标轴表示磨损的程度——在所设情形中为间隙。

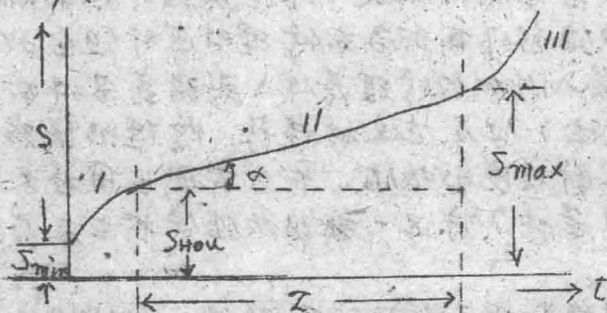


图 2-1
综合磨损曲线

所表示的曲线对所有良好设计成的，在规定的状况下工作的运动组合是正确的。这曲线具有三个明显地表示的区段，最初是表征新的组合试转过程的曲线区段 I；最后是曲线区段 III——相当于组合因它的磨损超过容许极限（事故磨损）而破坏的时期，以及中间的长度最长的直线区段 II（自然磨损）它相当于组合正常工作时期。在估计组合的修理之前使用期限时，应该除去第一和第三区段，因为试转终止的时刻就应该称为组合正常工作开始，而

组合正常工作终止即达到极限容许磨损。

在这种情形下，任何一种良好设计成的，在稳定情形下工作的组合的修理之间使用期限可以用下列关系来表示：

$$\tau = \frac{S_{\max} - S_{\text{Hau}}}{t_{\text{gx}}}$$

式中： τ — 组合的修理之间使用期限（以工时计）

$S_{\max}$ — 在磨损的情况下，配合的极限容许宽裕度（极限容许磨损）

S_{Hau} — 表示试封过程的组合最初配合自由的数值（初间隙）

t_{gx} — 表示组合的磨损急剧程度的数值

因而，根据关系式(1)所设的组合的修理之间使用期限可以用将分子和分母的数值保持在所需范围内的方法来保证。

以保持一定的分母数值为目的措施，也就是，以保持磨损的急剧程度为一定而不超过正常值的措施，应该属于技术使用的范围，而以保持一定的不低于正常的分子值为目的措施，也就是配合的扩大范围，应该属于机口修理的范围。

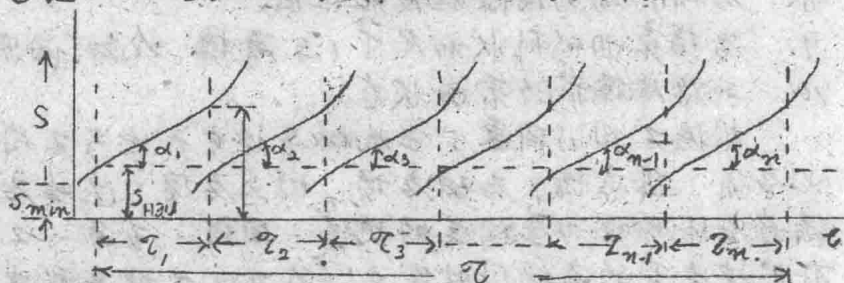
实际上，如果取配合的扩大范围（分子）为不变的数值，那末保持曲线中的直线区段的倾角是保证已知的修理之间使用期限的唯一途径。这里的主要措施是：将机口作应有的润滑和修理以优质的使用材料供给，正确地调整起动和操纵的规则，保证适当的保管等，也就是属于技术使用范围的措施。修理实践可以影响并且还在这种情形下对分母的数值起作用即在修理时进行组合的改制（реконструкция）（例如，装入附加的修理零件）或改变零件加工的方法（例如，填入耐磨的覆面）但是在这种情形，修理的实践改变了正常（自然）磨损的所设急剧程度的数值，并且又仍用技术使用范围内的措施来保证在使用条件下将这一新的数值保持在应有的，但已经是不同的限度内。

