

## 中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3033. 1—2011

代替 TB/T 3033—2002

### 滑动轴承 液体动压轴承损坏的特征和外观 第 1 部分：总则

Plain bearings—Appearance and  
characterization of damage to metallic hydrodynamic bearings—  
Part 1: General  
(ISO 7146 – 1:2008, MOD)

2012-09-11 发布

2013-01-01 实施

中华人民共和国铁道部 发布

目次

前言 ..... II

引言 ..... IV

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 轴承损坏的种类、原因和特征 ..... 1

4.1 损坏 ..... 1

4.2 损坏的原因 ..... 2

4.3 损坏的外观 ..... 2

4.4 损坏的特征 ..... 2

4.5 损坏的外观和损坏的特征之间的关系 ..... 3

5 损坏分析指南 ..... 4

5.1 概述 ..... 4

5.2 第1步 ..... 4

5.3 第2步 ..... 4

5.4 第3步 ..... 5

5.5 第4步 ..... 5

5.6 第5步 ..... 5

6 轴承表面的损坏——损坏特征、典型的损坏外观和可能的损坏原因 ..... 5

6.1 概述 ..... 5

6.2 静态过载 ..... 5

6.3 动态过载 ..... 6

6.4 摩擦磨损 ..... 13

6.5 过热 ..... 18

6.6 润滑不良(不足) ..... 20

6.7 污染 ..... 25

6.8 气蚀 ..... 35

6.9 电腐蚀 ..... 36

6.10 氢扩散 ..... 36

6.11 丧失结合力 ..... 39

7 轴承背损坏 ..... 40

7.1 概述 ..... 40

7.2 轴承背动态过载 ..... 41

7.3 轴承背摩擦磨损 ..... 43

7.4 轴承背上的颗粒污染 ..... 46

8 损坏外观的特殊形式 ..... 48

附录 A(资料性附录) 本部分与 ISO 7146-1:2008 的图片编号对照情况 ..... 53

附录 B(资料性附录) 表1的使用方法示例 ..... 55

## 前 言

TB/T 3033《滑动轴承 液体动压轴承损坏的特征和外观》分为以下两个部分：

——第1部分：总则；

——第2部分：气蚀及其应对措施。

本部分为 TB/T 3033 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分代替 TB/T 3033—2002《滑动轴承 损坏和外观变化的术语、特征及原因》。与 TB/T 3033—2002 相比，主要技术变化如下：

——修改了适用范围(见第1章,2002年版的1.1)；

——增加了规范性引用文件 ISO 4378.4 和 TB/T 3033.2(见第2章)；

——修改了轴承损坏的定义(见3.1,2002年版的1.1)；

——增加了“轴承损坏的种类、原因和特征”，给出了损坏外观的形式和损坏特征的说明以及损坏外观与损坏特征之间的关系(见第4章)；

——增加了“损坏分析指南”(见第5章)；

——修改了“轴承衬损坏”标题(见第6章,2002年版的第2章)；

——增加了轴承表面的损坏概述(见6.1)；

——删除了蠕变的“特征”(见2002年版的2.3.2.1)；

——增加了静态过载“典型的损坏外观”及内容(见6.2.1)；

——修改了蠕变“原因”的标题及内容(见6.2.2,2002年版的2.3.2.2)；

——修改了疲劳裂纹的损坏特征(见6.3.1,2002年版的2.4.1.1和2.4.2.1)；

——修改了疲劳“原因”的标题和内容(见6.3.2,2002年版的2.4.1.2)；

——增加了动态过载和摩擦磨损的“典型示例”(见6.3.3,6.4.3)；

——增加了摩擦磨损的“典型的损坏外观”内容(见6.4.1)；

——修改了磨合抛光及内容(见6.4.2,2002年版的2.2.1)；

——增加了过热“典型的损坏外观”内容(见6.5.1)；

——修改了过热“原因”的标题及内容(见6.5.2,2002年版的2.3.1.2)；

——删除了刻面效应(见2002年版的2.3.1)；

——增加了润滑不良的“典型的损坏外观”、“可能的损坏原因”、“典型示例”内容(见6.6.1~6.6.3)；

——增加了颗粒污染的“典型的损坏外观”内容(见6.7.1.1)；

——修改了嵌入颗粒“原因”的标题及内容(见6.7.1.2,2002年版的2.1.1.2)；

——修改了2.6条标题：将“腐蚀和摩擦化学作用引起的变化”改为“化学物污染”(见6.7.2,2002年版的2.6)；

——增加了腐蚀和摩擦化学作用引起的变化的“典型的损坏外观”内容(见6.7.2.1)；

——删除了腐蚀和摩擦化学作用引起的变化“特征”及2.6.1~2.6.4的标题(见2002年版的2.6.1~2.6.4)；

——增加了气蚀的“概述”标题及内容(见6.8.1)；

——增加了气蚀的“典型的损坏外观”和“可能的损坏原因”及“典型示例”(见6.8.2~6.8.4)；



- 修改了电腐蚀的“原因”标题和内容,并取消了轴承和轴之间的电位差值“300 mV ~ 400 mV”(见 6.9.2,2002 年版的 2.8.1.2);
- 增加了对电腐蚀的“典型示例”进一步说明(见 6.9.3);
- 修改了术语“微孔和气泡”(见 6.10,2002 年版的 2.8.4);
- 增加了对氢扩散的“典型损坏外观”的进一步说明(见 6.10.1);
- 修改了氢扩散的“可能的损坏原因”及“典型的示例”内容(见 6.10.2、6.10.3,2002 年版的 2.8.4.1、2.8.4.2);
- 修改了“轴承背损坏”的内容(见第 7 章,2002 年版的第 3 章);
- 增加了轴承背损坏的“概述”的标题及内容(见 7.1);
- 增加了轴承背损坏的“典型的损坏外观”和“可能的损坏原因”及“典型示例”(见 7.2.1~7.2.3);
- 删除了“气蚀的类型”内容(见 2002 年版的 2.5);
- 删除了图 7、图 12、图 13、图 16、图 19、图 22、图 23、图 31、图 33、图 35、图 38、图 40、图 46 ~ 图 49、图 51、图 55、图 56、图 58 ~ 图 60、图 62、图 63(见 2002 年版的第 2 章和第 3 章);
- 增加了图 1、图 2、图 4、图 6、图 10 b)、图 11 ~ 图 16、图 21、图 22、图 24 ~ 图 27、图 30、图 32、图 33、图 38、图 41、图 43 a)、图 45 ~ 图 47、图 50、图 56 ~ 图 58、图 60 ~ 图 62、图 64、图 66、图 67、图 71、图 73 ~ 图 75、图 79 ~ 图 85(见第 4 章 ~ 第 8 章);
- 增加了资料性附录 B“表 1 的使用方法示例”。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 7146-1:2008《滑动轴承 液体动压轴承损坏的特征和外观 第 1 部分:总则》。

本部分与 ISO 7146-1:2008 的技术性差异及其原因如下:

- 修改了范围,在范围中增加了本部分的适用范围,以符合我国标准编写的要求;
- 修改了丧失结合力可能的损坏原因的例子说明,对制造过程中的工艺过程不完善情况作了更明确的说明;
- 增加了图 11 ~ 图 14、图 16、图 21、图 22、图 25、图 26、图 32、图 33、图 41、图 46、图 47、图 64、图 66、图 67、图 71、图 73 ~ 图 75、图 79 ~ 图 85 共 38 幅图,以便为机车柴油机滑动轴承损坏的原因分析和预防方面提供技术上的参考与依据。

本部分还做了一些编辑性修改,增加了资料性附录 A,提供了本部分与 ISO 7146-1:2008 的图片编号对照一览表。

本部分由南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司提出并归口。

本部分起草单位:中国北车集团大连机车车辆有限公司、南车戚墅堰机车车辆工艺研究所有限公司、成都圣三强铁路配件有限公司、南车成都机车车辆有限公司。

本部分主要起草人:王召、姜淑清、蒋田芳、李佳涵、许晓霞、缙智勇。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为:

- TB/T 3033—2002。



## 引 言

在实践中,轴承的损坏往往是由几种机理复合作用的结果,损坏可能是由于装配和维护保养不当,也可能归因于轴承、轴承座或轴的制造不良。在某些情况下,损坏还可能归因于考虑经济利益而采取的折衷设计或来自不可预见的运行条件。由于损坏是设计、制造、组装、运用、维护保养以及检修等多方面因素的综合结果,要确定其主要原因往往是困难的。

在轴承极度损坏或变形时,证据很可能消失,将不可能鉴别损坏是如何发生的。

在所有情况下,了解有关组装的实际操作状况以及维护保养历史,是至关重要的。

本标准中所建立的轴承损坏的分类,主要以滑动表面和其他部位可见到的特征为基础。为了确切地判定轴承损坏的原因,需要考虑到每个方面。

由于在运行表面上造成类似效应的原因不止一种,只描述外观对判定损坏原因往往是不够的。在这种情况下,还必须考虑运用操作情况。因此,第4章再细分成几个分别包含损伤外观和损伤特性的分条款。第5章对损伤分析程序作了指导性的叙述。在第6章和第7章中,给出了所有具有代表性的与损伤外观相关联的损伤特征。

# 滑动轴承 液体动压轴承损坏的特征和外观

## 第1部分:总 则

### 1 范 围

本部分对液体动压润滑滑动轴承和轴颈在使用中发生的损坏的特征进行了定义、描述和分类。这有助于了解可能发生的各种形式的损坏和变化。

本部分只限于损坏的特有形式,每种形式都具有清晰的外观特征,并都能够归因于具有高度确定性的特殊原因。这里描述的各种形式都用照片和示意图作了说明。

本部分适用于液体动压润滑滑动轴承和轴颈在使用中发生损坏的特征分类和原因分析。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

TB/T 3033.2 滑动轴承 液体动压轴承损坏的特征和外观 第2部分:气蚀及其应对措施(TB/T 3033.2—2011,ISO 7146-2:2008,MOD)

ISO 4378.1 滑动轴承 术语、定义、分类与参数 第1部分:设计、轴承材料和性能(Plain bearings Terms, definitions, classification and symbols—Part 1: Design, bearing materials and their properties)

ISO 4378.2 滑动轴承 术语、定义、分类与参数 第2部分:摩擦与磨损(Plain bearings Terms, definitions, classification and symbols—Part 2: Friction and wear)

ISO 4378.3 滑动轴承 术语、定义、分类与参数 第3部分:润滑(Plain bearings Terms, definitions, classification and symbols—Part 3: Lubrication)

ISO 4378.4 滑动轴承 术语、定义、分类与参数 第4部分:基本参数(Plain bearings Terms, definitions, classification and symbols—Part 4: Basic symbols)

### 3 术语和定义

ISO 4378.1、ISO 4378.2、ISO 4378.3、ISO 4378.4 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**滑动轴承损坏** damage to plain bearings

**轴承损坏** bearing damage

滑动轴承表面和(或)轴承背在运行期间发生的所有对轴承性能有不利影响的外观变化。

### 4 轴承损坏的种类、原因和特征

#### 4.1 损 坏

##### 4.1.1 概 述

滑动轴承损坏是一种摩擦性能变坏的现象,通常还伴随着外观的变化。这种损坏从由某种原因引起开始并不断发展直到达到它的最终使用寿命为止。

在不发生异常的情形下,滑动轴承的使用寿命关系到整台机器的使用寿命。

##### 4.1.2 损坏的迹象

在机器工作过程中,能发现轴承损坏典型的迹象有:持续上升的工作温度,润滑油压力的下降,噪

声,振动和异常的气味。

#### 4.2 损坏的原因

原因就是产生和导致损坏的事件。大多数的损坏原因是由轴承之外的其他因素造成的。

#### 4.3 损坏的外观

损坏的外观是通过轴承表面和(或)轴承背的很显著的图片来描述,各种损坏的外观之间存在着明显的差异。

滑动轴承故障可以有多种外观损坏形式,通常损坏的外观和损坏的特征有直接的联系,但是和损坏的原因却没有直接关系(但也有例外,见 6.8 和 6.9)。

损坏的外观形式如下:

- a) 沉积物;
- b) 蠕变;
- c) 温度周期性变化引起的形变;
- d) 热裂;
- e) 疲劳裂纹;
- f) 剥落(粘合物缺失);
- g) 摩擦腐蚀;
- h) 熔化,咬粘;
- i) 磨光,刮伤;
- j) 混合润滑的痕迹,材料磨损;
- k) 变蓝、黑色;
- l) 腐蚀,流体侵蚀;
- m) 嵌入的颗粒,粒子滑动痕迹,金属纤维的形成;
- n) 电弧坑;
- o) 气蚀外观:材料磨坏。

#### 4.4 损坏的特征

##### 4.4.1 概述

损坏的特征是对一些损坏外观的典型特点的描述,明确的特征为确定损坏的原因提供依据。

损坏的特征是各不相同的,详细说明见 4.4.2 ~ 4.4.11。

##### 4.4.2 静态过载

材料所受载荷超出与实际运转温度相对应的抗压屈服强度。

##### 4.4.3 动态过载

材料所受载荷超出与实际运转温度相对应的疲劳强度。巨大的动载荷通过削弱轴承的顺应性,也容易导致轴承的损坏。

##### 4.4.4 摩擦磨损

摩擦磨损是指微观几何形状的变化和轴颈与轴承之间相互作用造成的材料损耗。轴承背和轴承座之间的运动也容易造成摩擦磨损。

##### 4.4.5 过热

润滑剂、轴承、工作环境和冷却系统之间未能实现设计阶段要求的热平衡而导致的温度高出了预期值。随着温度的升高,润滑剂黏度降低而使得承载能力下降;结果又导致温度的继续升高。因此,如果冷却系统不能阻止温度继续升高,轴承就不能稳定的运行。

##### 4.4.6 润滑不良(不足)

影响摩擦系统。



4.4.7 污 染

润滑剂和外来颗粒混合或反应后的产物会导致轴承的损坏。外来杂质嵌入到轴承背和轴承座之间也同样容易导致轴承的损坏。

4.4.8 气 蚀

流体压力的减小导致流体的汽化并形成气泡,这些气泡在流体压强增加时会发生内爆炸并产生局部高压,引起轴承滑动面的腐蚀。

4.4.9 电 腐 蚀

轴颈和轴承之间的电位差会导致产生携带局部强电流的电弧,它会损坏轴颈和轴承表面。

4.4.10 氢 扩 散

在轴承的钢背或电镀层内可能含有氢。如果氢在扩散中被某一层所封闭,就会有气泡产生。

4.4.11 丧失结合力

轴承的衬层和轴瓦背之间或是各层之间发生剥离。这时需要进行金相检测来将它和其他的损坏特征区分开。

4.5 损坏的外观和损坏的特征之间的关系

损坏的特征和外观随着损坏从原发性特征到继发性特征的发展而变化,见图 1。

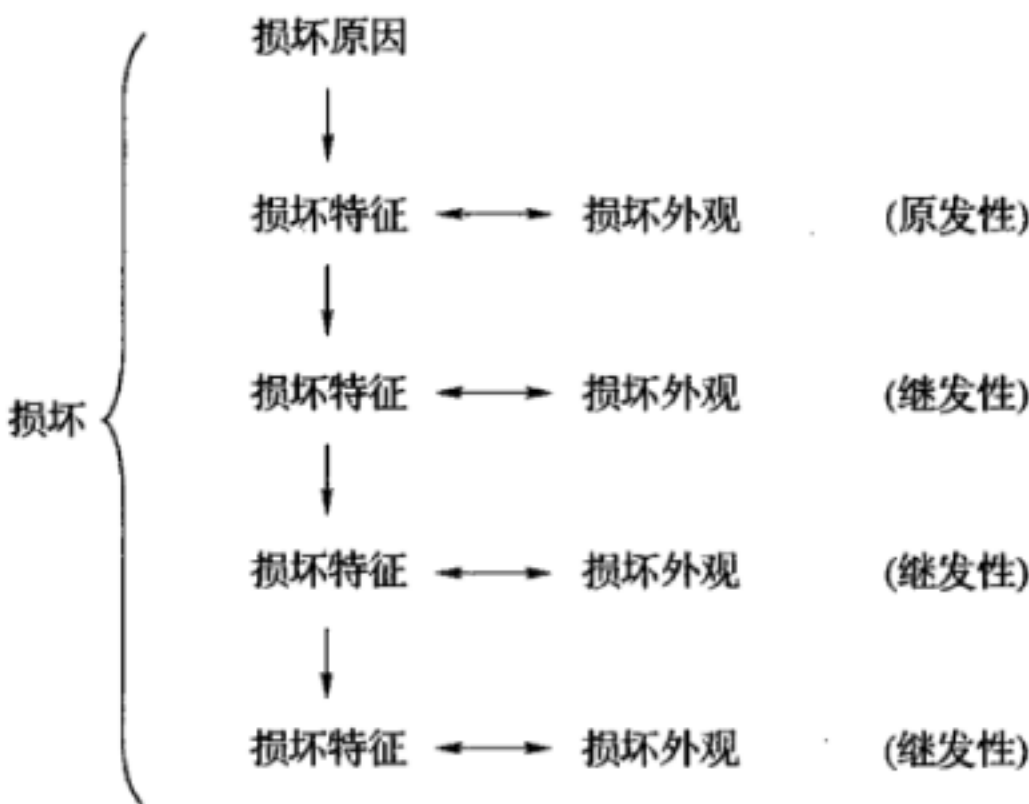
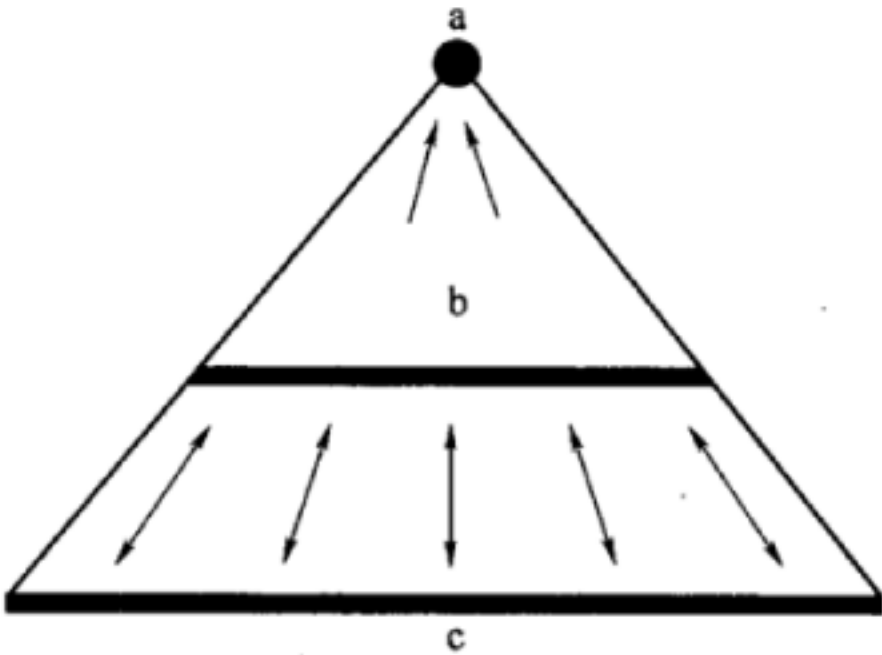


图 1 损坏的外观随着损坏从原发性特征到继发性特征的发展而变化

不同的损坏特征能对应相同的损坏外观。  
同一个损坏特征能对应多种损坏外观。  
在一件事中能体现损坏特征的多重性。  
损坏特征为损坏原因的分析提供依据,见图 2。



a——损坏原因;  
b——损坏特征;  
c——损坏外观。

图 2 损坏特征为损坏原因的分析提供依据

滑动面和轴承背损坏的典型关系如表 1 所示。在大多数情况下,表 1 是通过损坏的外观所表现出的损坏特征来分析最终损坏原因的一种指南。

表 1 损坏特征和损坏外观的相互关系

损坏外观															损坏特征	分条款(序号)
沉积物	蠕变	温度周期性变化引起的形变	热裂	疲劳裂纹	剥落(粘合物缺失)	摩擦腐蚀	熔化 咬粘	磨光 刮伤	混合润滑的痕迹,材料磨损	变蓝、黑色	腐蚀	流体侵蚀	嵌入的颗粒 粒子滑动痕迹 形成金属丝线	电弧坑	气蚀外观: 材料磨坏	
x	x		x						x						静态过载	6.2
				x	x										动态过载 <sup>a</sup>	6.3
				x		x									动态过载 <sup>b</sup>	7.2
								x	x						摩擦磨损 <sup>a</sup>	6.4
								x							摩擦磨损 <sup>b</sup>	7.3
x	x	x	x						x						过热	6.5
							x		x	x					润滑不良(不足)	6.6
x								x	x		x	x	x		污染(颗粒、化学物) <sup>a</sup>	6.7
x								x	x		x		x		污染(颗粒、化学物) <sup>b</sup>	7.4
														x	气蚀	6.8 和 TB/T 3033.2
														x	电腐蚀	6.9
					x										氢扩散	6.10
					x										丧失结合力	6.11
<sup>a</sup> 为滑动面的损伤。 <sup>b</sup> 为轴承背的损伤。																

5 损坏分析指南

5.1 概 述

轴承损坏分析宜由在轴承冶金、轴承工艺和轴承损坏方面有丰富经验的人来承担。如果仅仅基于轴承损坏的照片进行分析几乎是不能成功的。

下面步骤是对轴承损坏分析的指导。

5.2 第 1 步

确定使用寿命。在长时间使用之后的损坏和短暂使用后的损坏之间是存在重大差异的。它们会出现类似的损坏外观,但是损坏原因通常是不同的。

短暂使用之后损坏的典型原因有:几何形状或者装配的缺陷,有污垢,之前损坏造成的影响,改变了上次使用的工况条件。

较长时间使用之后损坏的典型原因有:工况条件发生了改变。

长期使用后损坏的典型原因有:由于疲劳使得材料的动态性能降低。

5.3 第 2 步

对损坏特征和损坏外观进行严格的区分是很重要的。为了要彻底分析原因,应根据表 1 对所有显著的损坏外观进行评价,并确定其一个或几个损坏的特征。

5.4 第3步

对整个系统进行考虑:轴承、轴、润滑剂、轴承座。  
将轴承分层取样得到的样品进行化学分析,并检查它的微观结构。如果有必要,可以分析润滑剂和滤器里的过滤物。

5.5 第4步

把检测到损坏之前和损坏过程中的所有信息整合到一起。

5.6 第5步

通过回顾前面的损坏的特征列表和第3、4步中得到的信息,通常能得到一个需要考虑的损伤特征的简图,这样将得到可能的损坏原因。  
表1的使用方法示例参见附录B。

6 轴承表面的损坏——损坏特征、典型的损坏外观和可能的损坏原因

6.1 概 述

轴承表面的损坏详述如下。对于4.4中列出的每一个损坏特征,都给出了典型的损伤外观、可能的损伤原因和典型示例。

6.2 静态过载

6.2.1 典型的损坏外观

蠕变:轴承材料在载荷最大和温度最高区域出现的表面沉降,沿转动方向,开始处平滑,结尾呈无裂纹的半圆形凸起,有时候像波峰,见图3。  
混合润滑痕迹,见图4。  
沉积物和热裂。

6.2.2 可能的损坏原因

轴承载荷超出它的设计允许值和(或)轴承温度长期高于预期值。

6.2.3 典型示例

静态过载的典型示例见图3、图4。

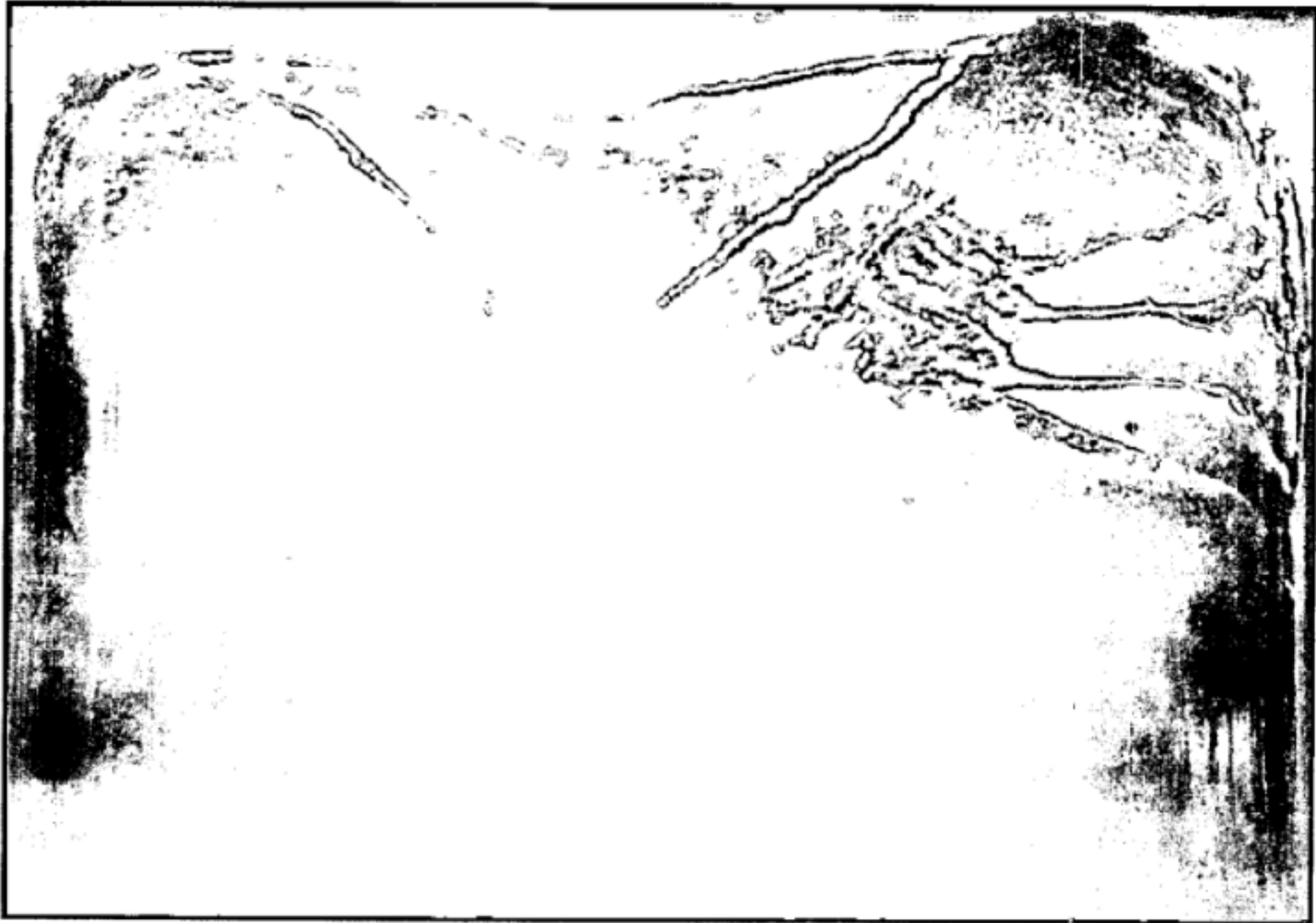


图3 蠕变 无裂纹的半圆形凸起(材料:钢/锡基巴氏合金)



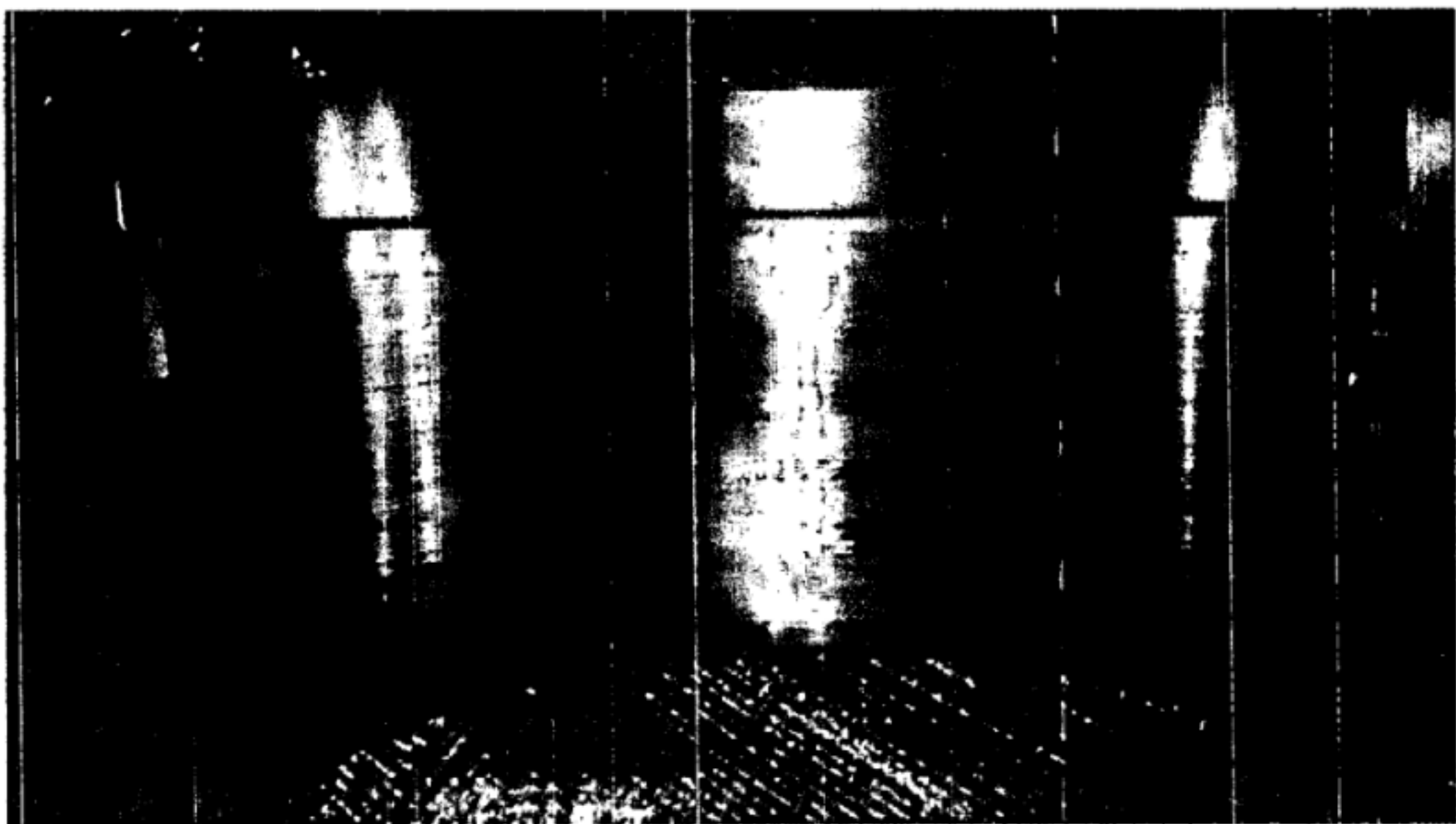


图4 传动轴轴承,展示的是与过载相关的低转速造成的影响(材料:钢/锡基巴氏合金)

6.3 动态过载

6.3.1 典型的损坏外观

疲劳裂缝:在滑动表面承载区域蔓延的裂纹呈网状分布,裂纹在结合面上改变方向。

疲劳裂缝发展的最终结果是衬层从轴瓦上脱落,见图5。

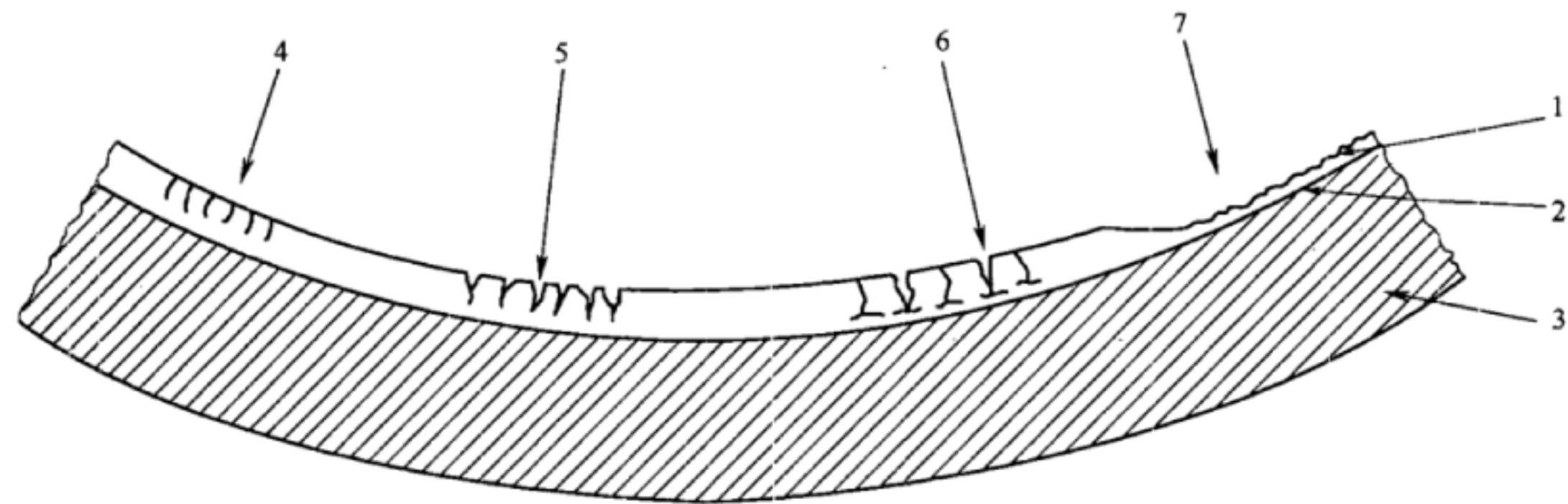
还有其他可能的损坏外观,比如轴承背的摩擦腐蚀,见7.1。

6.3.2 可能的损坏原因

在工作温度下,当轴承材料受到超出它的疲劳限度的强动载荷时将产生裂纹。此时产生的损坏不是由于粘结物的失效。

6.3.3 典型示例

动态过载的典型示例见图5~图17。



说明:  
1——轴承金属衬层; 5——被剥蚀的裂纹;  
2——结合部位; 6——呈垂直扩展的裂纹;  
3——衬背; 7——剥落。  
4——裂纹;

图5 疲劳裂纹和剥落过程示意图

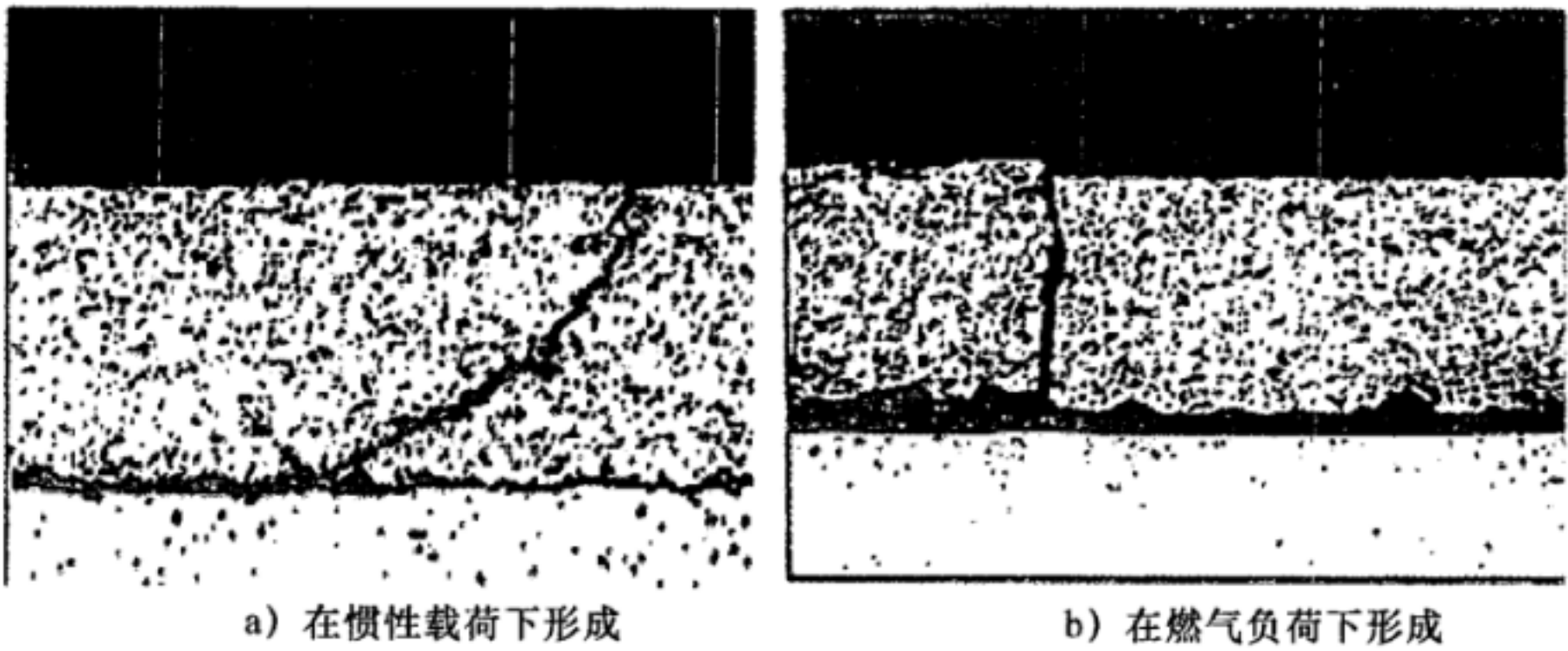


图 6 典型的内燃机轴承疲劳的裂纹(材料:钢/铝合金)

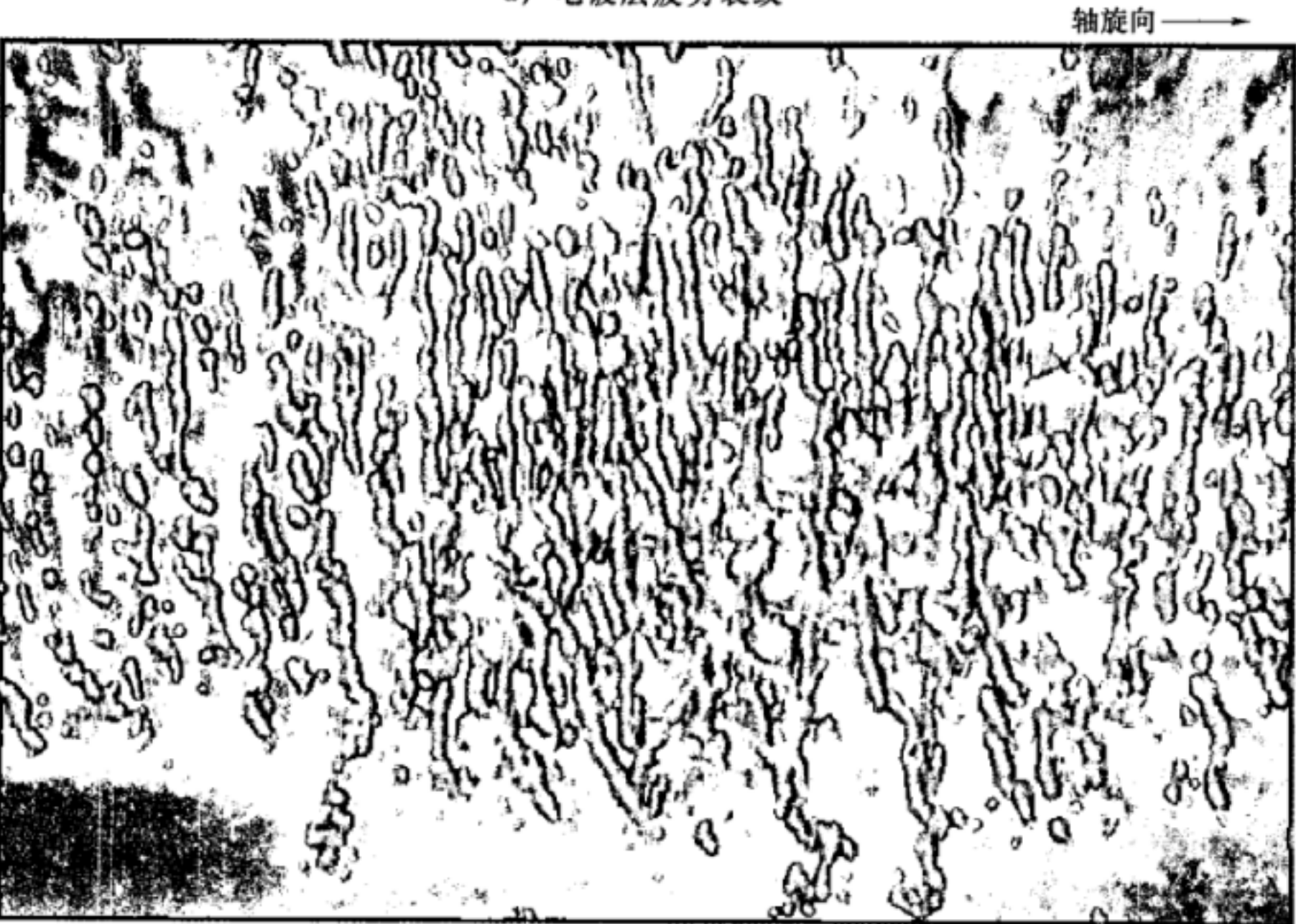
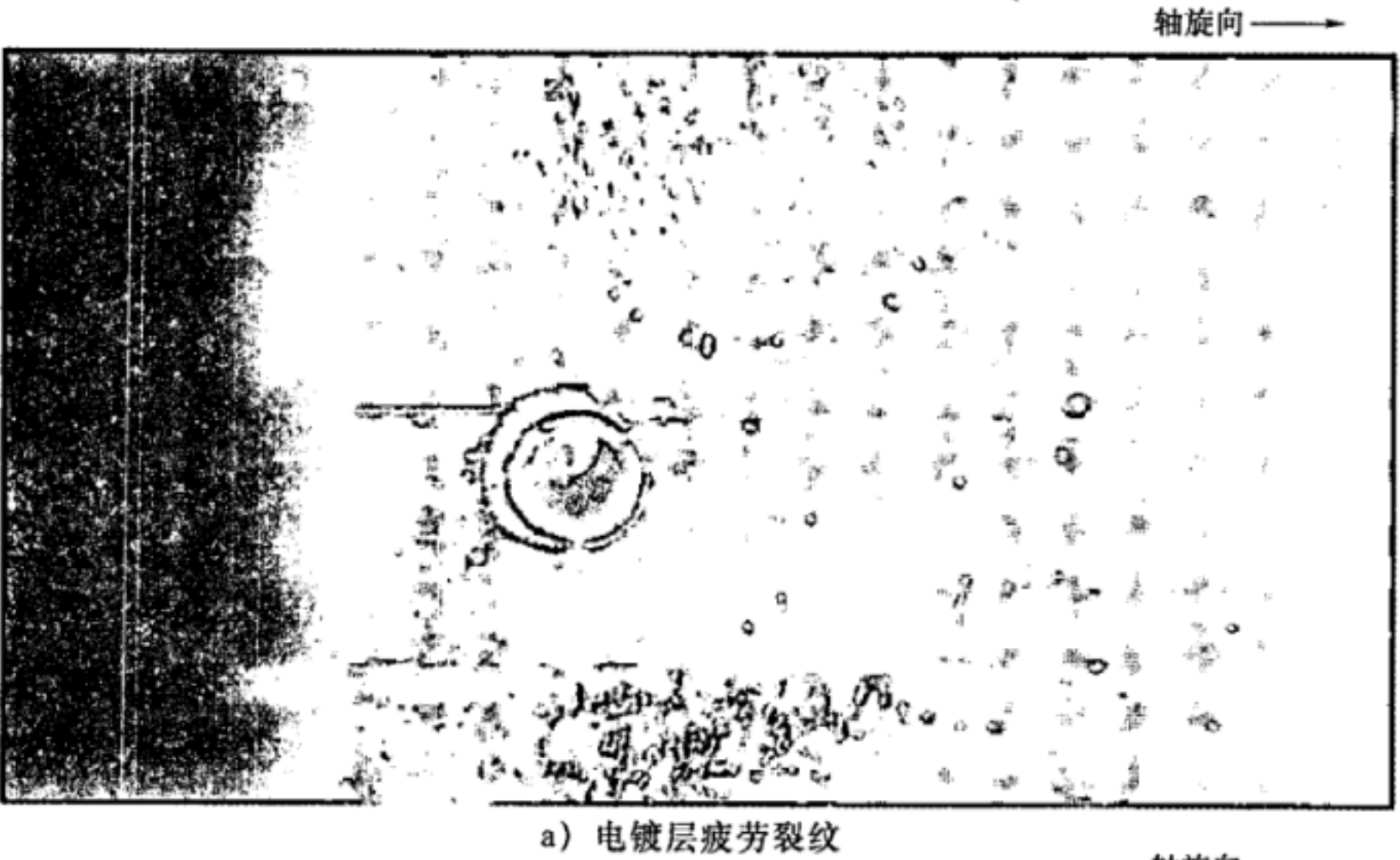


图 7 电镀层疲劳裂纹(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)



