

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19936.2—2024/ISO 14635-2:2023

## 齿轮 FZG 试验程序 第2部分： 高级压油的相对胶合承载能力 FZG 阶梯加载试验 A10/16.6R/120

Gears—FZG test procedures—Part 2:FZG step load test A10/16.6R/120 for  
relative scuffing load-carrying capacity of high EP oils

(ISO 14635-2:2023, IDT)

2024-03-15发布

2024-07-01 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

目次

前言 ..... I

引言 ..... II

1 范围 ..... 1

2 规范性引用文件 ..... 1

3 术语和定义 ..... 1

4 失效判据 ..... 2

5 方法概述 ..... 4

    5.1 一般原则 ..... 4

    5.2 精密度 ..... 4

6 试验耗材 ..... 4

    6.1 试验齿轮 ..... 4

    6.2 清洗液 ..... 6

7 装置 ..... 6

    7.1 FZG 直齿轮试验台 ..... 6

    7.2 加热装置 ..... 8

    7.3 转数器 ..... 8

    7.4 天平 ..... 8

8 装置的准备 ..... 8

9 试验程序 ..... 8

10 结果记录 ..... 10

附录A（资料性） A1 0 型FZG 试验齿轮齿面变化(齿面损伤) ..... 11

附录B（资料性） FZG 试验报告表 ..... 13

附录C（资料性） FZG 齿轮试验台维护检查项 ..... 14

参考文献 ..... 18

## 前 言

本文件按照GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是GB/T19936《齿轮 FZG 试验程序》的第2部分。GB/T19936 已经发布了以下部分：

——第1部分：油品的相对胶合承载能力 FZG 试验方法 A/8.3/90；

——第2部分：高极压油的相对胶合承载能力 FZG 阶梯加载试验 A10/16.6R/120。

本文件等同采用ISO 14635-2:2023《齿轮 FZG 试验程序 第2部分：高极压油的相对胶合承载能力FZG 阶梯加载试验 A10/16.6R/120》。

本文件做了下列最小限度的编辑性改动：

——将表2脚注中“见表3”改为“见表4”。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国齿轮标准化技术委员会(SAC/TC 52)提出并归口。

本文件起草单位：郑州机械研究所有限公司、青岛市资源化学与新材料研究中心、杭州杰牌传动科技有限公司、浙江双环传动机械股份有限公司、陕西法士特齿轮有限责任公司、河南科技大学、重庆大学、中国机械总院集团宁波智能机床研究院有限公司、郑机所(郑州)传动科技有限公司、山西潞安太行润滑科技股份有限公司、大庆劳特润滑油有限公司、中国科学院上海高等研究院、中石化石油化工科学研究院有限公司、广西大学、中国石化润滑油有限公司北京研究院、湖南大学、重庆秋田齿轮有限责任公司、浙江大发齿轮有限公司、中国科学院兰州化学物理研究所。

本文件主要起草人：王志刚、刘世军、姜文静、陈德木、董美珠、侯圣文、谷瑞杰、范瑞丽、李海霞、曹志刚、尤广福、吴双峰、张春风、刘怀举、陆建江、孙学友、李久盛、桂伟民、魏冰阳、苏怀刚、杨鹤、陈勇、郭情情、师陆冰、徐文博、李成、周长江、朱才朝、刘守江、管洪杰、张伟、董凡、郑直、林明高。

# 引 言

受润滑油影响的齿轮损伤的类型有胶合、低速磨损，表面点蚀和微点蚀疲劳损伤。由于存在这些影响，在齿轮的设计过程中需要考虑使用特定的润滑油及油品服役时的相关特性参数。为了准确获得这些参数，需要采用适当的试验规程。GB/T19936《 齿轮 FZG 试验程序》描述了确定润滑油相关特性参数(这些参数将被引入齿轮承载能力的计算中)的方法，GB/T19936 拟由三个部分构成。

- 第1部分：油品的相对胶合承载能力FZG<sup>1)</sup> 试验方法 A/8.3/90。 描述了采用A 型试验齿轮、8.3 m/s节圆线速度、90℃初始油温条件下油品的相对胶合承载能力 FZG 试验方法。主要应用于工业齿轮和船舶齿轮润滑油。
- 第2部分：高极压油的相对胶合承载能力 FZG 阶梯加载试验 A10/16.6R/120。 描述了采用A10 型试验齿轮、16,6 m/s 节圆线速度(反转)、120℃初始油温条件下高极压油的相对胶合承载能力FZG 试验方法。主要应用于车辆齿轮润滑油。
- 第3部分：半流体齿轮润滑脂相对胶合承载能力和磨损特性的 FZG 试验方法 A/2.8/50。 描述了一个用于确定封闭式齿轮传动装置内半流体润滑脂的相对胶合承载能力和磨损特性的试验规程。

测定齿轮低速磨损、微点蚀和点蚀承载能力的其他 FZG 试验方法处于新的发展阶段，以后可能会作为更新的组成部分添加到GB/T 19936当中。

1) FZG 是德国慕尼黑工业大学的齿轮研究中心。

## 齿轮 FZG 试验程序 第2部分： 极高压油的相对胶合承载能力FZG 阶梯加载试验A10/16.6R/120

### 1 范围

本文件描述了一种基于FZG 功率封闭试验机的试验方法，通过齿轮表面胶合损伤以确定极高压油的相对承载能力。本文件适用于评估大多数车辆和固定安装设备中高应力圆柱齿轮所用润滑油潜在的胶合承载能力。本文件不适用于评估用于高载荷下准双曲面齿轮所用润滑油潜在的胶合承载能力，如需评价可使用其他方法。

注：该方法在技术上相当于CECL-8402。

### 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；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。

ISO 1328-1:1995 圆柱齿轮 ISO 齿面公差分级制 第1部分：齿面偏差的定义和允许值(Cylindrical gears—ISO system of accuracy—Part 1:Definitions and allowable values of deviations relevant to corresponding flanks of gear teeth)

注：GB/T10095.1—2022 圆柱齿轮 ISO齿面公差分级制 第1部分：齿面偏差的定义和允许值(ISO 1328-1; 2013, IDT)

ISO14635-1 齿轮 FZG 试验程序 第1部分：油品的相对胶合承载能力FZG 试验方法 A/8.3/90(Gears—FZG test procedures—Part 1:FZG test method A/8,3/90 for relative scuffing load-carrying capacity of oils)

注：GB/T19936.1—2005 齿轮 FZG试验程序 第1部分：油品的相对胶合承载能力FZG试验方法A/8.3/90 (ISO 14635-1:2000, IDT)

ISO 18265 金属材料 硬度值换算(Metallie materials—Conversion of hardness values)

ISO 21920-2 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 第2部分：术语、定义及表面结构参数 [Geometrical product specifications(GPS)—Surface texture;Profile—Part 2;Terms, definitions and surface texture parameters]