机口修理范围的典型措施是指示保留分子数值，即指保留最大的极限容许间隙和初间隙之间的差数。属于这些措施的首要处：修整零件原有的尺寸消除机口任何形状的改变，修复原有的配合等。

因此，可以用技术使用范围和机口修理范围的联合措施的制度来保证组合的全部使用期限。用图1—2所示的曲线系统来表示组合的这种全部使用期限的图例。全部使用期限 $\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \dots + \tau_{n-1} + \tau_n$ 由下列措施所保

証。首先，使所规定的组合的校带使用不超过已知值 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_{n-1}, \alpha_n$ 而且这种技术使用可以保持组合磨损程度的水准，以及其次，在每次修理之间使用期限 τ_i 以后，用允许的、规定的修理来修复已宽松的配合也就是将 S_{max} 减到 S_{H2U} 。

图 I-2



所作的全部叙述表示不仅机口制造工厂，就是使用这种机口的工厂，对他们来讲，知道机口机件自然磨损的性质是多么的重要。但是，从上面所述叙述的还不能作出这样的结论，即事故性质的磨损和损坏可以不致宽地除去，为要可以确定发生损坏的实际原因。工厂应该仔细地研究在机口中所看到的每一个事故和每一个不正常的磨损，因为这样就不可能采取彻底的措施来预防将来发生类似的现象。

如果自然磨损基本上表征机口本身的构造，因而，与使用这种机口的工厂无关。那末在事故磨损方面就应该说是与此相反的。而后者差不多只与工厂有关，因而，可以当作这种指标，用它来表征这工厂对属于他们所管辖的机口的使用技术掌握到什么程度。

因此，如果看到在机口中的事故性质的磨损和损坏愈多，那末这个工厂中对维护机口的工作也就做得愈坏，并且这种情形也可以是相反的。我们的任务是要将事故磨损和损坏在实际上做得到另，而这一问题解决基本上决定于使用机口的工厂。

磨损现象的本质和磨损类型

磨损的因素非常复杂，磨损量主要决定于外来因素：

1. 磨损种类和特性；
2. 磨损表面间的比压和载荷特性；
3. 磨损表面相对移动速度和速度变化；
4. 润滑油的导入方法，数量和质量（粘度、附着性以及在不同温度和压力下这些性质的变动）。

5. 温度条件;
6. 腐蚀作用和形成的表面层的性质;
7. 有无磨屑物质, 其性质和大小;
8. 磨损产物的清除程度和性质;
9. 磨损表面的形状和尺寸(与摩擦、冷却、润滑剂导入条件等有关);
10. 开始摩擦前的表面状态。

根据不同的因素, 在机械零件中产生了不同的磨损类型(氧化磨损, 热磨损, 磨粒磨损, 斑点磨损)这些磨损类型一般都遵循着固体物理和金属学的规律。同时, 在每一工作零件上很可能有几种类型的磨损同时发生, 而在这些类型中有一种是主要的磨损类型, 而其余的类型则是附加的, 次要的。主要的磨损形式是零件损坏的决定因素, 它限制了零件的使用期限。

零件的磨损之所以会同时产生主要与附加磨损, 是因为在摩擦表面的各部份的摩擦条件不一定完全相同。由于条件的不同, 所产生的磨损也因此而有所不同。

以举重载的齿轮的磨损为例来说明上述的情况。在主动齿轮齿廓表面上的磨损并不是均匀的。可以分为三个部份来研究。在齿是部份的区域内(从齿根伸唇到节圆附近), 由于滑动摩擦而产生了热磨损。在节圆附近的区域内, 由于主要是滚动摩擦而产生了斑点磨损。在齿头部份区域内(从节圆附近伸唇到齿顶), 由于滑动摩擦而产生了氧化磨损。