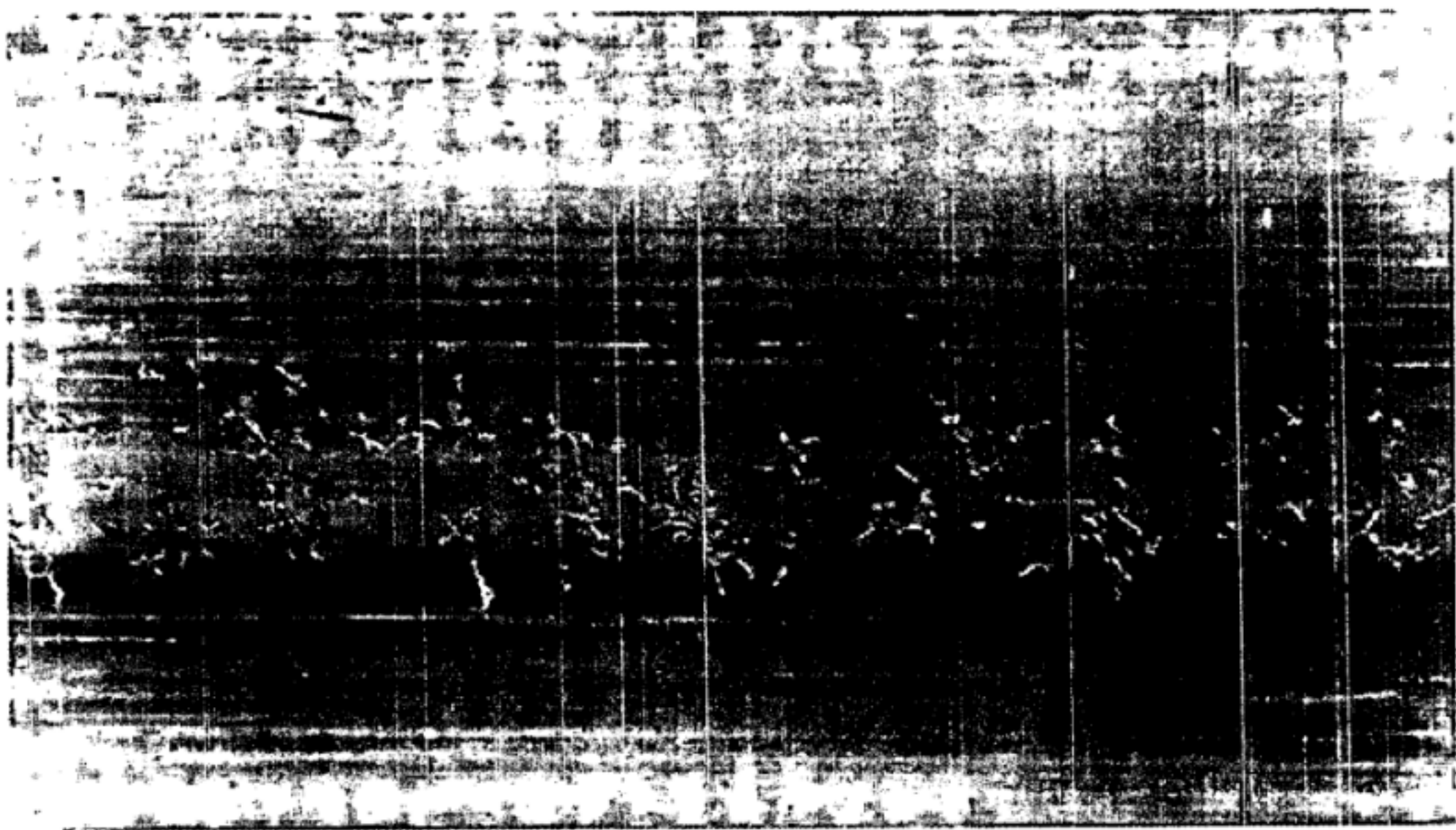
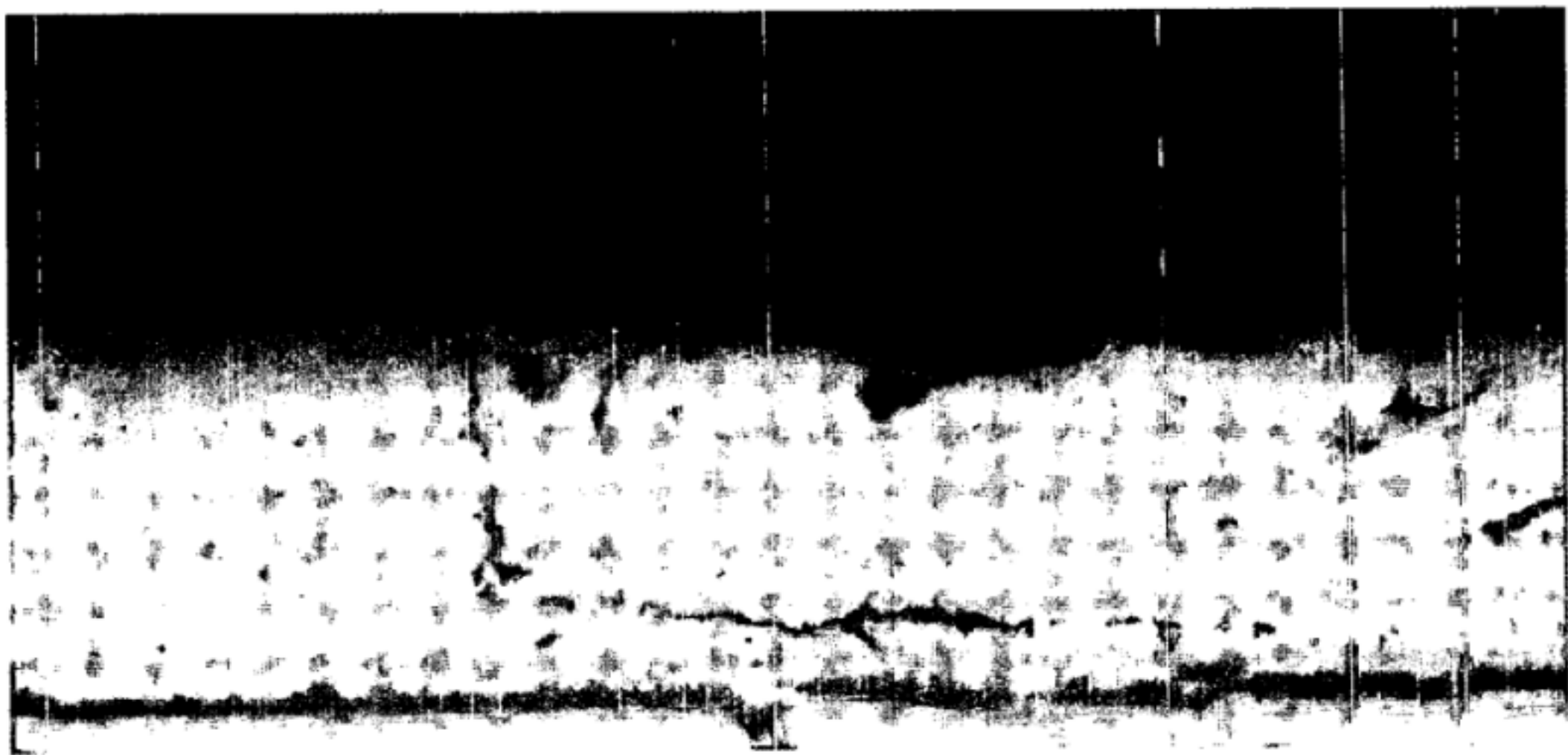


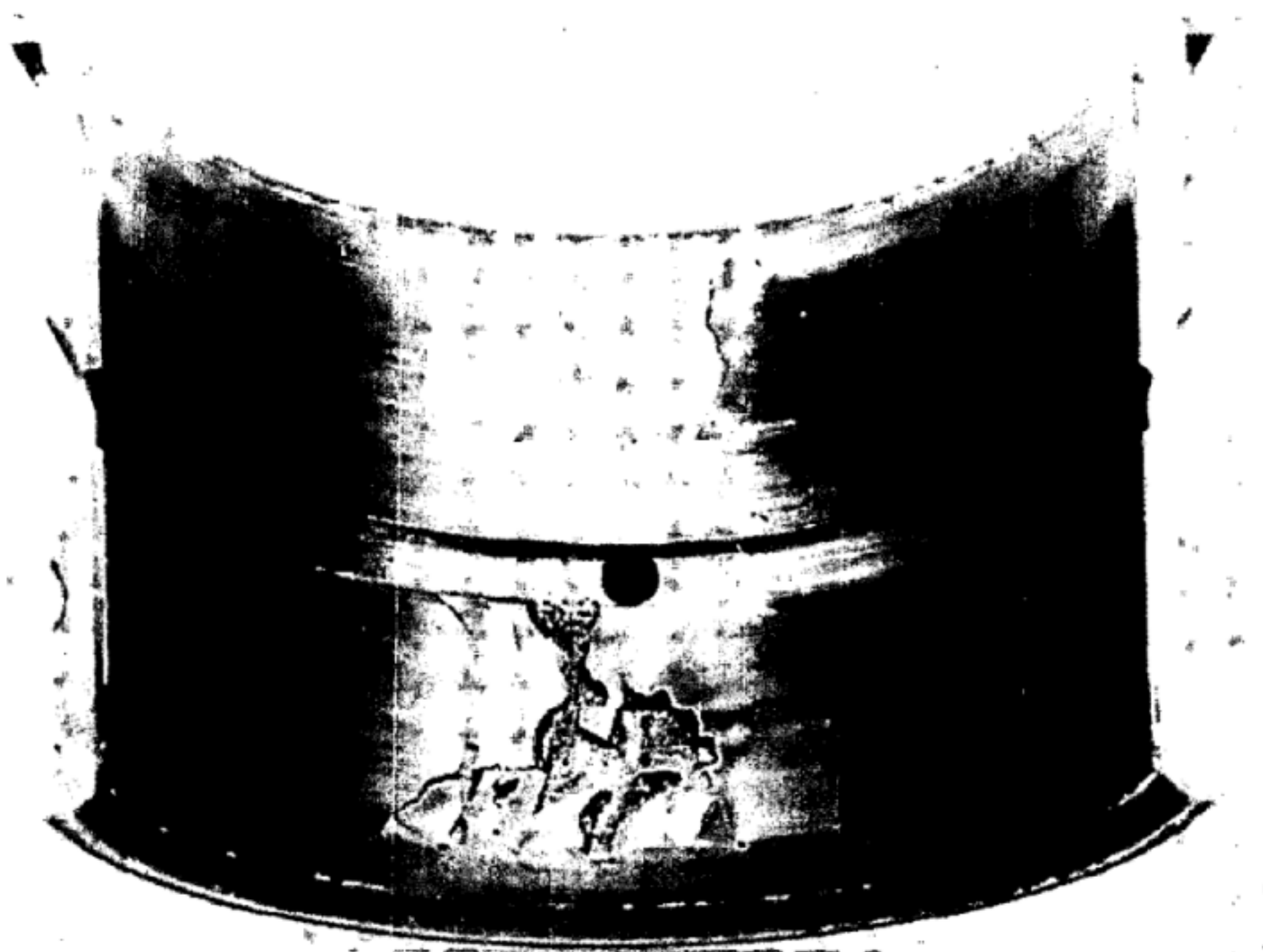
图8 多层轴承覆层上狭长高载荷区域出现的裂纹(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)



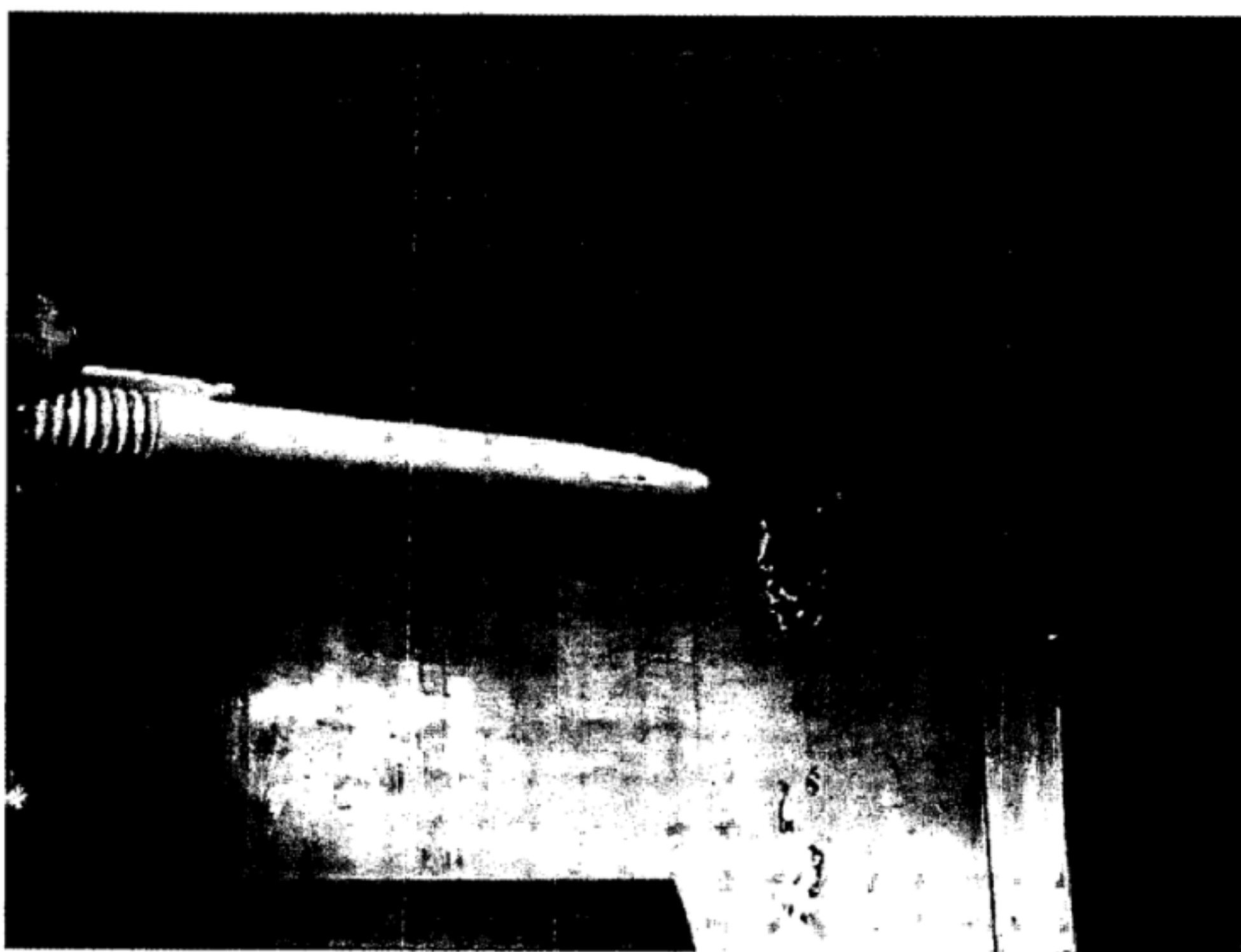
注:裂纹沿距结合面一小段距离处延伸。

图9 剥落层断面(材料:钢/锡基巴氏合金)





a) 正面损坏1



b) 正面损坏2

图 10 由动态过载产生的疲劳裂纹和剥落(材料:钢/锡基巴氏合金)

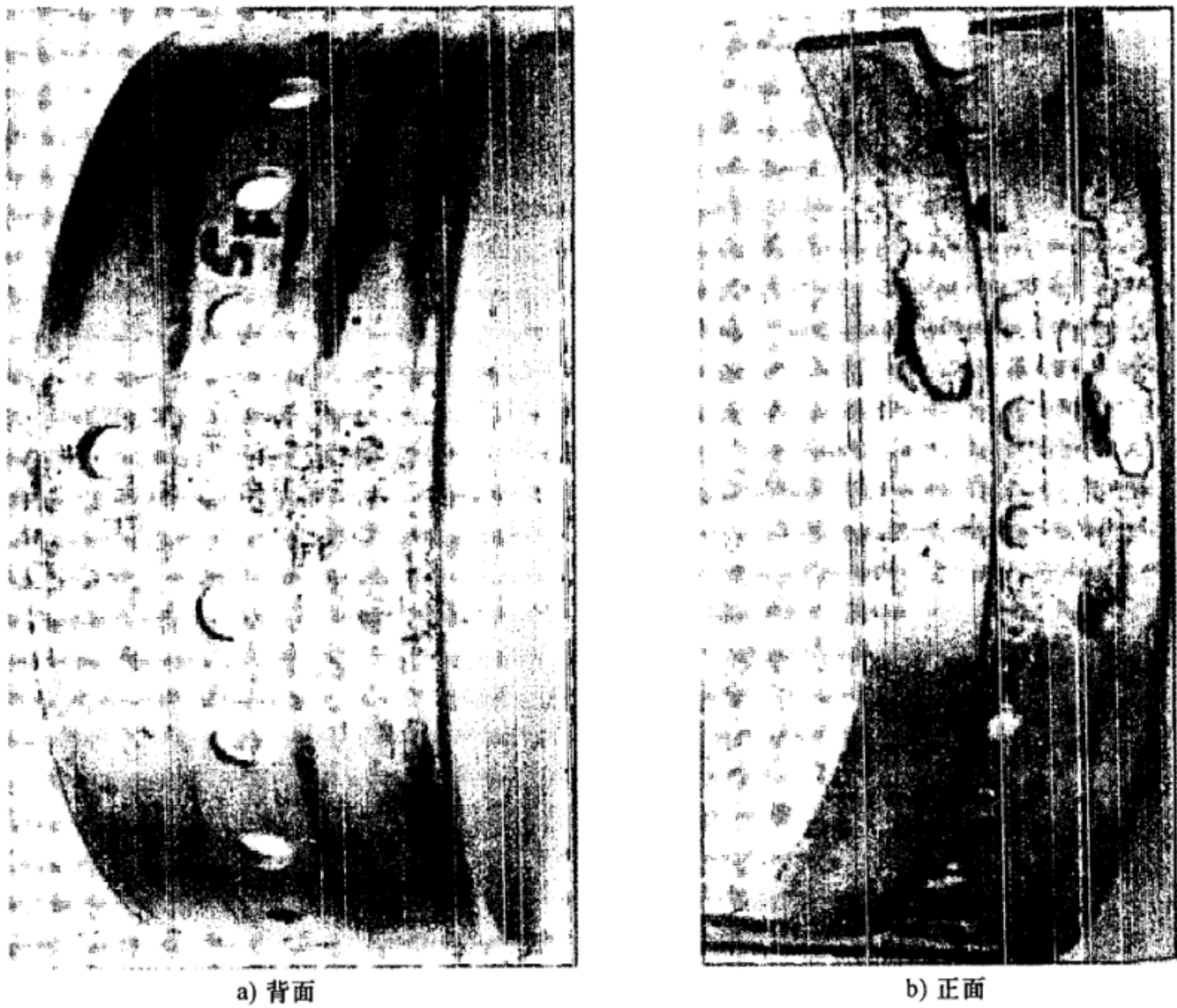


图 11 轴承孔精度不良造成的轴瓦局部过载疲劳破坏(材料:钢/铝锡合金)

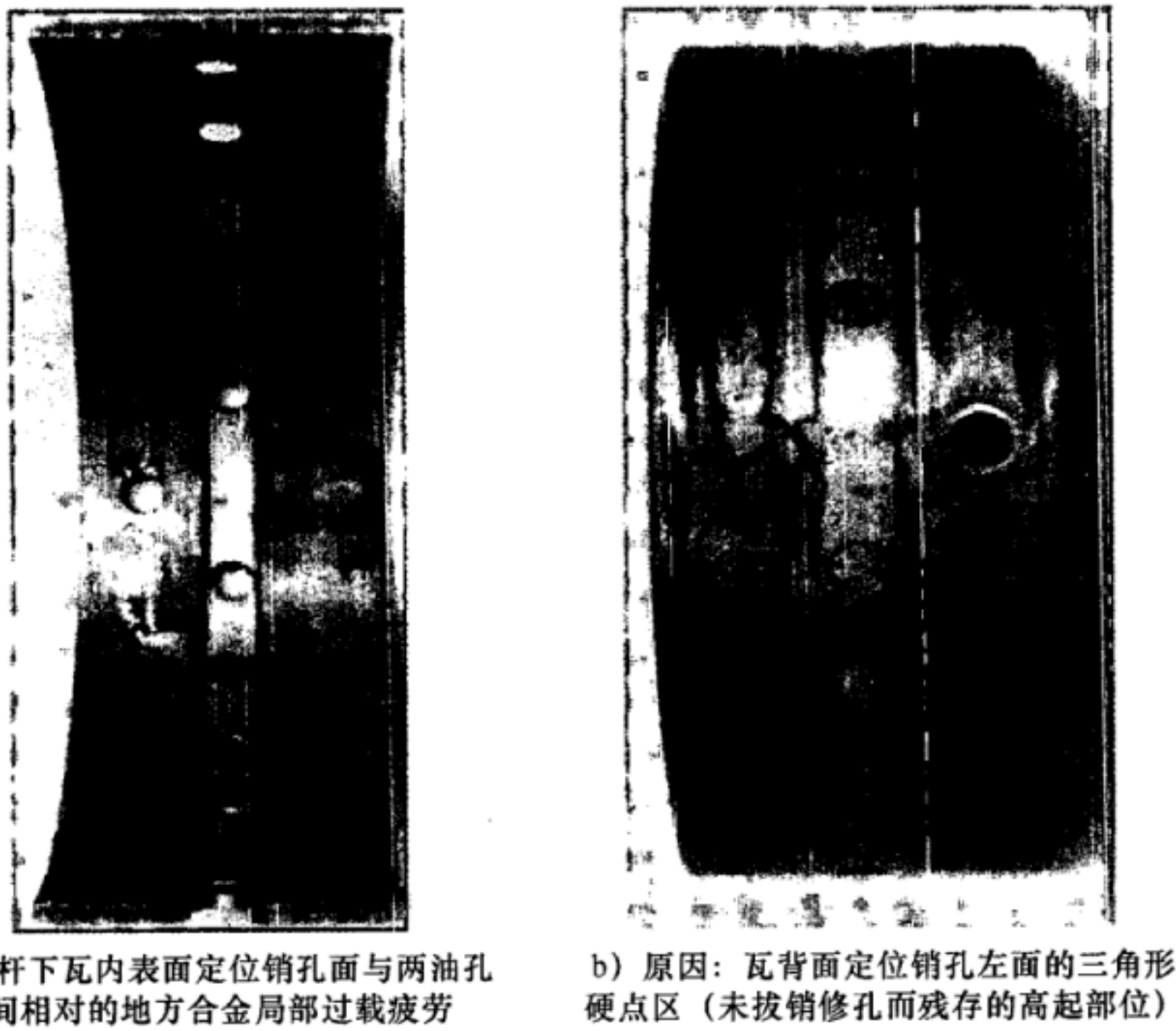


图 12 机车柴油机铝基合金轴瓦装配不良造成局部过载疲劳破坏 A(材料:钢/铝锡合金)



a) 连杆上瓦合金面  
右下角疲劳破坏



b) 原因：瓦背对应处有一半圆状未贴合区，中间为三角形黑色高点强接触区，造成周围悬空



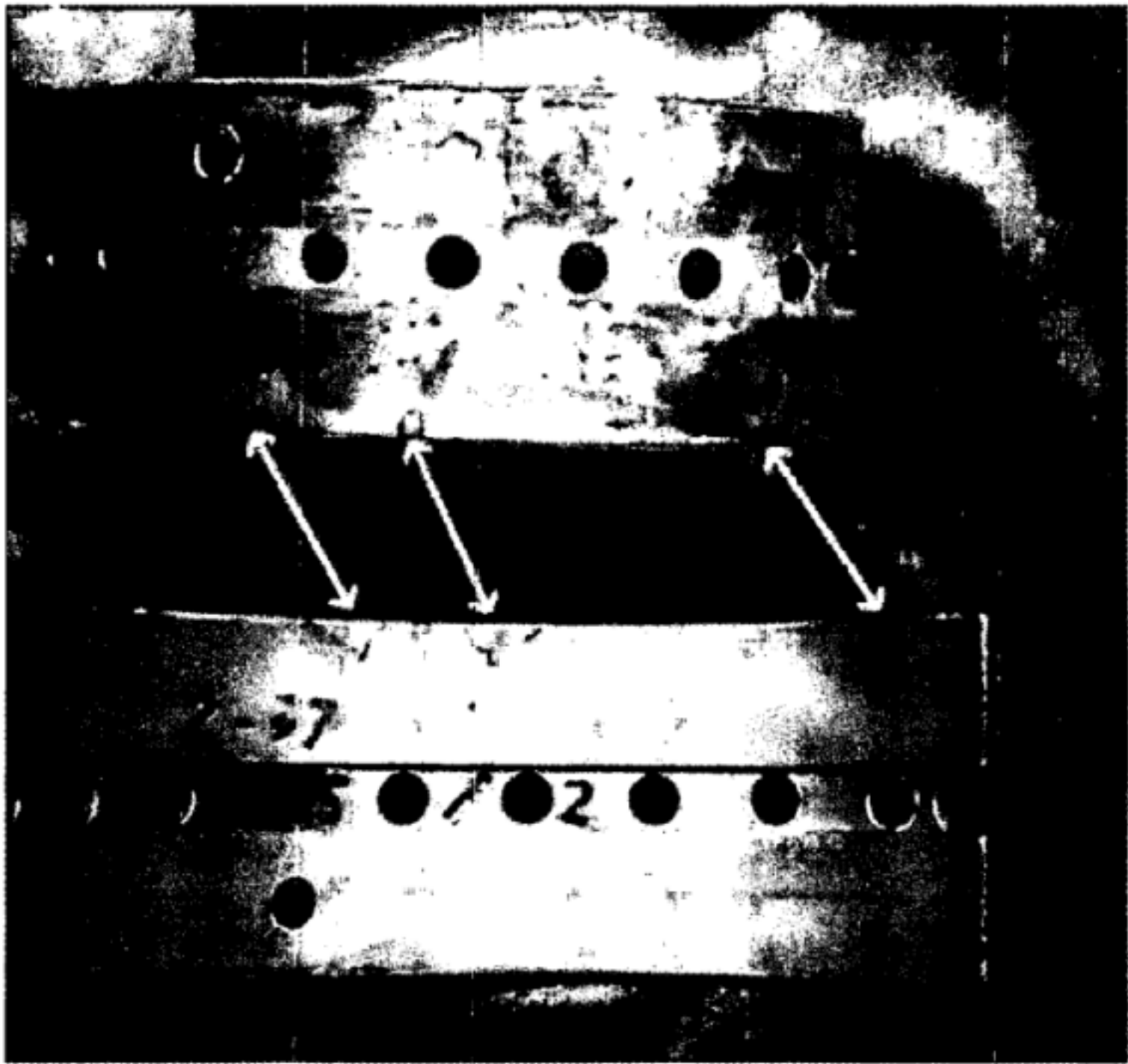
a) 上瓦内孔下部左、右各有一局部疲劳损坏



b) 瓦背对应部位则各有被高点（黑色）顶起造成的半圆状未贴合区（白色）

图 13 机车柴油机铝基合金轴瓦装配不良造成局部过载疲劳破坏 B  
(材料:钢/铝锡合金)

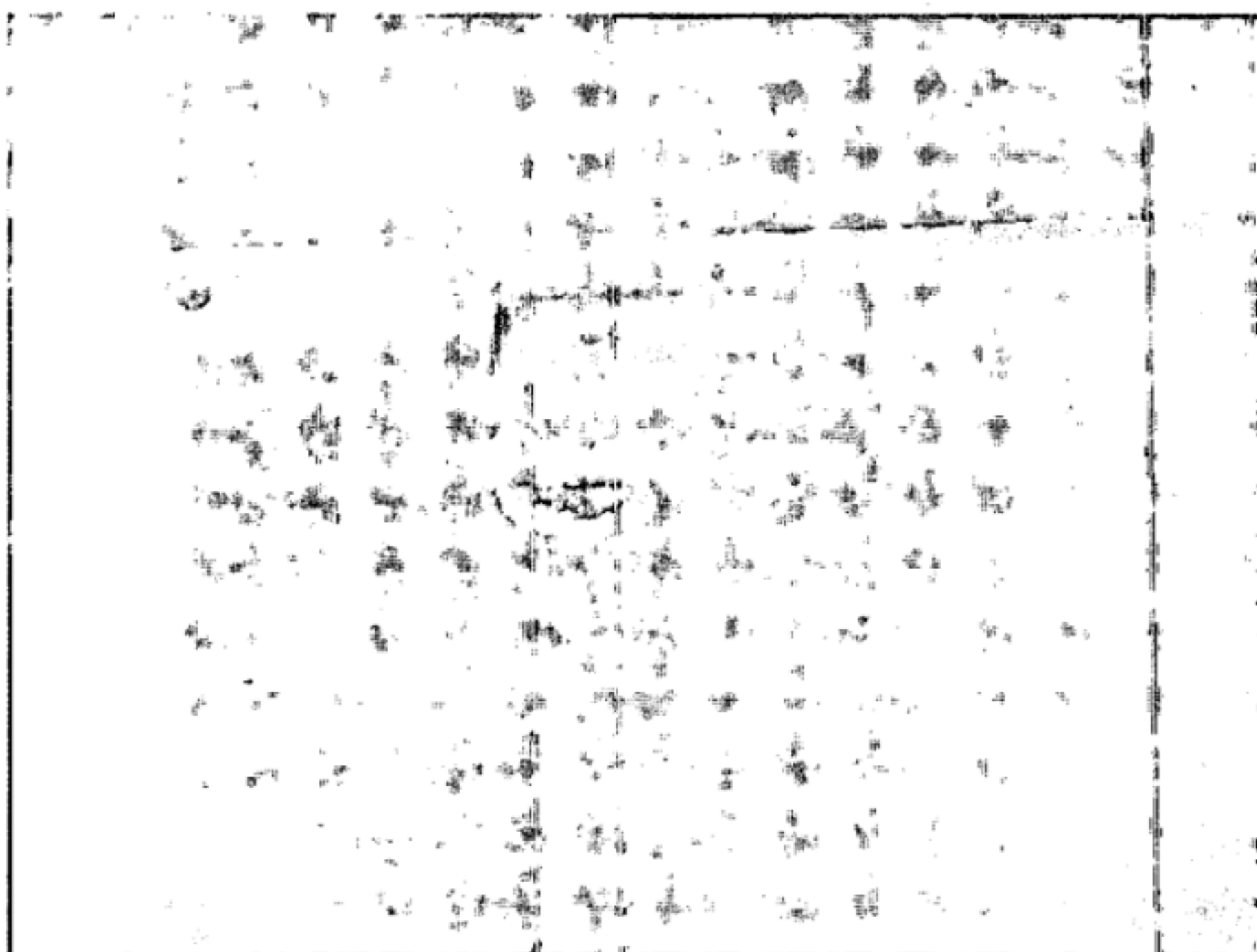
图 14 机车柴油机铝基合金轴瓦装配不良造成局部过载疲劳破坏 C  
(材料:钢/铝锡合金)



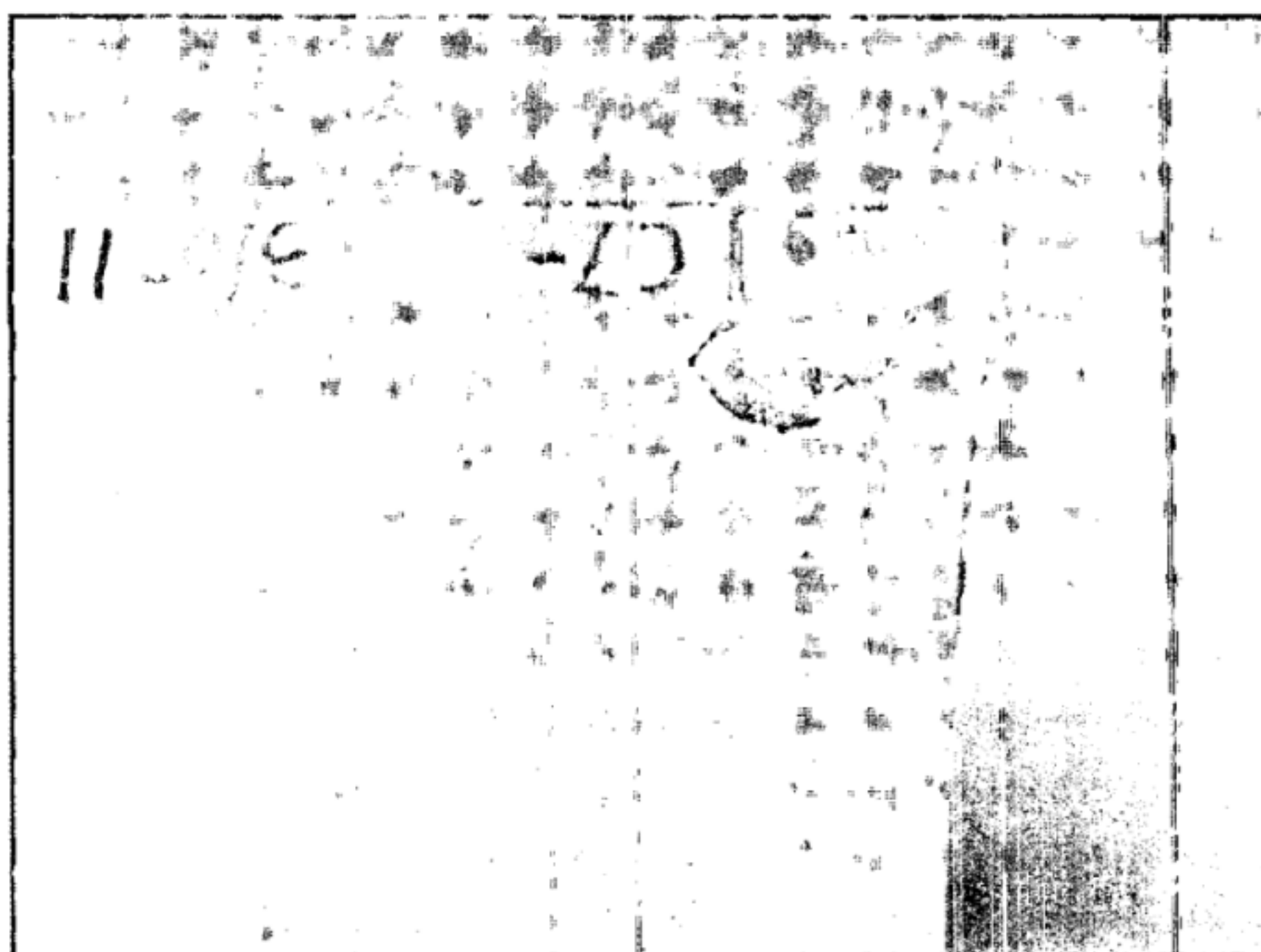
注：轴承孔杂质夹垫，造成轴承局部油隙变小，引起的局部过载疲劳剥落。

图 15 机车柴油机铝基合金轴瓦装配不良造成局部过载疲劳破坏 D(材料:钢/铝锡合金)



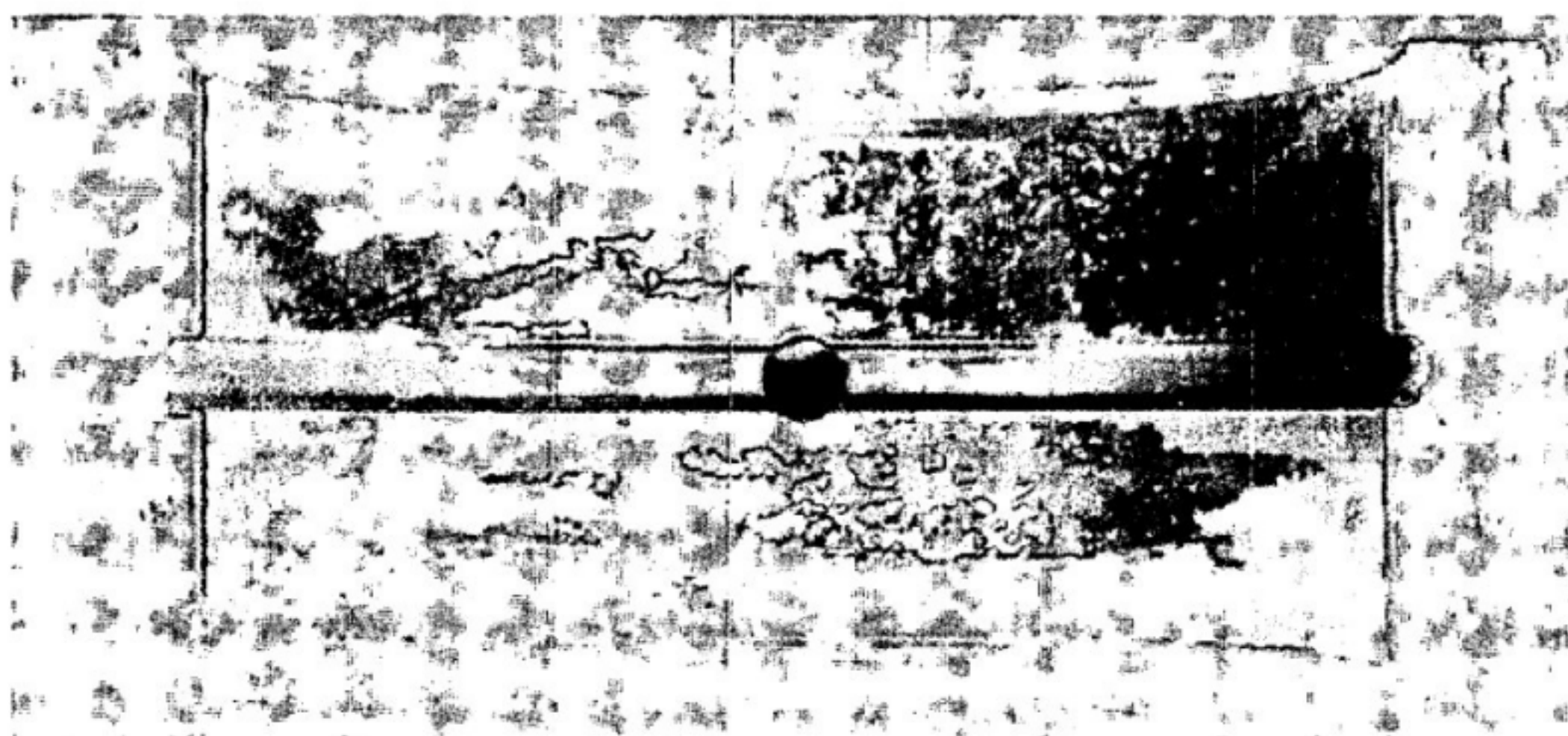


a) 轴瓦定位唇根部与轴承孔定位唇槽接触垫高，缩小了定位唇周边的油隙

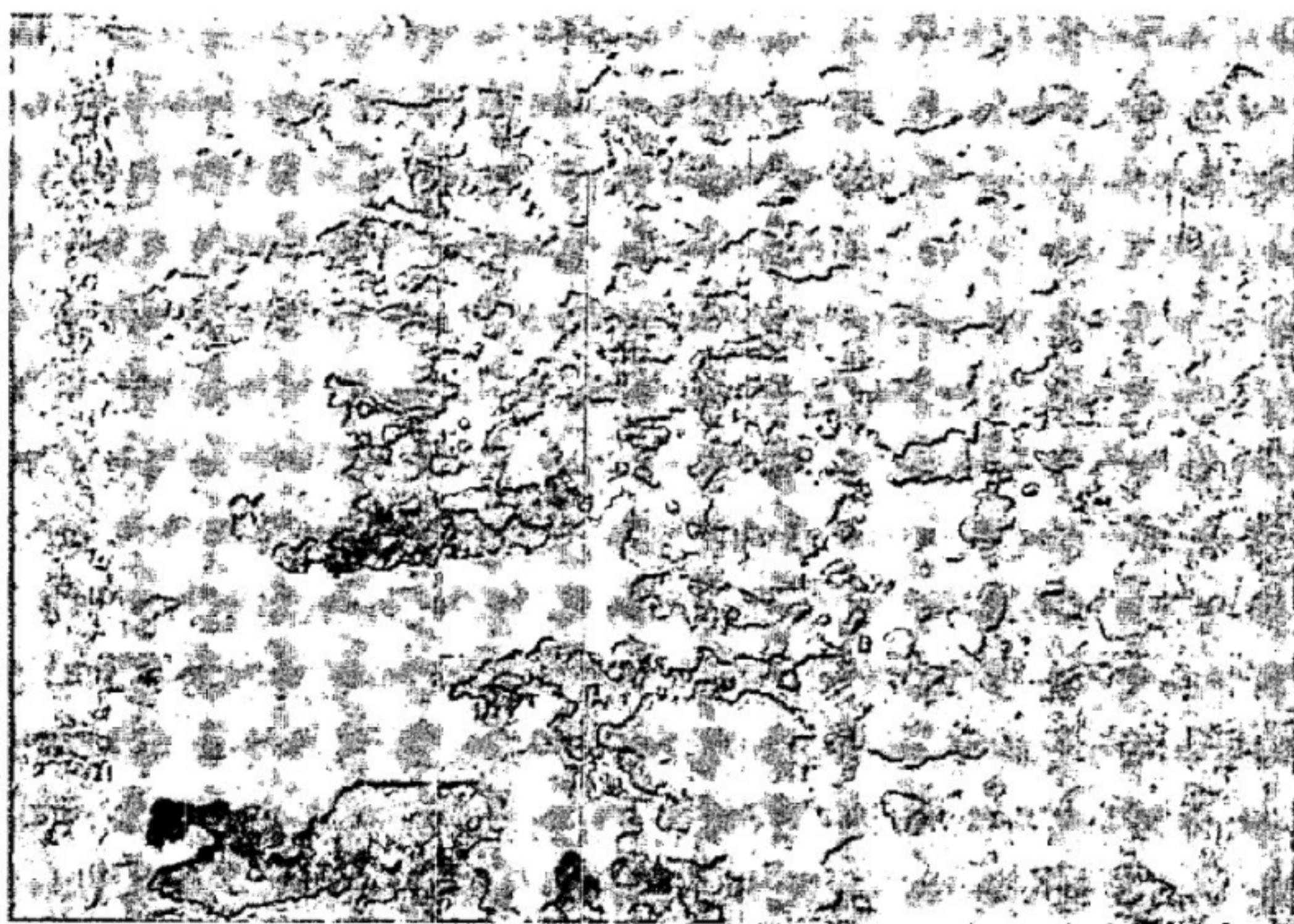


b) 造成定位唇周边轴承合金局部过载疲劳剥离

图 16 280 机车柴油机连杆瓦定位唇与连杆定位唇槽发生接触,造成局部过载疲劳破坏  
(材料:钢/铝锡合金)



a) 缺损情况



b) 用倍率放大使图17a)上的缺损得到清晰显示

图 17 在所剩部分岛状残留物为黑色背景衬托下的镀覆层脱落  
(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)

#### 6.4 摩擦磨损

##### 6.4.1 典型的损坏外观

在启动和停机时的短时混合润滑状态会形成磨光,这类磨光未能引起可检测出的壁厚减小,属正常的磨损,这不属于本部分定义的轴承损坏,见图 18。

长期连续或周期性的混合油膜润滑状态下运行会发生划伤。划伤通常发生在轴承最高承载部位,出现在轴承整个宽度。从无痕迹区到有痕迹区过渡相当缓和。壁厚的减少量是非常显著的。



瓦块滑动轴承在高的摩擦表面温度下遭到显著磨损,初期往往表现为混合摩擦的痕迹,而后出现从一段瓦块轴承磨下来的材料沿旋转方向沉积到下一段的前部边缘,见图 23。

轴承背上可能出现的损坏外观的信息,见 7.3。

6.4.2 可能的损坏原因

在极端运行条件下,如负载启动或低速运转,由于相对表面的短暂硬性的接触、间隙不当或是其他几何形状缺陷(不对中或装配缺陷)造成的摩擦磨损。

6.4.3 典型示例

摩擦磨损的典型示例见图 18 ~ 图 26。

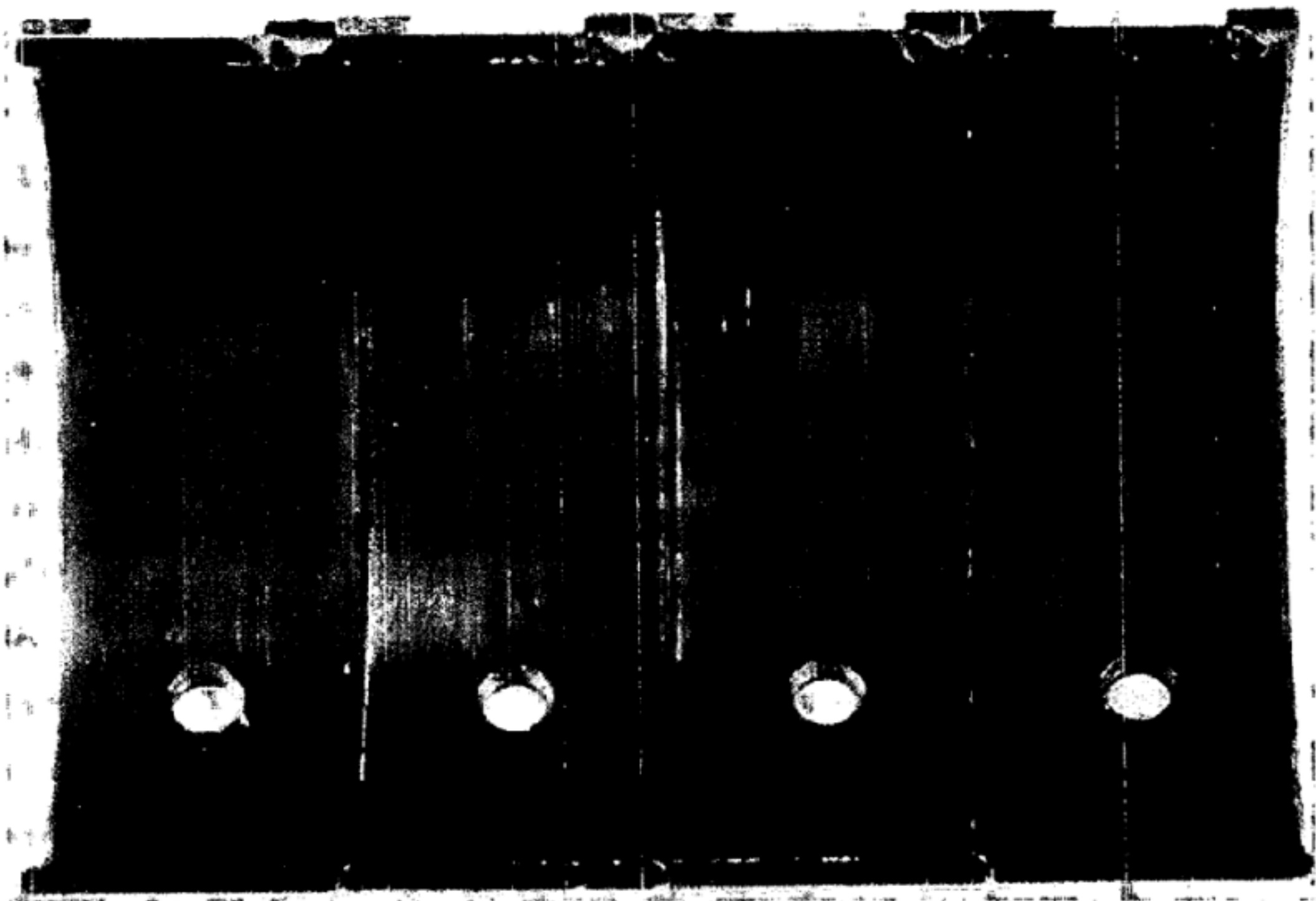


图 18 薄壁轴瓦主要承载区域因磨合磨光而发亮(材料:钢/铝锡合金)