ASTM D 235 矿物溶剂油(石油溶剂油)(烃干洗溶剂)的标准规范 [Standard Specification for Mineral Spirits(Petroleum Spirits)(Hydrocarbon Dry Cleaning Solvent)]

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

---

2) 已被ISO 1328-1:2013取代，

3.1

**胶合   scuffing**

由于高温和高压引起的齿轮啮合表面润滑油膜的缺失或破坏，造成齿面擦伤或焊合的一种特别严重的轮齿表面损伤形式。

注：当轮齿表面滑动速度很高时最有可能发生胶合。当齿面压力足够高，一般情况或因为齿面形状有突变或载荷分布不均，也可能在相对较低的滑动速度下发生胶合。

3.2

**胶合承载能力   scuffing load-carrying capacity**

在规定的条件下，润滑油可承受的最大载荷。

注：齿轮达到第4章给出的失效判据的最低损伤度，见表1。

3.3

**FZG 试验条件 A10/16.6R/120   FZG test condition A10/16.6R/120**

FZG试验条件中，A10 指符合表2和表3特定要求的试验齿轮，16.6指节圆线速度(单位为m/s)，“R” 指反向驱动(大轮带动小轮)，120指当载荷级为4级或以上时油槽的初始油温(单位为℃)。

3.4

**失效载荷级   failure load stage**

当设计为16个轮齿的小轮的总损伤面积超过100 mm<sup>2</sup> 时的载荷级。

注：见第4章和表1。

3.5

**高极压油   high EP oils**

含有可提高胶合承载能力的化学添加剂的润滑油。

注1,EP即“极压”。

注2:高极压油的胶合承载能力，通常都超过了ISO 14635-1规定的 FZG 试验的范围，

**4 失效判据**

胶合损伤的风险依从于齿轮材料的性能、所用润滑油、轮齿表面粗糙度、滑动速度和载荷的变化。胶合的后果包括由于振动的增加而产生较高的动载荷，这通常会导致胶合加剧、点蚀或齿面断裂，造成进一步的破坏。

由于使用特殊的齿轮设计和试验载荷，通常会在相啮合的小轮齿顶和大轮齿根处产生试验干扰区域。该区域一般在小轮上从齿顶沿齿廓方向大约1mm 的高度、贯穿整个齿宽。附录 A 举例说明了在这种胶合试验中不同的损伤度。两个区域齿面损伤的情况对试验结果的影响如下。

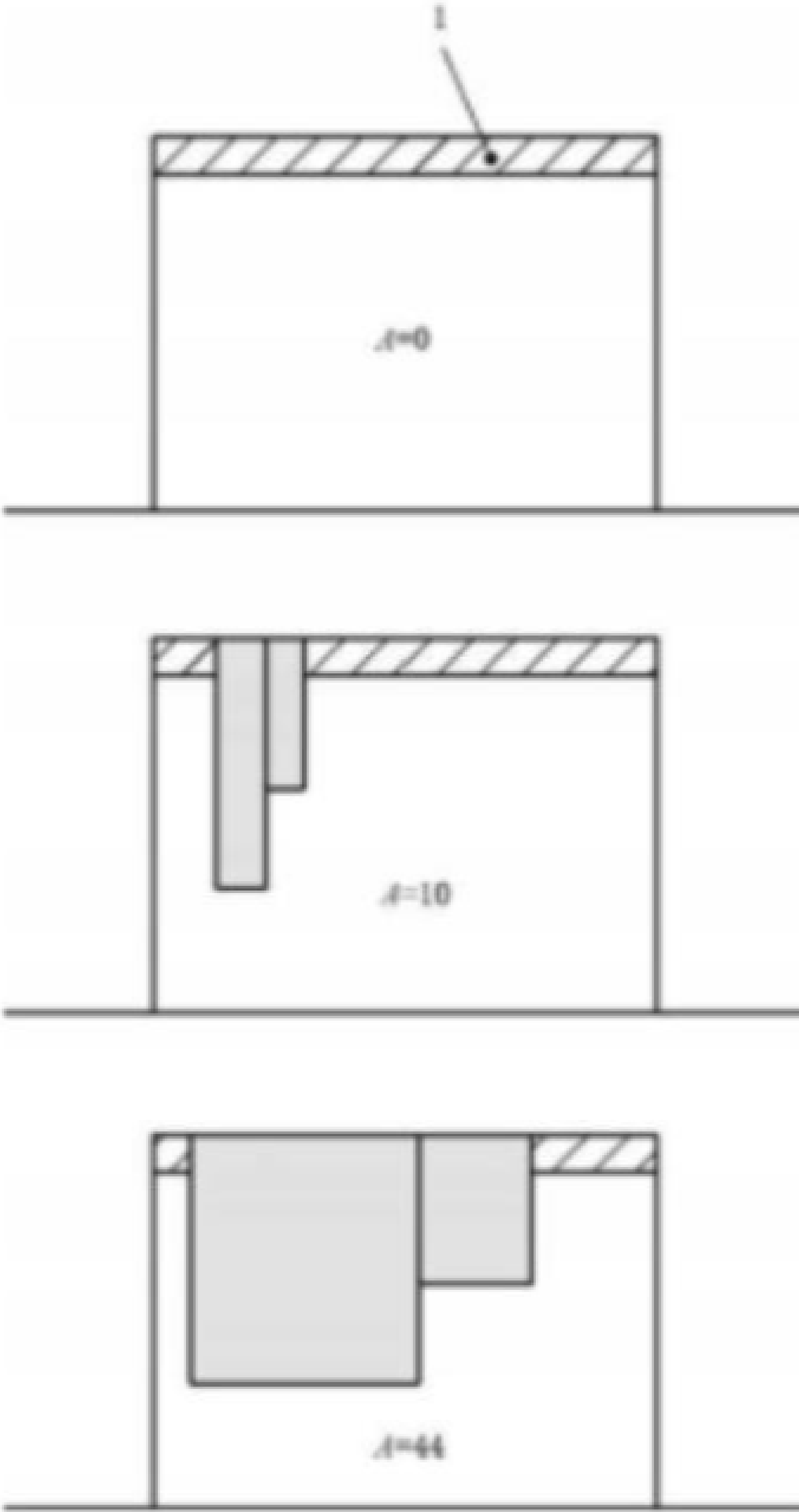
- a) 以目测来评价胶合等级，在小轮从齿顶沿齿廓方向1 mm 处向下涵盖可产生胶合损坏的完整区域中(小轮齿顶1mm 范围内不作评价)，计算16个轮齿的小轮齿面损伤的总面积(见图1)。当该面积超过100 mm<sup>2</sup> 时，视为失效。
- b) 为了保证试验的有效性，在每个载荷级试验后，应目测大轮是否有过度磨损的现象，因为这可能会改变试验结果，如果大轮齿根有明显的磨损，应进行称重，精确到毫克(0.001 g) [见图 A.1 d)]。当大轮的质量减损不大于20 mg 时，本次试验有效。否则无效。