检查磨损的强烈程度, 以节圆区域为最大。这样, 在上述的例子中决定齿轮磨损的主要形式是斑点磨损。而热磨损和氧化磨损则是附加的磨损形式。

虽然在零件上常会产生几种磨损形式, 而使磨损情况复杂化, 但在实际上, 我们在分析其中主要的和附加的磨损以后, 只需要考虑主要磨损对于零件的关系。附加磨损不对零件的损坏起决定的作用, 因此为不致重复如上面的例子, 决定齿轮磨损的形式是斑点磨损。我们可以根据斑点磨损的特性来改善和防止齿轮的损坏。

现在让我们进一步研究各种磨损类型的特征。

A. 氧化磨损

氧化磨损的特征: 当摩擦时, 摩擦表面与空气中氧相接触, 产生氧对摩擦表面合金的扩散作用。



图 1-3

(主动齿轮工作齿廓表面磨损图)

在表面及内部承受在金属的固溶体以及金属金属的化合物等
之机械应力等。则在氧化过程中将形成氧化铁等固溶体以及
使金属在氧化过程中，由于这种固溶体和化合物的生成，使摩擦
表面的摩擦性能有根本的改变。

当零件磨损时，有时进行表面处理，使表面层的显微塑性变
形和金属塑性变形部分的氧的扩散。这两个过程有密切的联系
即塑性变形使氧在金属中的扩散，同时因为氧的扩散，能使金
属的塑性变形次增加。

林德森等对X3发动机的曲轴轴颈表面磨损
现象的研究结果说明

曲轴轴颈由45号钢制成，并经
过正常化处理。金属的组织是
肥粒体+珠光体，硬度为HRC

曲轴轴颈表面使用厚度为
2.5公厘的Gm合金轴套
中工作，轴套的磨损程度
中工作的轴颈其磨损程度
般未超过0.05公厘。

轴颈的正常工作寿命是
度1050转/分轴颈上的比压为
60公斤/公厘²。

曲轴轴颈表面的磨损是圆筒形，轴颈内面（靠近曲轴中心的表面）
的磨损较外面圆筒形为小，磨损表面与原来3.5公厘圆筒形是相
相见图1-4。曲轴轴颈表面在磨损后的截面（经4%硝酸酒精溶液
腐蚀后）的显微照相见图1-5。从图中可以看出，磨损后的表面
度的印象，磨损时有重如克之重，磨损后的表面显微组织（经4%
足曲轴轴颈的表面及主轴承处的显微组织（经4%硝酸酒精溶液
全厚度无区别，表面及金属的显微硬度在轴颈内表面及轴颈
度相同，可在轴颈表面磨损后的表面显微硬度在轴颈内表面及轴
在表面磨损后的显微组织（经4%硝酸酒精溶液腐蚀后）的显微
生成和磨损中心面成为磨损面，这磨损面与轴颈的轴颈轴颈轴
不可能造成截面磨损现象。这部分产生磨损的另一原因ii，是
由于周围空气中含有硬质颗粒，落入摩擦表面，以及邻近的轴
颈其他表面部分所形成的磨损产物。这些硬质颗粒在摩擦之间
造成了磨损。