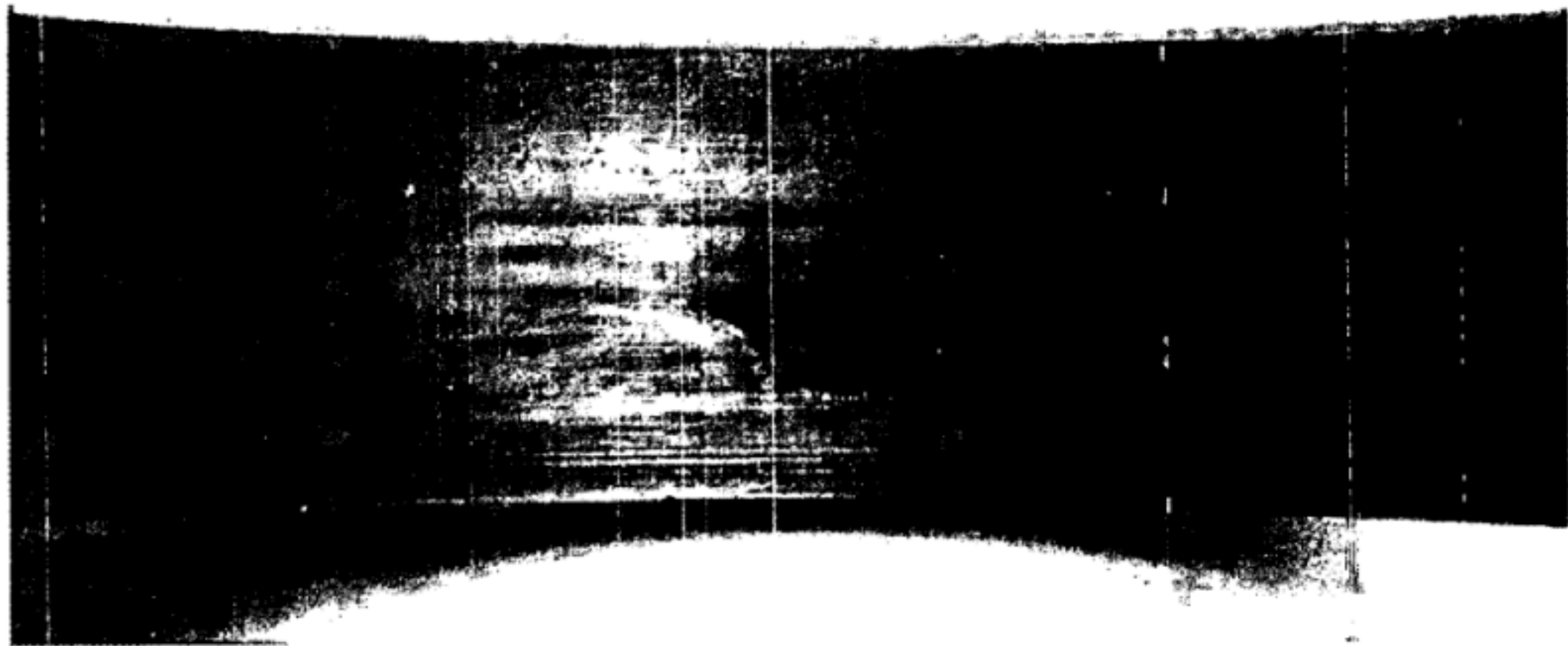


图 19 薄壁轴瓦主要承载区镀覆层的磨损(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)



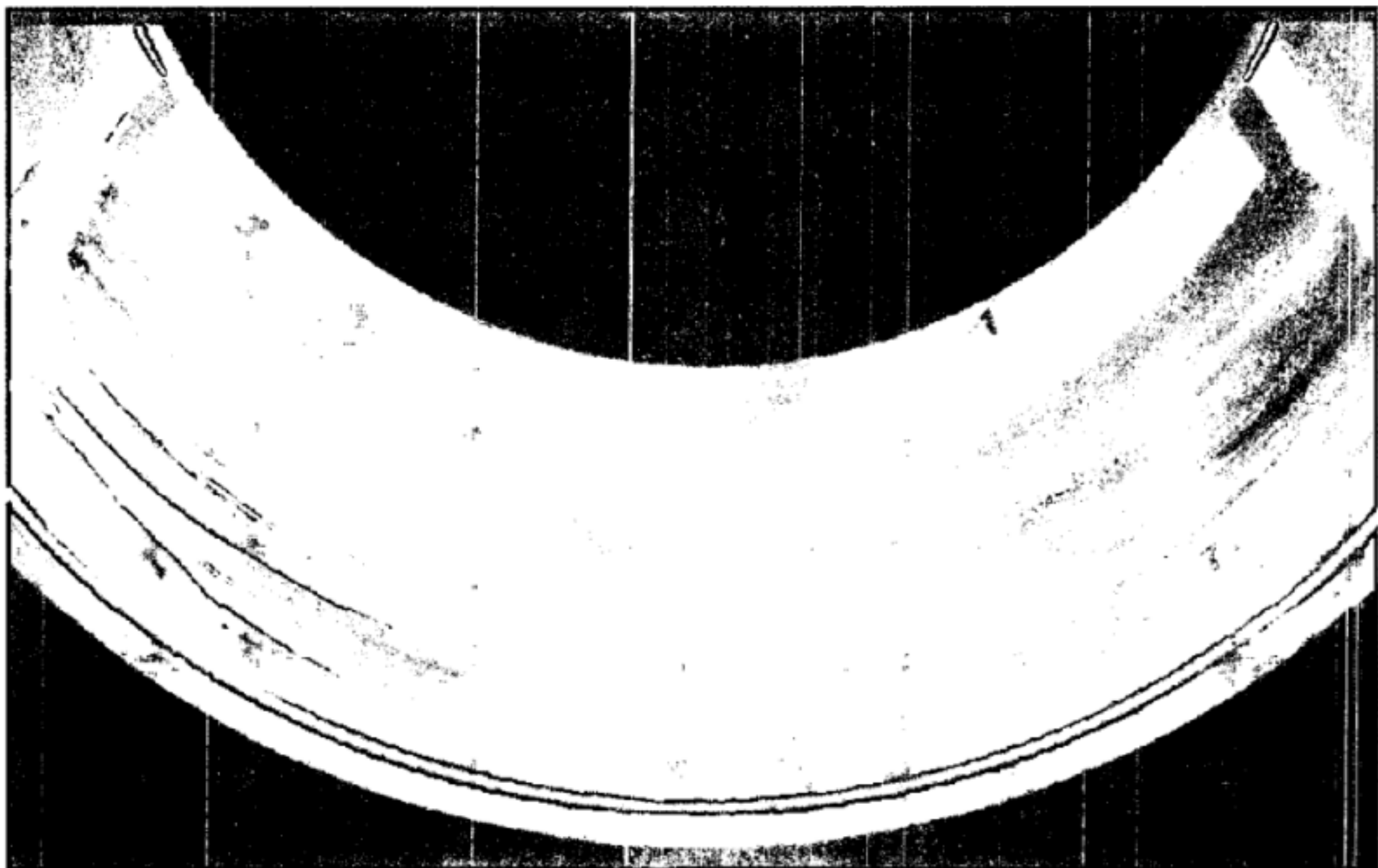


图 20 由于组装不良导致在厚壁轴瓦靠近端部(对口面部位)出现的磨损形式  
(材料:钢/锡基巴氏合金)

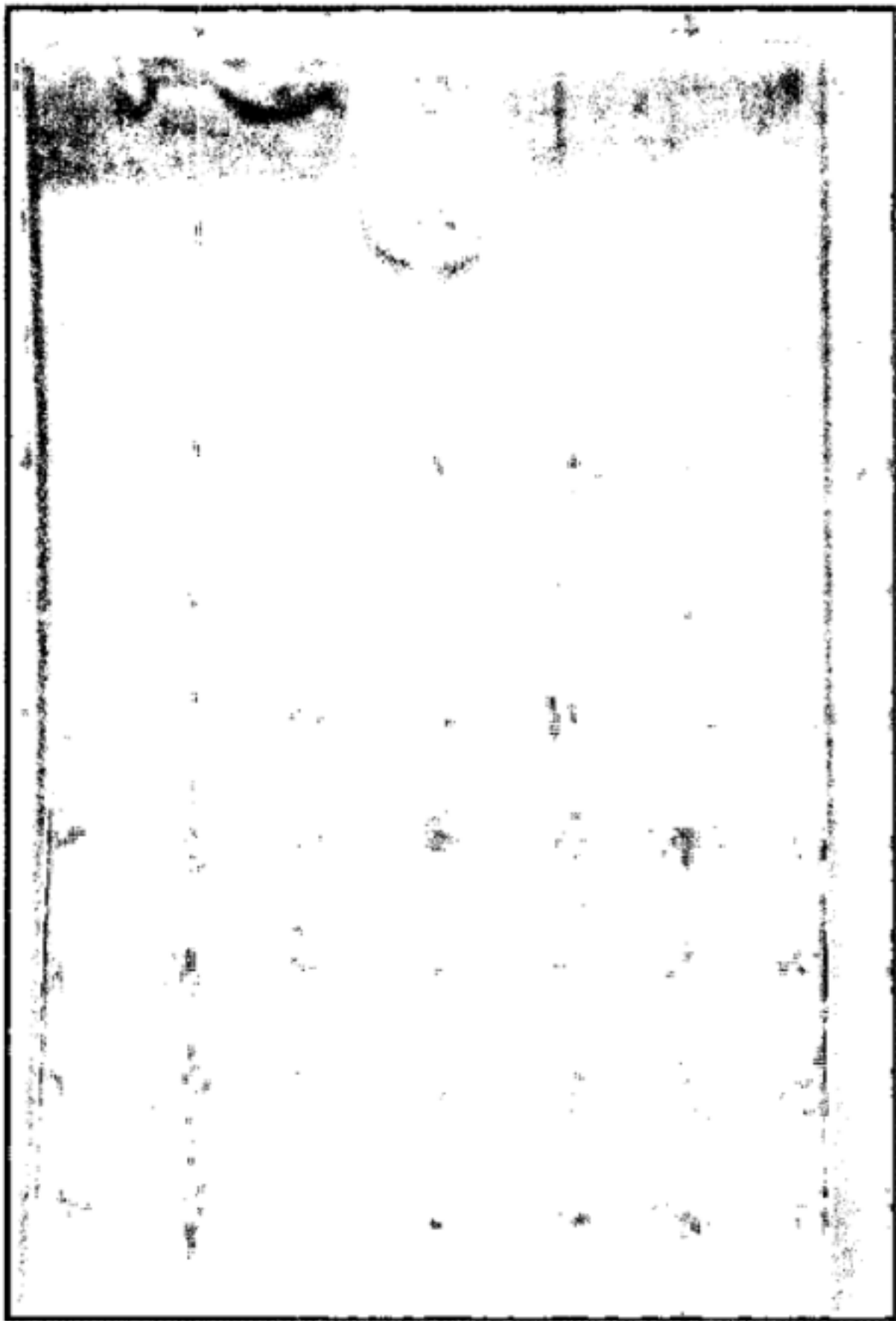
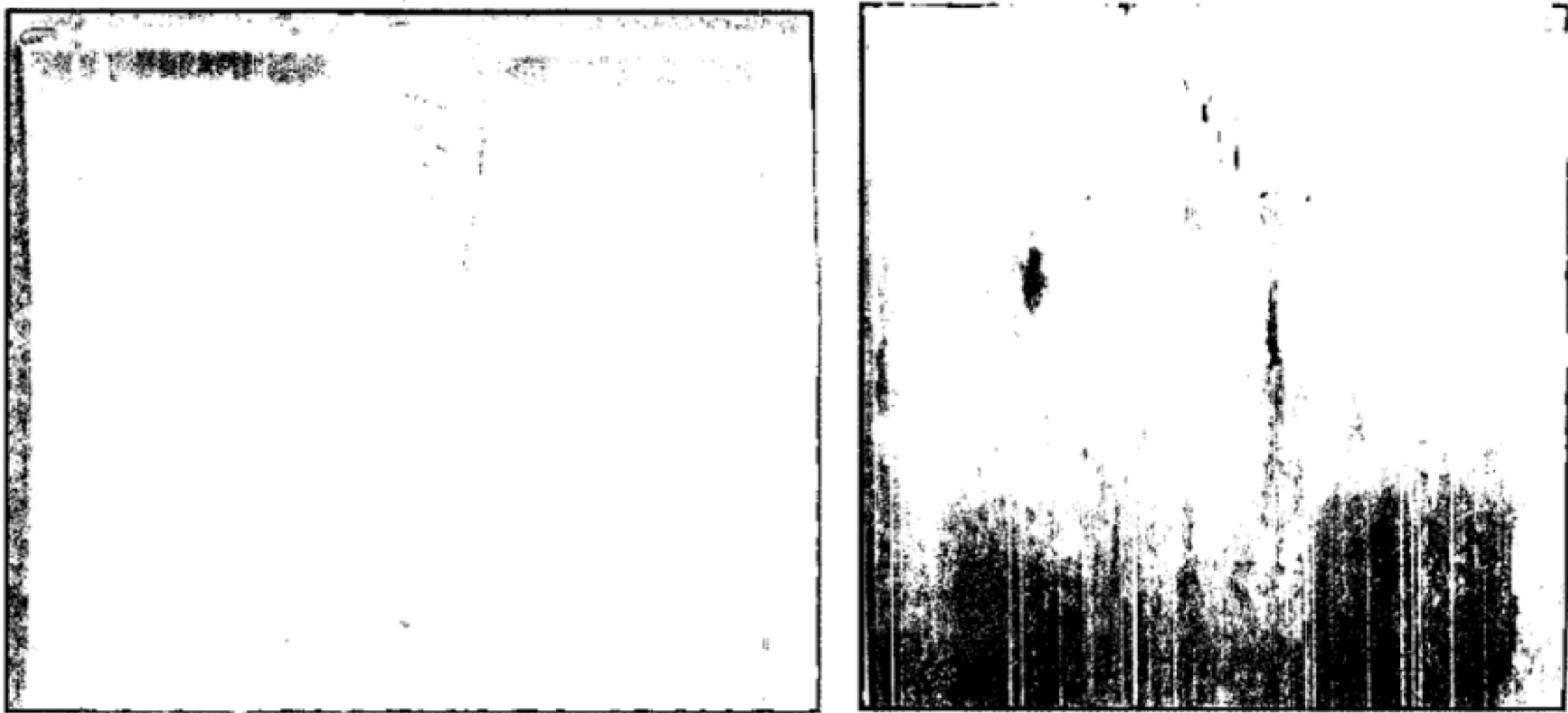
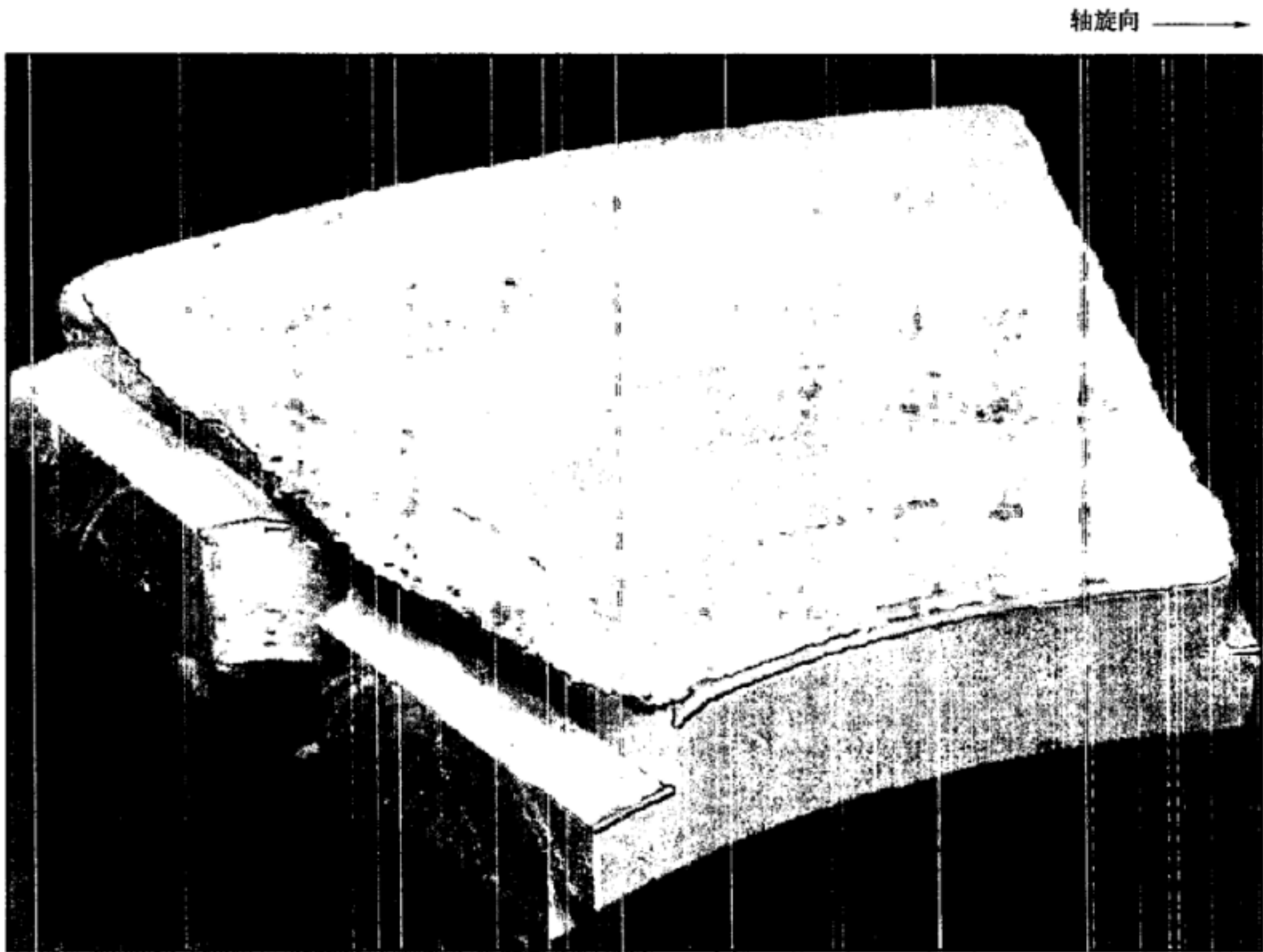


图 21 瓦口附近合金沿全长有局部接触磨损带并伴有疲劳脱落  
(材料:钢/铝锡合金)



a) 连杆瓦瓦口处沿全长有宽约3 mm~5 mm严重磨损带      b) 图22a)中对应的瓦背处有明显接触压痕

图 22 机车柴油机连杆瓦因安装不良造成瓦口收口变形,衬层合金与曲轴接触导致磨损  
(材料:钢/铝锡合金)



注:从一段瓦块磨下来的材料沿着旋转方向沉积到下一段的前部边缘——所示瓦块的供油量减少(继发性损坏特征:润滑剂的泄漏)。

图 23 不同平面的瓦块轴承装配的摩擦磨损  
(材料:钢/锡基巴氏合金)

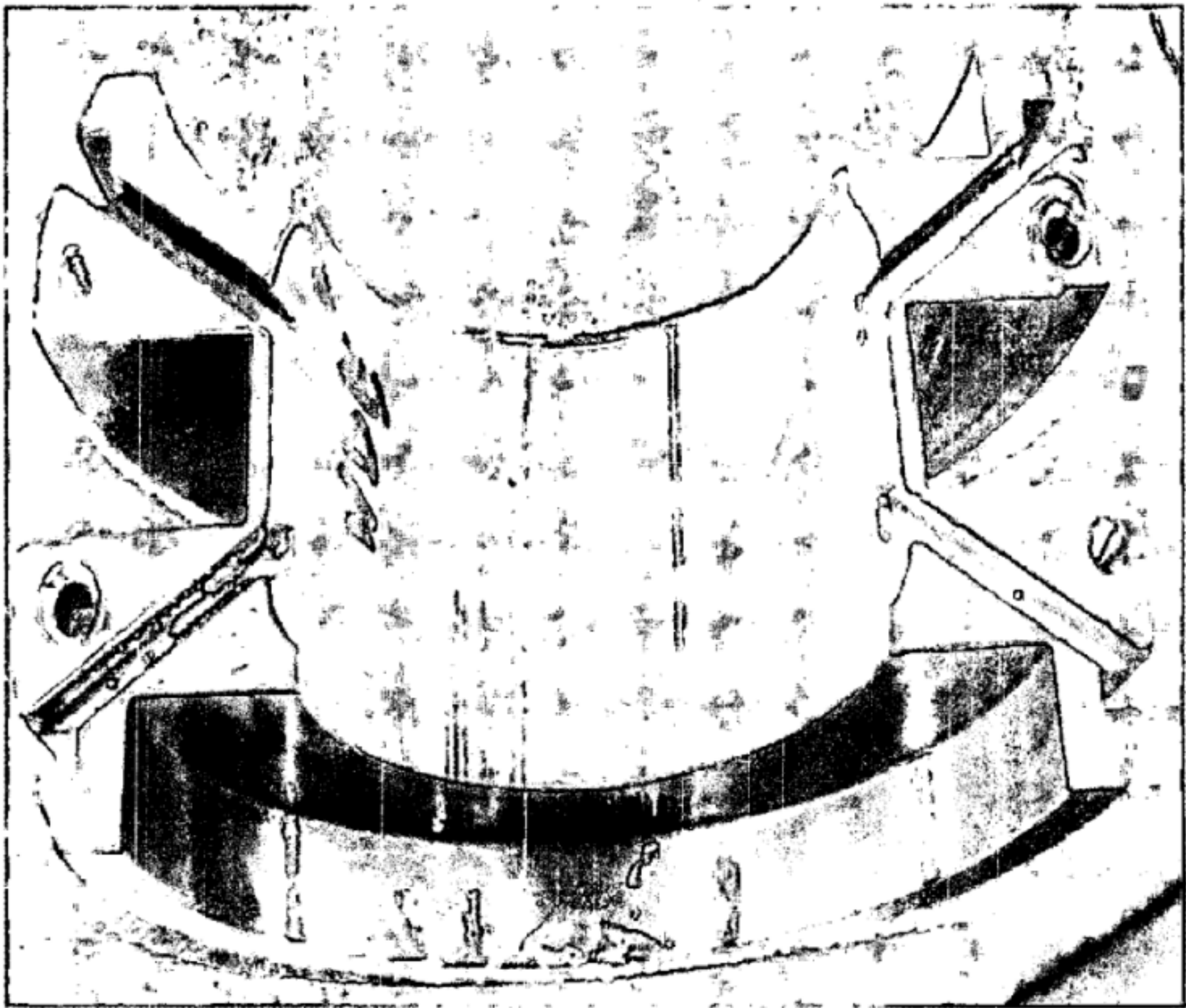
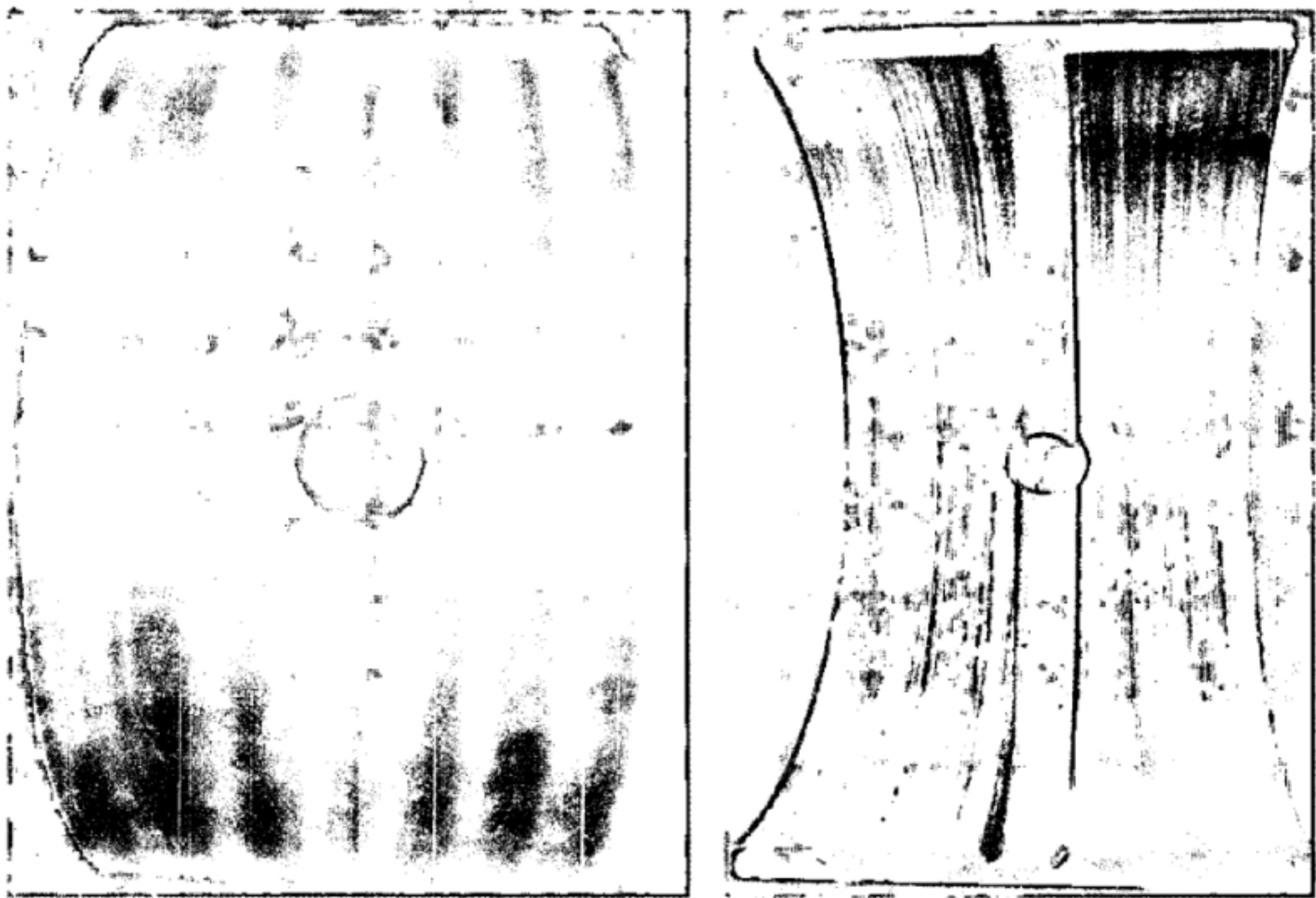


图 24 由于轴和轴承衬背之间未对中造成的磨损

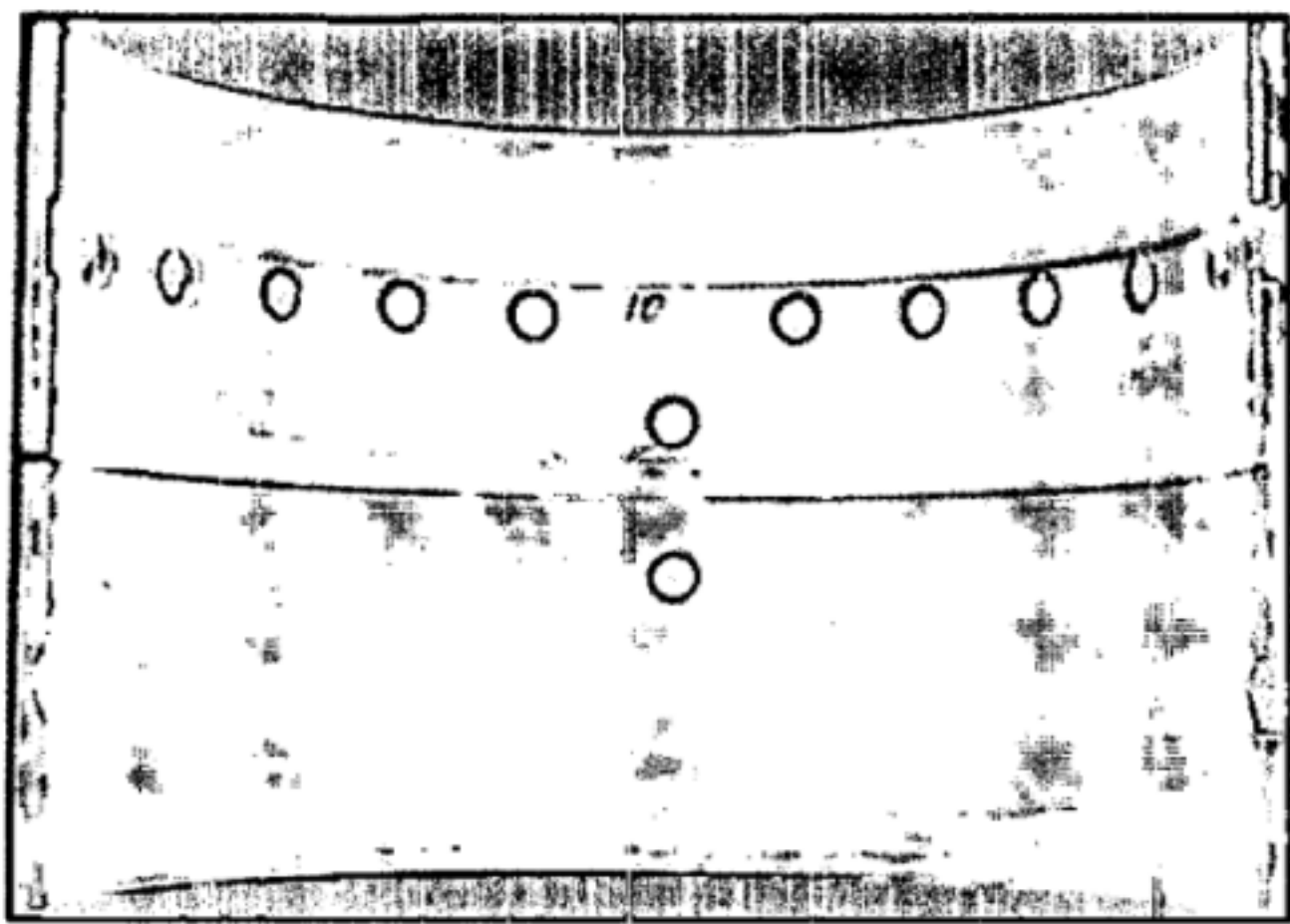


a) 轴瓦背表面

b) 轴瓦合金表面

图 25 ND<sub>2</sub> 型机车柴油机连杆瓦局部接触磨损和局部过载疲劳损坏





注：由于连杆弯曲或扭曲造成的轴瓦上、下瓦呈对角线方向接触磨损。

图 26 机车柴油机连杆瓦接触磨损(材料:钢/铝锡合金)

6.5 过 热

6.5.1 典型的损坏外观

沉积:过热导致润滑油的老化、热分解,最后形成沉积物。这一现象集中在最小油膜区域,或是在润滑油循环系统的其他部位,当润滑油添加剂变少时,上述情况的发生会更严重,见图 28。

轴承表面上能看见棕色和黑色的沉积物,但不是轴承材料与润滑材料之间的化学侵蚀结果。变色是最高温度区很薄的漆状氧化层造成的。它相对较软,一般可用清洗溶剂去除或尖利器具刮掉,见图 29。

蠕变:在载荷最大和温度最高区域出现的表面沉降,开始平滑,结尾沿旋转方向呈半圆形凸起,有时像波峰,见图 27。

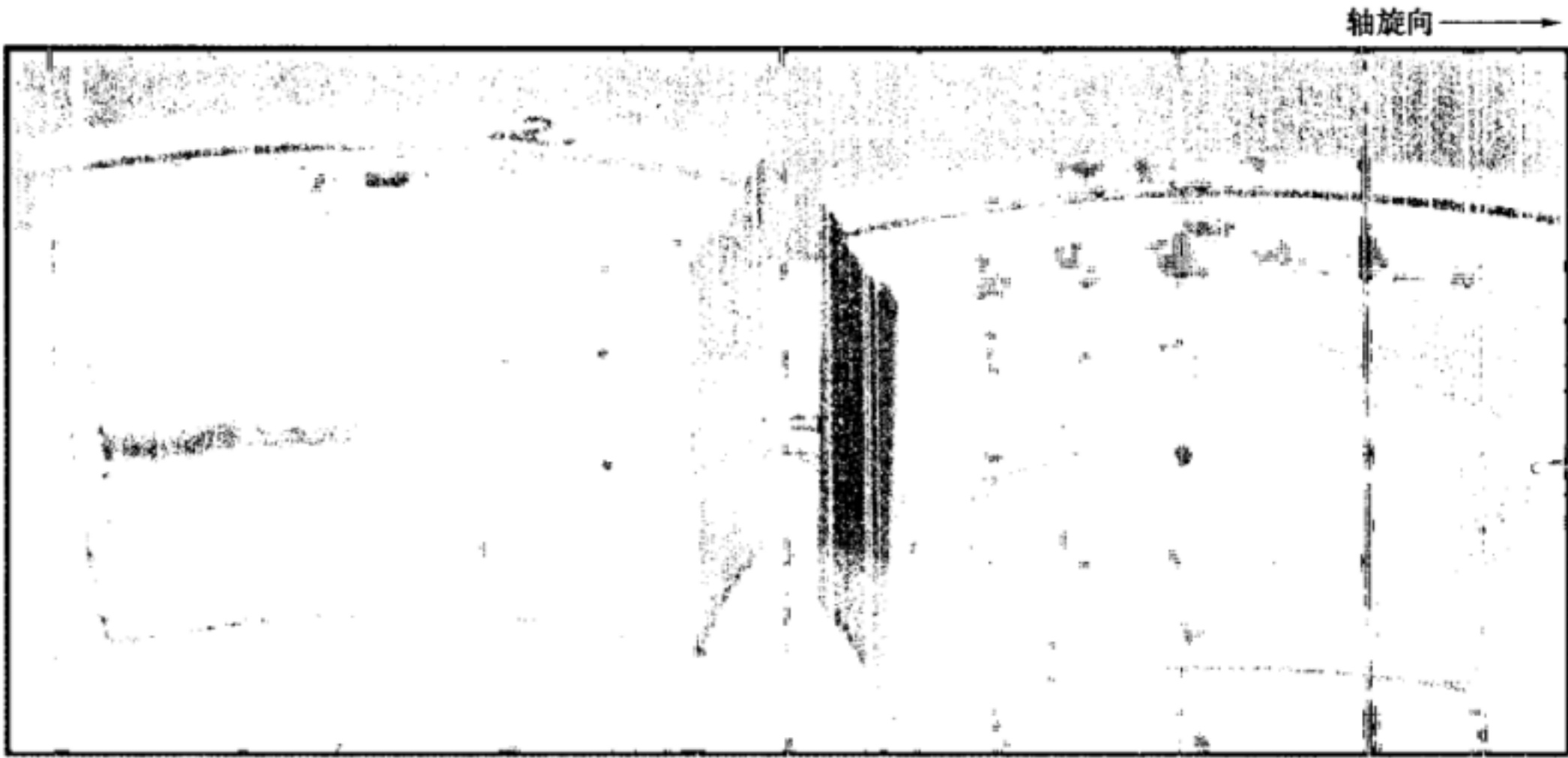


图 27 由于过热引起的蠕变伴有黑色沉积(材料:钢/锡基巴氏合金)

温度变化导致变形:锡晶体在不同晶轴上的热膨胀具有各向异性,长期的过热会引起晶粒之间的热松脱(在极端情况下会导致晶间破裂)。

热裂具有方向非系统性、无规律性的特征。这些典型的外观可以描述为蠕变,伴有混合润滑和磨下来的轴承材料的痕迹,见图 30。

6.5.2 可能的损坏原因

- 热流故障导致的过热。
- 冷却油的不足,周围环境温度的上升,高温润滑油持续运行。
- 含有杂质使得材料熔点降低易形成热裂。

6.5.3 典型示例

过热的典型示例见图 27 ~ 图 30。

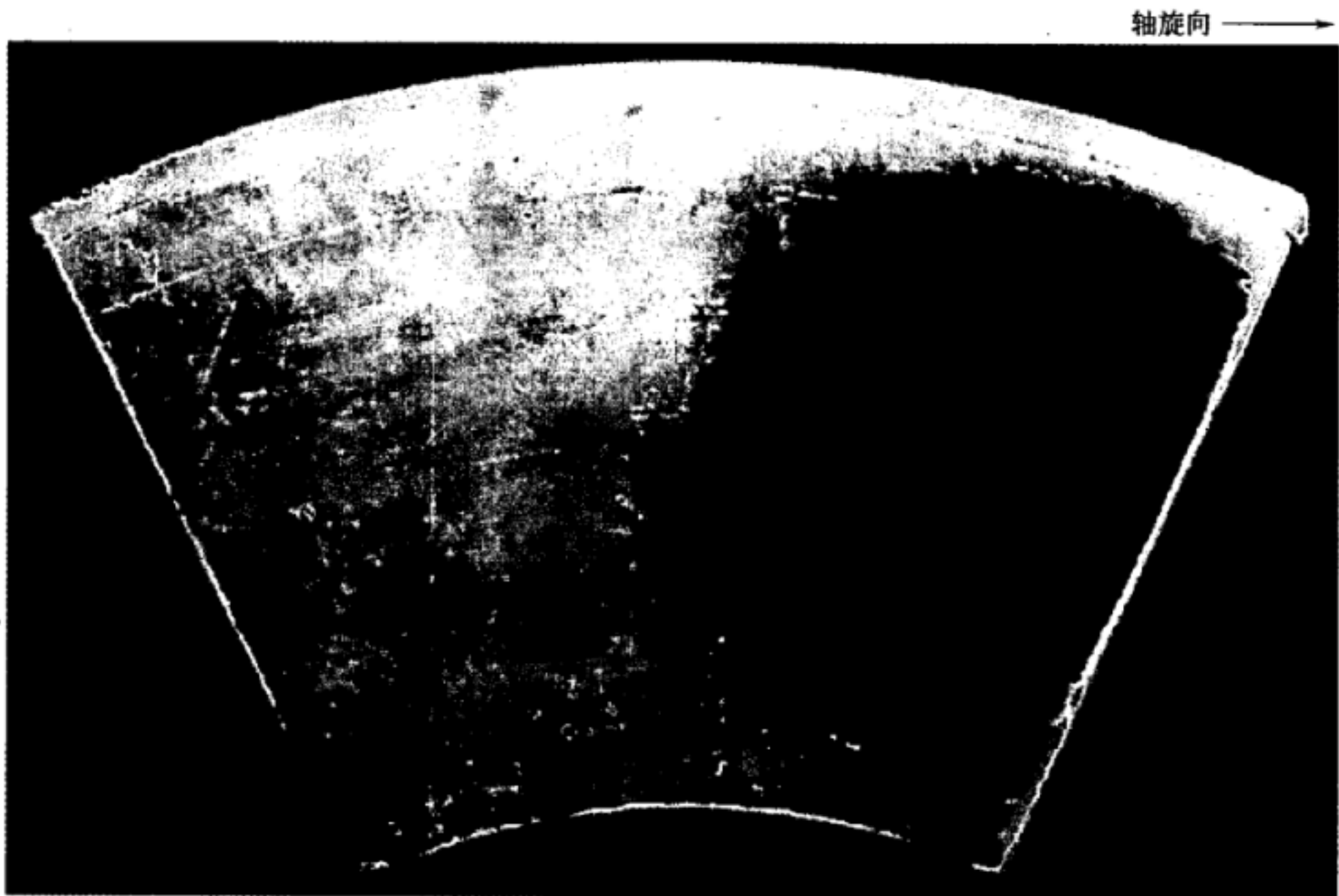
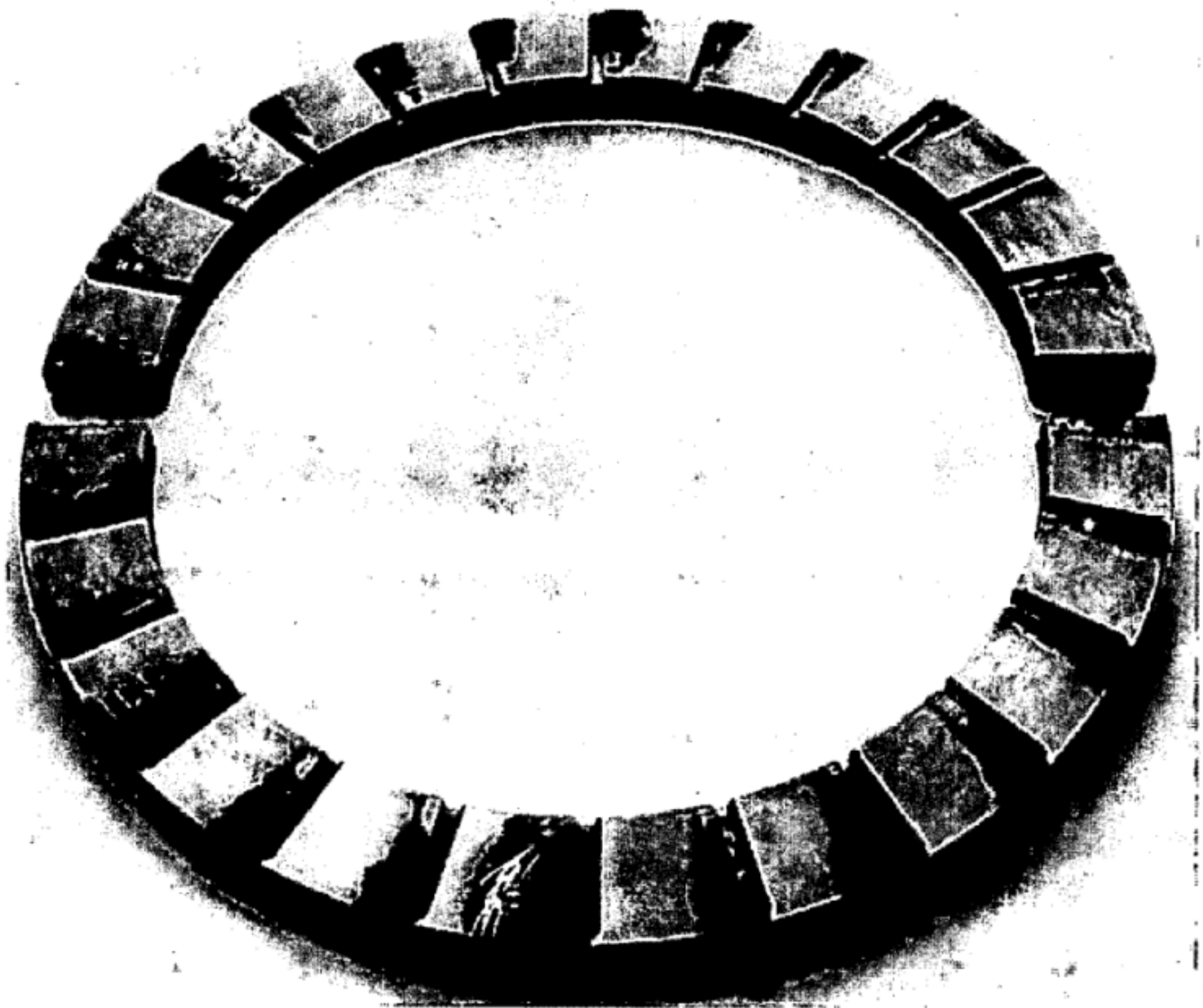


图 28 润滑油中的碳沉积于可倾瓦块式止推轴承片上(材料:钢/锡基巴氏合金)



注:这种细密如蜡的黑色或褐色沉积物很容易用指甲抹去(见最下部分)。

图 29 润滑油的碳化物在止推轴承环上形成的沉积物(材料:钢/锡基巴氏合金)

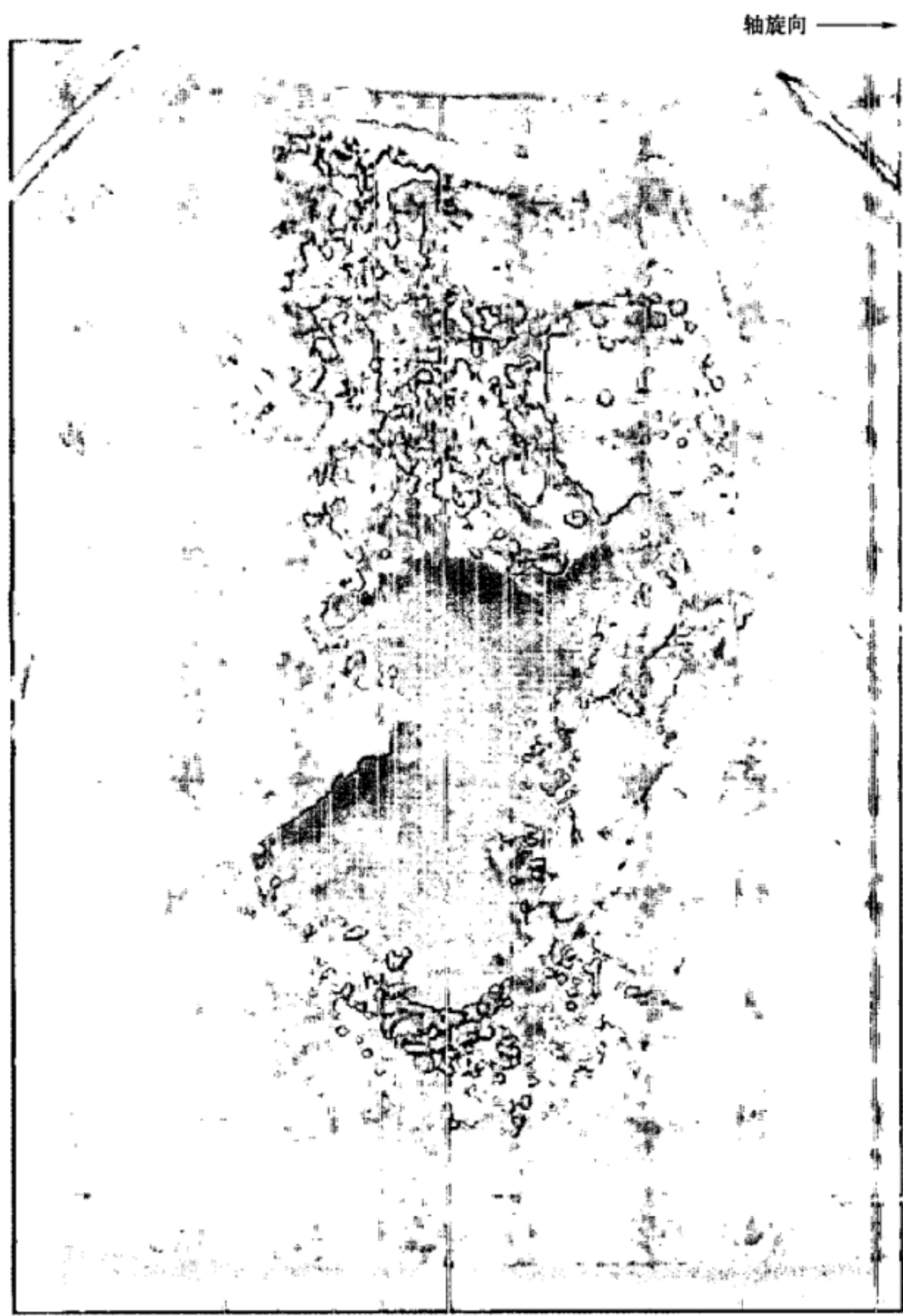


图 30 径向瓦块轴承伴有热裂和磨损下来的材料(材料:钢/锡基巴氏合金)