见表1。

表 1 试验准则

小轮失效总面积 A mm <sup>2</sup>	大轮质量减损 Δm mg	结论
≤100	≤20	通过
≤100	>20	试验无效*
>100	无要求	胶合失效
* 无法确定胶合失效载荷级。		

单位为平方毫米



标引序号说明：  
1——不参与胶合面积计算的区域(1mm 带)。

图 1 小轮的损伤度示意图

5 方法概述

5.1 一般原则

按表2和表3中给定的齿轮副，在浸油润滑模式下以恒定转速进行试验。按表4逐级对轮齿进行加载。从第4级载荷开始，每一级的初始油温要控制在117℃~123℃，在每个载荷级的试验中，允许油温自由上升。从第5级载荷开始，往上每一级加载结束后，检查小轮的齿面损伤，标记出表面的全部变化。当损伤达到失效判据，或者当第10级载荷运转后仍未达到失效判据时，认定试验完成。

操作者有责任遵守所有的试验规定。

注：本文件的制定者假定，本试验方法的操作者或者本人接受过系统的专业培训，熟悉相关工程理论和试验规范，或者进行试验时接受具备以上资质人员的直接监督。

**警告1:**当试验台运行时，如果有长加载轴和高速旋转高应力齿轮，应采取防护措施保护人身安全。

**警告2:**也要高度重视噪声防护。

5.2 精密度

本方法的精密度已按照ISO 5725-2使用2种标样油进行了评价。采用阶梯载荷试验时，这些油品的失效载荷级为5级~10级。

在ISO 5725-2中规定了重复性限(r)和再现性限(R)的值，对于本试验方法：

r=1 载荷级；

R=2 载荷级。

6 试验耗材

6.1 试验齿轮

使用A10型试验齿轮副，其参数和制造的详细要求应符合表2和表3。每一对试验齿轮可使用其两个齿面作为承载面，进行2次试验。

表 2 A10 型 FZG 试验齿轮的参数细节

参数		符号	数值	单位
轴中心距		a	91.5	mm
有效齿宽	小轮	b <sub>1</sub>	10	mm
	大轮	b <sub>2</sub>	20	mm
工作节圆直径	小轮	d <sub>a</sub>	73.2	mm
	大轮	d	109.8	mm
齿顶圆直径	小轮	d <sub>a</sub>	88.77	mm
	大轮	d <sub>a</sub>	112.5	mm
模数		m	4.5	mm
齿数	小轮	z <sub>1</sub>	16	
	大轮	z <sub>2</sub>	24	



表 2 A10 型 FZG 试验齿轮的参数细节(续)

参数		符号	数值	单位
变位系数	小轮	$z_i$	0.8532	
	大轮	$z_o$	-0.50	
压力角		$\alpha$	20	$^{\circ}$
啮合角		$\alpha_o$	22.5	$^{\circ}$
节圆线速度		$v_o$	16.6	m/s
齿顶高啮合	小轮		14.7	mm
	大轮		3.3	mm
齿顶滑动速度	小轮	$v_{el}$	11.16	m/s
	大轮	$v_{el}$	2.50	m/s
齿顶滑动率	小轮	$\xi_m$	0.86	
	大轮	$K$	0.34	
齿根滑动率	小轮	$K$	-0.52	-
	大轮	$\xi_e$	-5.96	
赫兹接触应力		$P_c$	$20.8 \sqrt{F}$	N/mm <sup>2</sup>
F为法向载荷，单位为牛顿(N) (见表4)。				

表 3 A10 型 FZG 试验齿轮的制造要求

材料	表面硬化钢的淬透性区域限定在较低弥散带的2/3										
	化学成分										
	C	Mo	Si	Ni	Mn	Al	P	B	S	Cu	Cr
	0.13% — 0.20%	≤ 0.12%	≤ 0.40%	≤ 0.30%	1.00% — 1.30%	0.02% — 0.05%	≤ 0.025%	0.001% — 0.003%	0.020% — 0.035%	≤ 0.30%	0.80% — 1.30%
热处理	试验齿轮经过渗碳与表面硬化处理。硬度为550 HV10处的渗层深度应为0.6 mm~0.9 mm。回火后表面硬度为60 HRC~62 HRC;齿根中心的心部强度为1000N/mm <sup>2</sup> ~1250 N/mm <sup>2</sup> (以布氏硬度为基础,根据ISO 18265换算)。 残余奥氏体名义上宜取20%										
齿轮精度等级	ISO 1328-1:1995中的5级										

表 3 A10 型 FZG试验齿轮的制造要求 (续)

材料	表面硬化钢的淬透性区域限定在较低弥散带的2/3										
	化学成分										
	C	Mo	Si	Ni	Mn	Al	P	B	S	Cu	Cr
	0.13% — 0.20%	≤ 0.12%	≤ 0.40%	≤ 0.30%	1.00% ~ 1.30%	0.02% ~ 0.05%	≤ 0.025%	0.001% — 0.003%	0.020% — 0.035%	≤ 0.30%	0.80% ~ 1.30%
评定轮廓的 算术平均 偏差Ra	分别针对每个齿轮的三个齿的左右齿面确定Ra, 测量位置为齿面的中部, 测量方向与节线平行, 测量参数按照ISO 21920-2: 测量长度 $l$ , =4.8 mm, 截止波长 $\lambda$ , =0.8mm。 速度 $v$ , =0.5 mm/s使用滑轨										
	平均粗精度 (针对最小100套齿轮副的制造批量); 小轮: $R_u=0.35\text{ }\mu\text{m}\pm0.1\text{ }\mu\text{m}$ 大轮: $R_a=0.30\text{mm}\pm0.1\text{ }\mu\text{m}$										
	最大粗糙度 (按照所述方法测量3次取平均值, 并对100个被试齿轮中的95个有效): 小轮和大轮, $R_a=0.5\text{ }\mu\text{m}$										
磨削	Maag十字交叉磨削 (15*方法), 展成速度为154r/min										
齿面修形	无										