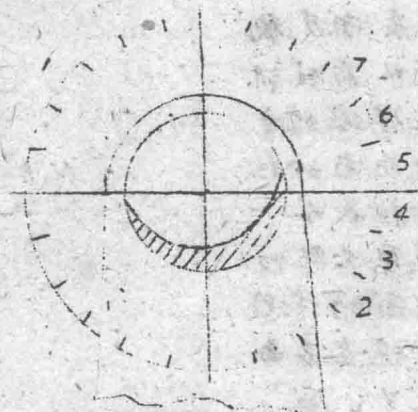


图 I-4

X3 发动机曲轴轴颈表面磨损图

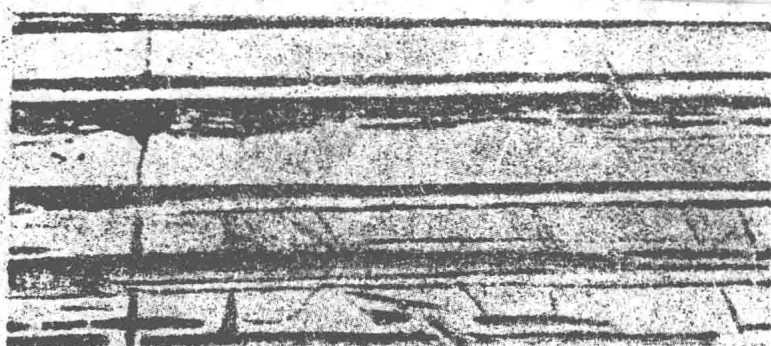
在曲轴之颈表面点2处(图I-65)的工作载荷较大,因此在表面产生了相当深的新组织层,这层的深度达0.02公厘,这新组织不容易用酸腐蚀,其硬度等于Huso 650.若与底金属相比较,除了^①硬度方面有很大的增加外(底金属的硬度为Huso 240)同时在组织层中^②发生很大的流动,这流动在观察图I-65的截面显微照相时可以很明显的看出,而在图I-66中更为清楚.

在表面显微面中可以观察到新组织在摩擦的方向上使原有的粒状晶粒粒长了.

观察这部份摩擦表面的情况可以发现在表面上生成了“瘤”.这一点证明了摩擦时表面有很大的塑性和流动性.这部份的磨损主要是因为流动大的经常生成而被去除.

在点3处,(图I-66)曲轴的表面部

新组织层深度为0.02公厘,硬度为Huso 650.底金属的硬度为Huso 240.在点5处,新组织层深度为0.02公厘,硬度为Huso 650.底金属的硬度为Huso 240.