6.6 润滑不良(不足)

6.6.1 典型的损坏外观

在轴承、轴和轴承座上出现变蓝、变黑的变色现象。  
混合润滑的痕迹,材料磨损。  
熔化,咬粘(粘附磨损)。

6.6.2 可能的损坏原因

润滑剂供应不足。  
由几何偏差(例如缺少油楔或缺少轴承间隙)导致润滑剂供应不足。  
大多数损坏在后期都是由于润滑油的损失而造成的。

6.6.3 典型示例

润滑不良(不足)的典型示例见图 31 ~ 图 38。



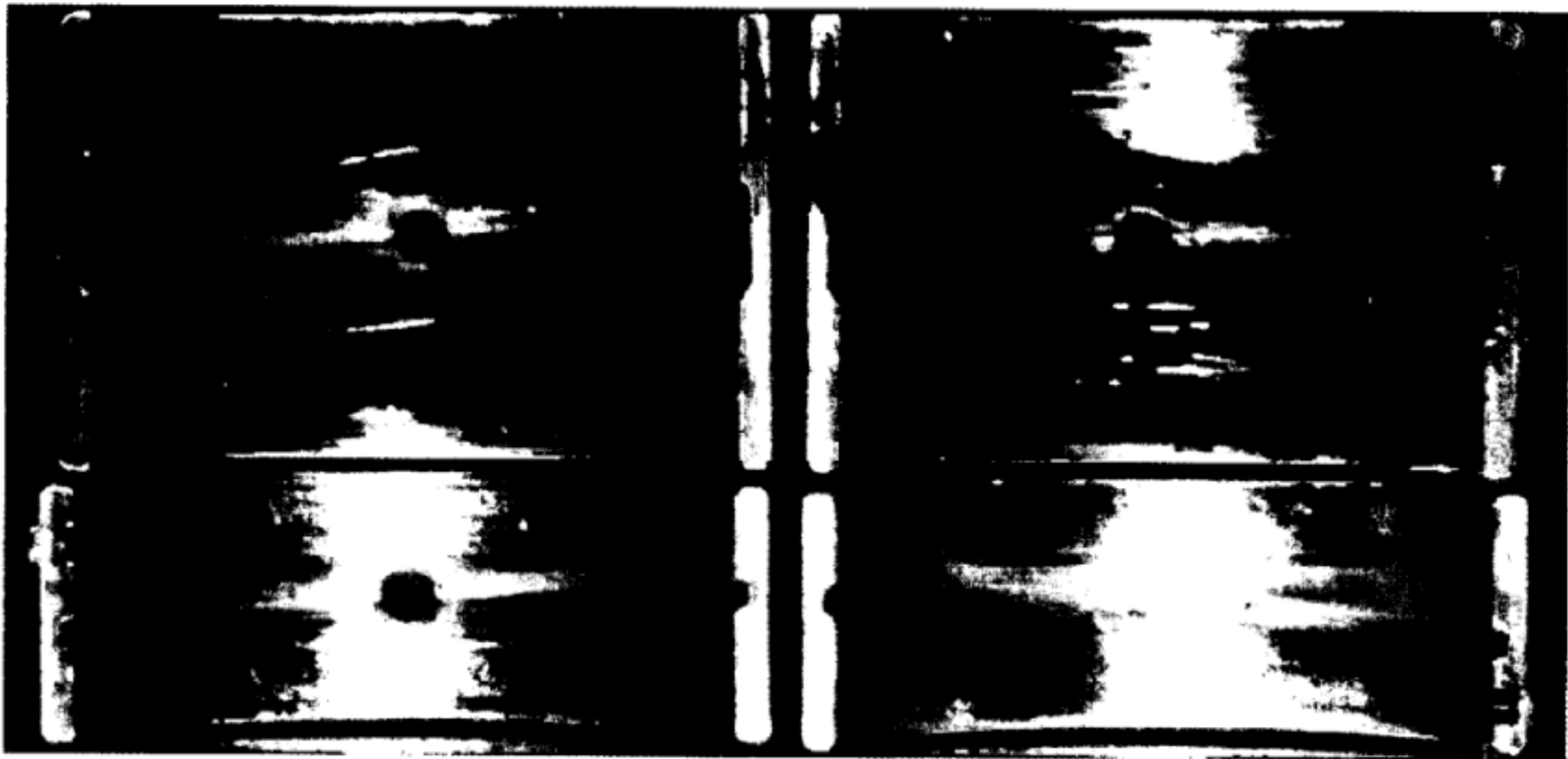
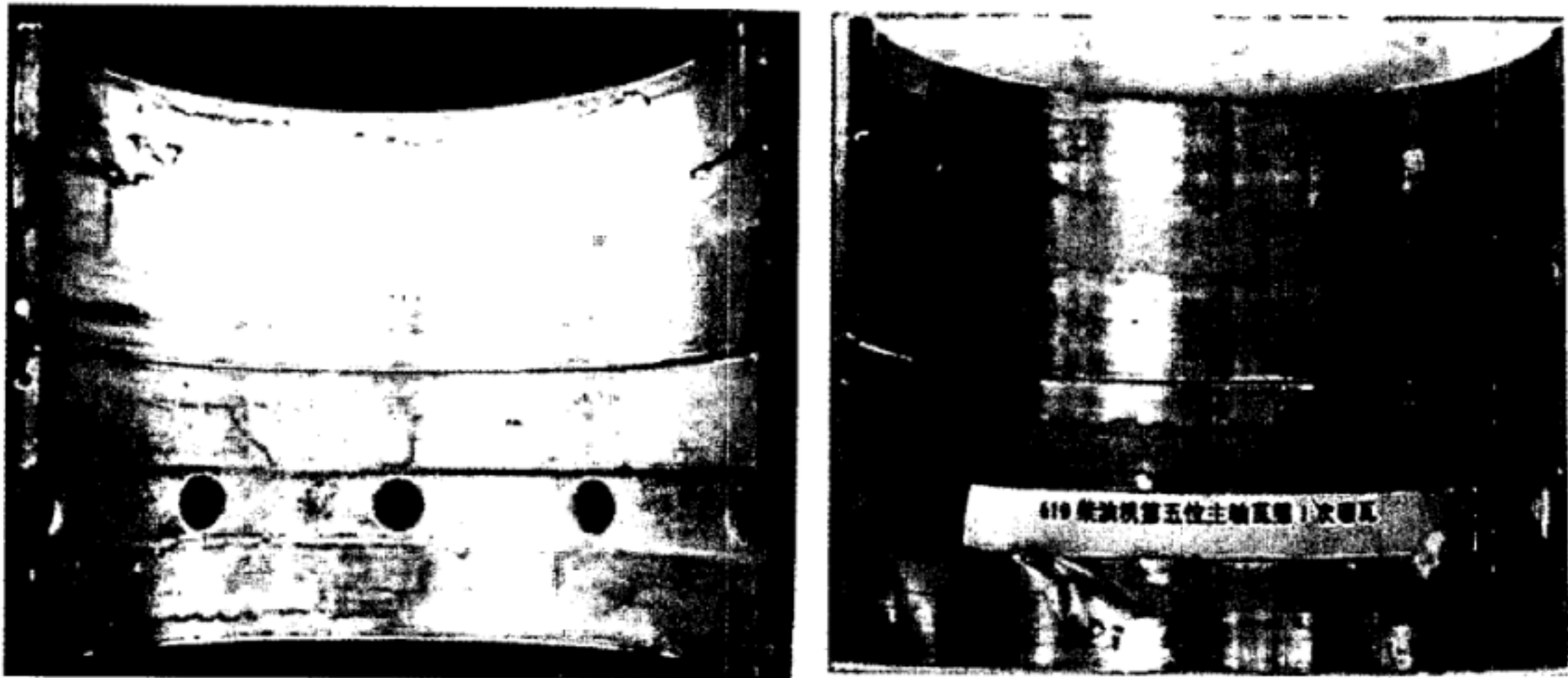


图 31 多层滑动轴承上的咬粘区域中间层全部撕离,并伴有熔化、剥落和严重划伤  
(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)



注:在极端运行条件下,轴与轴瓦的接触和发热量的增加,产生明显的混合油膜润滑,合金严重过热熔化沿轴向及周向挤压碾展并被轴大面积撕脱。

图 32 机车柴油机主轴瓦发生的严重咬粘  
(材料:钢/铝锡合金)

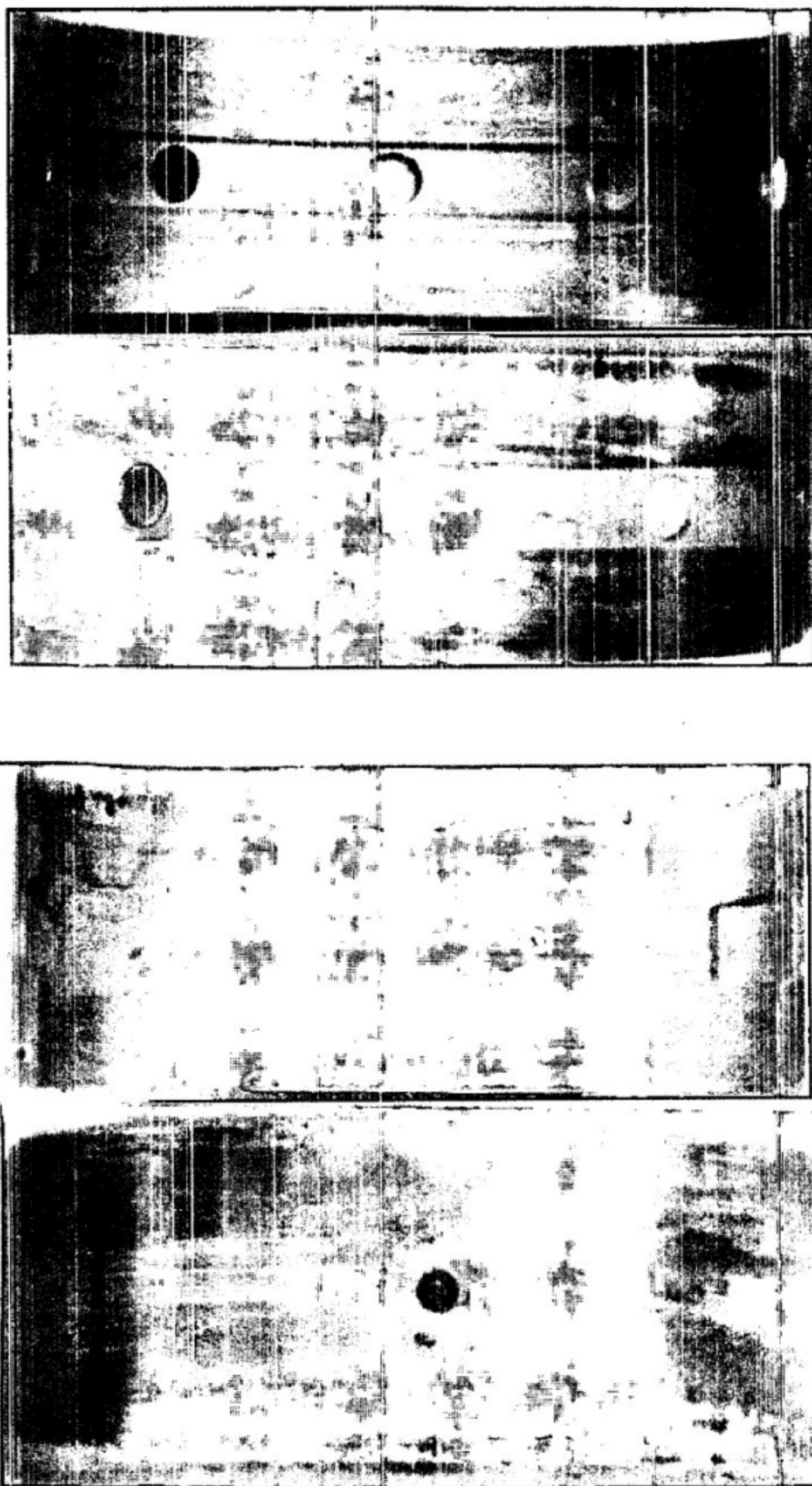


图 33 机车柴油机轴承座孔加工缺陷引起的轴瓦严重咬粘  
(材料:钢/铝锡合金)



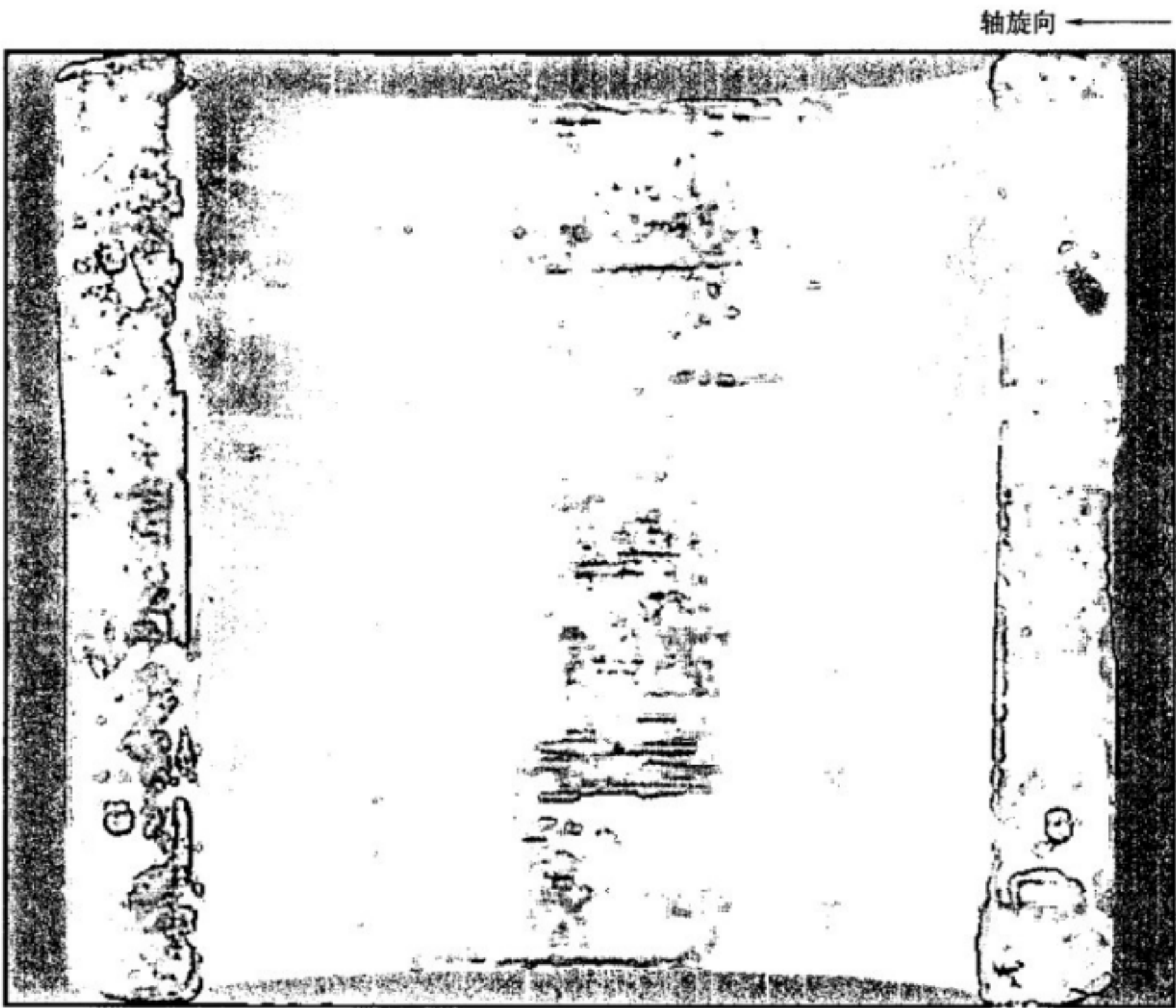
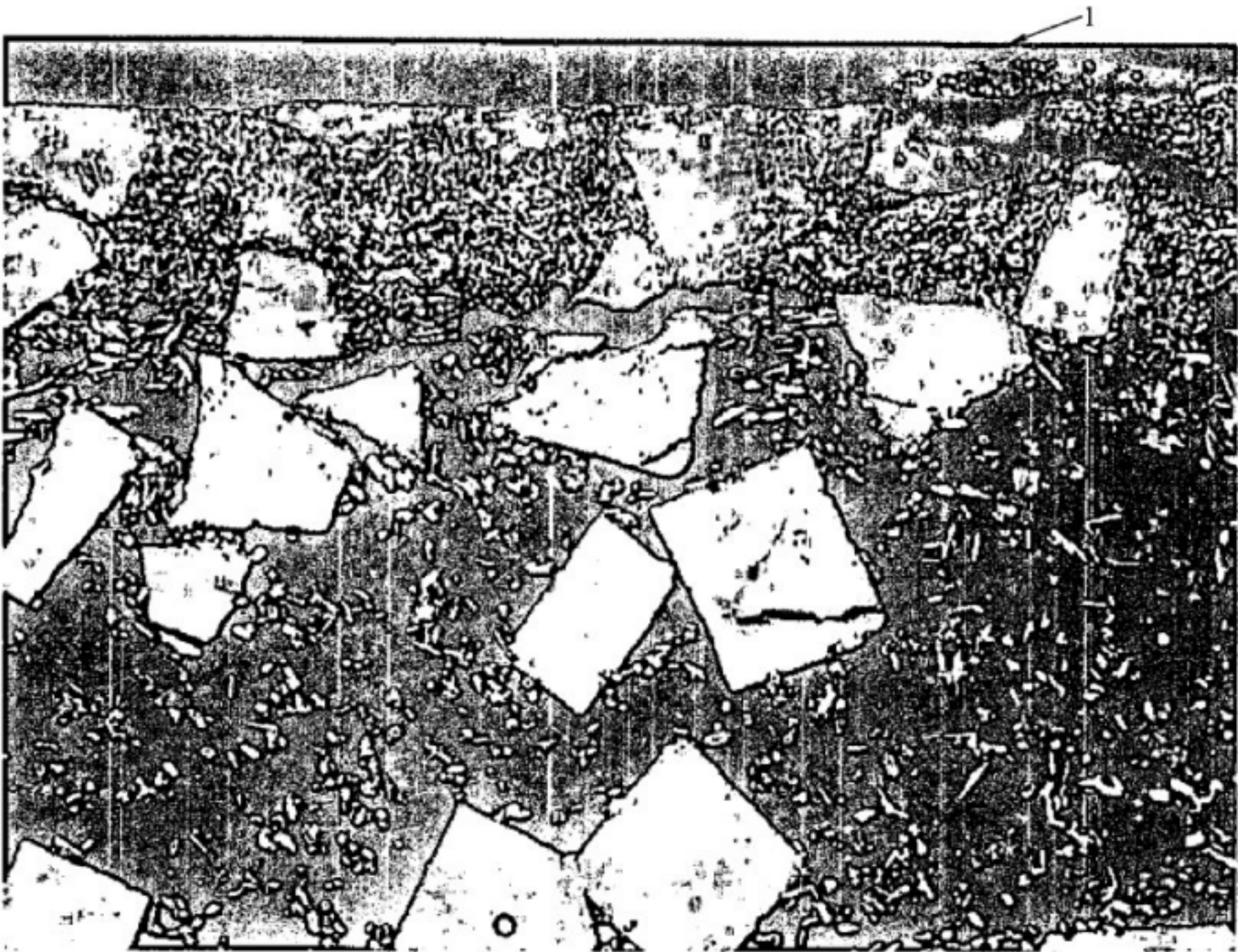
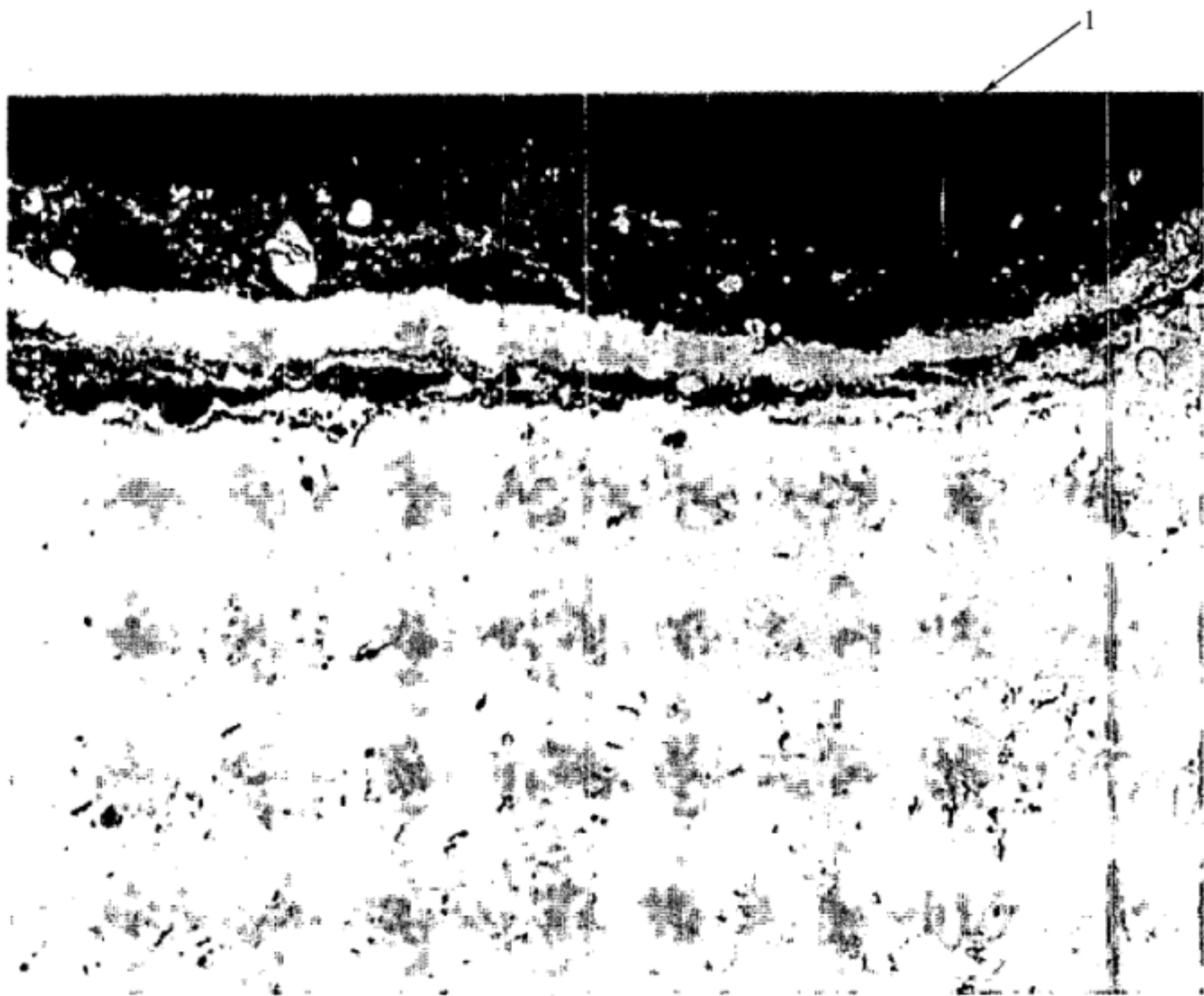


图 34 在厚壁轴瓦上因供油不足造成的轴承合金破坏  
(材料:钢/锡基巴氏合金)



说明:  
1 ——为滑动表面。  
图 35 高温及润滑剂缺失导致轴承合金沿表面熔化,并跟随有轴承合金裂纹(经过酸蚀)  
(材料:钢/锡基巴氏合金)





说明：  
1 —— 为滑动表面。

图 36 轴承合金层出现金属熔化并夹带有含碳残留物,未酸蚀  
(材料:钢/锡基巴氏合金)

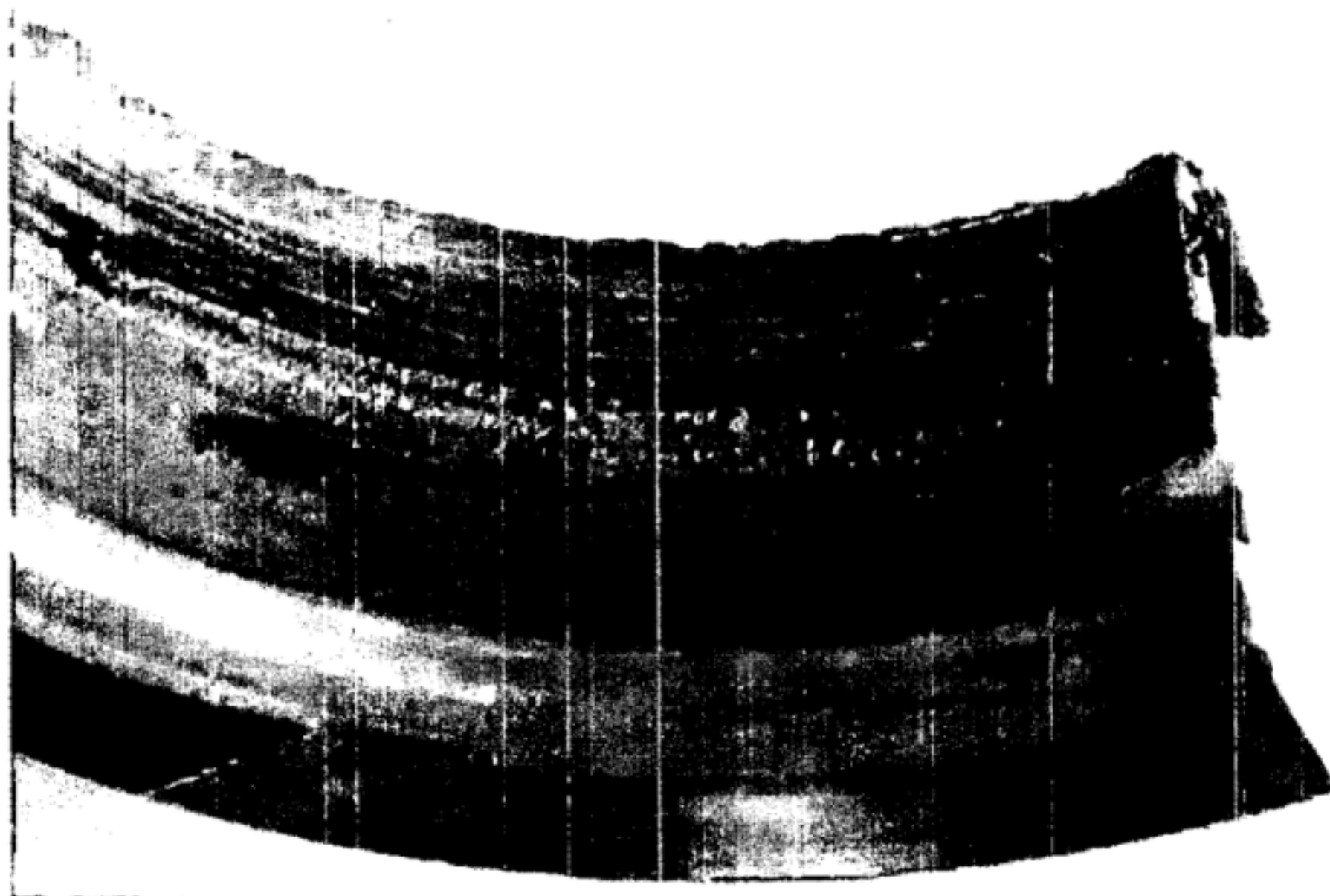


图 37 在轴承边部和油槽内的熔化金属(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)

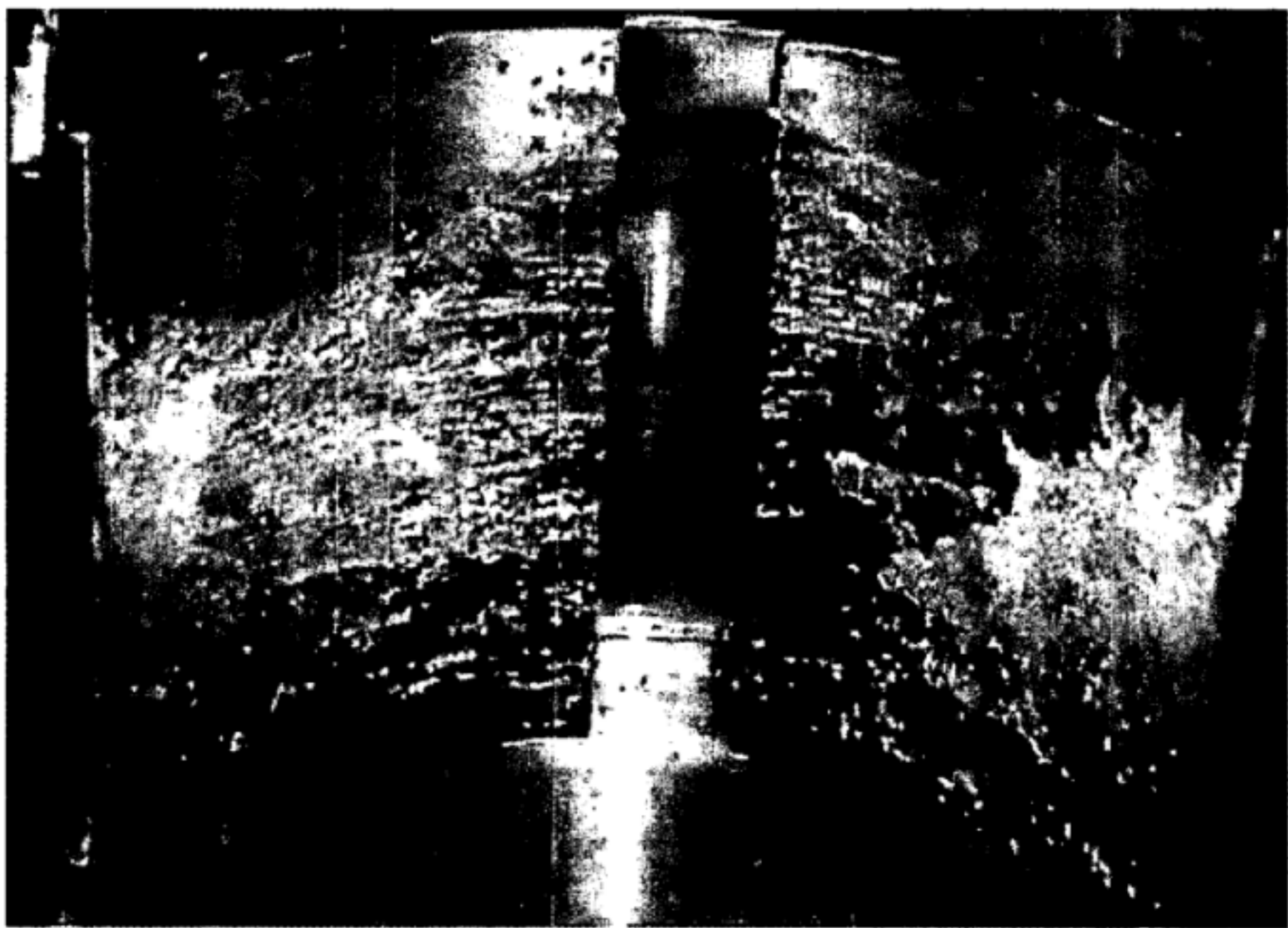
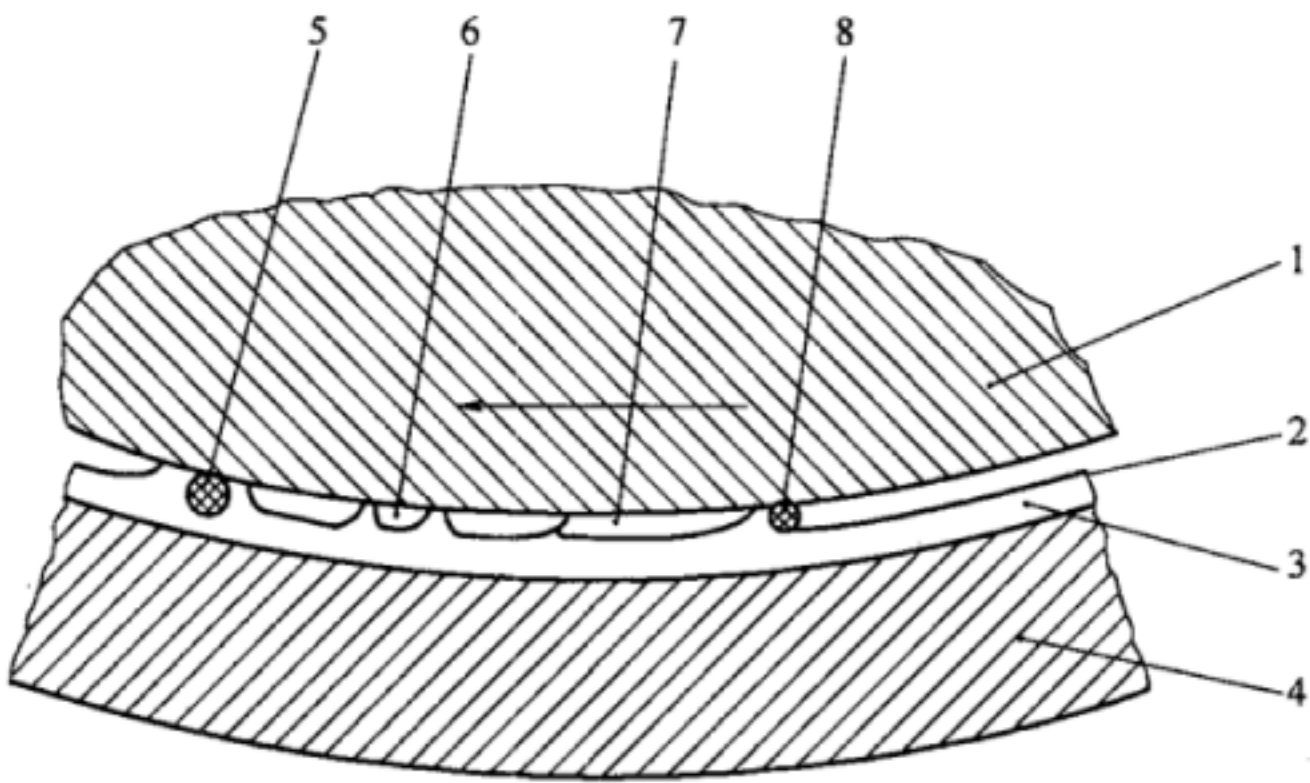


图 38 由于润滑剂损失引起轴承表面变色、熔化、咬粘(材料:钢/锡基巴氏合金)

6.7 污 染  
6.7.1 颗粒污染

颗粒污染示意图见图 39。



说明:

- 1——轴;
- 2——润滑剂;
- 3——衬层材料;
- 4——钢背;
- 5——嵌入的颗粒通常被具有高光反射的轴承材料环形凸起围绕(见图 40);
- 6——由于颗粒的移位留下的凹坑和擦伤(见图 42 和图 44);
- 7——来自于轴承其他损坏部位的金属颗粒涂抹到轴承表面(见图 40);
- 8——处于嵌入口部的颗粒。

图 39 可能的嵌入示意图

6.7.1.1 典型的损坏外观

嵌入颗粒。

划伤,见图 43。

粒子划痕,见图 40、图 44、图 45、图 48。

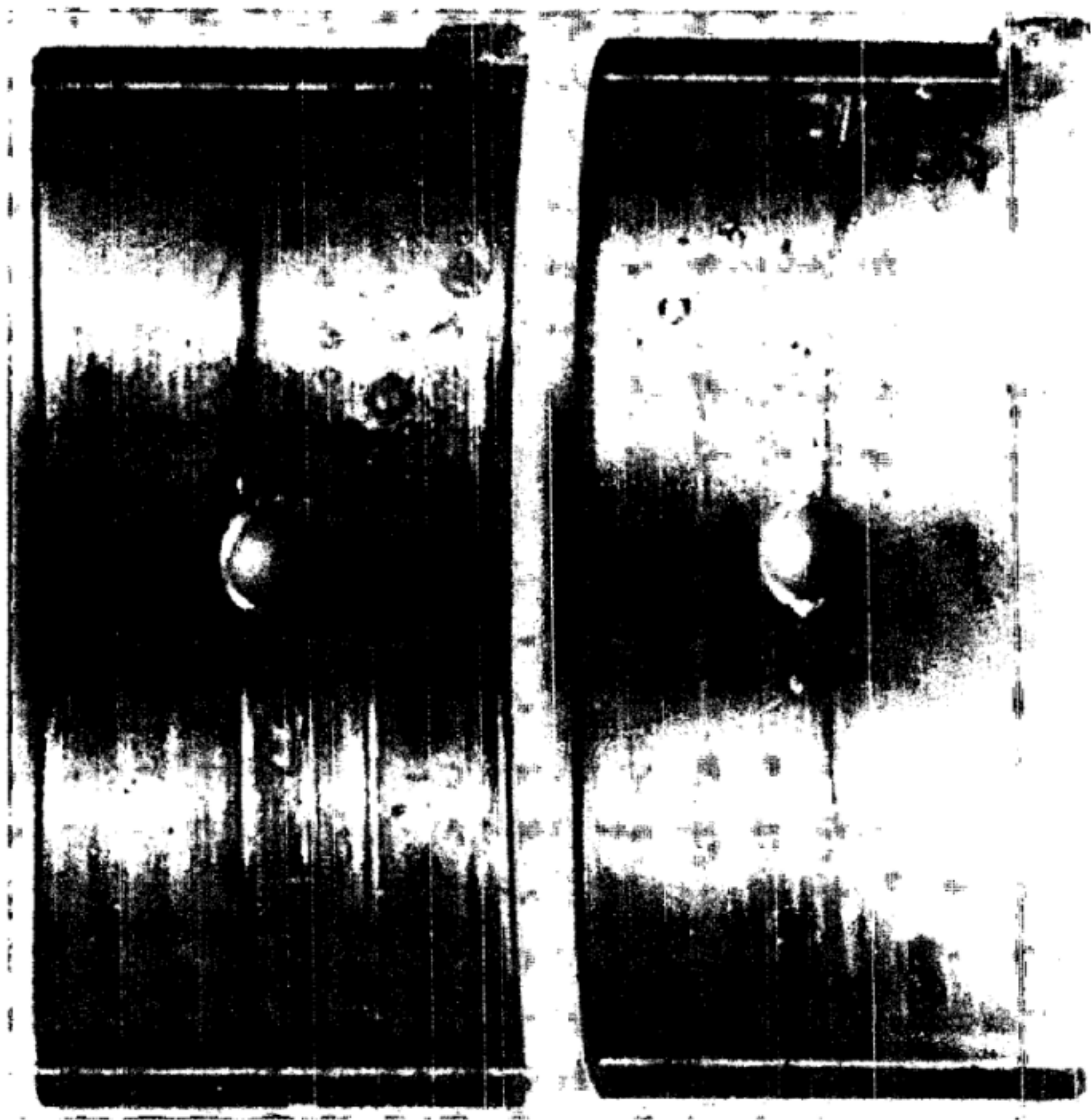


图 40 嵌入的颗粒,嵌入的特征见图 39,颗粒划痕(材料:钢/铝锡合金)

在轴承表面有嵌入的颗粒,这些颗粒被它嵌入时挤出来凸起的轴承合金围绕。嵌入颗粒四周的轴承合金凸起形成高光反射光环,见图 42。那个光环是通过与轴颈的摩擦形成的。混合润滑和磨损下来材料的痕迹也随之出现。

部分嵌入到轴承表面的外来坚硬颗粒会切入旋转轴颈,从而将转轴表面的材料去除导致金属丝纤维的形成。这种方式形成的金属丝纤维将会再一次嵌入到轴承合金,通常会很快使轴承完全失效,见图 49。

V 字形损坏外观是由坚硬颗粒产生的粒子划痕,V 字尖在轴颈旋转的反方向,见图 50。

在润滑油中的杂质粒子也会引起冲蚀。

关于在轴承背上可能出现的损坏外观,见 7.4。

6.7.1.2 可能的损坏原因

由制造、组装或试车过程中产生的残渣(金属切屑、铸造型砂、油漆)引起的润滑油颗粒污染,可能是由于润滑油管路残渣污染或滤油器维护不当损坏所导致。其他的轴承或机器零部件的磨损或损坏也会产生颗粒。密封装置的损坏能导致来自机器周围环境中的颗粒引起的污染(例如:水泥生产中的水泥颗粒)。

当轴所用的钢材含铬时较易形成金属丝纤维,嵌入到轴承面上的坚硬颗粒会刮伤转轴表面从而去除轴表面的材料形成金属丝纤维。

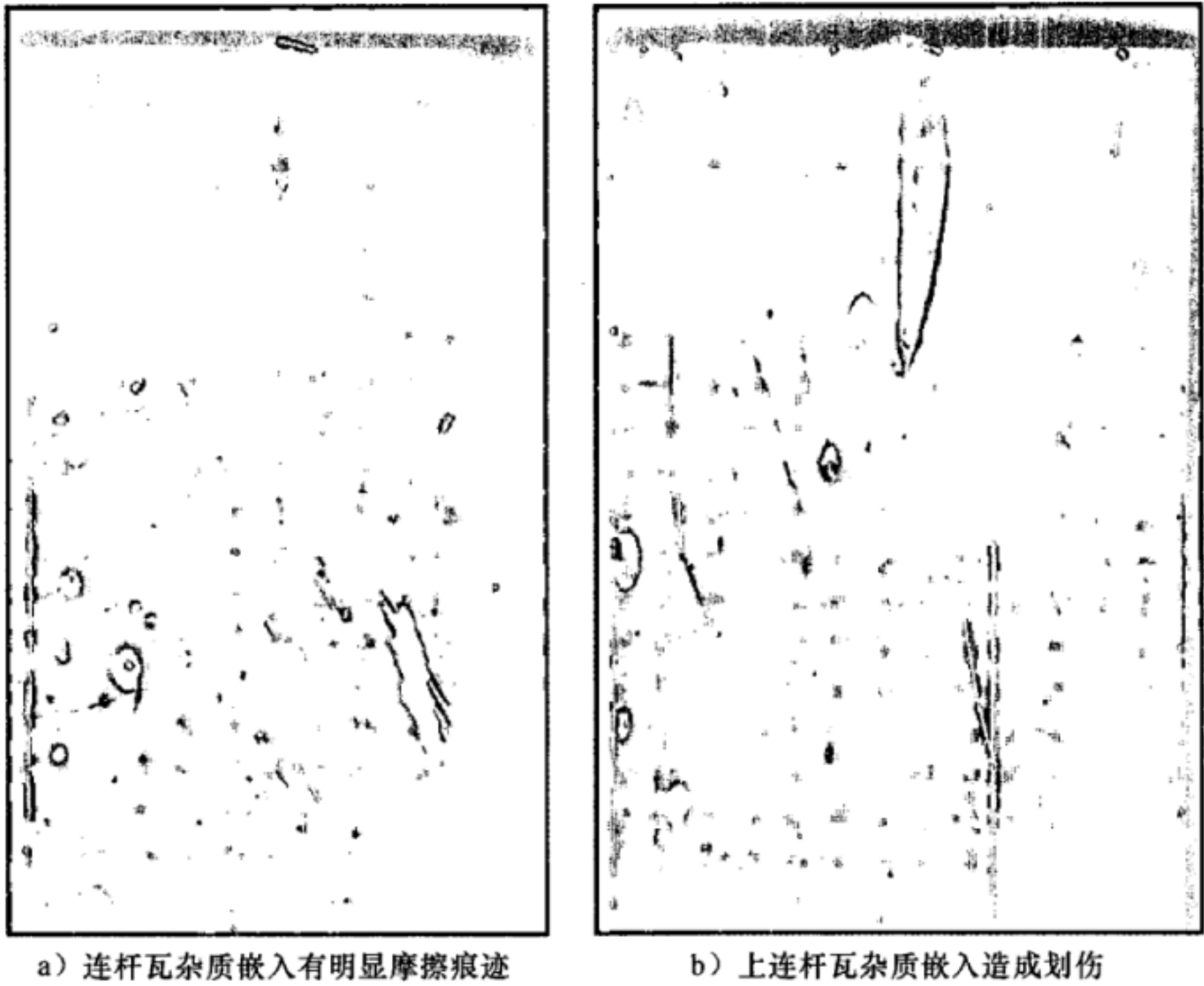
V 字形损坏外观:颗粒划痕是由来自氮化轴颈表面的硬颗粒形成。轴颈磨削不够而未能去除白色脆性层,造成轴颈上剥落具有磁性的碎颗粒。