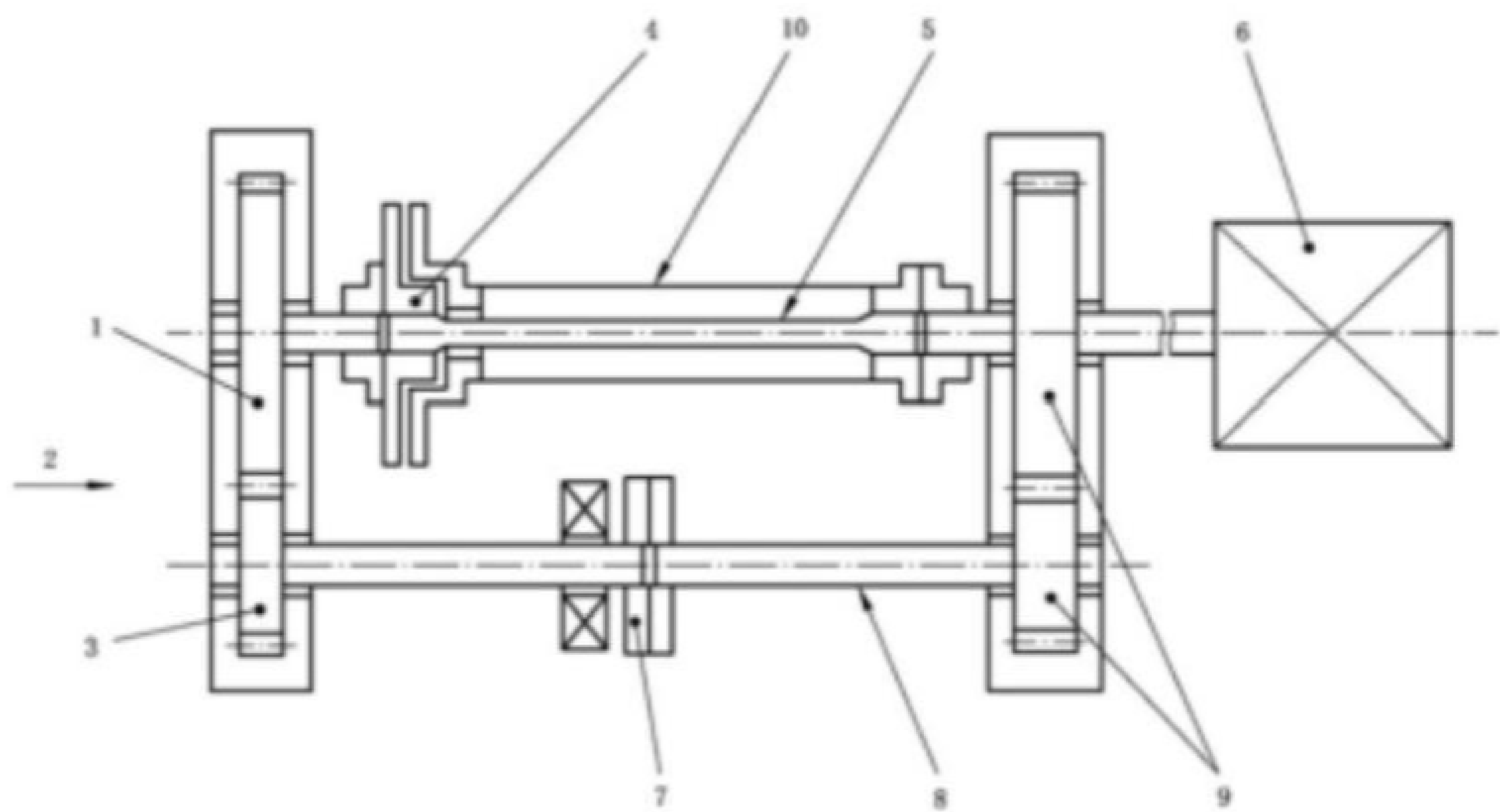
6.2 清洗液

应使用符合ASTM D 235 规定的汽油。

7 装置

7.1 FZG 直齿轮试验台

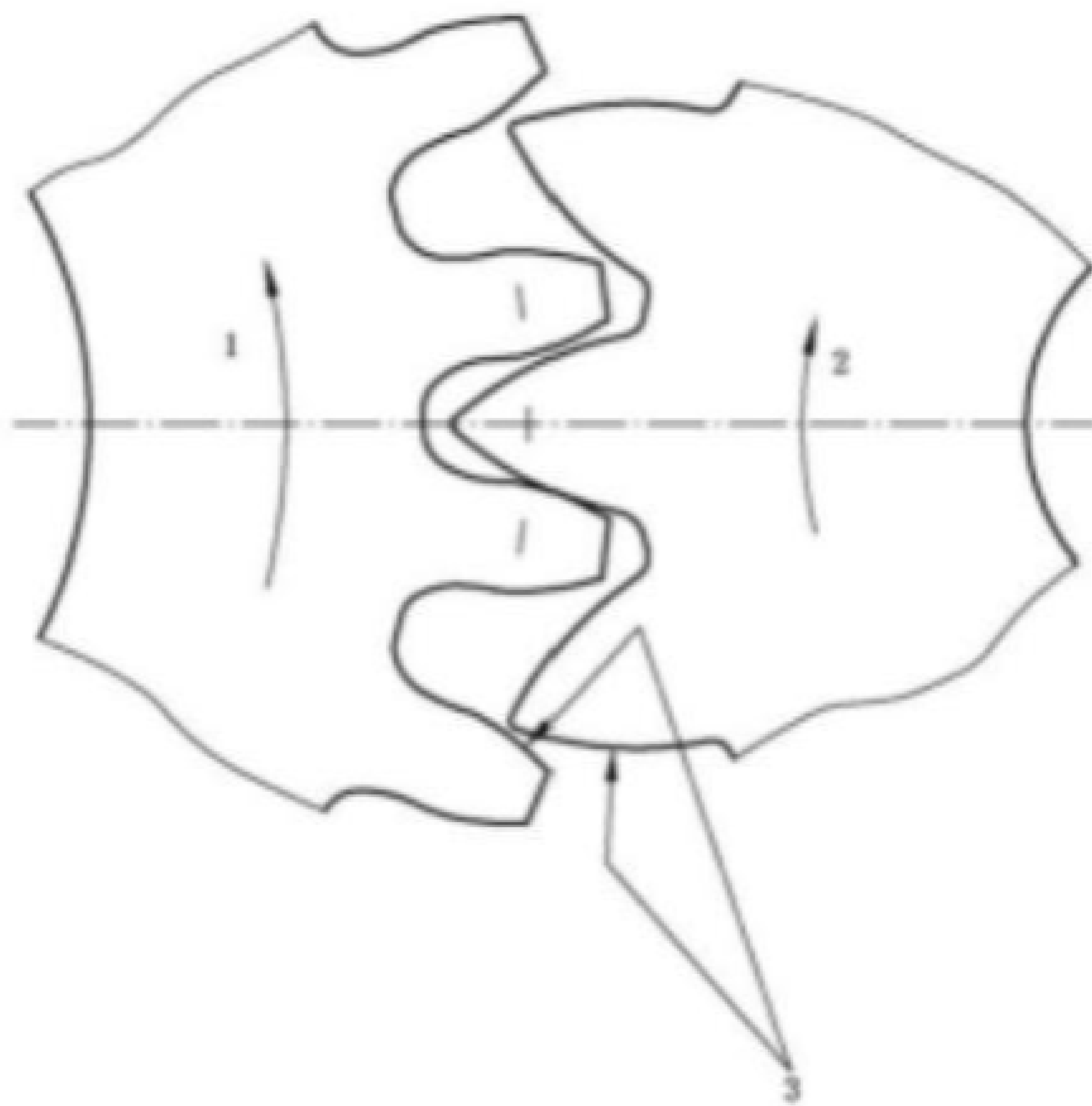
7.1.1 FZG 直齿轮试验台采用再循环功率封闭原理 (也称为四方功率流原理), 为一对合格的试验齿轮副提供一个固定不变的转矩 (载荷)。试验台示意图见图2和图3。陪试齿轮箱经两根扭力轴与试验齿轮箱相联接。轴1含有加载联轴器, 通过将表4规定的已知砝码挂在加载臂上施加转矩载荷。