a 点2处



6 点3处



8 点5处

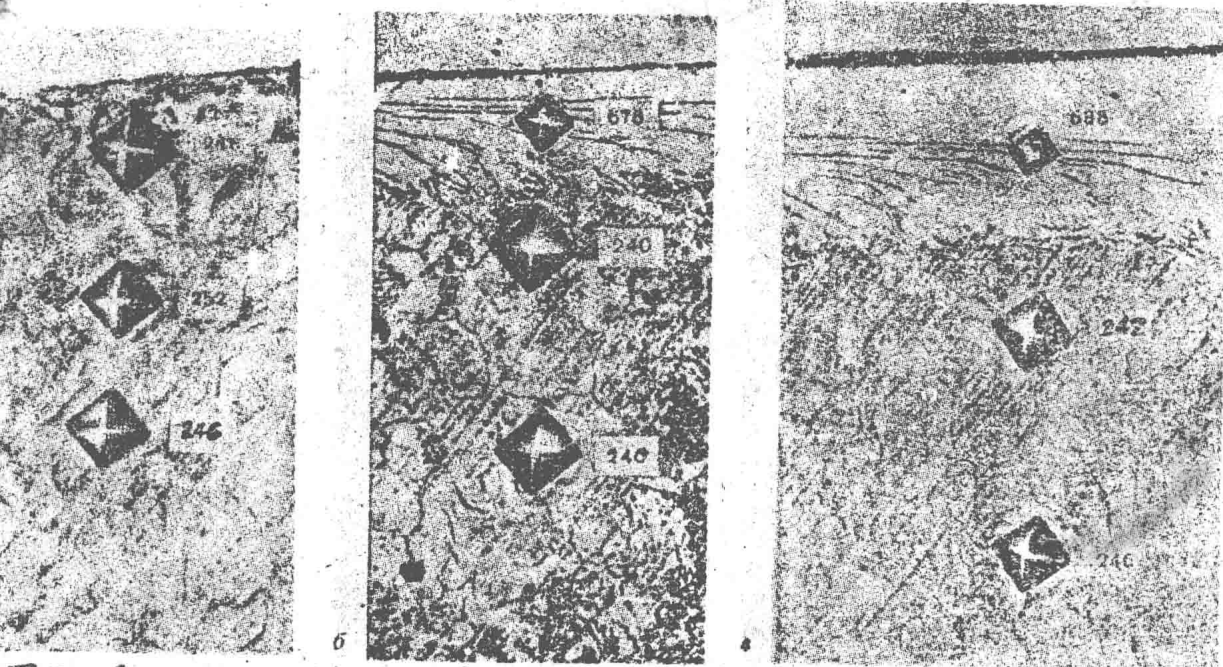
图I-5 曲轴轴颈摩擦表面显微照相

图I-5. 发动机XT3曲轴轴颈摩擦表面显微照相

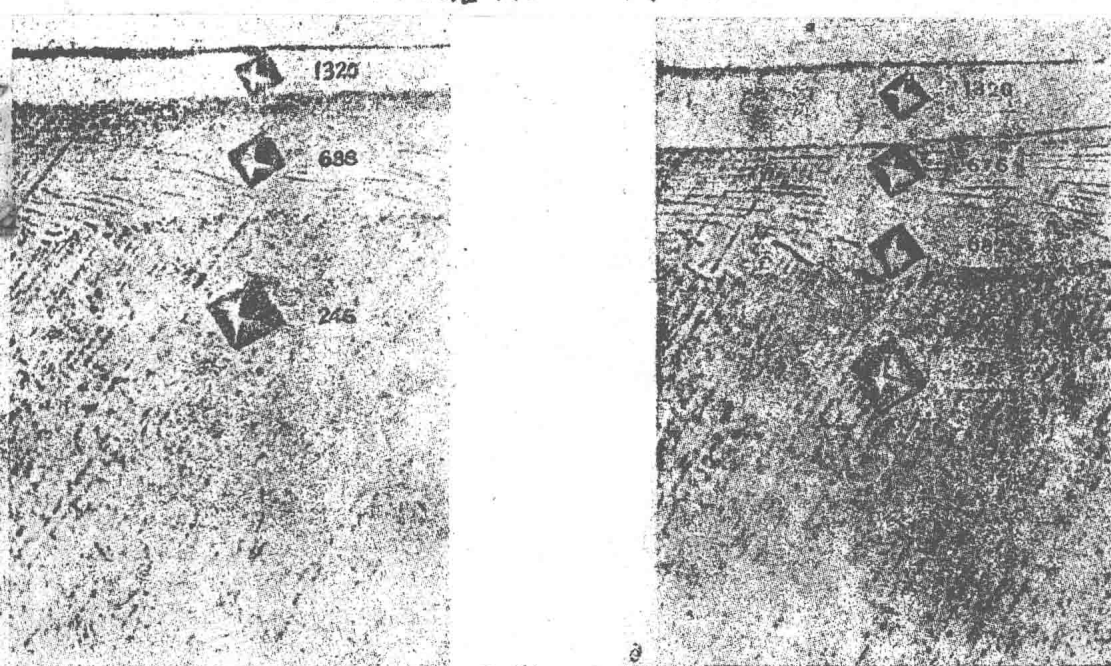
a — 点2部份, 6 — 点3部份, 8 — 点5部份 $\times 400$.

分度到较大载荷的磨损和冲击，因此新组块层的深度应加到0.035公厘，轴颈内部及金属的硬度应深保持不变，等于Hv150-245。

在英东处（图I-6）新流动组块的生长产生了根本的耐磨新形成物，即使受严重的腐蚀，也没有明显的作用，这一组块硬度比原来的硬度为大，等于Hv150-245，新生成物相和其平面的流动组块，有很明显的分界，没有任何均匀的过渡部分，这新相具有极高的脆性，在其截面上和表面上有很多明显的裂纹（图I-be）。