冲蚀是由高剪切速率时的包含有外来硬颗粒的润滑剂引起,例如磨损碎片、灰尘、燃烧残余灰分。

6.7.1.3 典型示例

颗粒污染的典型示例见图 40 ~ 图 50。





注：两片瓦上有许多杂质嵌入了合金表面，周围挤高的金属有明显摩擦痕迹，杂质已脱落的地方露出白色凹坑，未脱落的地方呈现深黑点状。

图 41 机车柴油机连杆瓦杂质嵌入合金划伤(材料:钢/铝锡合金)

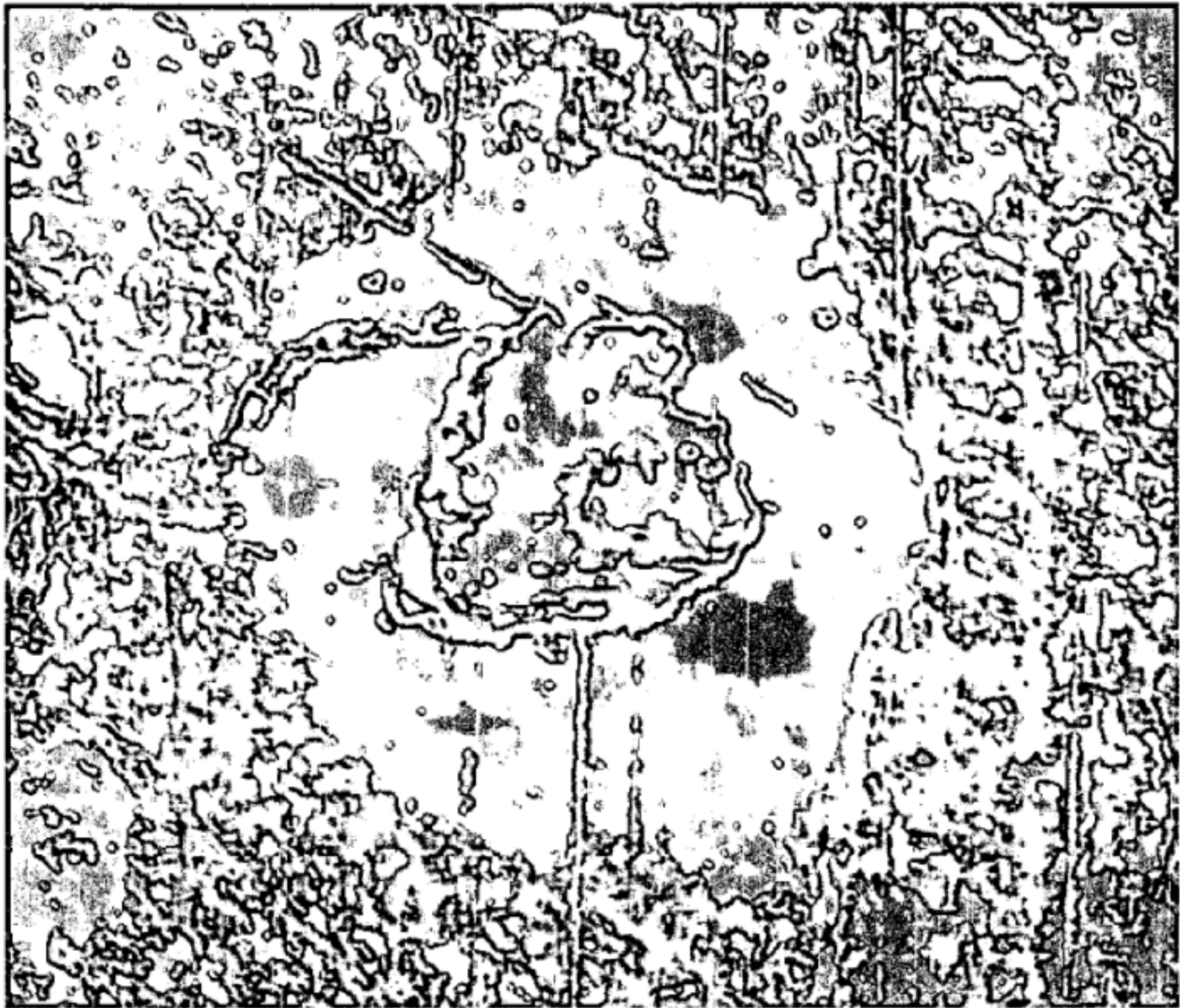


图 42 颗粒移除后留下的凹坑被反射环(光环)围绕着,嵌入特征见图 39 中的图注 6  
(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)

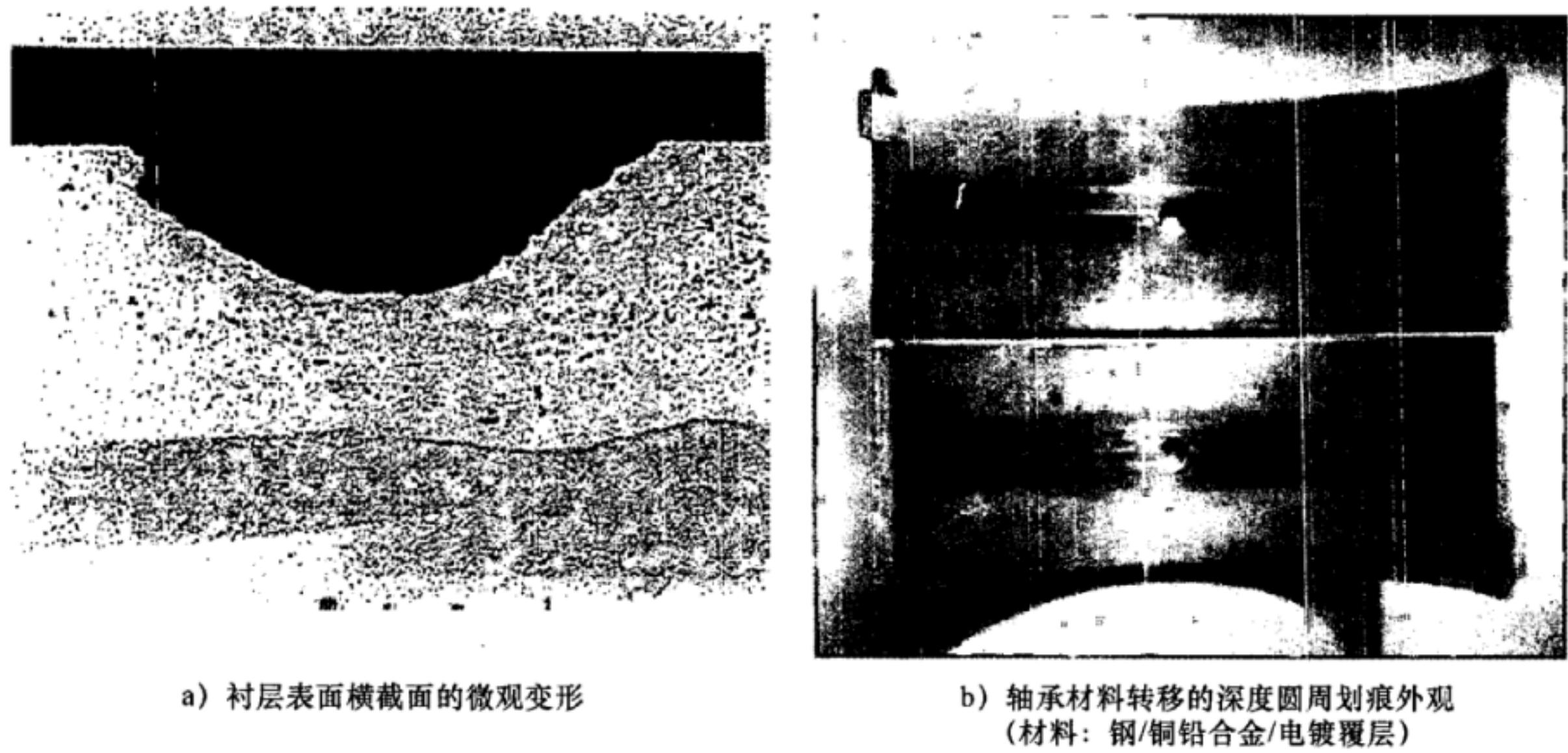


图 43 沿周向到瓦口边有轴承材料转移的深度圆周划痕

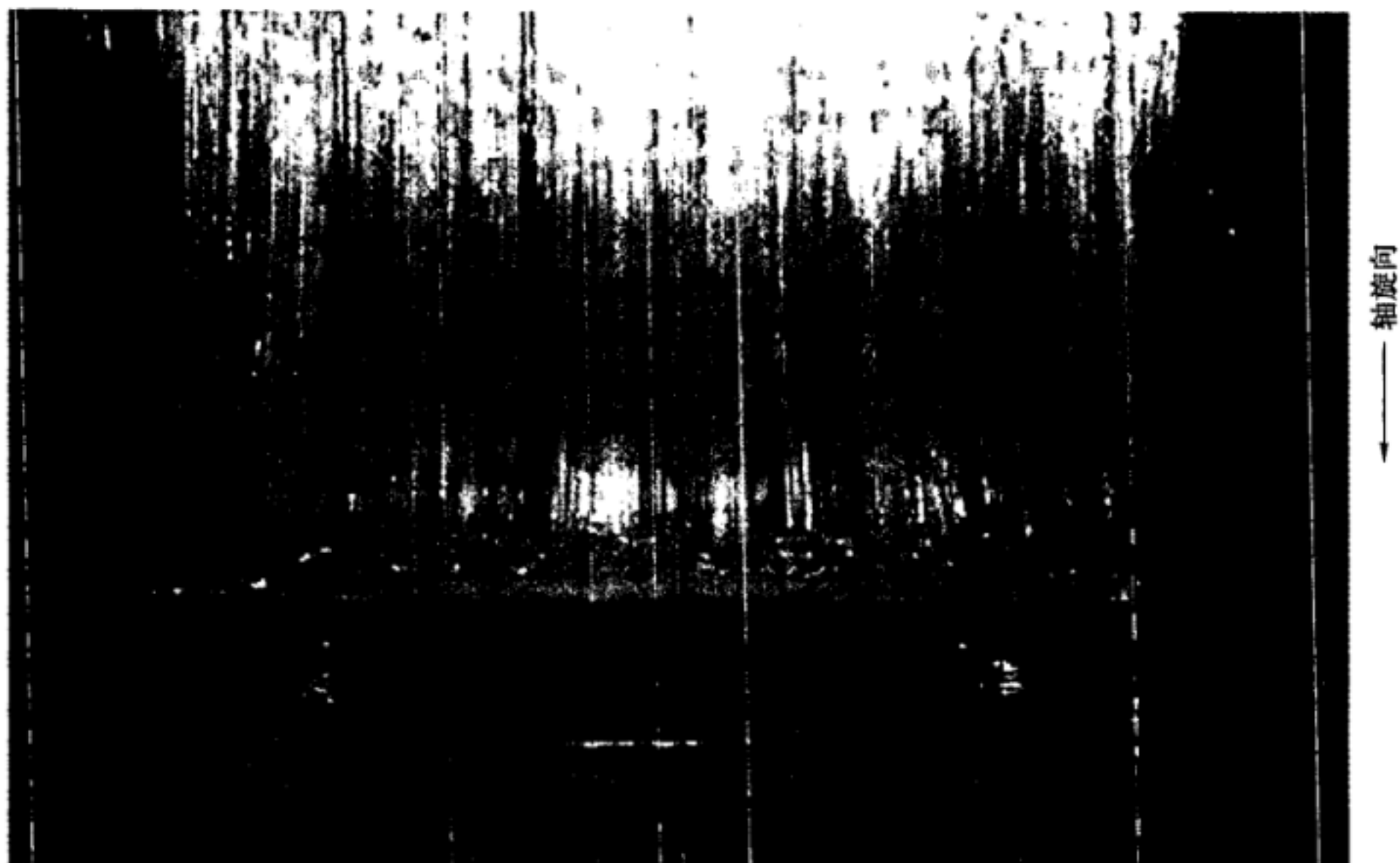


图 44 密封装置损坏导致由润滑油带入的水泥颗粒对水泥磨碎机轴承造成污染，  
颗粒划痕清晰可见(材料: 钢/锡基巴氏合金)



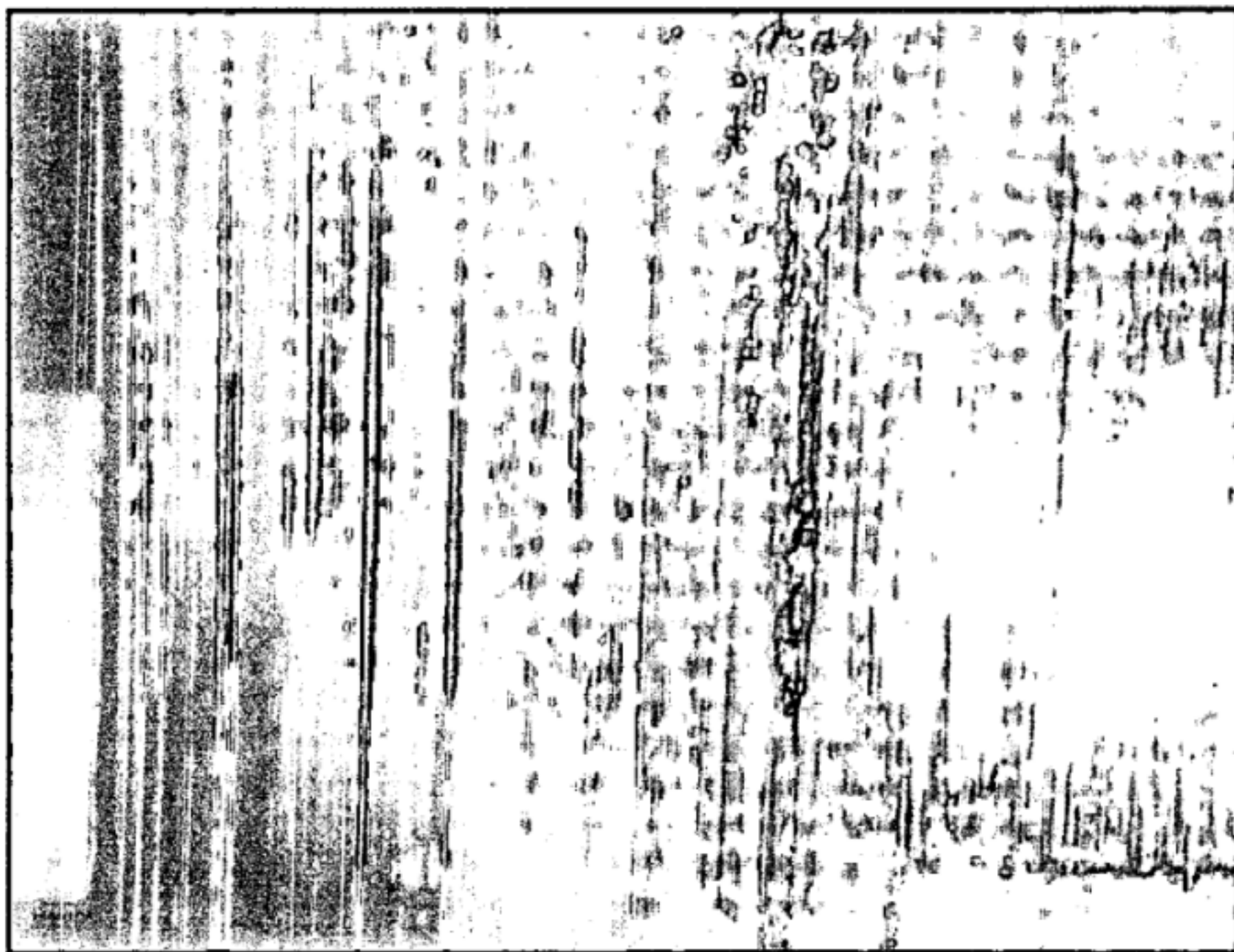


图 45 含铁的外来颗粒的杂质污染一颗粒划痕清晰可见

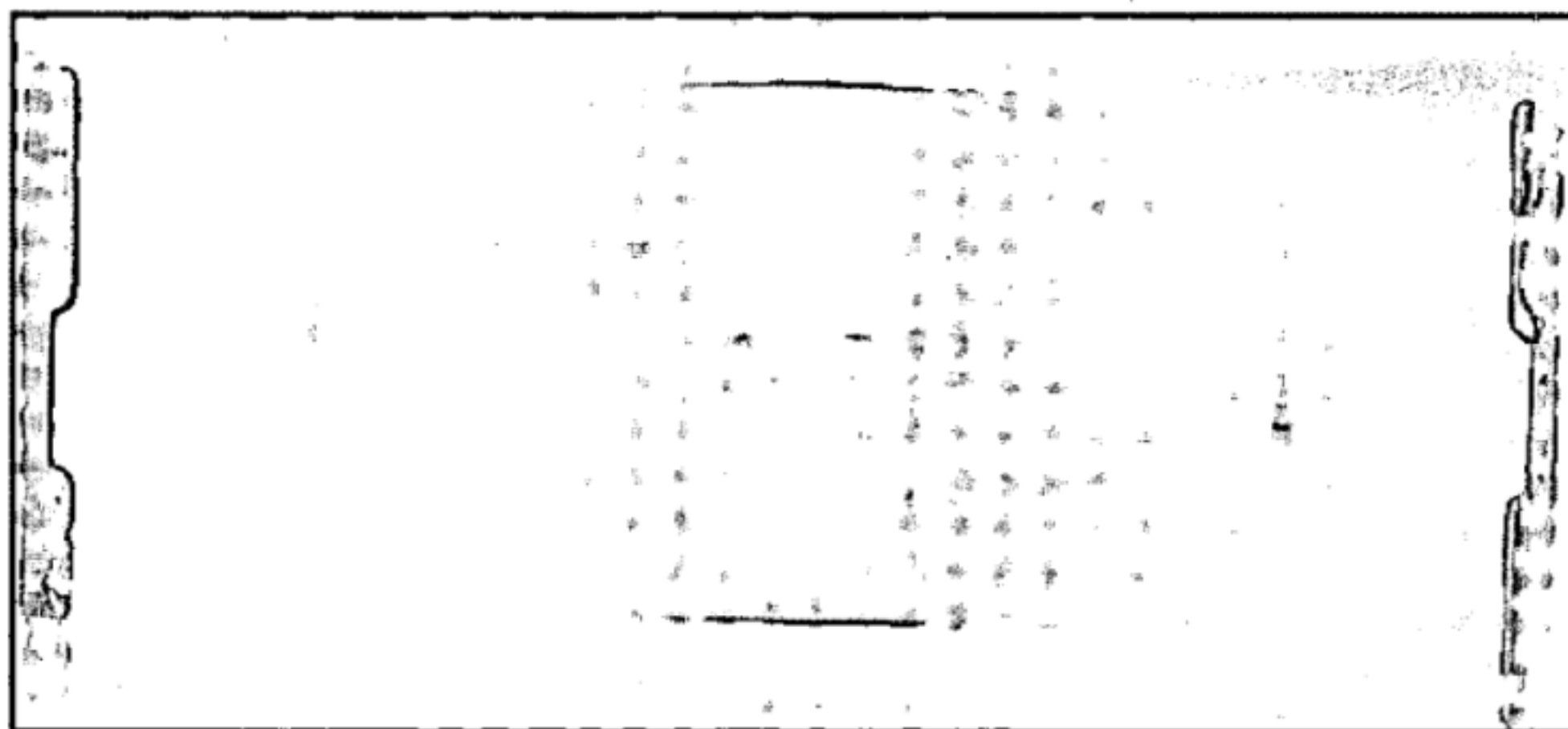


图 46 机车柴油机下主轴瓦划伤(材料:钢/铝锡合金)

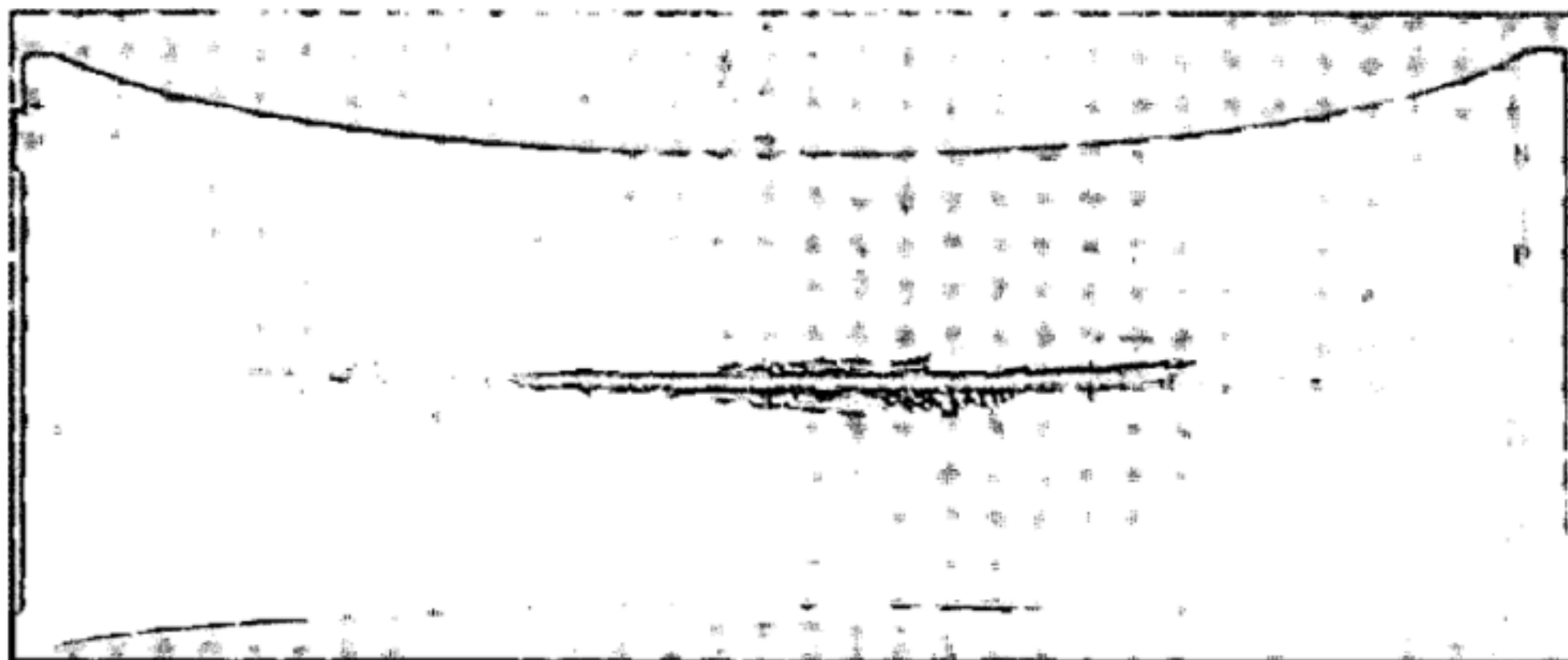


图 47 机车柴油机主轴瓦由于焊渣造成的严重划伤(材料:钢/铝锡合金)



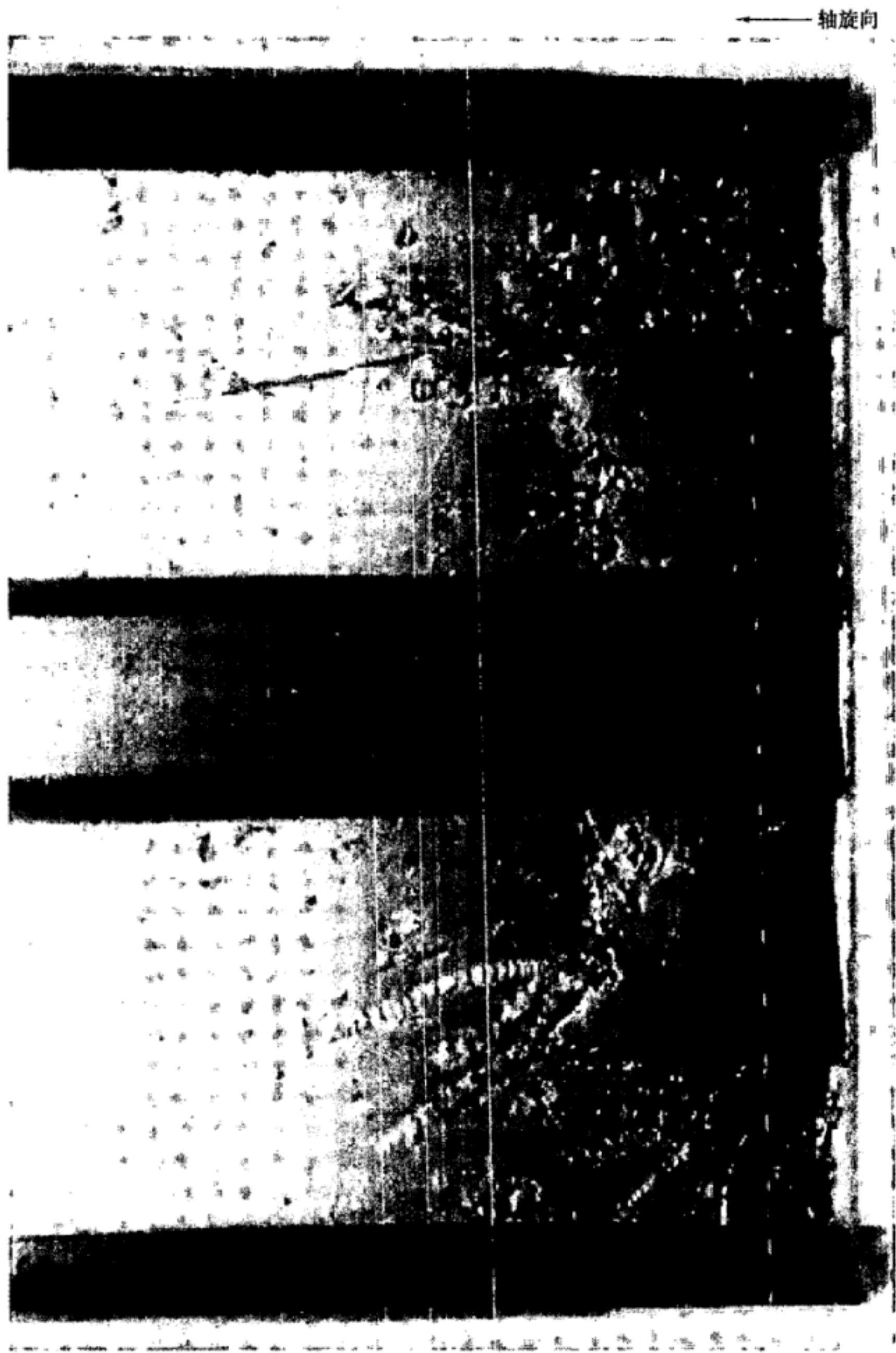
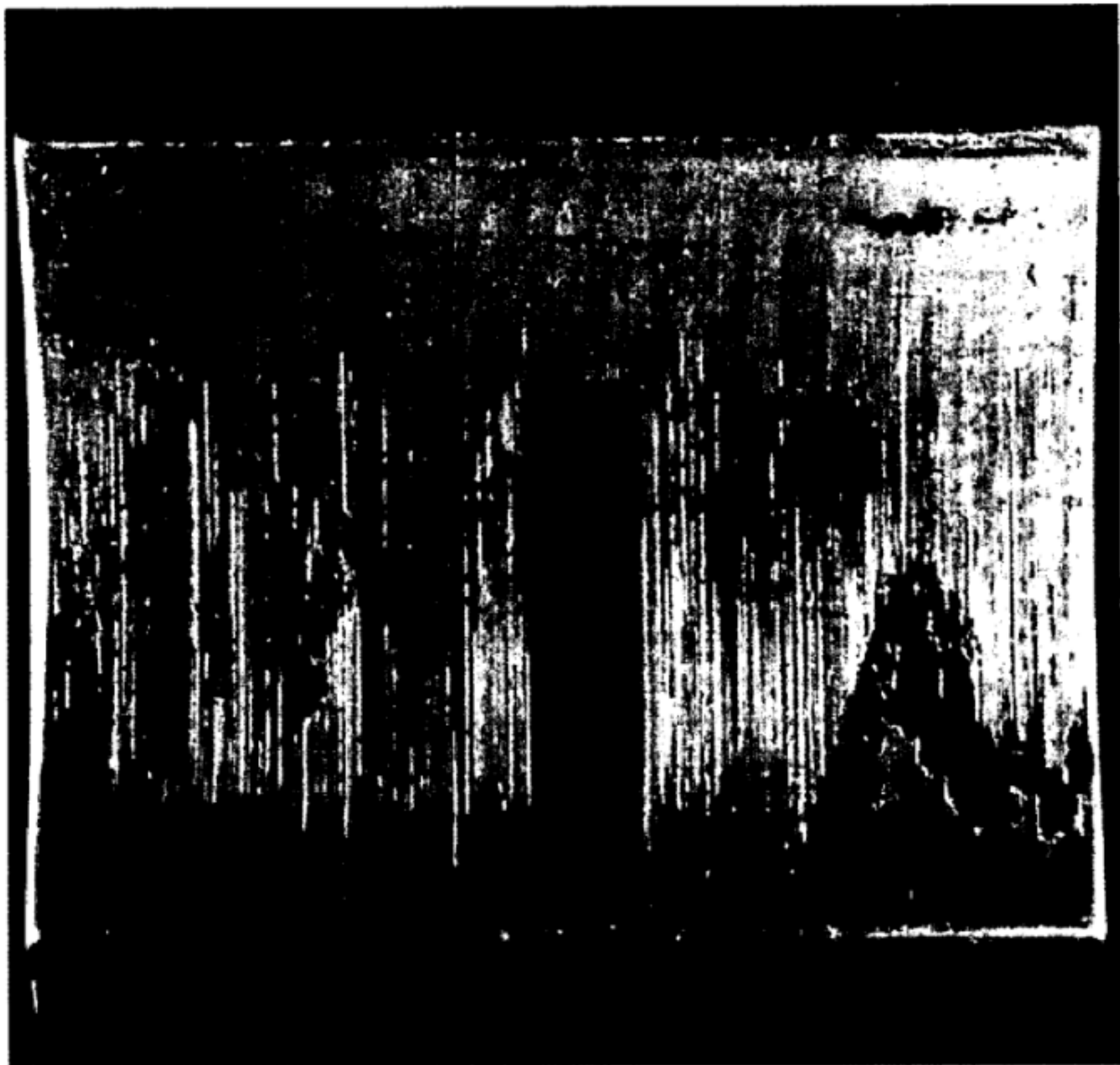
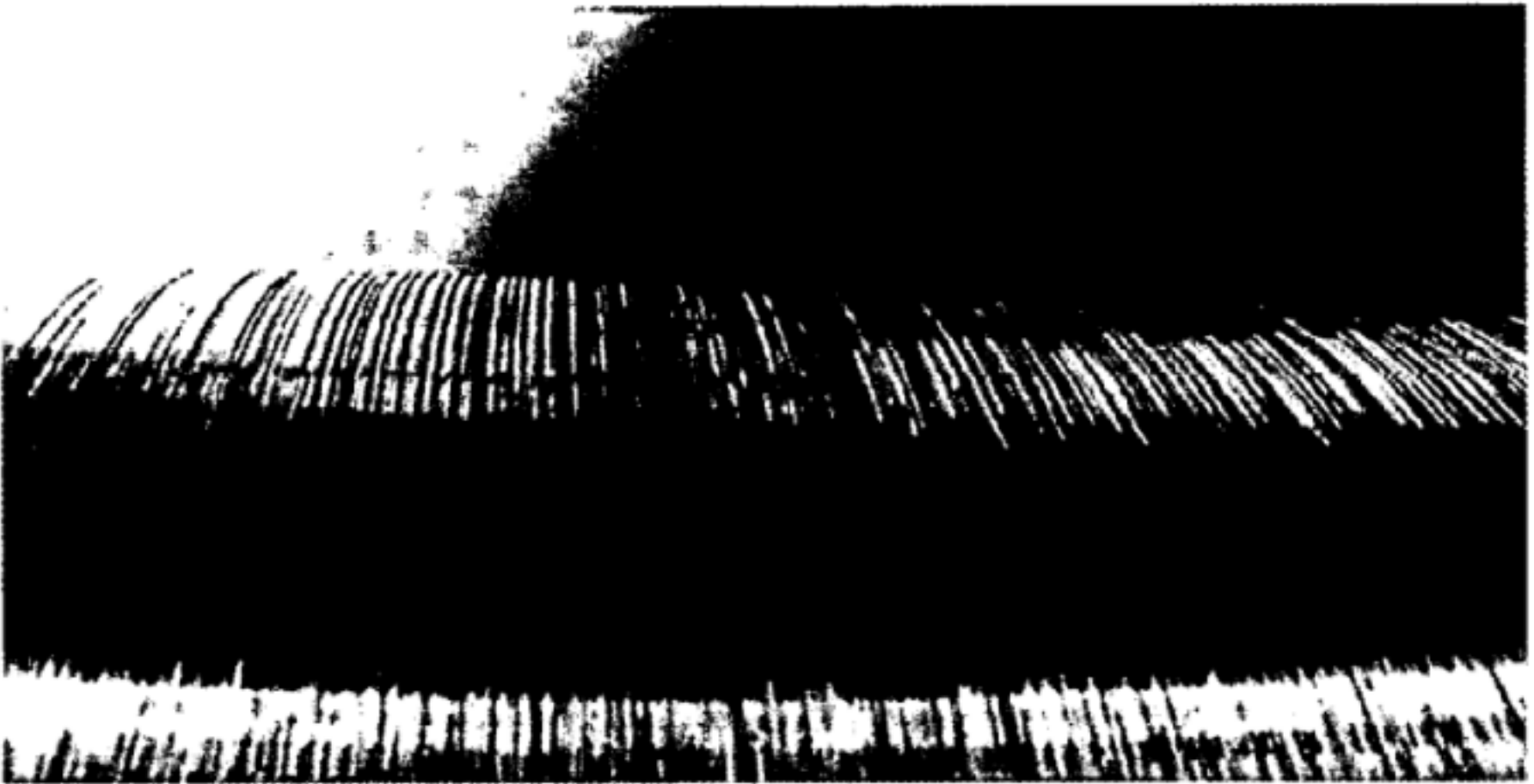


图 48 颗粒移动的划痕集中在薄壁轴瓦油穴区域  
(材料:钢/铝锡合金)



a) 径向自位轴承块上的金属丝（材料：钢/锡基巴氏合金）



b) 轴上的金属丝（材料：钢）

图 49 由磨粒磨损和早期粘附效应导致的痕迹(金属丝)

6.7.2 化学物污染

6.7.2.1 典型的损坏外观

腐蚀。流体侵蚀。

6.7.2.2 可能的损坏原因

润滑油中的腐蚀性可能开始就有,也可能是长期使用过程中被水、抗凝剂或燃烧残留物等污染后而逐渐呈现。润滑系统里最细小的泄漏也会导致化学反应和腐蚀。当镀覆层原始状态就缺乏抗腐蚀成分或因温度升高而发生的扩散过程导致的抗腐蚀成分丧失时,镀覆层的腐蚀会加速。

润滑油可能受到来自于冷却剂的卤代烃或是其他化学物的污染。铜可能是由油冷器管道的溶解

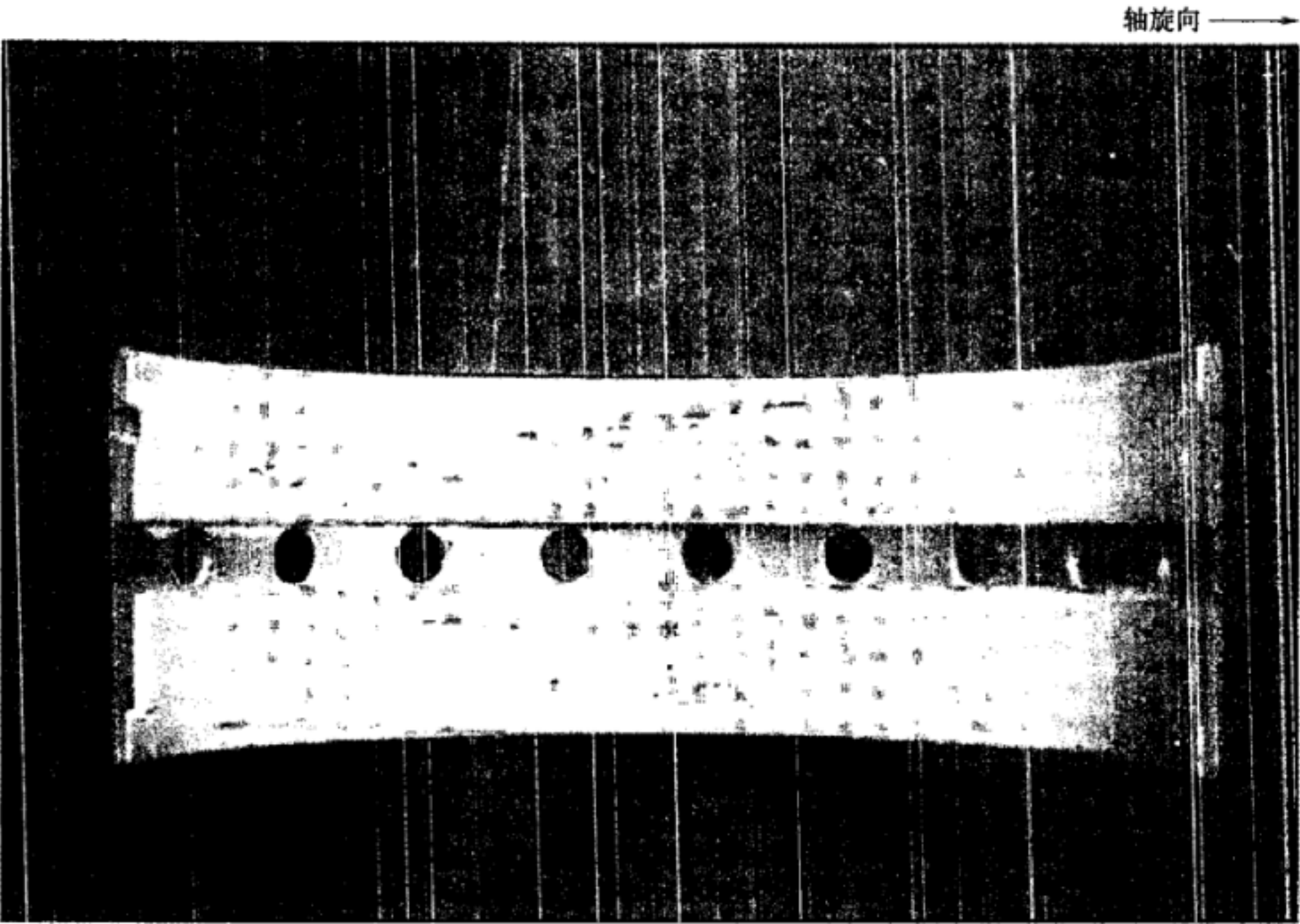


图 50 由来自氮化轴渗氮层上的颗粒造成的 V 字形损坏(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)而来。这种铜可以电解方式沉积于摩擦系统中的金属表面。高温会加速这种反应,继而可能是铜的扩散及随之而来的腐蚀。

当润滑油中的水分含量超过 1% 的容积比时通常会引起腐蚀,极限的水分含量取决于润滑油种类和运用工况。

由腐蚀引起轴承材料的分解将导致流体侵蚀的产生。流体侵蚀作用会去除抗氧化层,进而会导致腐蚀的提前发生,而后再将导致流体侵蚀。

6.7.2.3 典型示例

化学物污染的典型示例见图 51 ~ 图 56。

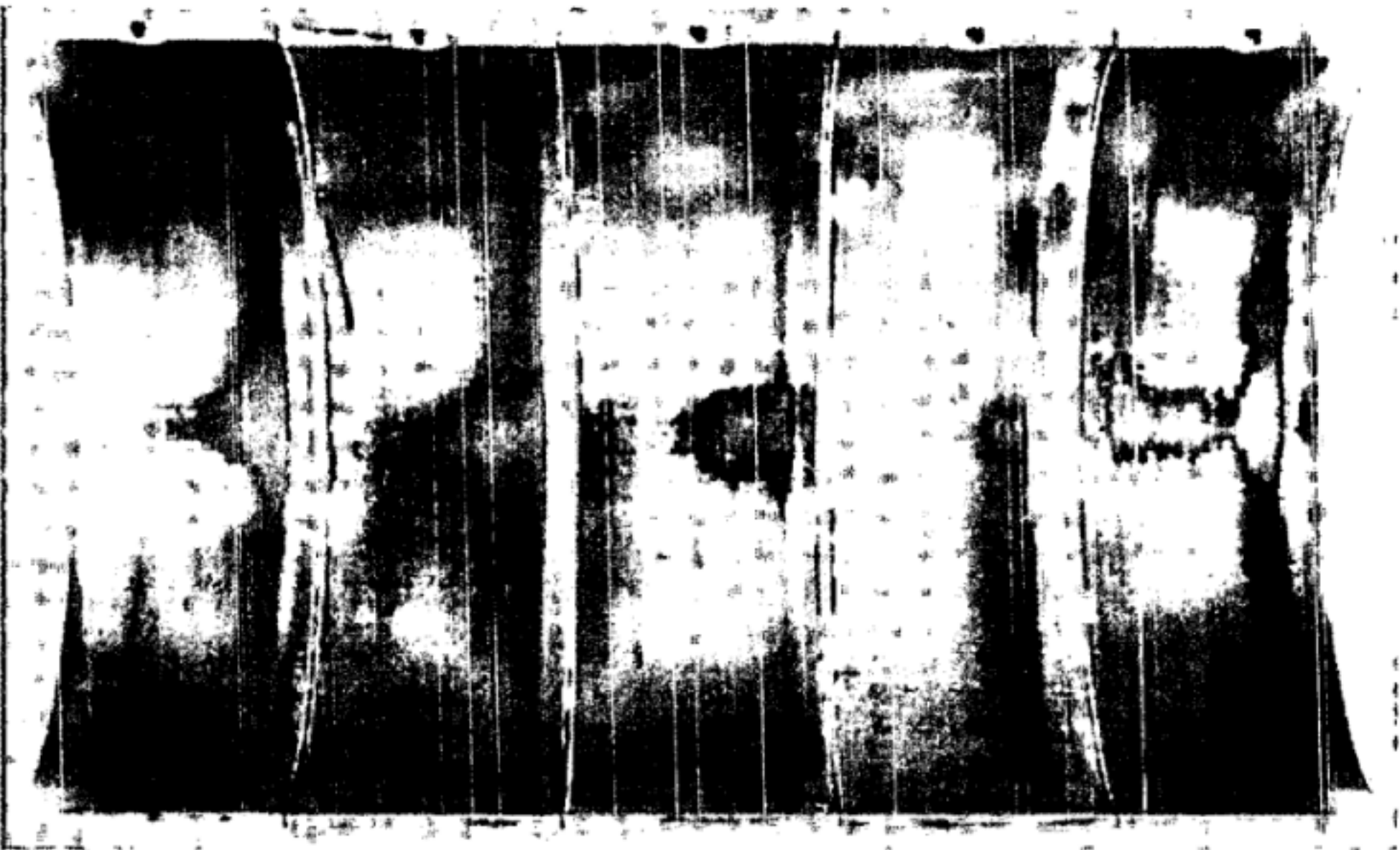
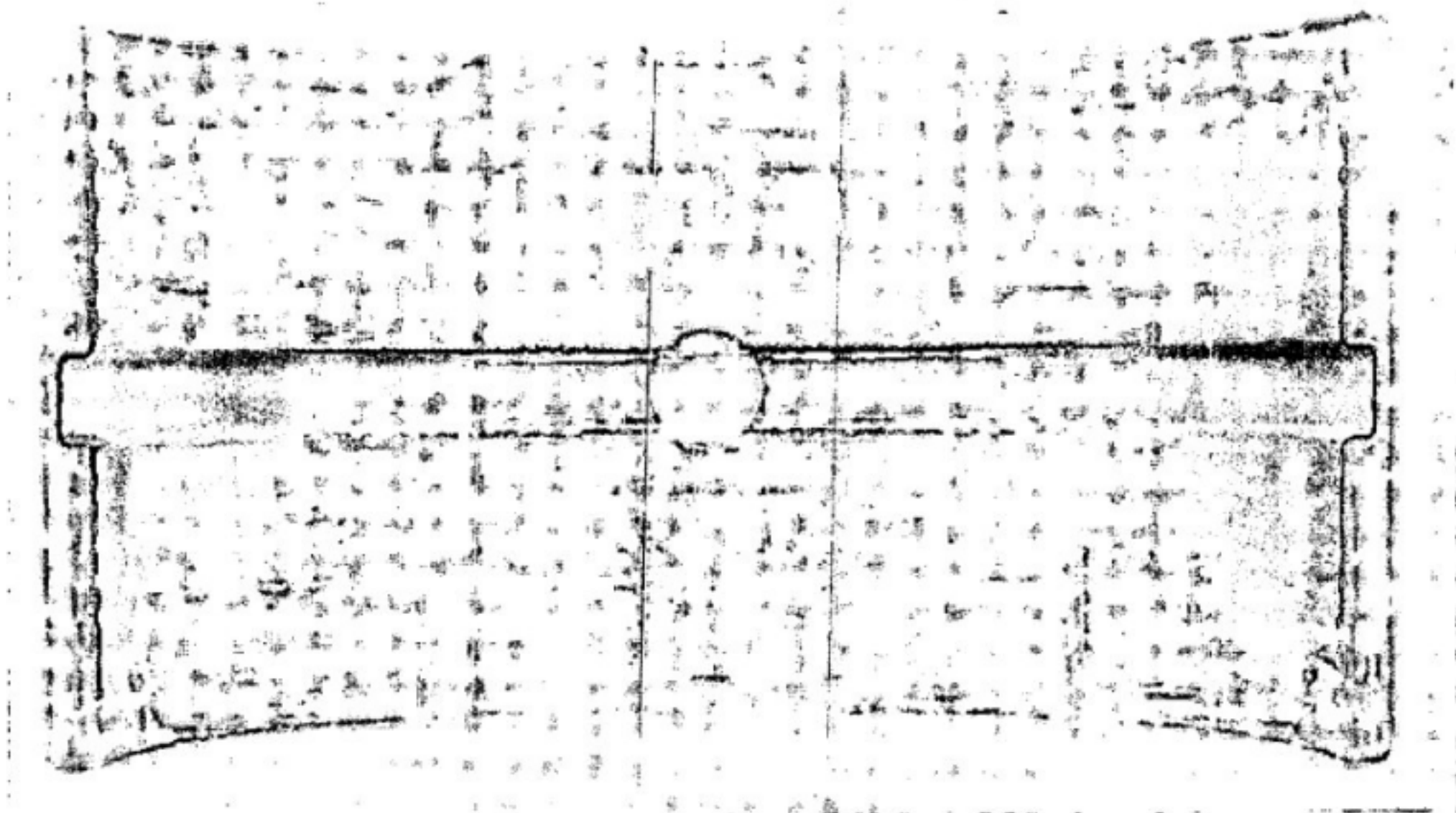
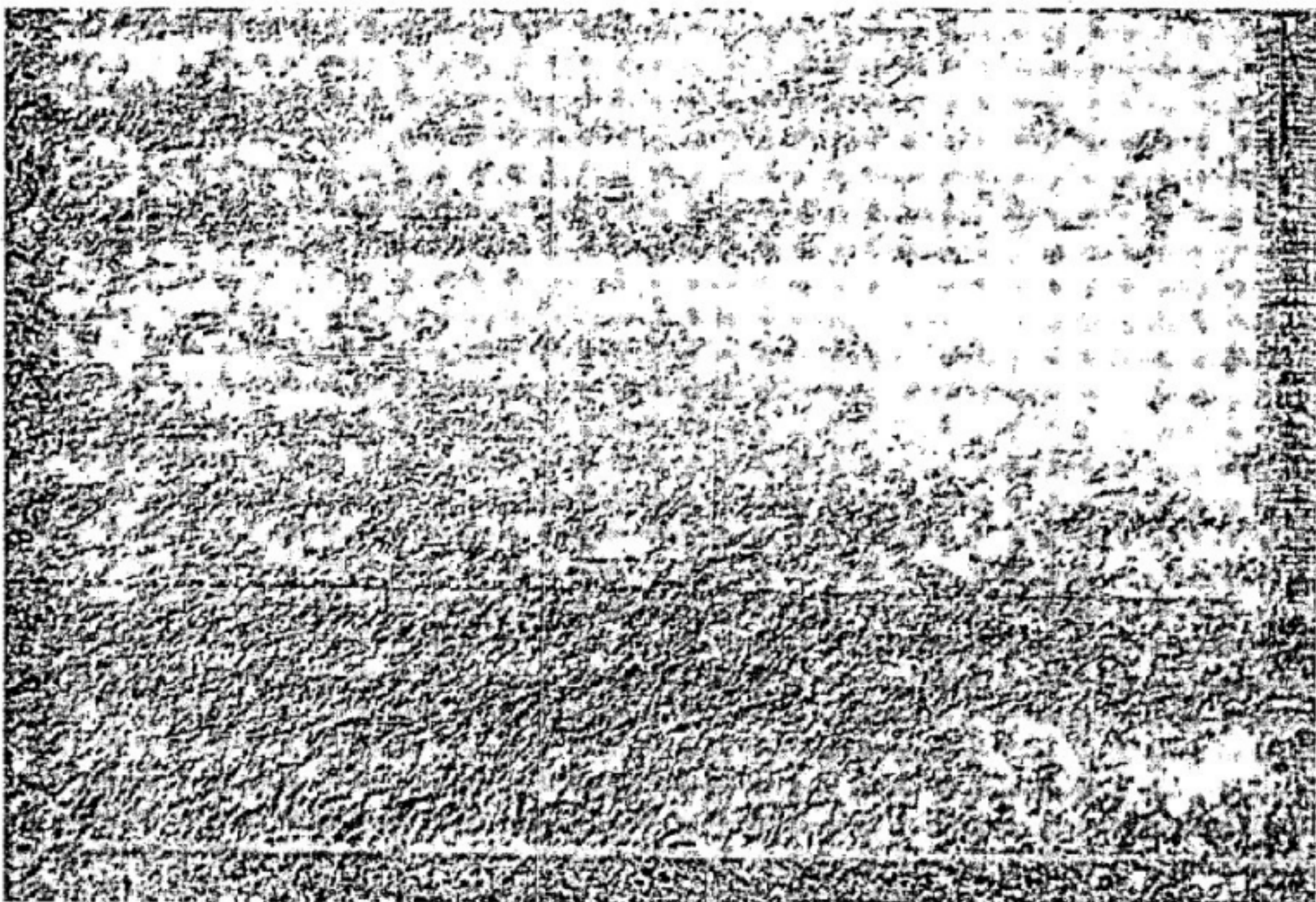