标引序号说明:

- |             |             |
|-------------|-------------|
| 1——试验大轮;    | 6 ——驱动电机;   |
| 2——A 向视图;   | 7 ——加载联轴器;  |
| 3——试验小轮;    | 8 ——轴1(两件); |
| 4——转矩测量联轴器; | 9 ——陪试齿轮副;  |
| 5——轴2(扭力轴); | 10——扭力轴外管。  |

图 2 FZG 齿轮试验台示意图



标引序号说明:

- 1——试验大轮;  
2——试验小轮;  
3——有效齿面。

图 3 A10 型 FZG 试验齿轮的安装(图2中的A 向视图)

- 7.1.2 试验齿轮箱包含保持和控制最低油温的加热单元。安装在箱体上的温度传感器可用于控制加热单元以得到试验运行条件所需要的温度。
- 7.1.3 试验台的动力由最小功率为7.4 kW、转速约为2900r/min 的电动机供给。驱动方向为反向(面对电机轴时是逆时针旋转),如图3所示大轮驱动小轮。这与ISO 14635-1 规定的旋转方向相反。
- 7.1.4 FZG 齿轮试验台的维护检查表见附录C。

7.2 加热装置

需要一台合适的烘炉或其他加热装置,可以将试验齿轮加热到60℃~80℃,以便将其安装到轴上。

7.3 转数器

在每一载荷级试验期间,应利用一台转数器控制转数。当齿轮达到适当的转数时,转数器能够关闭试验机。

7.4 天平

应使用最小称重为1.3 kg、精度为0.001g 的天平,以确定试验大轮的质量减损。

8 装置的准备

- 8.1 用汽油冲洗试验齿轮箱体2次,确保轴承干净、无油污,再用干净、无水的空气吹干。
- 8.2 佩戴防护手套在汽油中清洗试验齿轮,并吹干。
- 8.3 目测试验齿轮是否有腐蚀、锈蚀或任何其他损伤。如有,更换这个齿轮。
- 8.4 称量大轮质量,精确到0.001 g。
- 8.5 用适当的加热装置将试验齿轮和轴承套圈加热到60℃~80℃,以便安装。
- 8.6 按图3所示装配试验齿轮箱(撤下顶盖)。将试验小轮安装在轴1(右手边)上,将试验大轮安装在轴2(左手边)上,
- 8.7 将排油阀置于关闭状态。
- 8.8 将1.25 L 试验润滑油加入试验齿轮箱中。
- 8.9 接上加热器。
- 8.10 将顶盖复位并扣紧到试验齿轮箱上。
- 8.11 不启动电机,在砝码吊杆0.5m 半径的位置上按照ISO 14635-1施加第12级载荷,持续2 min~3 min,以便将试验齿轮和系统间隙调整到正确的工作位置。

9 试验程序

- 9.1 施加第1级载荷(见表4),按照表5要求启动电机,接通加热器,使电机运行21700 r(大约7.5 min),施加第2级和第3级载荷,重复上述操作。

表 4 FZG 载荷级

载荷级	小轮转矩 N·m	轮齿法向载荷 N	节点赫兹应力 N/mm <sup>2</sup>	加载联轴器上的加载组合
1	3.3	99	206	H <sub>1</sub>
2	13.7	407	417	H <sub>2</sub>

表 4 FZG 载荷级 (续)

载荷级	小轮转矩 N·m	轮齿法向载荷 N	节点赫兹应力 N/mm <sup>2</sup>	加载联轴器上的加载组合
3	35.3	1044	670	H <sub>2</sub> +K
4	60.8	1799	878	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub>
5	94.1	2786	1093	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub> +W
6	135.5	4007	1314	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub> +W <sub>2</sub>
7	183.4	5435	1527	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub> +W <sub>2</sub> +W <sub>3</sub> +W <sub>4</sub>
8	239.3	7080	1730	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub> +W <sub>2</sub> +W <sub>3</sub> +W <sub>4</sub> +W <sub>5</sub>
9	302.0	8949	1960	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub> +W <sub>2</sub> +W <sub>3</sub> +W <sub>4</sub> +W <sub>5</sub> +W <sub>6</sub>
10	372.6	11029	2176	H <sub>2</sub> +K+W <sub>1</sub> +W <sub>2</sub> +W <sub>3</sub> +W <sub>4</sub> +W <sub>5</sub> +W <sub>6</sub> +W <sub>7</sub>
砝码吊杆应用在0.5m半径位置。 H <sub>1</sub> ——加载力臂(轻)； H <sub>3</sub> ——加载力臂(重，0.5 m槽口)； K——砝码托盘； W <sub>1</sub> ~W <sub>7</sub> ——加载砝码				

表 5 试验条件

每一载荷级的持续时间	电机运行21700 r(大约7,5 min)
电动机转建	2910(1.00±0.03)r/min
旋转方向	逆时针
试验用润滑油量	(1.25±0.05)L.
第4级载荷和以后各级载荷的初始油温	(120±3)℃
• 图3标示了齿轮的旋转方向。	

- 9.2 当开始第4级载荷试验时，确保试验齿轮箱中的油温在117℃~123℃，与表5一致。
- 9.3 当终止第4级载荷试验时，不拆卸试验齿轮检测小轮的损伤。以图1和附录A 中的示例为指导记录轮齿的情况。如果未达到损坏标准，则继续试验。
- 9.4 在开始更高的下一载荷级试验前，可以通过对试验齿轮箱进行适当的加热或冷却来确保试验齿轮箱中的油温在117℃~123℃。当温度达到117℃~123℃时，关掉调温设备并继续试验。
- 9.5 继续按照递增的阶梯载荷进行试验(表4)，在每级试验后检查小轮的所有轮齿，并按照9.4的要求将油温冷却到117℃~123℃，然后再施加更高的下一级载荷。
- 9.6 直到第4章规定的失效载荷级出现时，试验程序结束。若损伤度较小(胶合面积小于100mm<sup>2</sup>)，则试验应进行到第10载荷级结束时才可完成。
- 9.7 试验完成前，若试验台因为某种原因在某一载荷级结束后关闭了一段时间，油温降至117℃以下，则在重新开始试验前进行以下操作：
- a) 施加第1级载荷，启动电机，接通加热器至油温达到117℃~123℃停止；