图I-6 a, b, c, 曲轴轴颈磨损表面尺截面显微照相。



图I-6 d, e, 曲轴轴颈磨损表面尺截面显微照相。

在桌5处(圖I-6a)表示了較發展的脆性相。其深度達0.015公厘。凡金屬和流動層的硬度在新脆性相形成時保持不變。

當脆性相的厚度增加時，其中的裂縫數目也隨着增加。裂縫常有方向性從流動層和脆性相的邊界處開始產生，然後漸次發展而使白色脆性相部份碎裂，脆性相沿最大裂紋處碎裂的情況見圖I-6。

在桌4.5兩處的磨損是由于脆性相的碎裂而產生的。這種碎裂的磨損產物散落在摩擦表面之間，成為磨屑物質，因此也影響了軸頸表面其餘部份的磨損。

曲軸軸頸磨損各部份的表面及組織的硬度見圖I-7。

氧化磨損不僅發生在曲軸軸頸上，同時也發生在很多軸承的軸頸、汽缸套、出輪和其他零件上。

現在我們對氧化磨損的現象進行理論分析。

為了介紹表面層的氧化磨損，我們先討論到鐵的氧化。

氧可以和鐵形成固溶體，也能形成化合物。鐵的氧化物有下列三種：

- (1) FeO 含22.27% O_2 ;
- (2) Fe_3O_4 含27.64% O_2 ;
- (3) Fe_2O_3 含30.06% O_2 。

三種氧化鐵，只有低價 FeO 能溶於鐵中， Fe_3O_4 和 Fe_2O_3 不能溶於鐵中，它們的性質沒有明顯的差別。

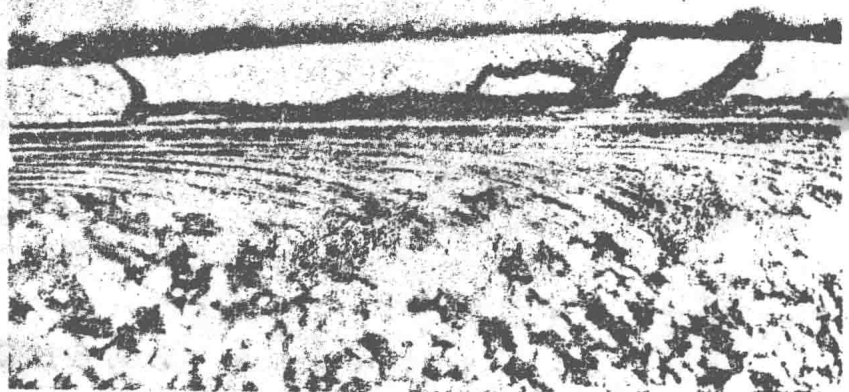
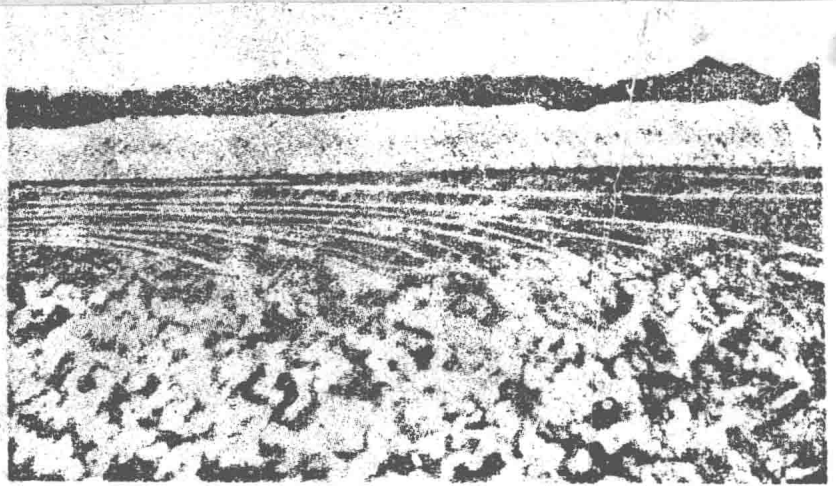