图 51 轴承主要承载区表面因摩擦化学作用而变色(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)





a) 腐蚀脱落



b) 图52 a)中有标记的部位增加放大倍数

图 52 油孔部位镀覆层的腐蚀脱落和轴承衬层右边的选择性腐蚀脱落  
(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)

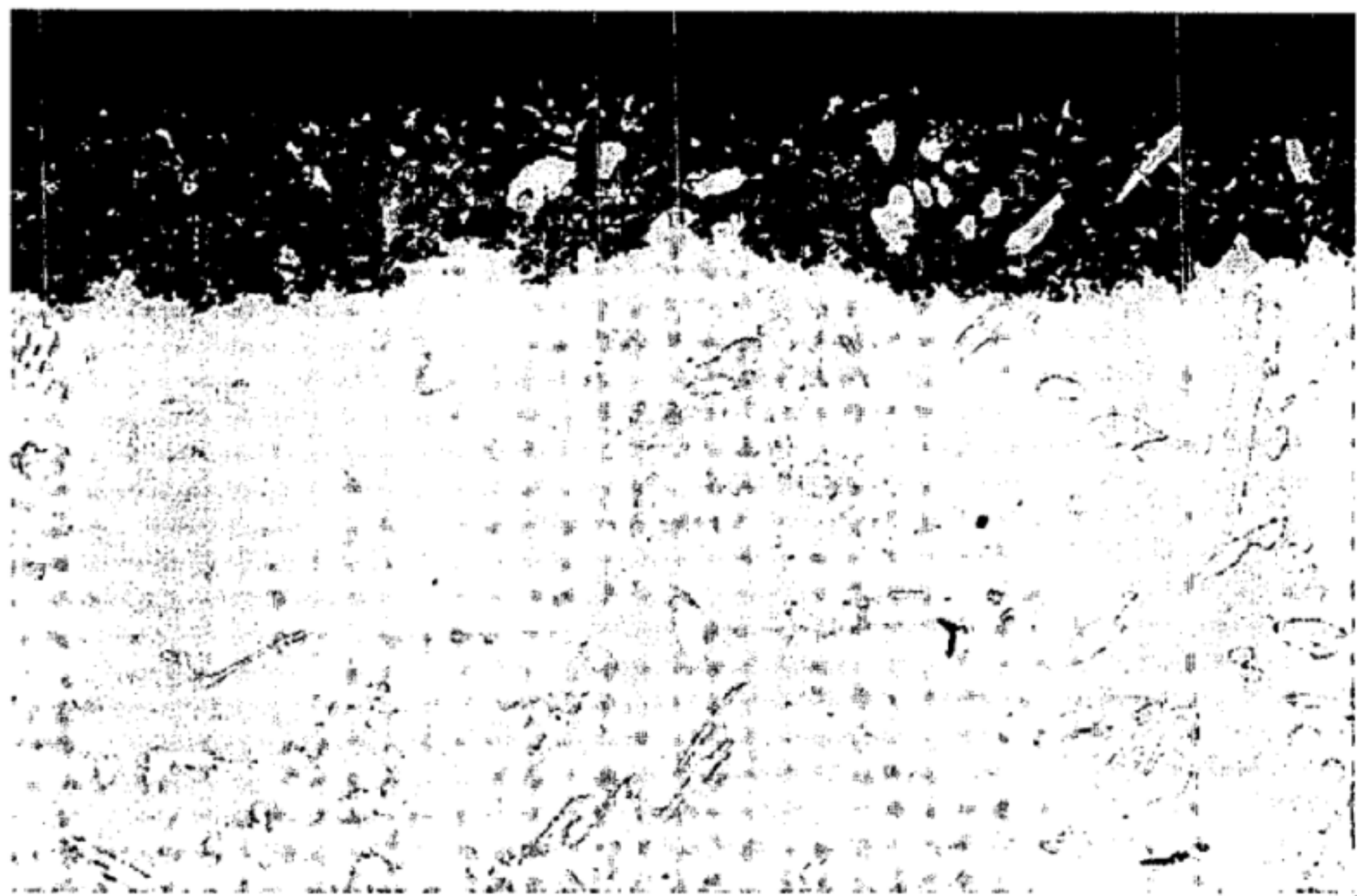


图 53 润滑油中水分造成的锡相氧化腐蚀,未酸蚀  
(材料:钢/锡基巴氏合金)

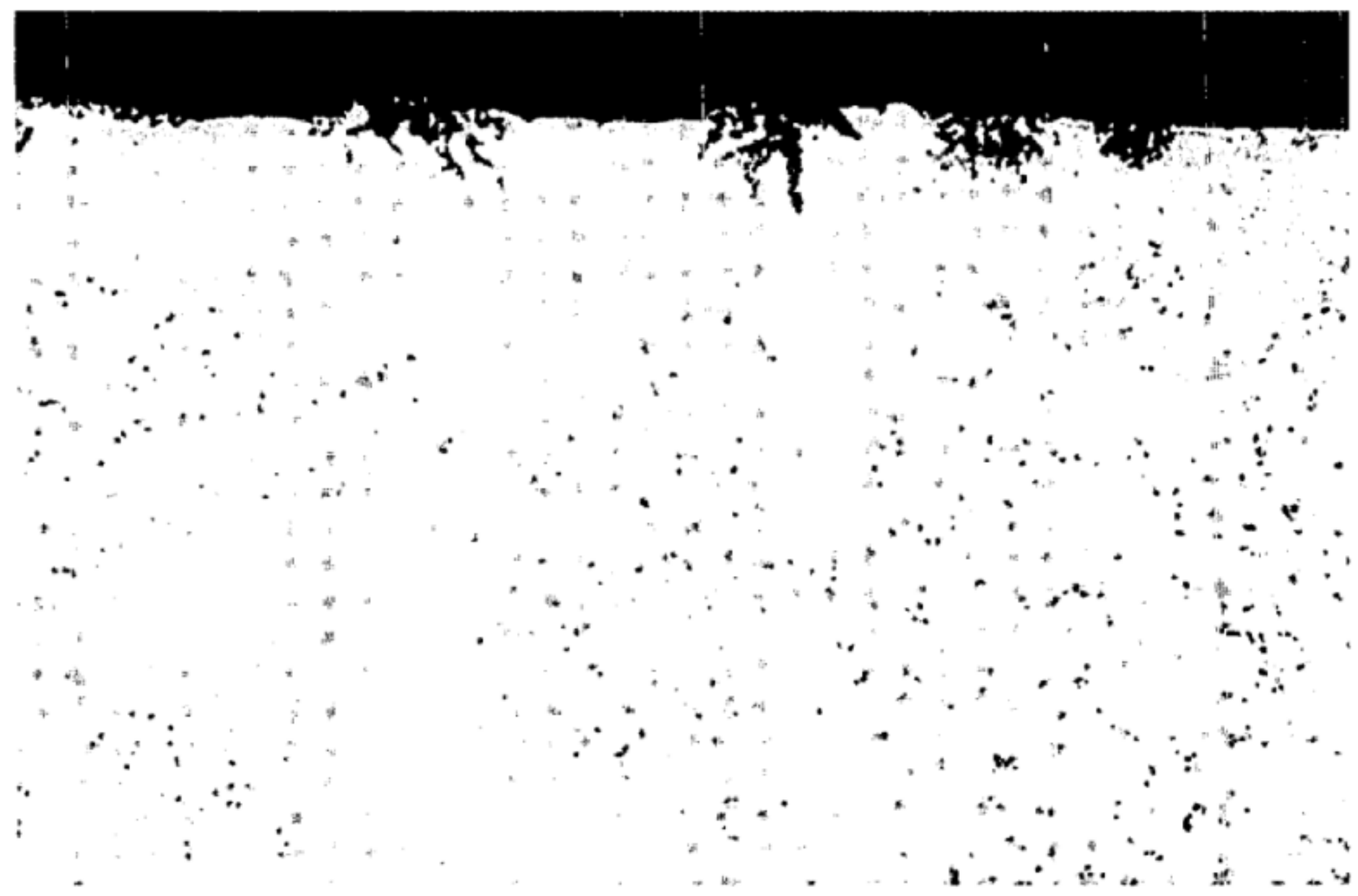
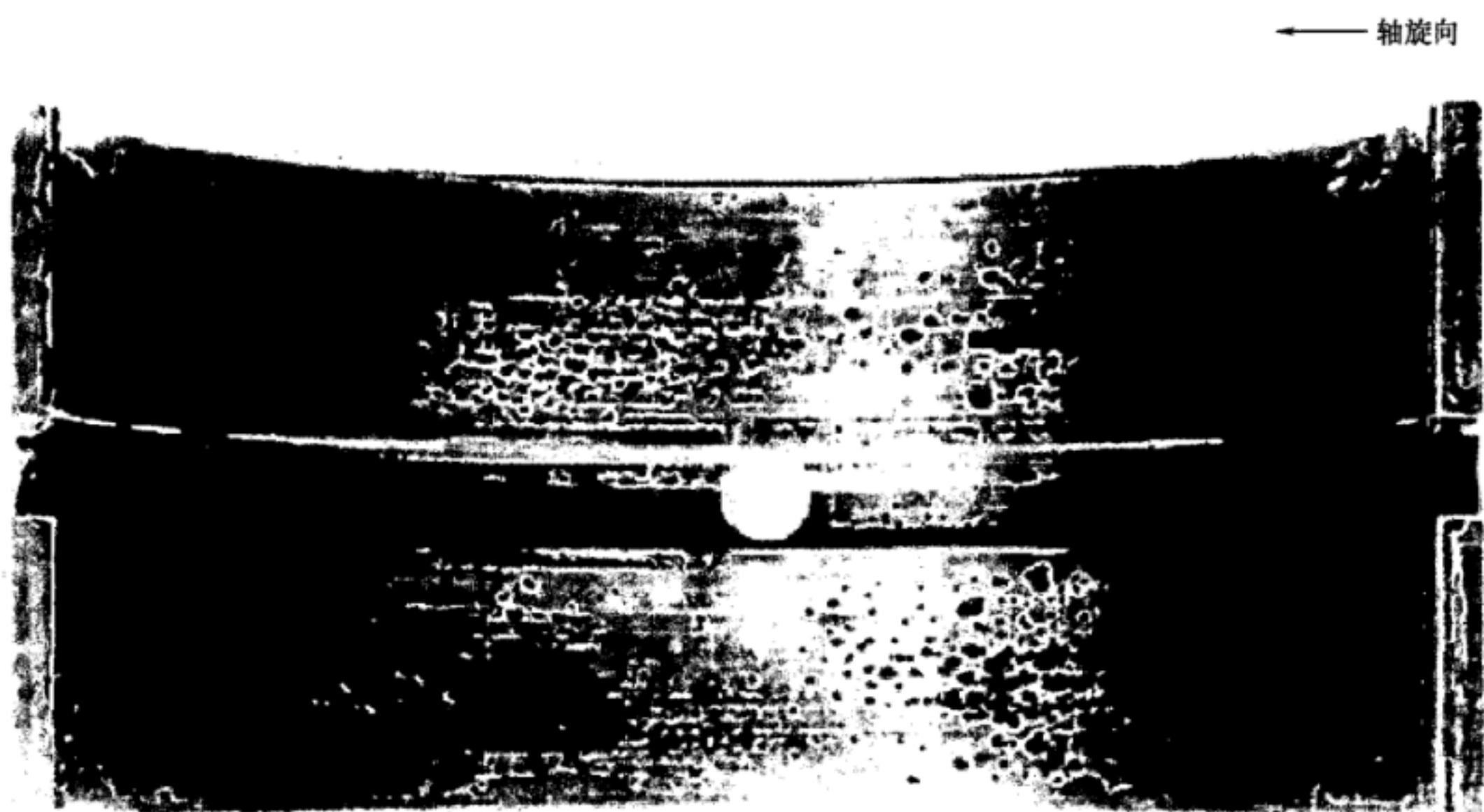
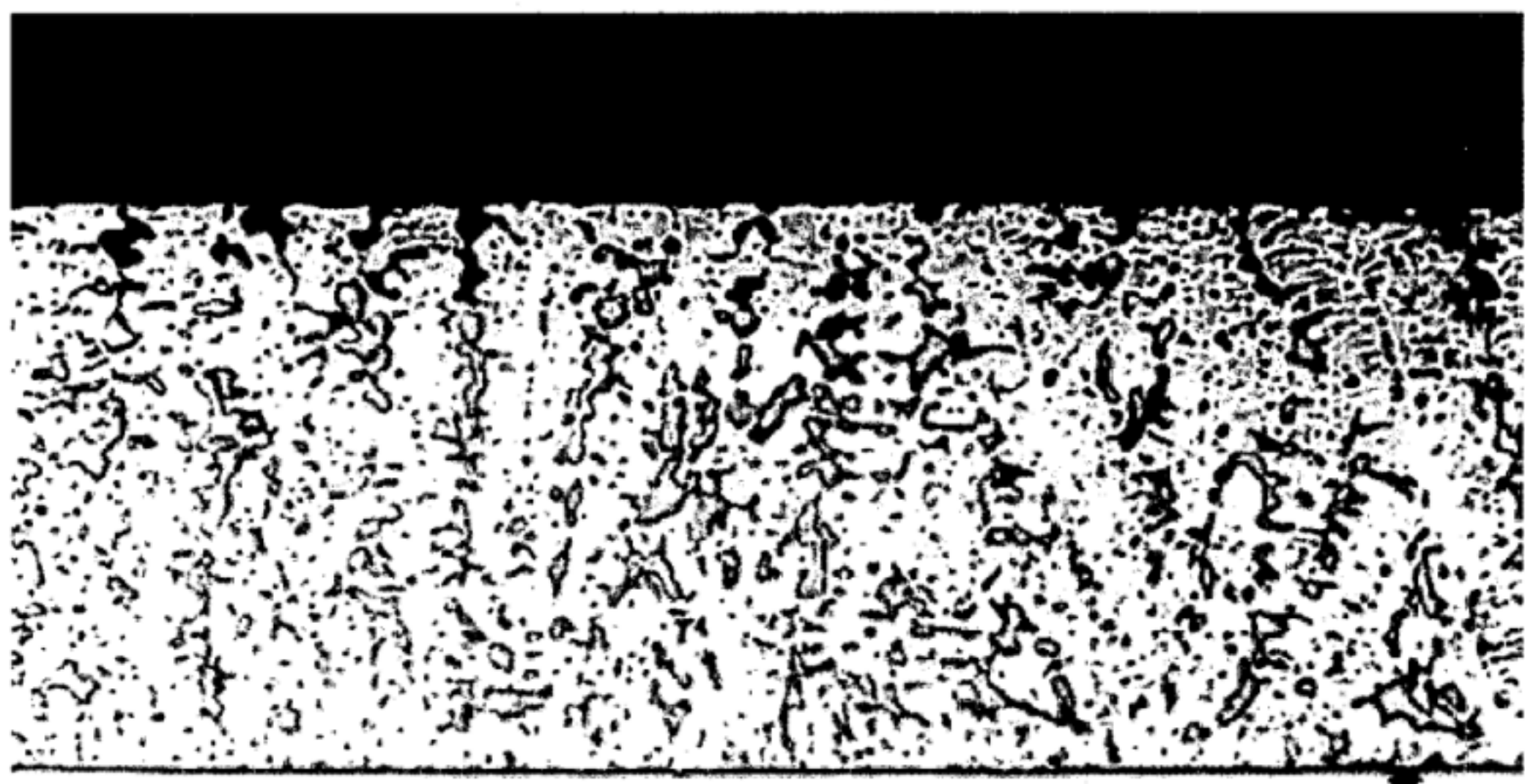


图 54 锡基合金材料中的铜和铅受到选择性侵害的表面腐蚀,未酸蚀  
(材料:钢/锡基巴氏合金)





a) 镀覆层磨损后，铅相腐蚀造成结构削弱



b) 增加放大倍率下的微小划口

图 55 铅相腐蚀造成结构削弱(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)

6.8 气 蚀

6.8.1 概 述

当液体中的静态压力降低低于某一特定温度下液体的汽化压力时,会产生汽化作用并伴有气泡产生,这种现象叫做气穴现象。

随着压力的上升,这些气泡就会破裂,并在液体中形成会损坏轴承表面的很强的局部冲击波,导致气蚀产生。



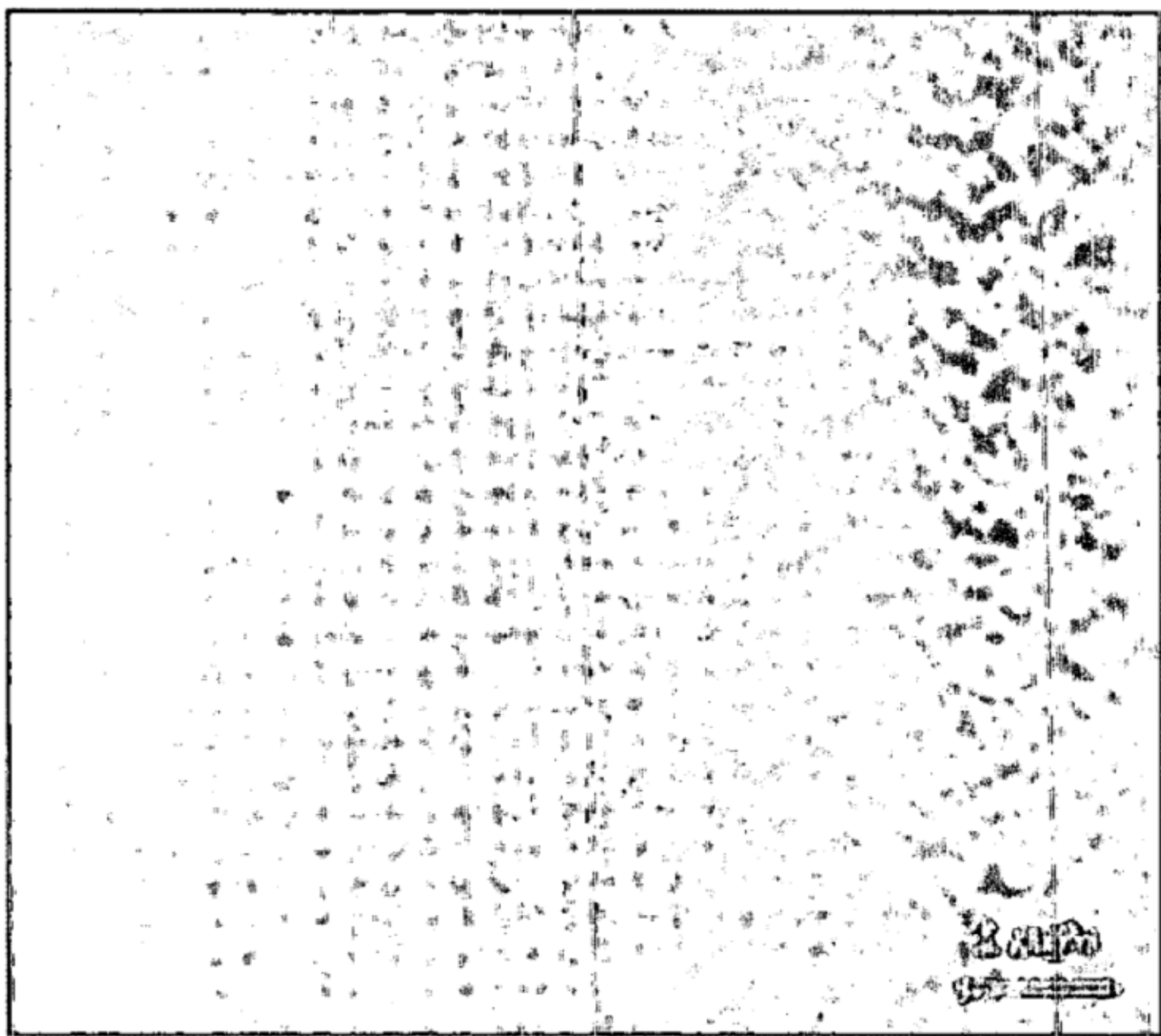


图 56 在流电层表面堆积的油质活性炭

6.8.2 典型损坏外观

气蚀外观能通过典型的材料磨损来描绘。

6.8.3 可能的损坏原因

气蚀的形成是由于设计缺陷、几何缺陷、材料的缺陷、操作条件和外来流体中的污染物,见 TB/T 3033.2。经过验证,水中含有的物质经常会导致气蚀。

6.8.4 典型示例

气蚀的典型示例见图 57、图 58。

6.9 电 腐 蚀

6.9.1 典型的损坏外观

在轴颈和轴承的表面有细小的凹坑。

6.9.2 可能的损坏原因

磁场和静电荷作用会增加轴颈和轴承之间的电位差,导致形成电流。

在操作过程或保养维修过程中,接地不当或绝缘不良,例如在机器上进行的定位焊接,就可能成为其中的一个诱导因素。

6.9.3 典型示例

电腐蚀的典型示例见图 59 ~ 图 61。

6.10 氢 扩 散

6.10.1 典型损坏外观

就厚壁轴承而言:钢背和轴承合金之间的结合力丧失,轴承合金形成典型的气泡,见图 62。

就电镀层而言:在表层气泡上有气孔的形成,见图 63。



图 57 在厚壁轴承上的典型气蚀  
(材料:钢/锡基巴氏合金)

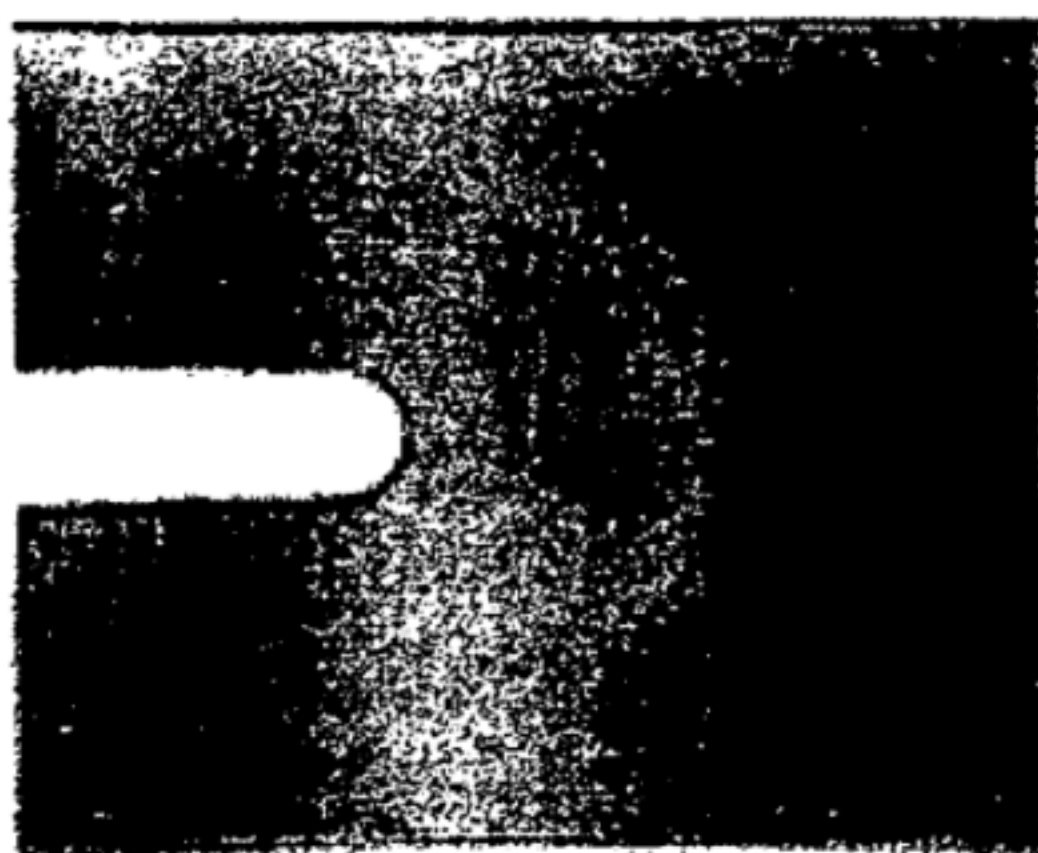


图 58 在薄壁轴承上的典型气蚀



图 59 受电腐蚀侵害的滑动轴承表面(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)

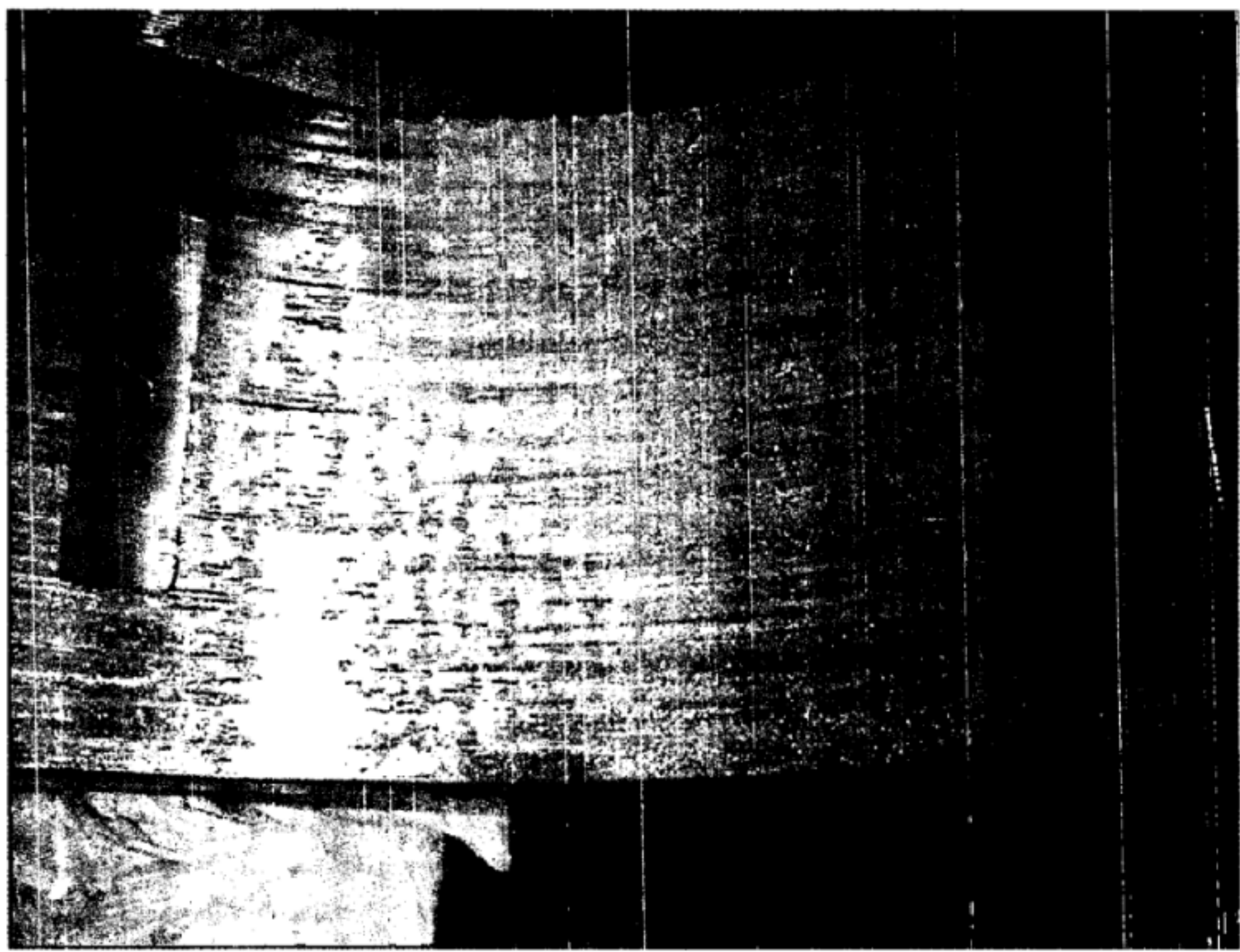


图 60 电弧陷口的形成

氢扩散通常是一个很漫长的过程,并且高温也会加速氢扩散。这些外观现象会出现在运行过程中或是长期存放后的轴承备件上。

6.10.2 可能的损坏原因

在钢背上缺少额外的针对氢还原作用的热处理或是电镀层,对于钢背厚度大约在 60 mm 以上推荐采用这种热处理。

6.10.3 典型的示例

氢扩散的典型示例见图 62 ~ 图 64。



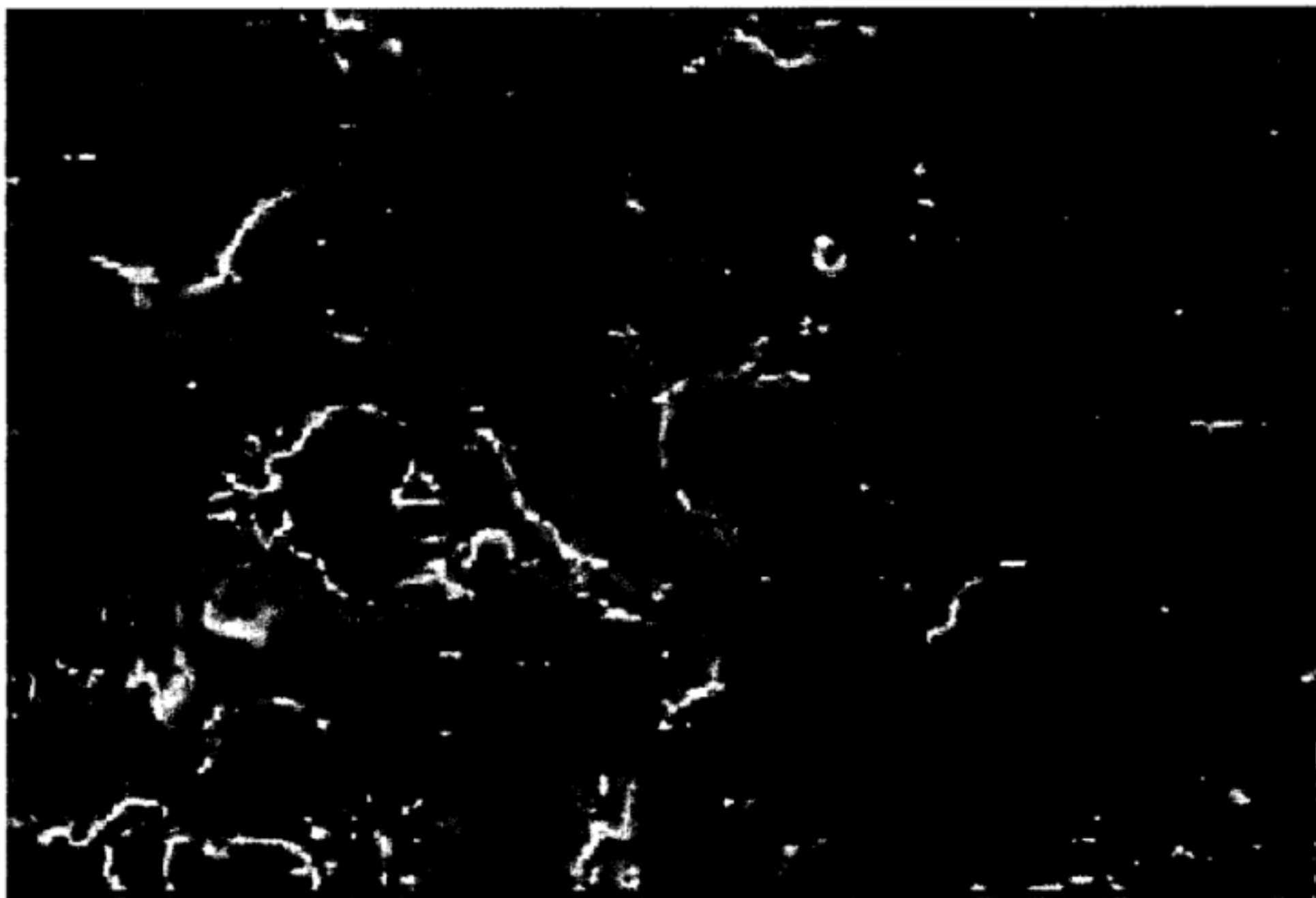


图 61 增加放大倍率的电弧陷口(材料:锡基巴氏合金)

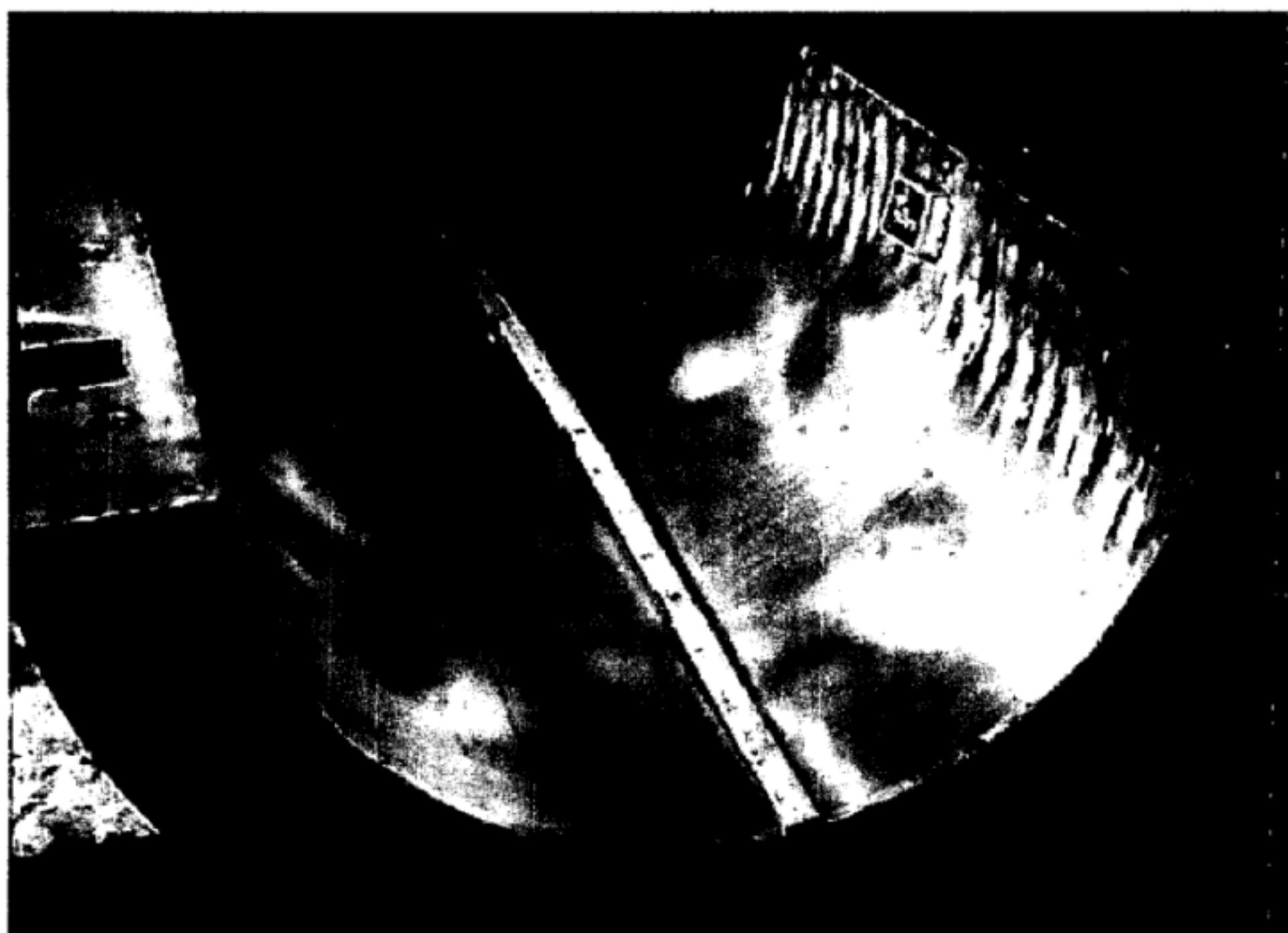


图 62 由于含有氢造成了结合力的丧失和有气泡形成的层(材料:钢/锡基巴氏合金)

## 6.11 丧失结合力

### 6.11.1 典型的损坏外观

结合力丧失:有界限分明的大范围材料发生完全分离。

### 6.11.2 可能的损坏原因

在制造过程中工艺过程不完善,例如:缺少热处理;不合适的清洁、轧制、烧结、电镀、涂覆和处理温度。

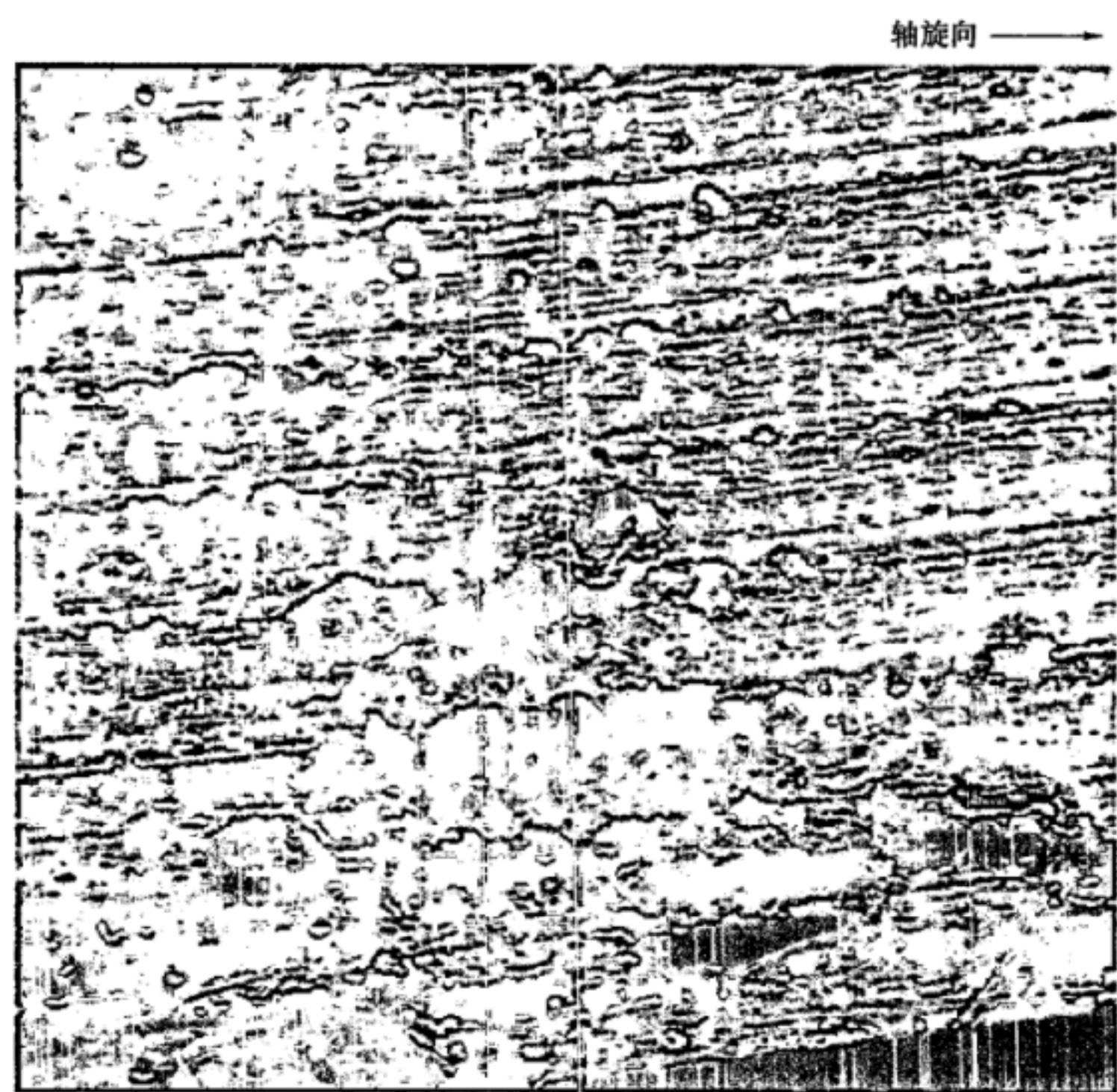


图 63 含氢,由电镀产生一微小的气孔和较大的气泡,在磨合中部分已被贯穿  
(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层,放大)