- b) 关停电机，切断加热器，在试验台停止运转后，按试验顺序施加下一级载荷；
- e) 按9.5和9.6继续试验。

9.8 如果在施加第10级载荷后仍未达到第4章中的失效判据，则将试验大轮进行称重，精确到0.001g，并计算质量减损( $\Delta m$ )。

10 结果记录

按照第4章的要求，记录出现失效时的载荷级和相应的小轮转矩，并注明试验条件(如“A10/16.6R/120”)。若完成本次试验没有出现失效，记录为“失效载荷级大于10”，并给出大轮的质量减损，以毫克为单位。若在第5载荷级以前，因发生胶合而试验终止，记录为“失效载荷级小于5”。试验有效性的不同示例见表6。

表 6 试验结果示例

示例	1	2	3
失效载荷级	8	>10	
载荷级大于10的大轮质量减损	—	16 mg	30 mg
试验是否有效	是	是	否

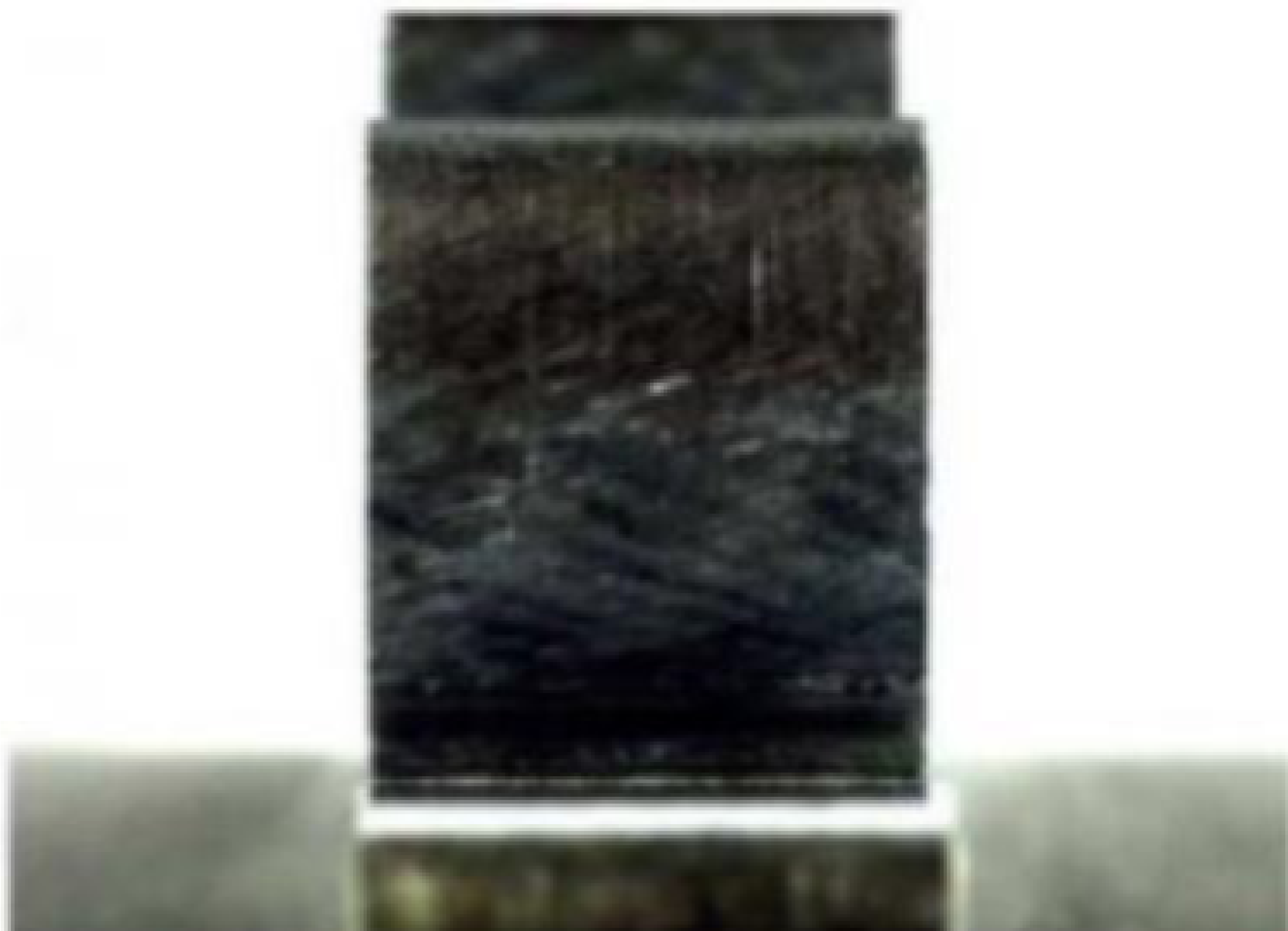
这些变化也可以用照片记录下来。齿面上的任何减损或附着宜记录在试验报告中(见附录B)。

附录 A  
(资料性)

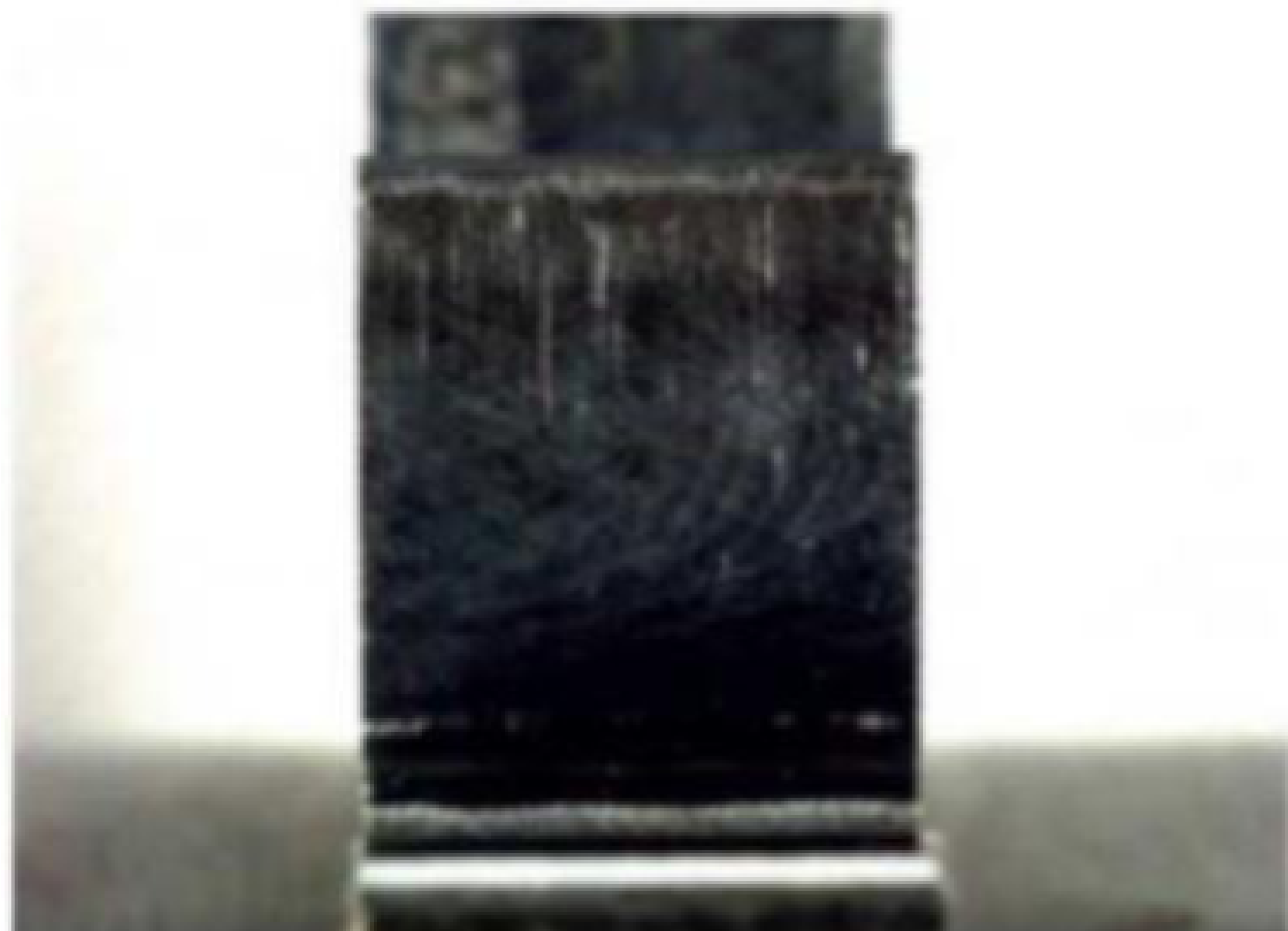
A10 型 FZG 试验齿轮齿面变化(齿面损伤)