圖 I-6 曲軸軸頸磨損表面尺截面顯微照相。

圖2 6X 发动机XT3曲軸軸頸磨損表面尺截面顯微照相×700

因为摩擦时氧的扩散作用密切与金属的塑性变形相联系，则氧在金属中的扩散深度应相当于塑性变形分佈的深度。

由于氧的扩散主要是沿着滑移面进行的，因此氧在铁中的分佈是不均匀的。在氧化磨损初期所产生的组织是不均匀的氧在金属中的固溶体和高度散佈的金属氧化物和固溶体的共析体。第一期氧化磨损中所产生的初析相（组织的硬度是：

由正常化45号钢形成者，其硬度在500~700 H_{u50} 范围内（原金属珠光体硬度230 H_{u50}，肥粒体130 H_{u50}）。

由18×HBA 渗碳钢形成者，其硬度在750~900 H_{u50} 范围内（原金属硬度为700 H_{u50}）。

由纯铁形成者，其硬度在450~600 H_{u50} 范围内（原金属硬度为120 H_{u50}）。

这组织不易受普通腐蚀剂的腐蚀，表面层金属的含氧量尚未达到使金属形成氧化铁的浓度，而只形成了固溶体和共析体组织。这一层组织在磨损过程中产生流动，经常地形成和消除。

氧化磨损的第二期是金属表面层含氧量继续增加而致进地转变为新的脆性相，这脆性相是氧与金属的化合物，包括FeO, Fe₃O₄, Fe₂O₃。

这组织的硬度如下：

由正常化处理的45号钢形成者，其硬度在1200~1400 H_{u50} 范围内。

由热处理合金钢形成者，其硬度在1300~1600 H_{u50} 范围内。

由纯铁形成者，其硬度在900~1100 H_{u50} 范围内。

新组织很难腐蚀，其性质和金属的性质很不相同，具有很高的硬度和极高的脆性。脆性相的磨损是由于脆性相内部裂纹的发展而破裂所造成（图I-60x）。

为了充分了介流动层（固溶体层）和脆性层（化合物层）的性质可以根据下列实验来讨论。

将摩擦时产生的新组织在温度100, 200, 300, 400, 500°C 回火：每次加热保持半小时。加热后试样在空气中冷却。

试验的结果见表1和图I-8 的金相照片。

表1 曲轴之颈表面层在100~500°C回火后的显微组织变化

研 究 层	回火前 硬度	回 火 后 硬 度				
		100°	200°	300°	400°	500°
白色脆性层(化合物)	1320	1320	1332	966	742	632
白色流动层(固溶体)	640	670	696	448	318	210
原金属组织	230	236	242	238	246	240

註：显微硬度测定时的载荷为50克。

曲轴之颈底片表面层的金相分析如下：

底金属的肥粒体—珠光体组织在所有回火后均不变。第一期氧化底损所产生的组织，在回火至300°C时开始容易腐蚀，其硬度降低。在500°C回火后，这组织反而较底金属容易腐蚀些。在500°C回火后，其硬度低于底金属的硬度。从显微照相中可以看出，回火后这层组织含有小粒的珠光体和肥粒体的混合物，并盖有细小暗色的夹杂物。

白色脆性相在回火后，其硬度同样降低，回火的结果，这相腐蚀时改变了颜色，由原来的白色开始变为带有淡灰色，然后在回火温度增加时变到淡灰色。脆性相和其下面的金属层间的分界，在回火后仍保持原来的清晰性。

氧和FeO在铁中的不均匀固溶体当加热时(100~500°C)产生了整理过程，分散的氧化物聚合起来并形成较大的高价氧化物微粒。由于这样的整理和聚合过程，使金属产生了很大的物理性能的改变。

在第一期底损时所形成的组织在500°C回火后所表示的硬度较底金属为低，这是因为慢冷钢中氧含量的增加使硬度降低。下列表2中关于软质平炉钢不同含氧量对硬度的影响和上述的情况相符合。