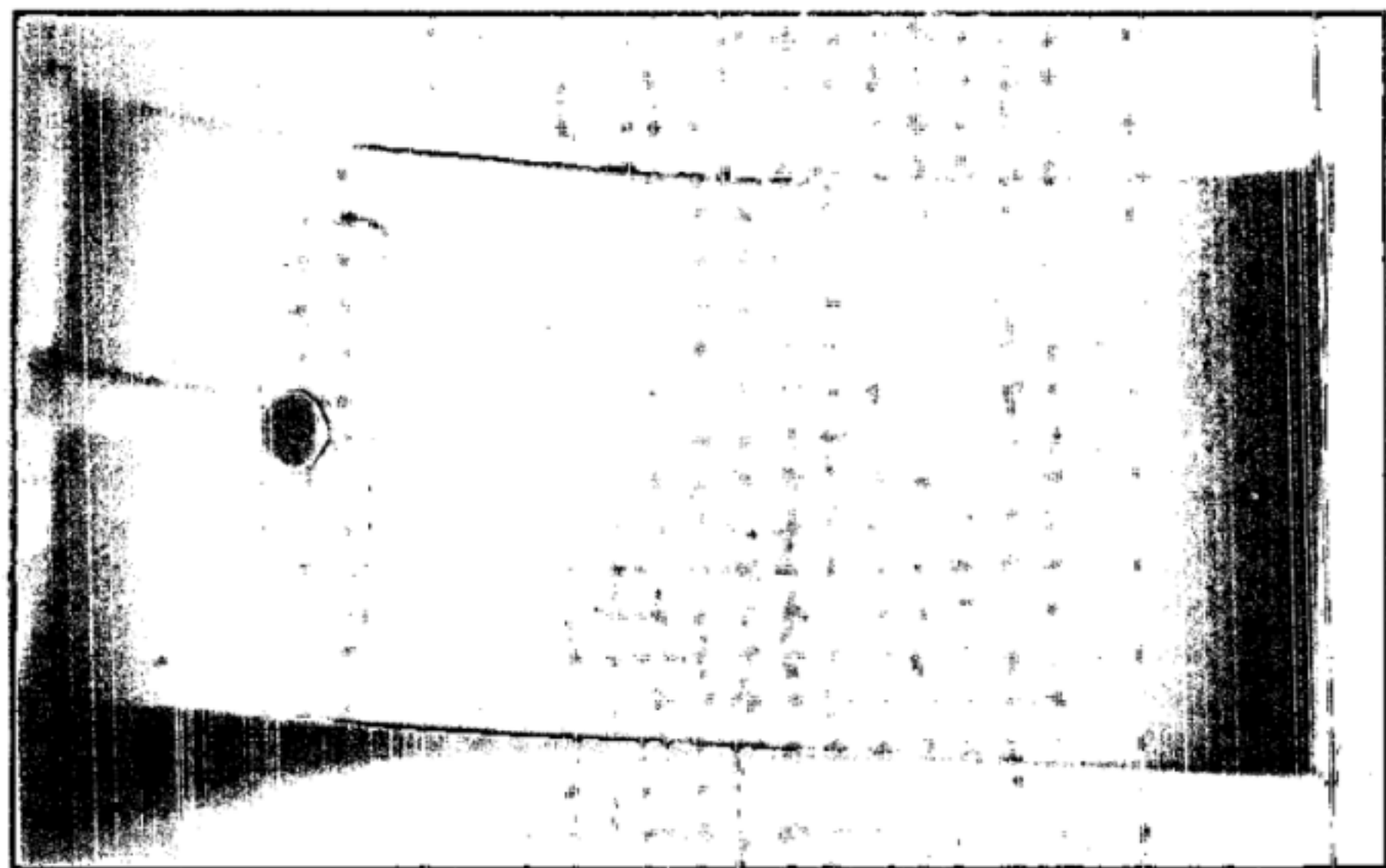


图 64 铝基轴承合金熔炼工艺不良造成的合金层表面产生气泡

6.11.3 典型示例

丧失结合力的典型示例见图 65 ~ 图 67。

7 轴承背损坏

7.1 概 述

有时候在轴承背和接合面上也会有损坏现象,通常轴承背损坏和轴承内部损坏是相互关联的。

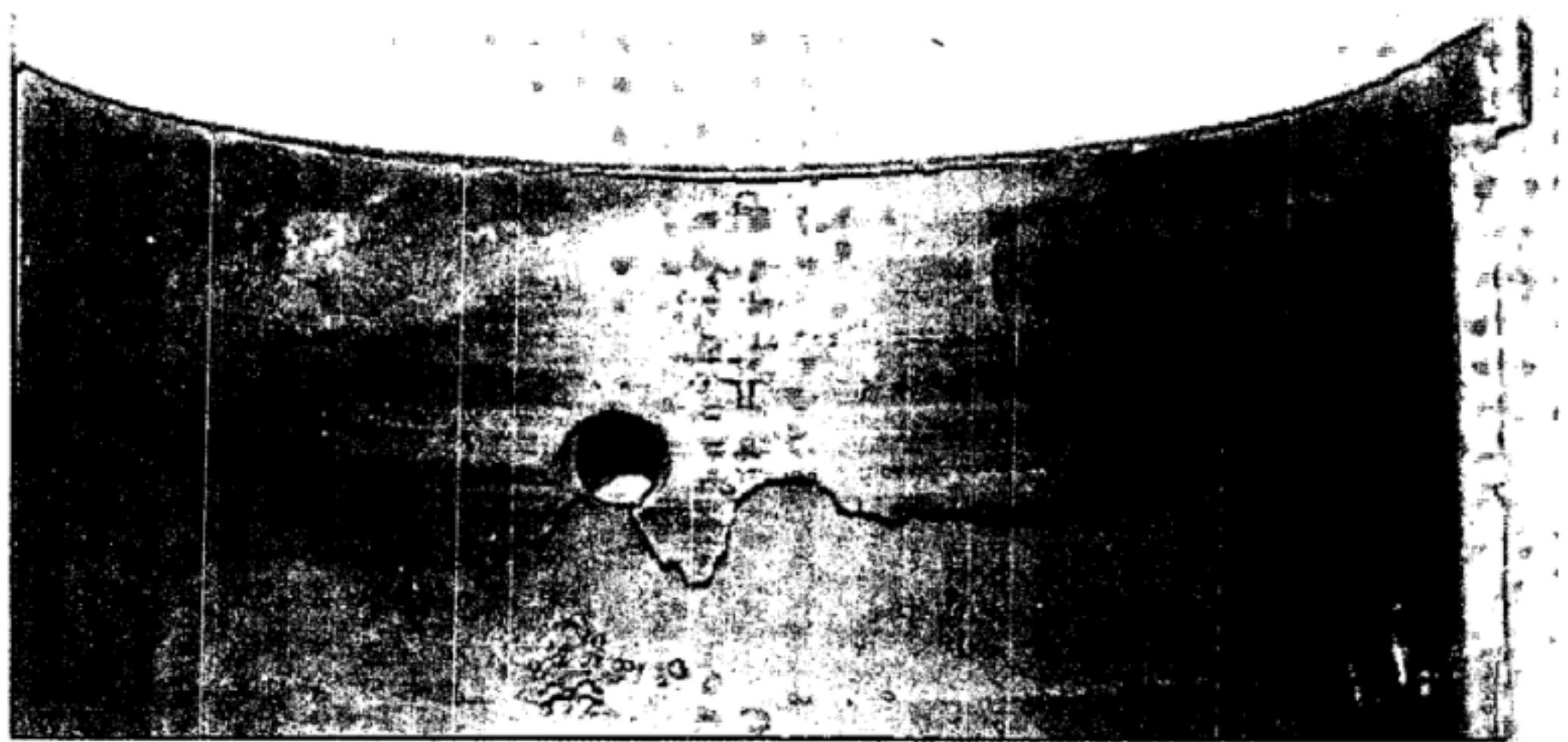


图 65 轴承合金缺失,可以看出边界清晰的断裂(材料:钢/锡基巴氏合金)

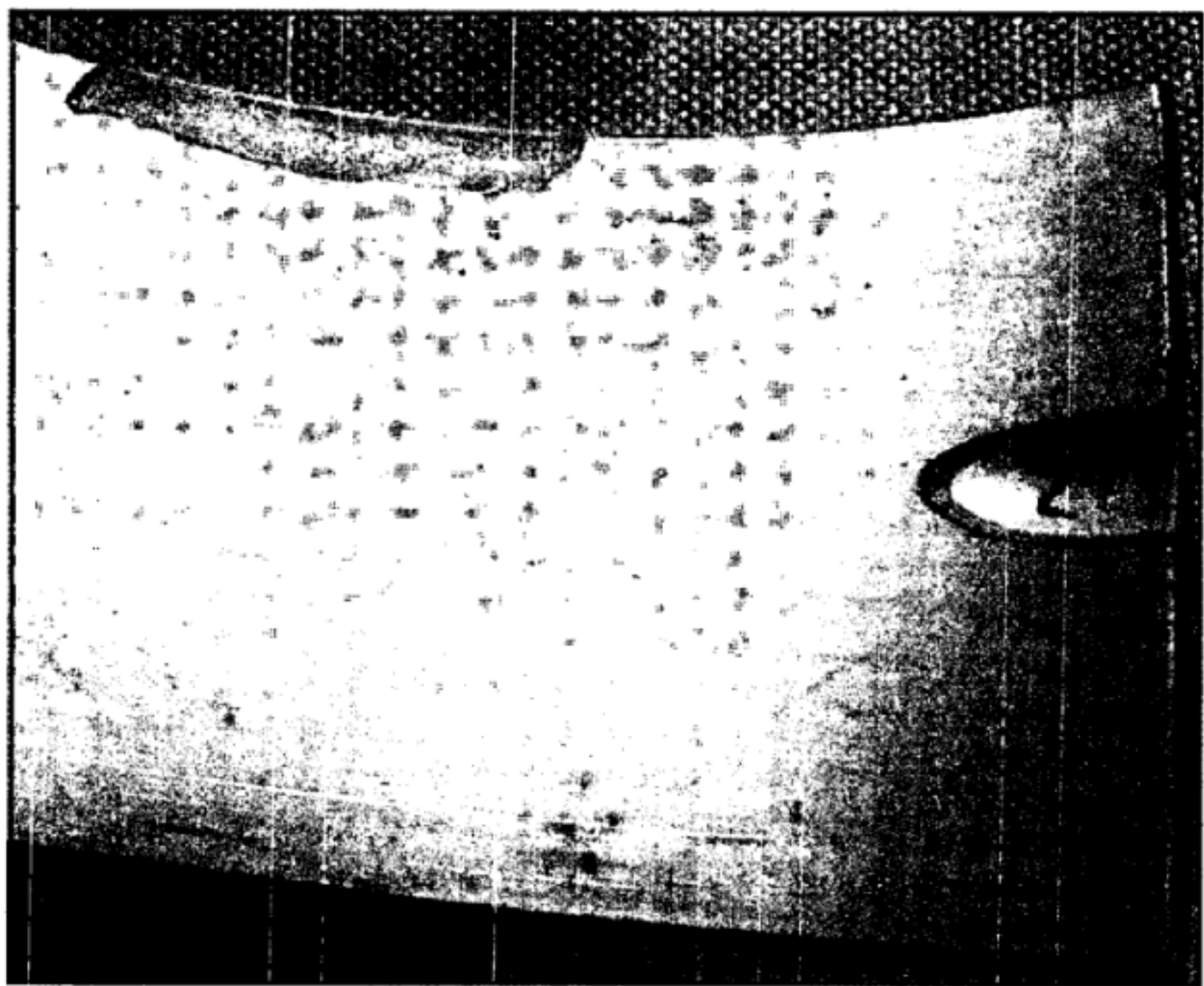


图 66 机车柴油机连杆瓦合金与钢背结合不牢造成的局部剥离  
(材料:钢/铝锡合金)

7.2 轴承背动态过载

7.2.1 典型损坏外观

摩擦腐蚀。  
疲劳裂纹,见图 68。

7.2.2 可能的损坏原因

有效动载荷会因为局部的影响而增加,例如装配配合不当,轴承座严重变形。这种情况下,在轴承背或是接合面的摩擦腐蚀将变得很明显。

如果轴承不能得到充分的支撑(轴承背的油槽处),会出现局部的动态过载,见图 68。

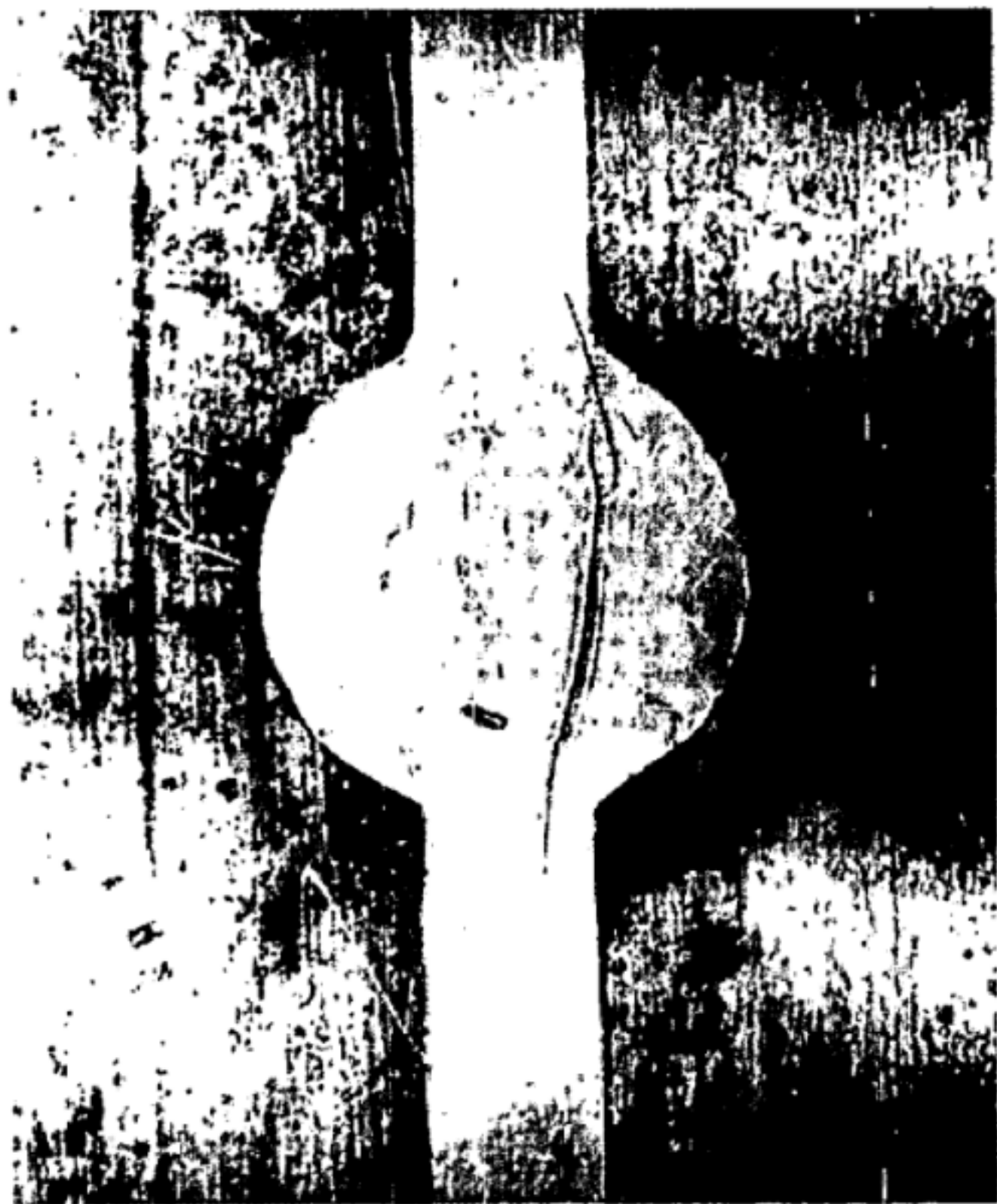
7.2.3 典型示例

轴承背动态过载的典型示例见图 68。



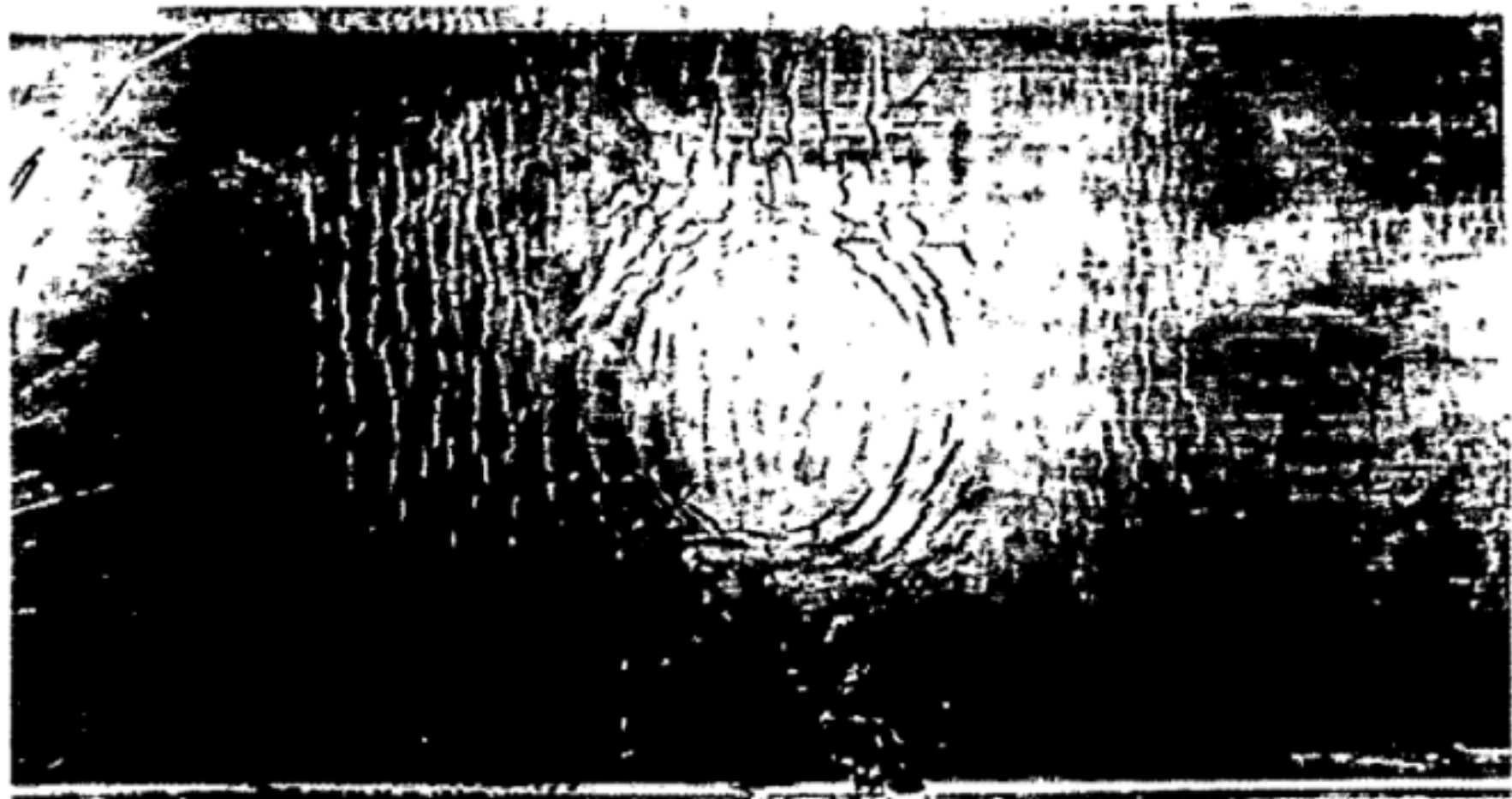


图 67 机车柴油机主轴瓦承载区 10 mm × 15 mm 合金剥离,有宽 1.5 mm 的白亮带  
(材料:钢/铝锡合金)



a) 印有轴承座孔的油槽和油孔轮廓的瓦背 (材料: 钢)

图 68 凹缺部位(轴承背及对应的轴承表面)一和所受的载荷相比,轴承局部支撑不足



注：黑色裂纹在运动期间已经产生并含有脏油。边部的浅色裂纹则是把轴承弯曲扳开时产生的。  
b) 轴承表面

图 68 凹缺部位(轴承背及对应的轴承表面)一和所受的载荷相比,轴承局部支撑不足(续)

7.3 轴承背摩擦磨损

7.3.1 典型的损坏外观

划伤。  
金属磨损。

7.3.2 可能的损坏原因

轴承座的弹性形变过大,在圆周方向或轴向的支撑力不均衡,过盈配合应力松弛,螺栓的断裂、伸长或紧固不足等,造成轴承相对于座孔在圆周方向的微小运动逐渐增大。在某些情况下,轴承的运动相当大。

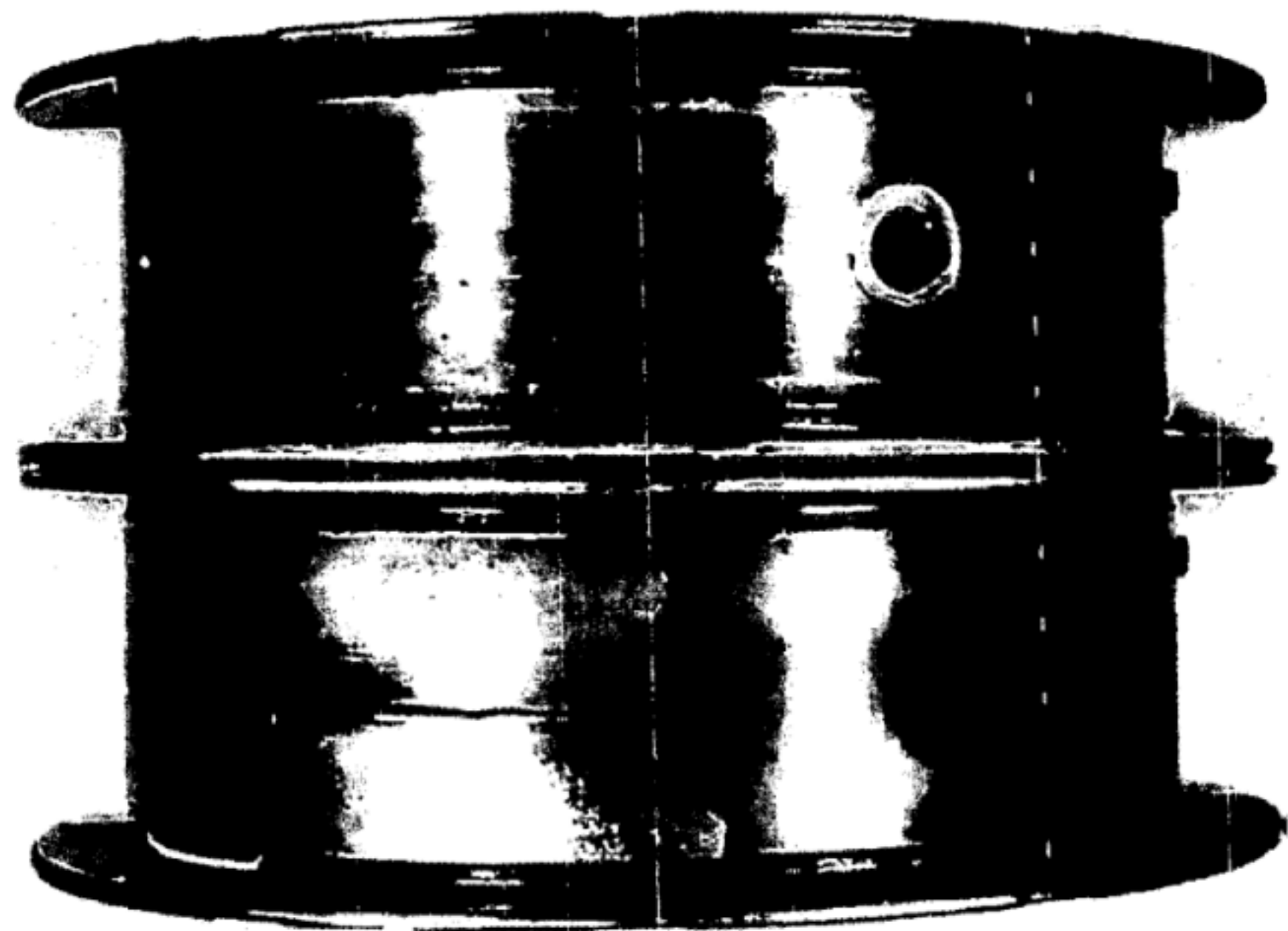
7.3.3 典型示例

轴承背摩擦磨损的典型示例见图 69 ~ 图 75。



注：定位唇已向着滑动表面压平。

图 69 由于滑动导致轴承背周向划伤(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)



注：开始在顶部一定范围内沿轴线方向出现明显的开裂位移痕迹，进而呈圆周走向，最后斜向翻边。

图 70 钢背裂缝

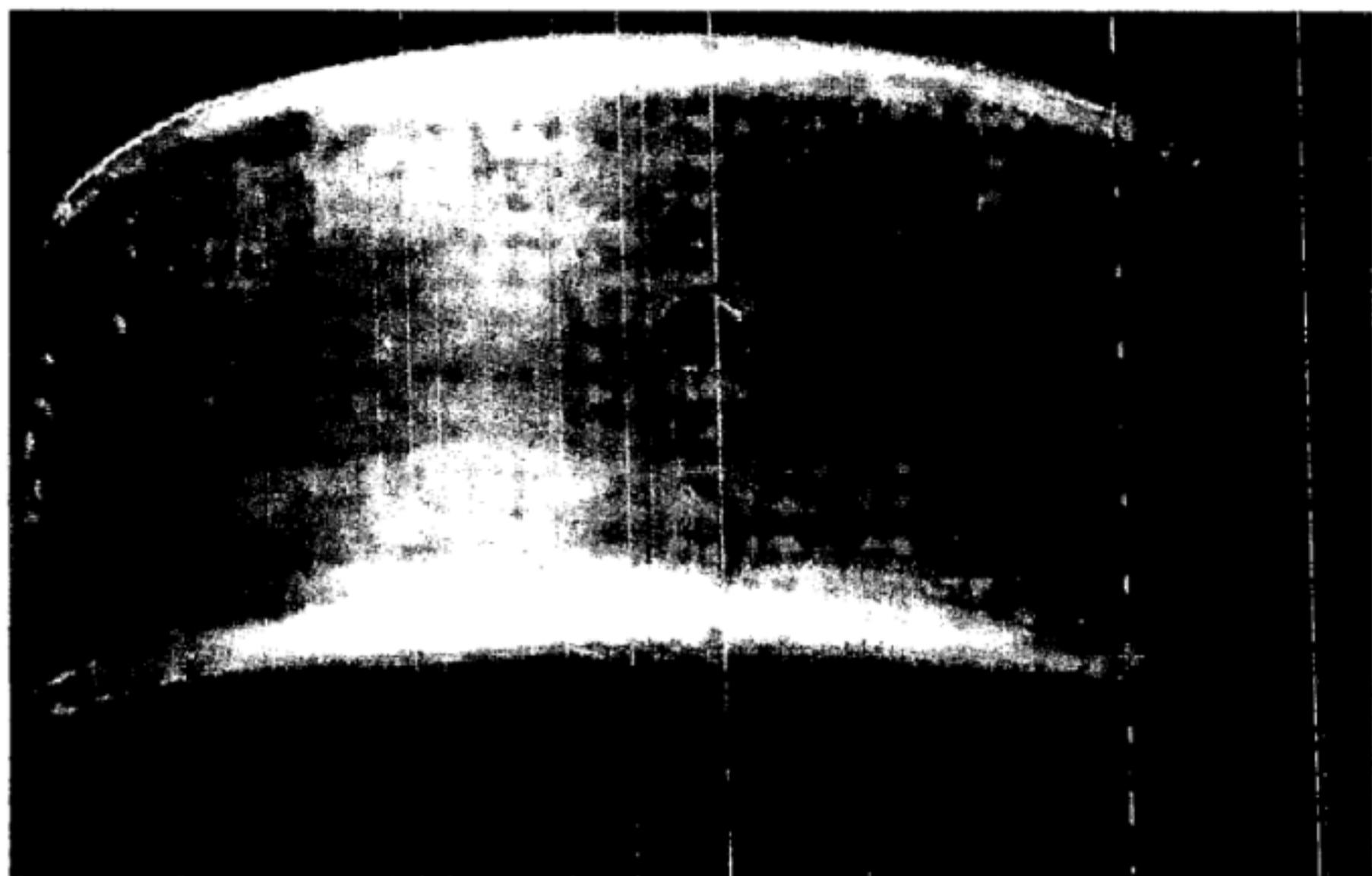


图 71 机车柴油机主发电机输出端下主轴瓦微动磨损造成的瓦背断裂  
(材料：钢/铝锡合金)



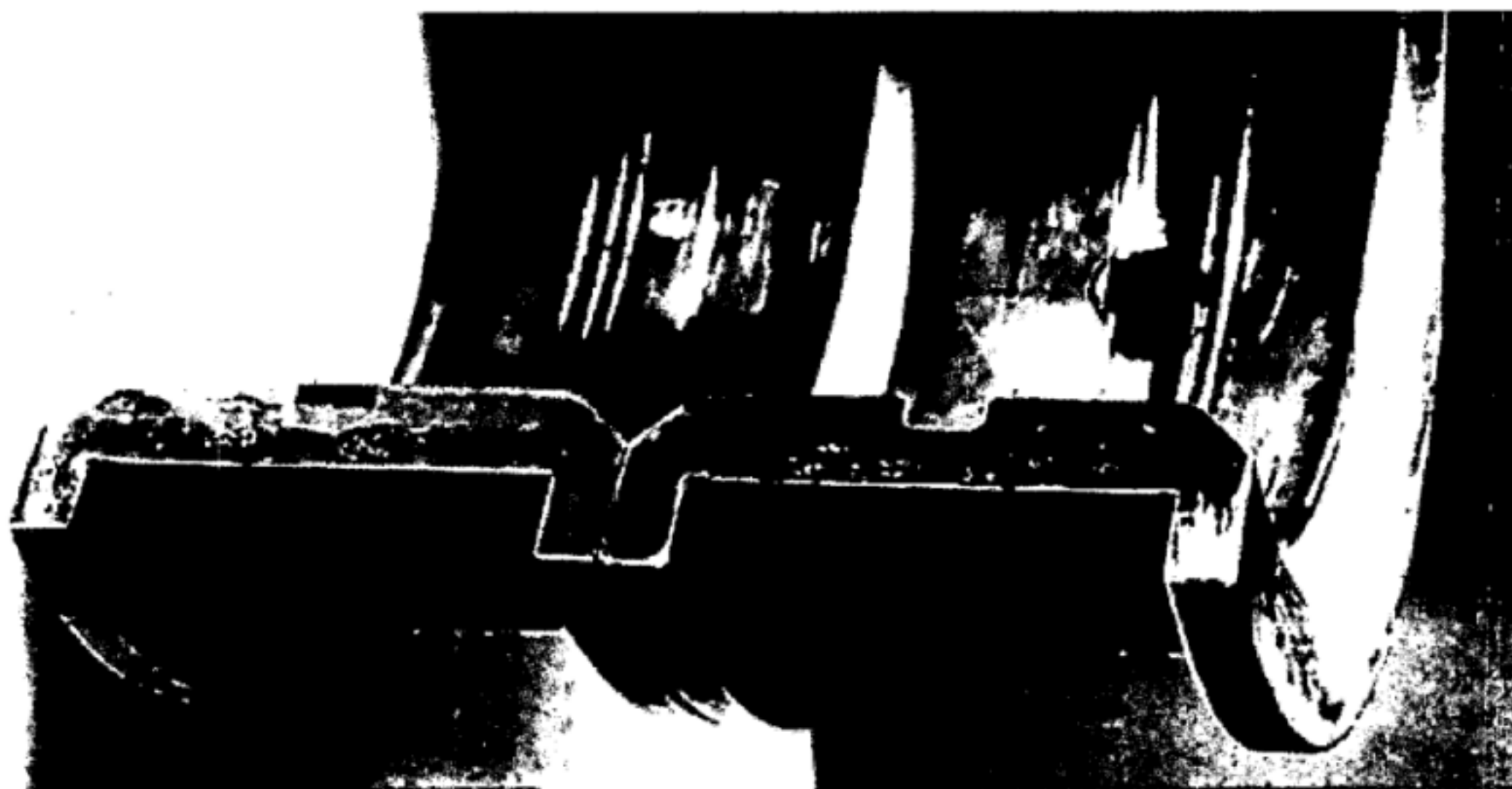


图 72 对口面点蚀和材料迁移



图 73 机车柴油机连杆瓦瓦背微动磨损现象(材料:钢/铝锡合金)

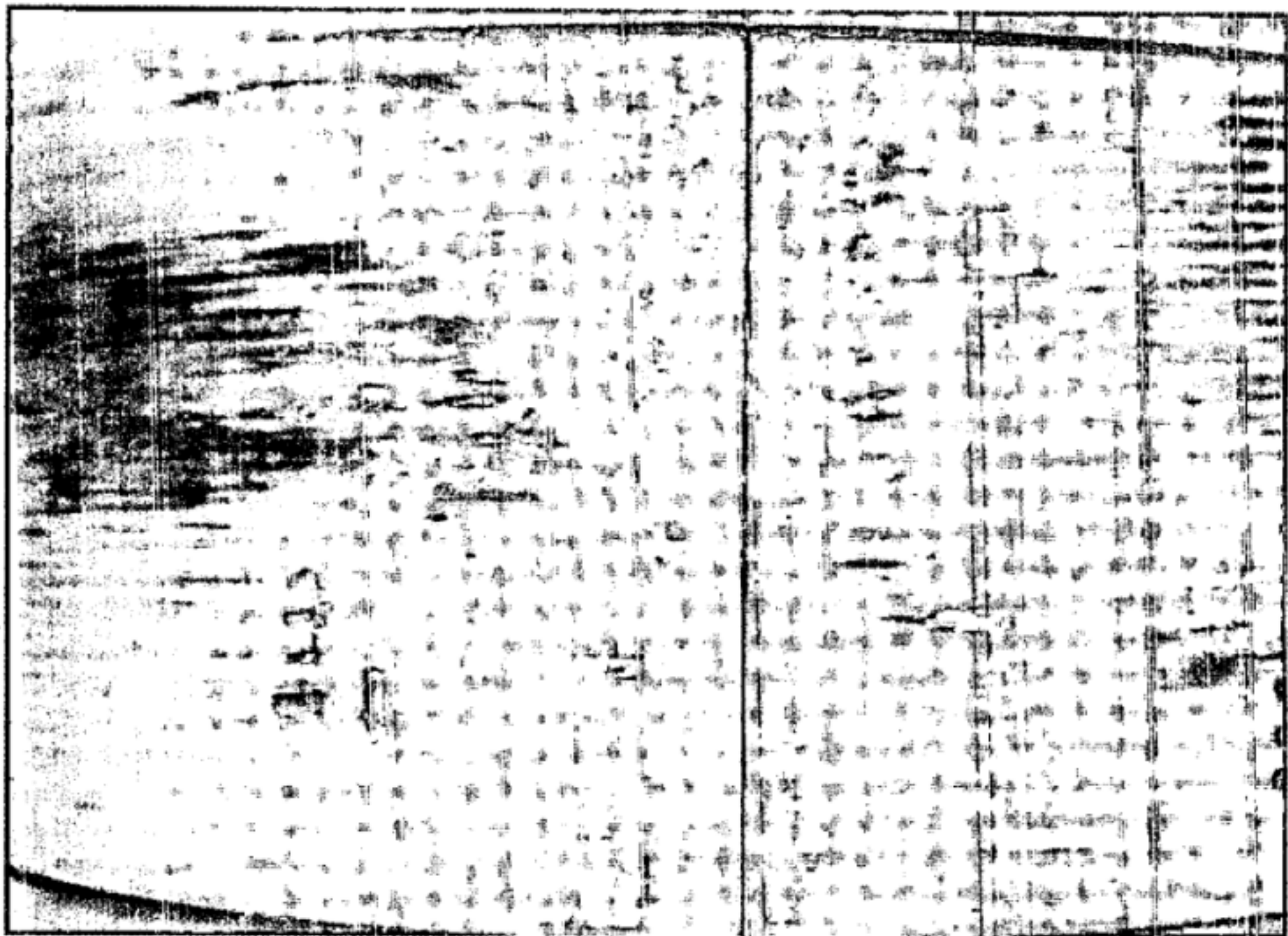


图 74 机车柴油机主轴瓦瓦口附近的材料迁移局部微动磨损放大图  
(材料:钢/铝锡合金)

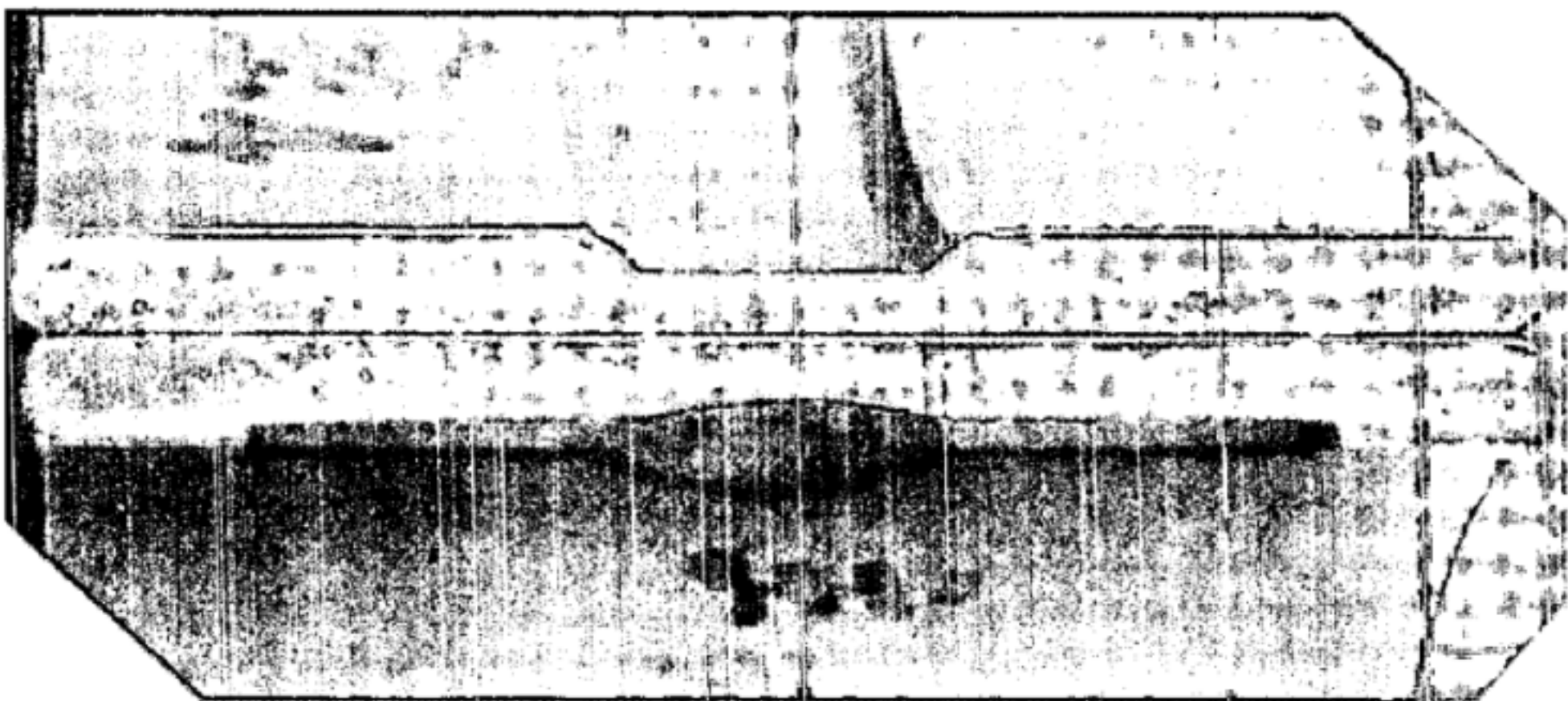


图 75 机车柴油机主轴瓦微动磨损造成瓦口对口面点蚀局部放大图  
(材料:钢/铝锡合金)

7.4 轴承背上的颗粒污染

7.4.1 典型的损坏外观

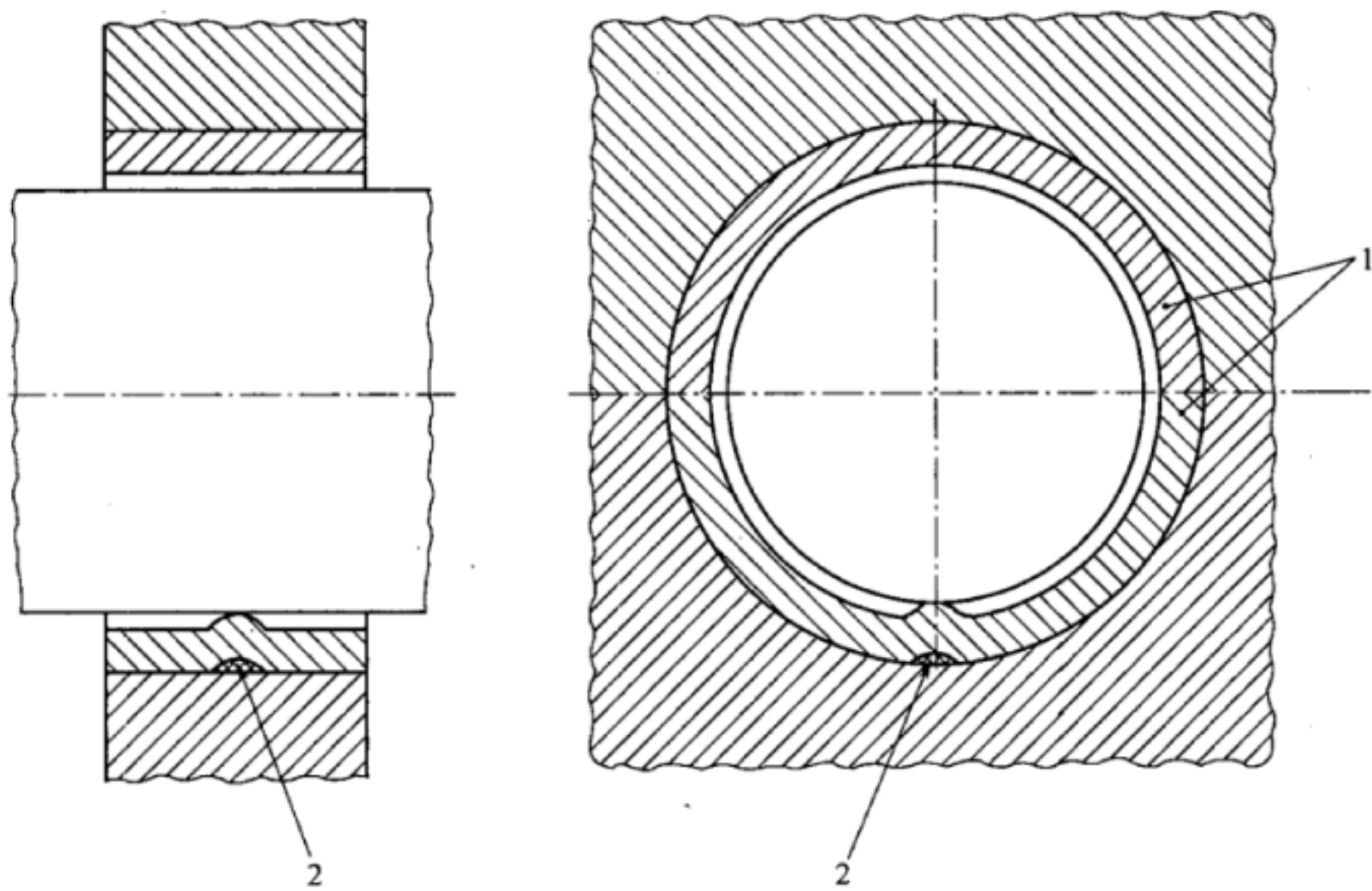
沉积物,嵌入颗粒,划伤,金属磨损。

7.4.2 可能的损坏原因

装配不当。

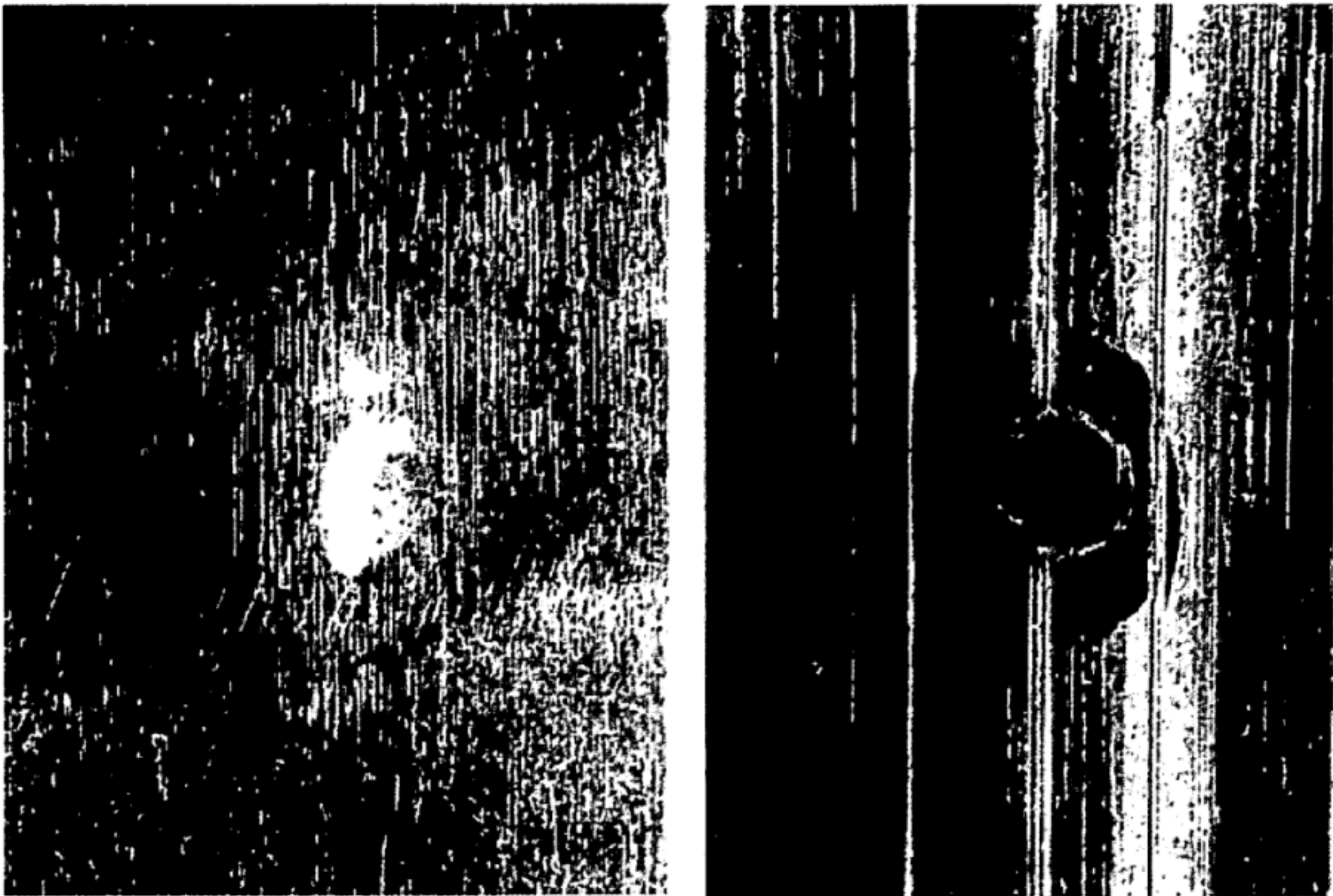
7.4.3 典型示例

轴承背上的颗粒污染的典型示例见图 76、图 77。



说明：  
1——轴瓦；  
2 ——外来颗粒。

图 76 夹在轴承背面的外来颗粒及造成凸起部位的示意图



a) 夹在轴承与轴承座之间的颗粒  
在瓦背上留下的压痕

b) 所对应的轴承孔凸起部位的磨损

图 77 颗粒污染(材料:钢/铜铅合金/电镀覆层)