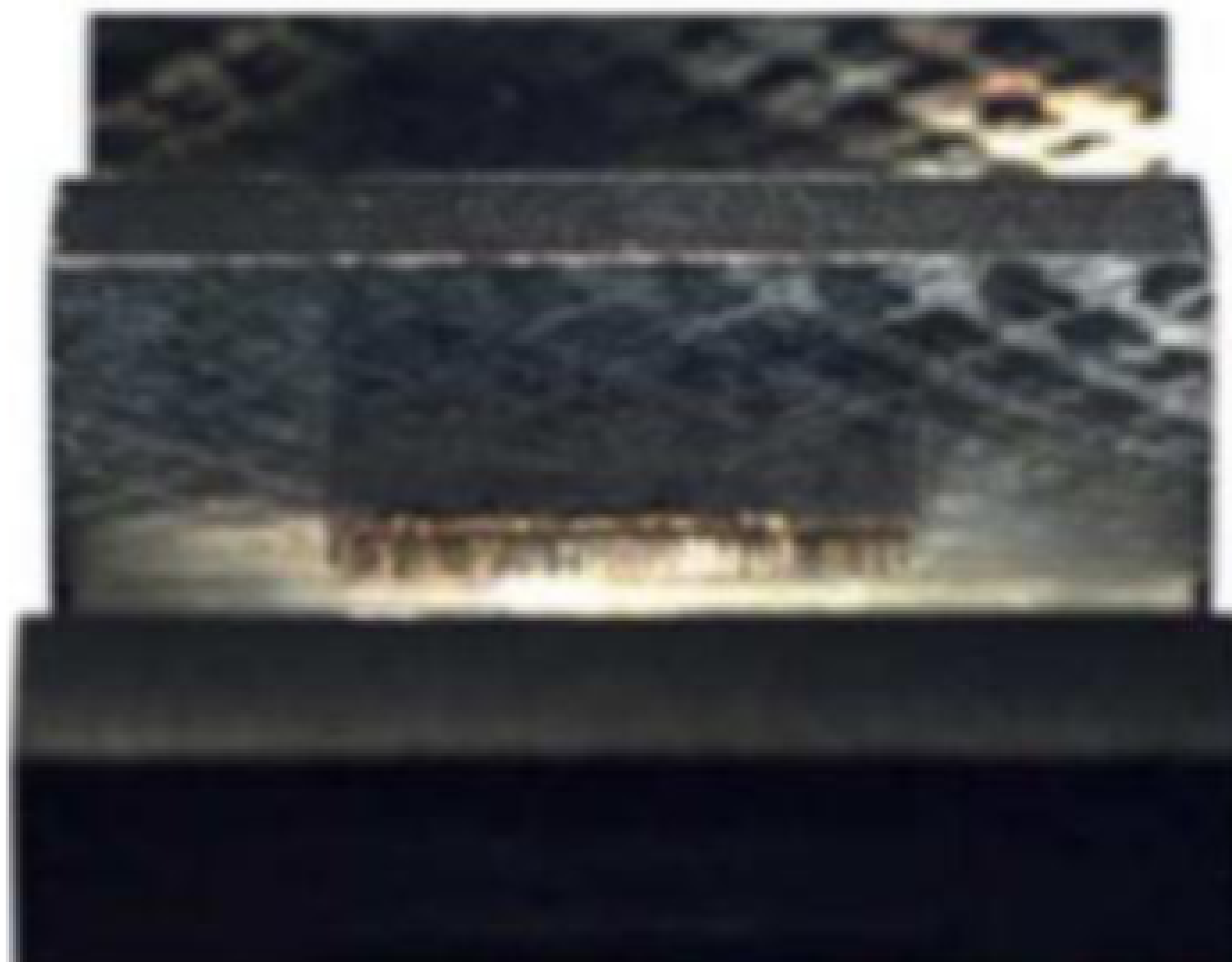
a) 新的小轮齿面



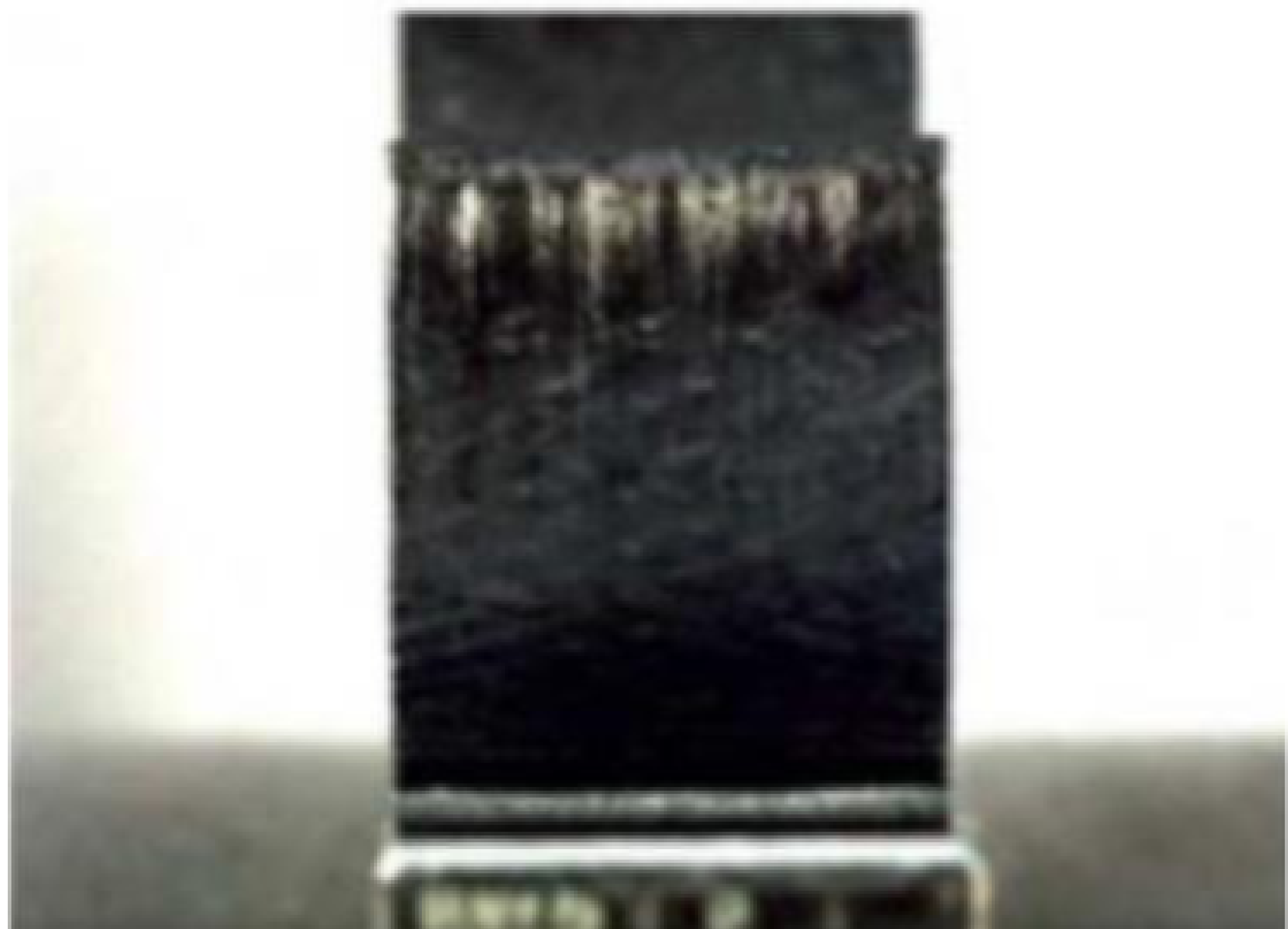