8 损坏外观的特殊形式

特殊形式的磨损或疲劳见图 78。

衬层损坏通常集中在最贴近轴颈的部位。在处于理想组装位置的轴承上,这种部位的位置与载荷方向有直接关系,见图 78 a)。

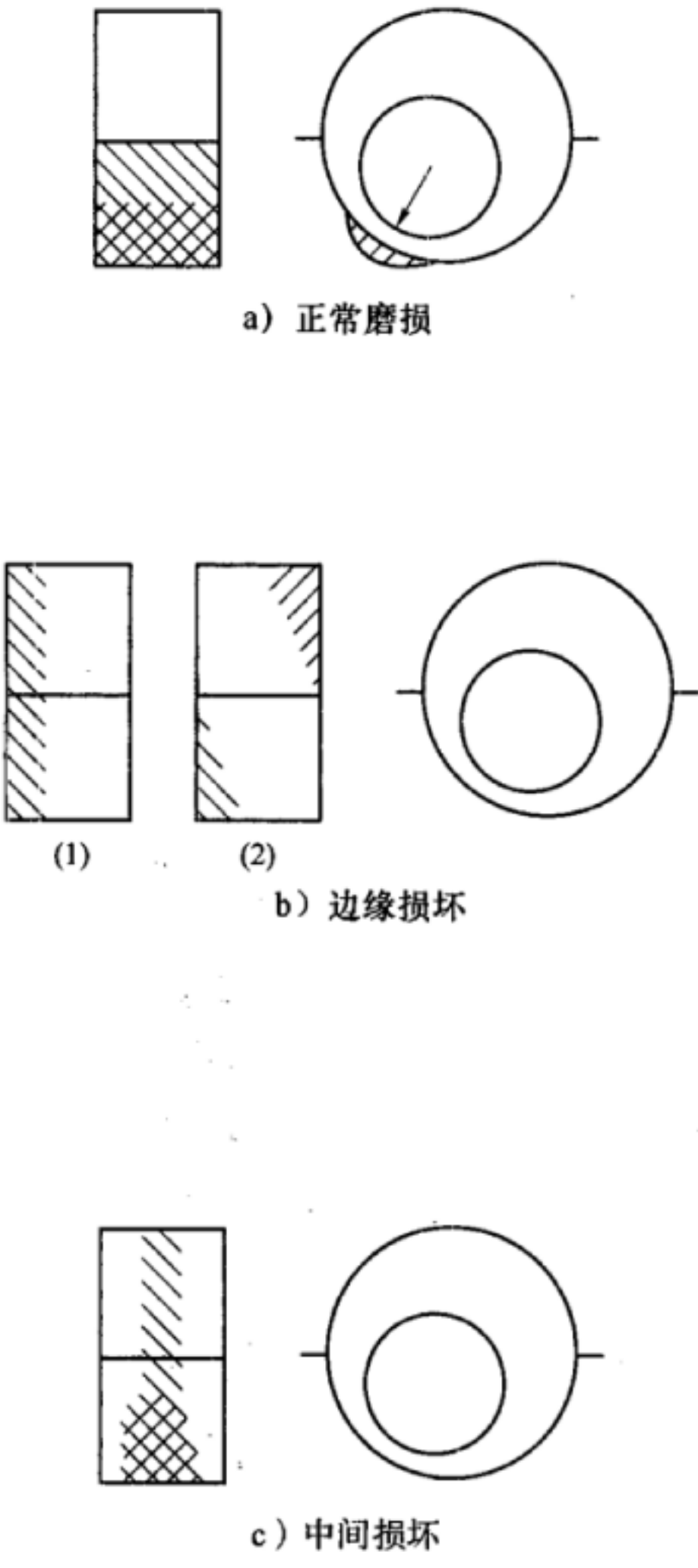
实践中,其他部位也会出现磨损或疲劳破坏,这表明既有几何形状偏差,又有实际载荷方向的偏差,见图 78 b)的(1)。

特征:

损坏的形状或位置无法预料。

原因:

轴承当初组装时几何形状不正确;由载荷、组装和轴瓦定位不正确等引起的变形,或出现不可预见的加载结果。

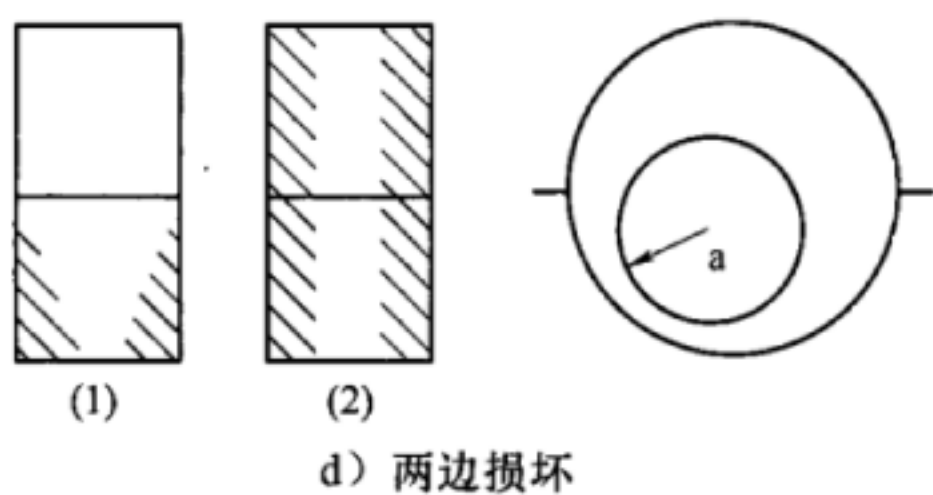


特征:  
横跨整个宽度的正常磨损,见图 23。

特征(1):  
只有一边发生损坏。  
原因:  
锥形轴颈、轴承或轴承座,或旋转载荷使轴弯曲。  
特征(2):  
上下瓦相反边发生损坏。  
原因:  
轴承与轴不对中(包括座孔不对中、连杆弯曲等)。

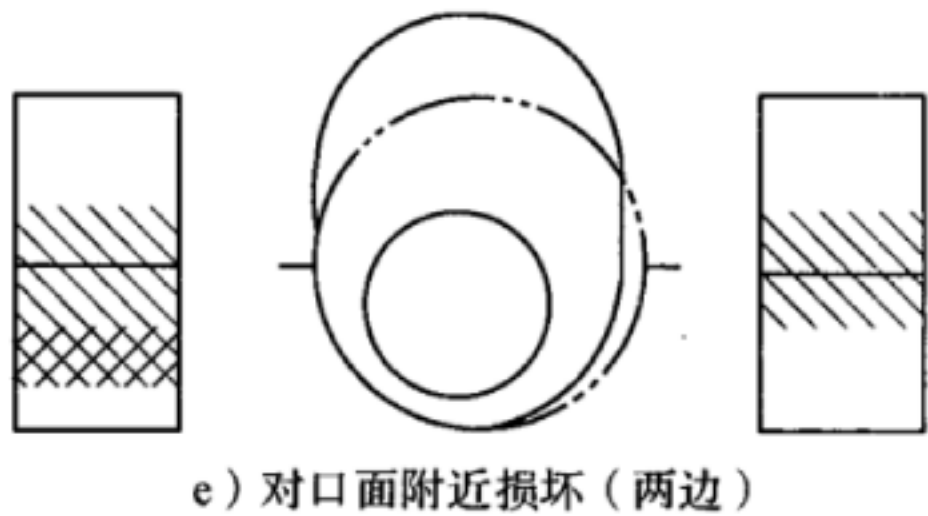
特征:  
环绕中部损坏。  
原因:  
沙漏状轴承或轴承座,腰鼓形轴颈,还可能伴有瞬间过热或是否缺油,见图 79 ~ 图 83。

图 78 特殊形式的磨损或疲劳

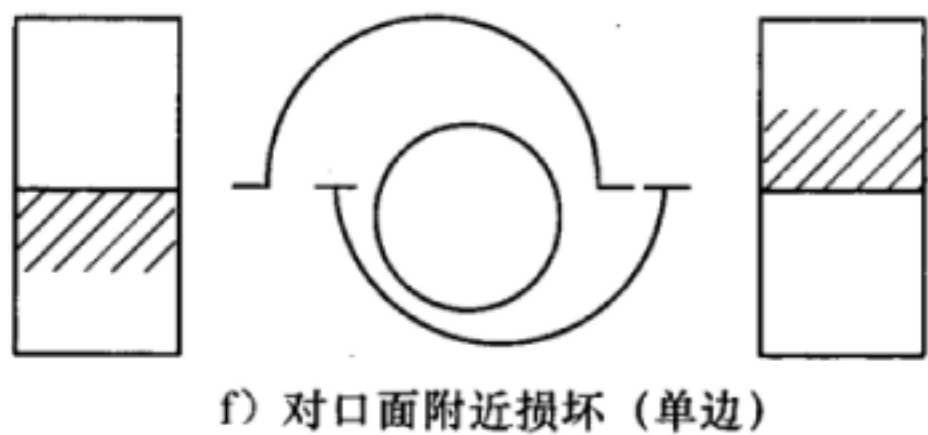


特征(1):  
单片瓦两边损坏(具有单向载荷)。  
特征(2):  
双片瓦环绕两边损坏

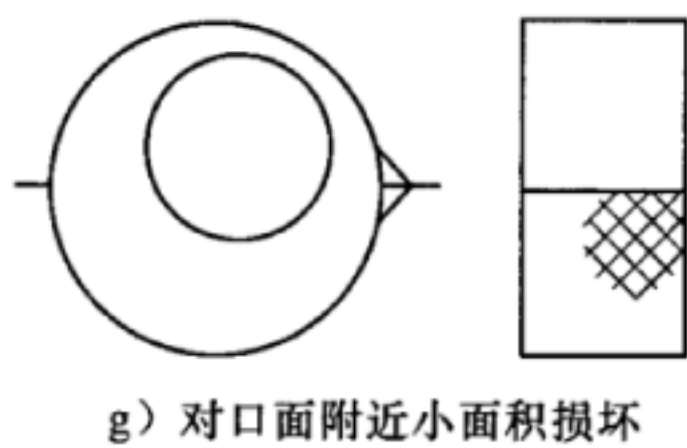
原因(1)及原因(2):  
腰鼓形轴承或轴承座,沙漏状轴颈,轴弯曲或轴肩内圆弧半径过大。



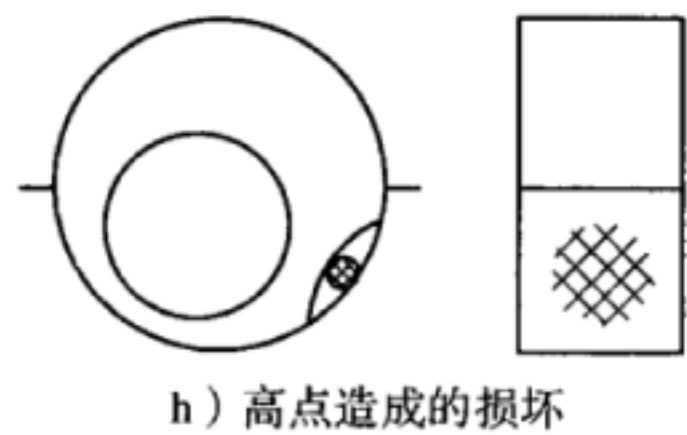
特征:  
轴承两边交界处都有损坏,按正常载荷无法解释。  
原因:  
轴承或轴承座变形(可能由载荷引起)。



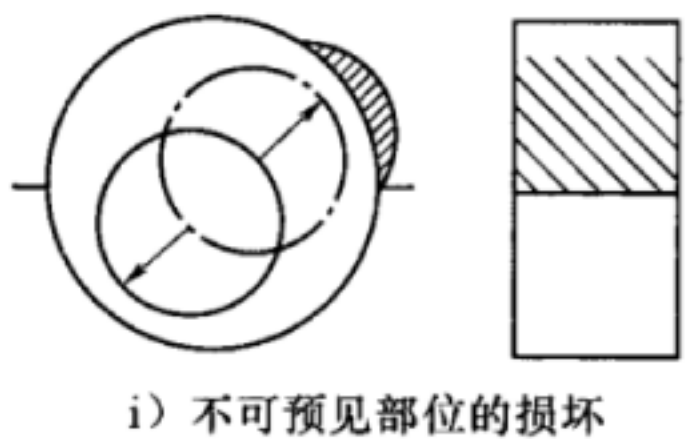
特征:  
在每一边对口面附近各有一片轴承损坏。  
原因:  
轴承盖装偏。



特征:  
损坏靠近定位唇。  
原因:  
定位唇与槽配合不良,见图 84 ~ 图 85。



特征:  
非因载荷引起的局部损坏。  
原因:  
轴承背与轴承座之间有颗粒、微动磨损碎屑或润滑油的碳化物,见图 76。



特征:  
损坏部位离开正常载荷范围。  
原因:  
未知的附加载荷,弹性/塑性变形。

图 78 特殊形式的磨损或疲劳(续)

特殊形式典型示例:鼓形轴颈(或沙漏状轴承孔)造成的中间环带局部磨损或过载疲劳,见图 79 ~ 图 83。定位销配合不良或定位唇不良造成的损坏,见图 84、图 85。

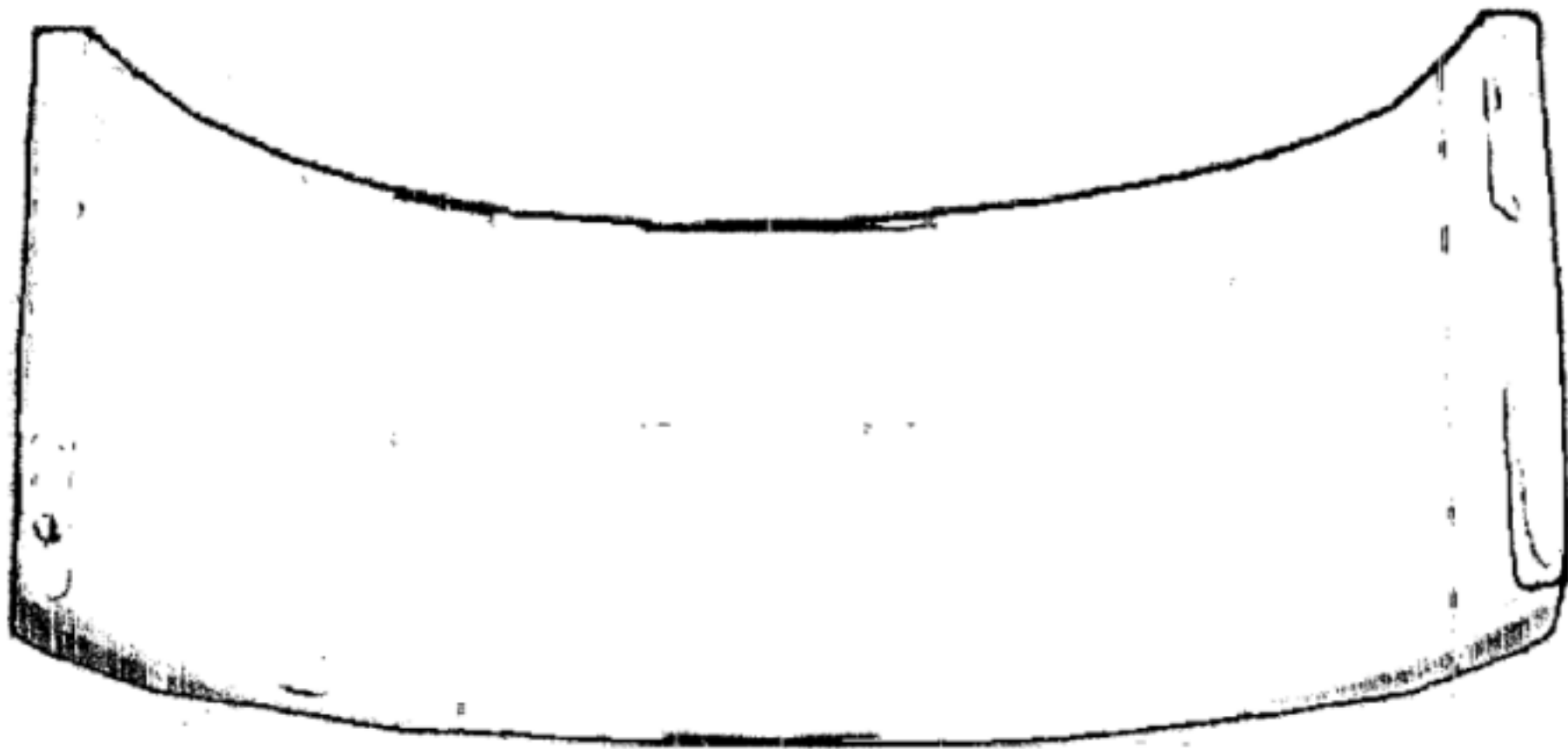


图 79 机车柴油机鼓形主轴轴颈(或沙漏状轴承孔)  
造成的轴瓦中间环带局部磨损或过载疲劳

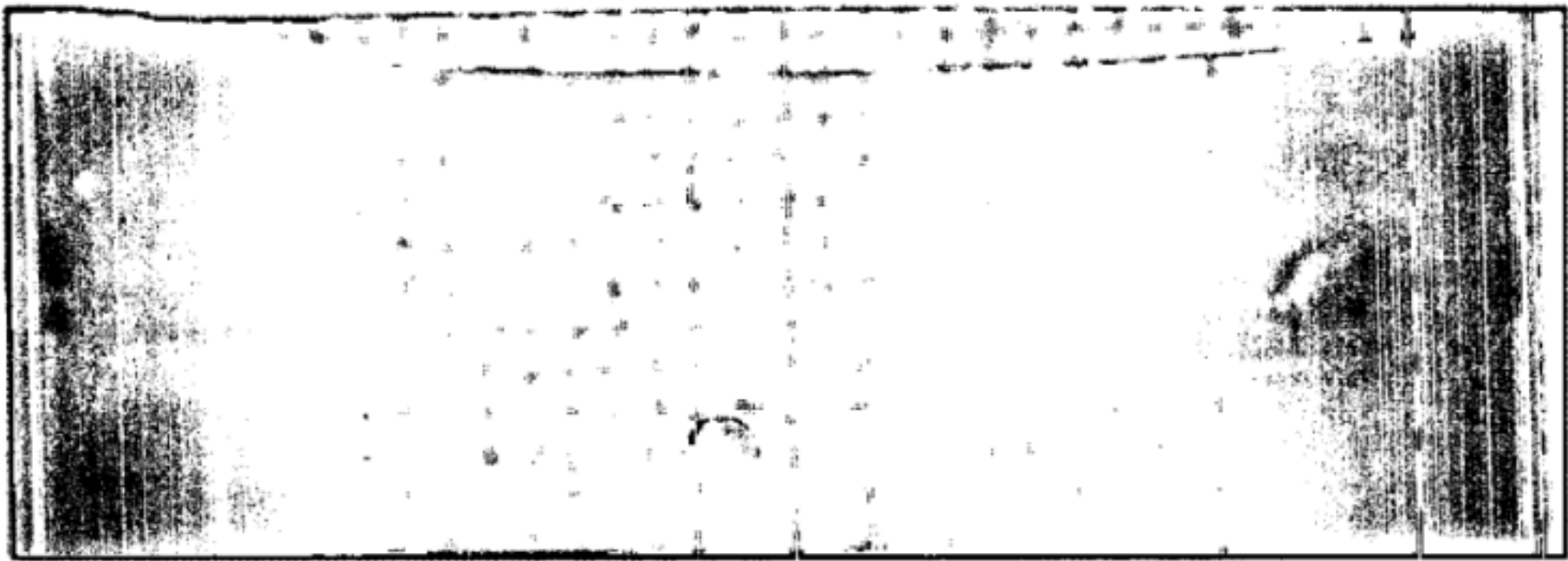


图 80 机车柴油机鼓形连杆轴颈(或沙漏状轴承孔)  
造成的轴瓦中间环带局部磨损或过载疲劳

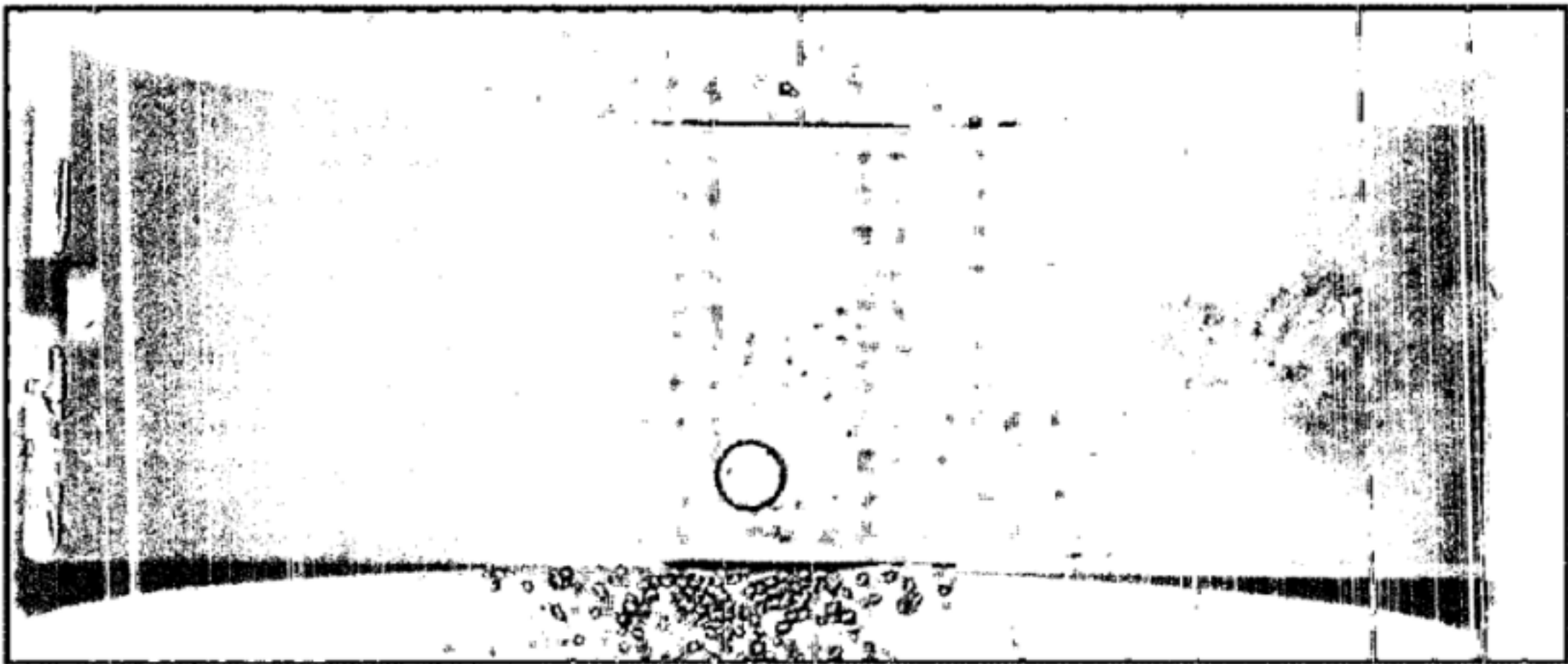


图 81 机车柴油机鼓形连杆轴颈(或沙漏状轴承孔)  
造成的轴瓦中间环带局部磨损或过载疲劳



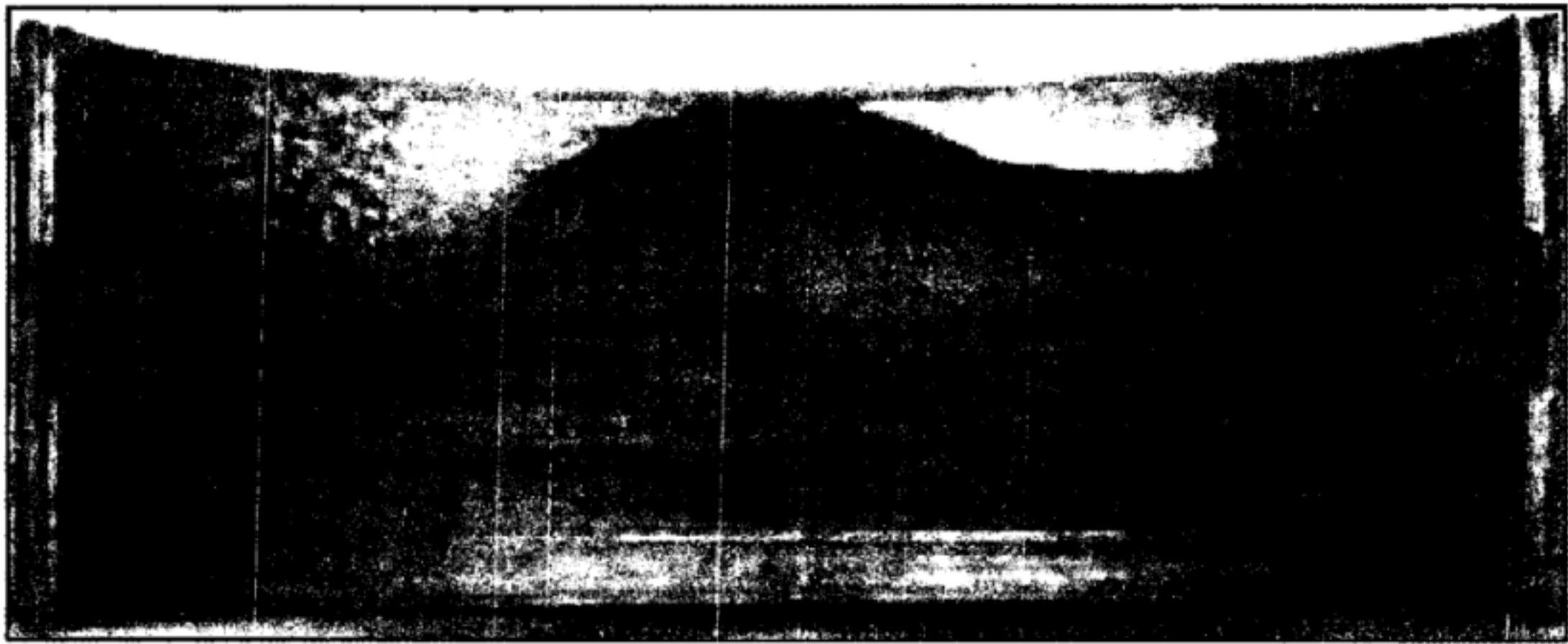


图 82 主轴瓦(铜铅瓦)鼓形轴颈(或沙漏状轴承孔)造成的中间环带局部磨损或过载疲劳

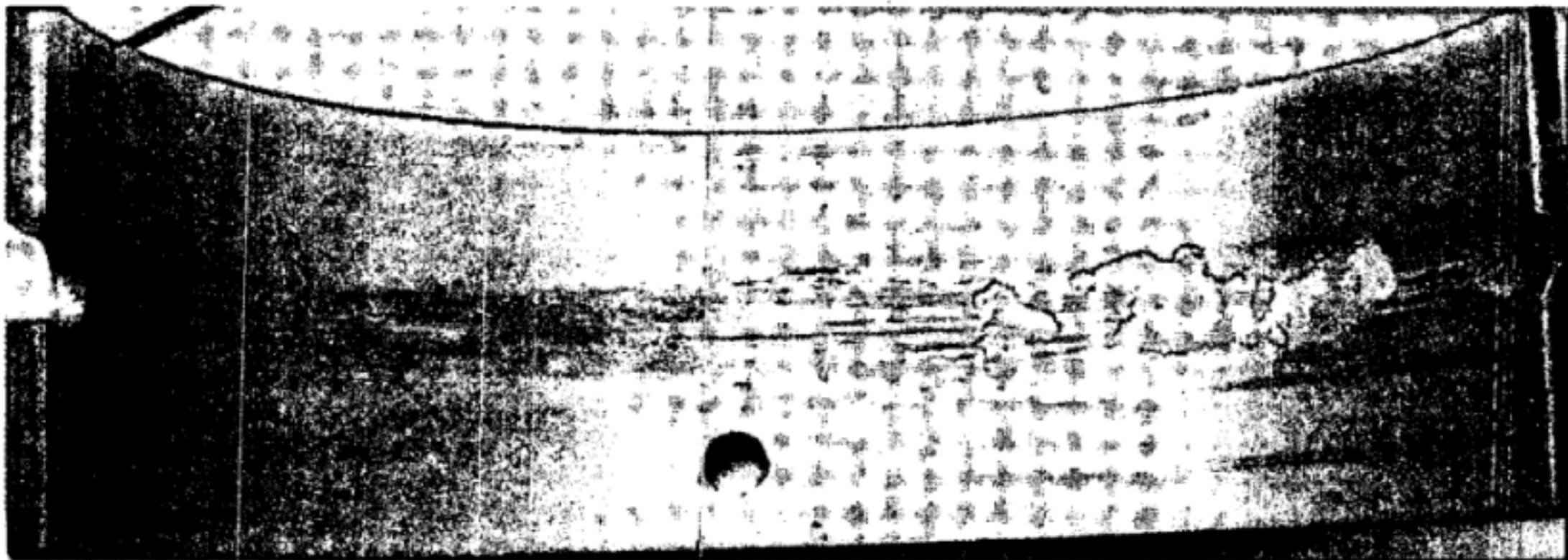
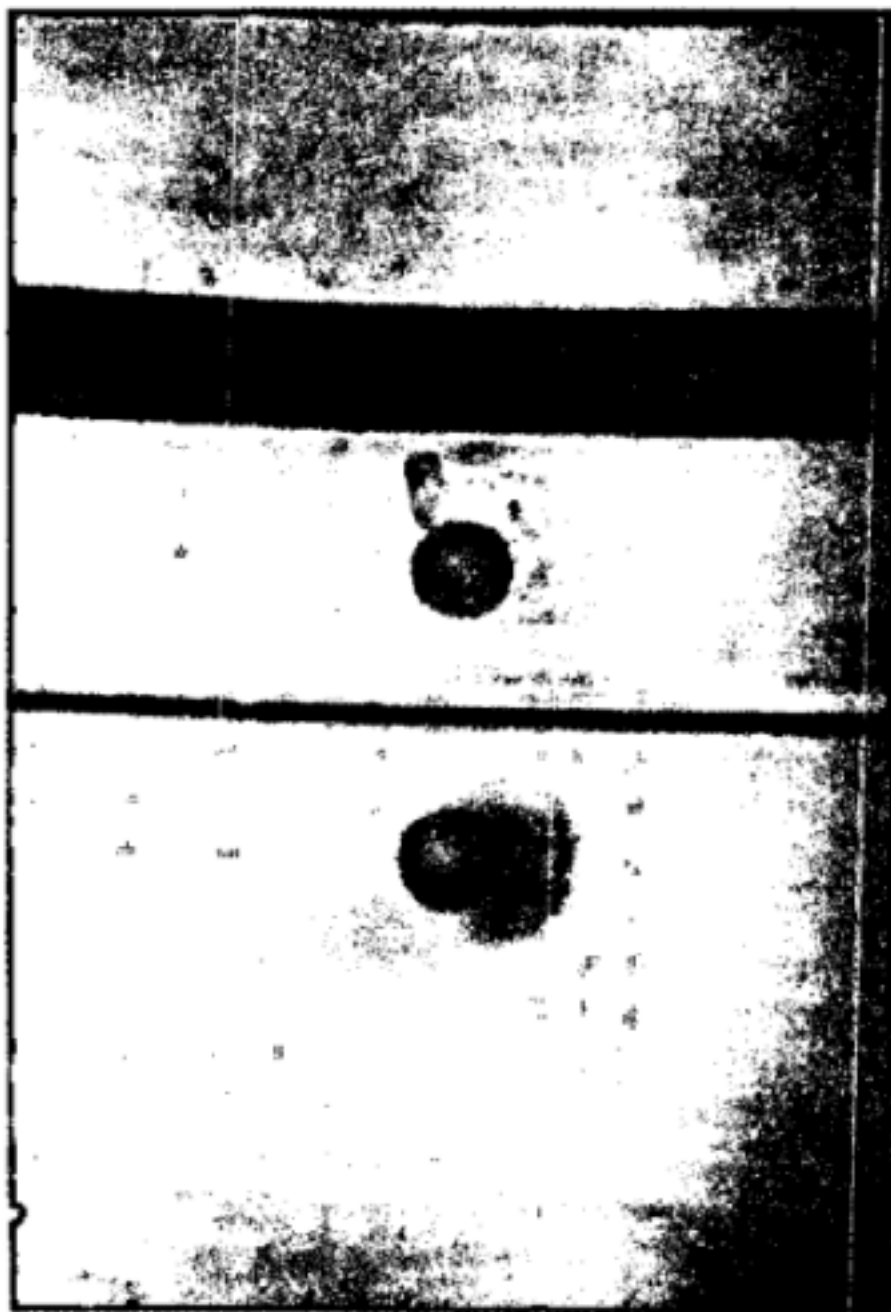


图 83 机车柴油机鼓形连杆轴颈(或沙漏状轴承孔)造成的轴瓦中间环带局部磨损或过载疲劳

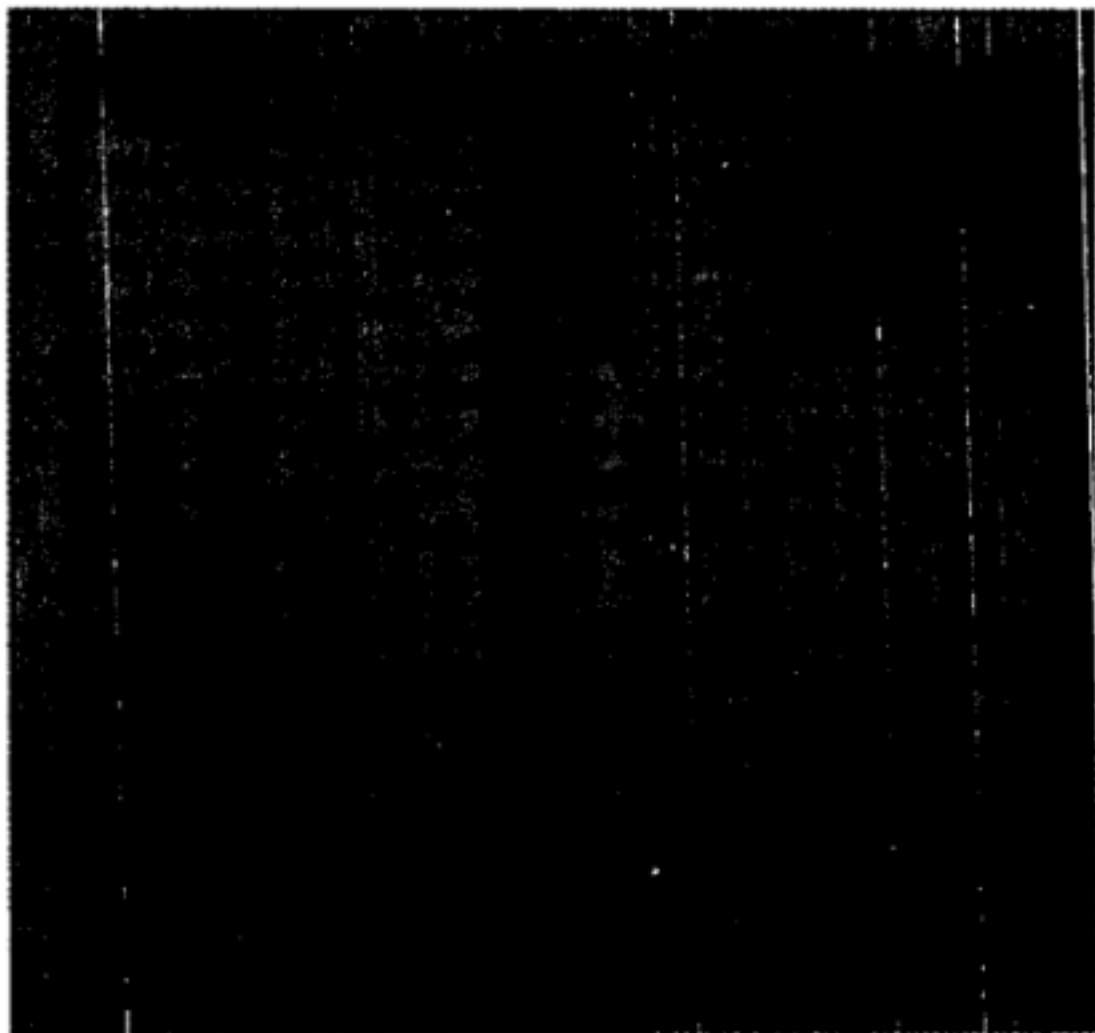


a) 内孔合金因抬高造成接触磨损

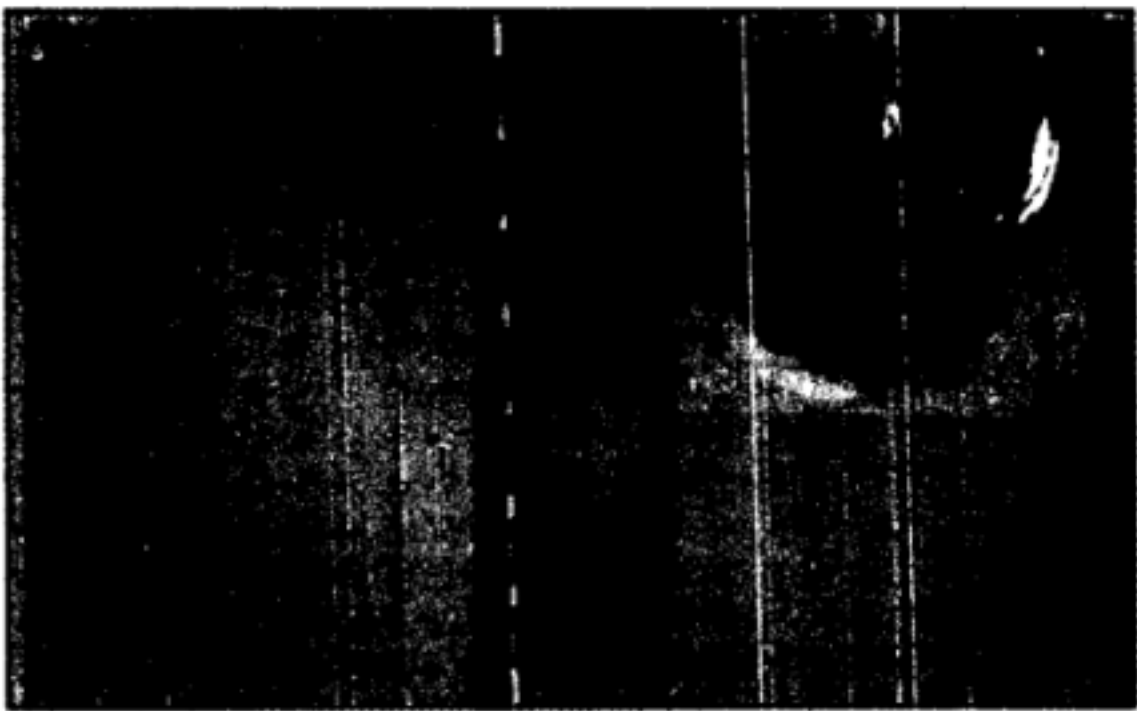


b) 定位销与定位销孔未对正将销孔顶出一个台阶

图 84 机车柴油机连杆瓦定位销配合不良(材料:钢/铝锡合金)



a)连杆下瓦A



b)连杆下瓦B

图 85 机车柴油机连杆瓦定位唇不良内孔面上冲压缺口周围合金局部重度磨损并伴有疲劳剥落

附 录 A  
(资料性附录)

本部分与 ISO 7146 - 1:2008 的图片编号对照情况

本部分与 ISO 7146 - 1:2008 相比在图片编号上有较多调整,具体图片编号对照情况见表 A.1。

表 A.1 本部分与 ISO 7146 - 1:2008 的图片编号对照情况

本部分章条编号	本部分图片编号	对应的 ISO 7146 - 1:2008 图片编号
4.5	1	1
4.5	2	2
6.2.3	3	3
6.2.3	4	4
6.3.3	5	5
6.3.3	6	6
6.3.3	7	7
6.3.3	8	8
6.3.3	9	9
6.3.3	10	10
6.3.3	15	11
6.3.3	17	12
6.4.3	18	13
6.4.3	19	14
6.4.3	20	15
6.4.3	23	16
6.4.3	24	17
6.5.3	27	18
6.5.3	28	19
6.5.3	29	20
6.5.3	30	21
6.6.3	31	22
6.6.3	34	23
6.6.3	35	24
6.6.3	36	25
6.6.3	37	26
6.6.3	38	27
6.7.1	39	28
6.7.1.3	40	29



表 A.1 本部分与 ISO 7146 -- 1:2008 的图片编号对照情况(续)

本部分章条编号	本部分图片编号	对应的 ISO 7146 - 1:2008 图片编号
6.7.1.3	42	30
6.7.1.3	43	31
6.7.1.3	44	32
6.7.1.3	45	33
6.7.1.3	48	34
6.7.1.3	49	35
6.7.1.3	50	36
6.7.2.3	51	37
6.7.2.3	52	38
6.7.2.3	53	39
6.7.2.3	54	40
6.7.2.3	55	41
6.7.2.3	56	42
6.8.4	57	43
6.8.4	58	44
6.9.3	59	45
6.9.3	60	46
6.9.3	61	47
6.10.3	62	48
6.10.3	63	49
6.10.3	65	50
7.2.3	68	51
7.3.3	69	52
7.3.3	70	53
7.3.3	72	54
7.4.3	76	55
7.4.3	77	56
8	78	57

附录 B  
(资料性附录)

表 1 的使用方法示例

本附录中涉及到的相关数字符号参见表 B.1。

剥落是轴承 1 上的一个较为显著的损坏外观,用 2 表示,表 B.1 中将 2 标记为 2a、2b 和 2c。如果仅观察这一损坏外观,要素 2a、2b 和 2c 指出了可能的损坏特征:动态过载 3;氢扩散 4 和粘结力丧失 5。在大多数情况下,通过进一步的研究,相关的损坏特征的数量可以简化。

如果损坏的轴承钢背已经使用了好几年,氢扩散可以排除。

若同时有几个显著的损坏外观存在,将可能的损坏特征的数量简化到只有一个损坏特征的概率是很高的。该示例中除了剥落 2 外,还有其他损坏外观如疲劳裂缝 6;以及可能发生在轴承背上的摩擦腐蚀 7,这三种可能出现的损坏外观都符合动态过载的损坏特征。因此,损坏特征是动态过载的概率很高,并且应探寻它产生的原因。

机器发生了什么故障引起动态过载?

是否损坏部件和(或)产生很大的偏心距?

改变工作条件导致其他(更高)的冲击负载?

损坏的轴承继续运转将加剧对液压润滑的影响,混合摩擦越来越严重,如表 B.1 中 8;一些继发性的损坏特征如 9 磨损和 10 过热也将随之出现。

最后,金属衬层熔化,如表 B.1 中 11,这和润滑油不足的损坏特性相符,如表 B.1 中 12。在大多数情况下,损坏都是以润滑油不足这一继发性损坏特征结束。在这种损坏的最后阶段,仅有金属完全熔化这一显著的损坏外观,要鉴定原来的损坏特征几乎是不可能的。在大多数情况下,会同时有几种显著的损坏外观,从而得到相应的损坏特征。如果要找到真正的原因,除了掌握本部分的知识外,还需掌握必要的专业技术知识。为了防止造成误解和曲解,本部分仅给出了统一的基本工作原理。

表 B.1 损坏外观和损坏特征之间相互作用举例

损坏外观														损坏特征	分条款 (序号)	
沉积物	蠕变	温度周期性变化引起的形变	热裂	疲劳裂纹	剥落(粘合物缺失)	摩擦腐蚀	熔化咬粘	磨光刮伤	混合润滑的痕迹, 材料磨损	变蓝、黑色	腐蚀	流体侵蚀	嵌入的颗粒 粒子滑动痕迹形成金属丝线	电弧坑	气蚀外观: 材料磨坏	1
×	×		×						×						静态过载	6.2
			6	×	×	2a									动态过载 <sup>a</sup>	6.3
				×		×	7								动态过载 <sup>b</sup>	7.2
								×	×						摩擦磨损 <sup>a</sup>	6.4
								×							摩擦磨损 <sup>b</sup>	7.3
×	×	×	×					×							过热	6.5
							×		×	×					润滑不良(不足)	6.6
×								×	×		×	×	×		污染(杂质或化学物) <sup>a</sup>	6.7
×								×	×		×		×		污染(杂质或化学物) <sup>b</sup>	7.4
														×	气蚀	6.8和 TB/T 3033.2
														×	电腐蚀	6.9
				×		2b									氢扩散	4
				×		2c									丧失结合力	5
为滑动面的损伤。 为轴承背的损伤。																



中 华 人 民 共 和 国

铁道行业标准

滑动轴承 液体动压轴承损坏的特征和外观 第1部分:总则

Plain bearings—Appearance and characterization of damage to metallic hydrodynamic bearings—Part 1: General

TB/T 3033.1—2011

\*

中国铁道出版社出版、发行

(100054,北京市西城区右安门西街8号)

读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174

中国铁道出版社印刷厂印刷

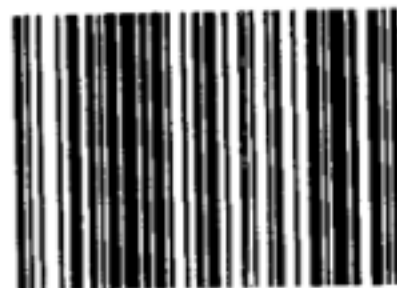
版权专有 侵权必究

\*

开本:880 mm × 1 230 mm 1/16 印张:4 字数:108 千字

2012 年 11 月第 1 版 2012 年 11 月第 1 次印刷

\*



15 113 3736

定 价: 60.00 元