b) 未失效



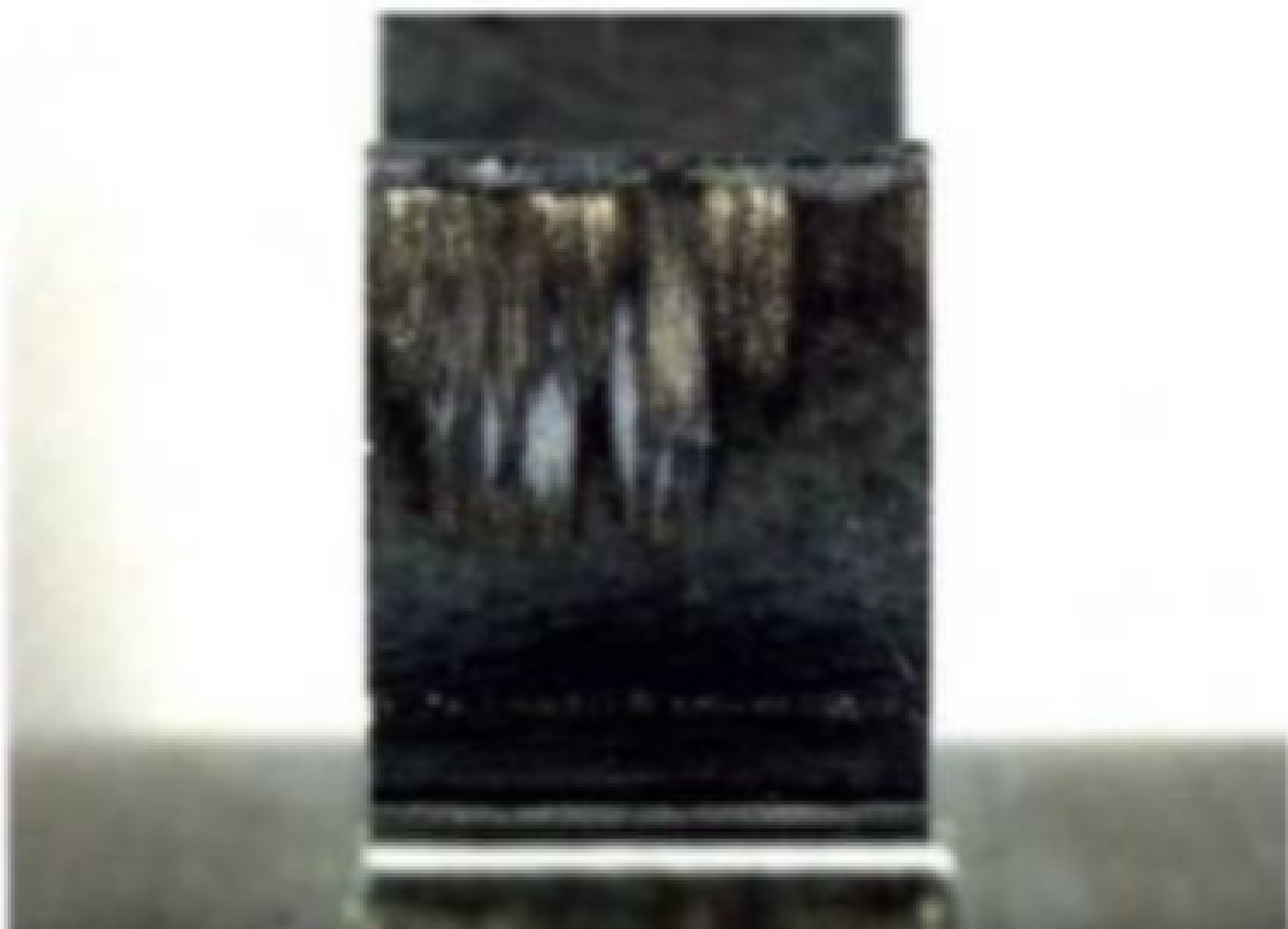
e) 未失效



d) 大轮齿根磨损: 如果质量损失>20 mg, 试验无效

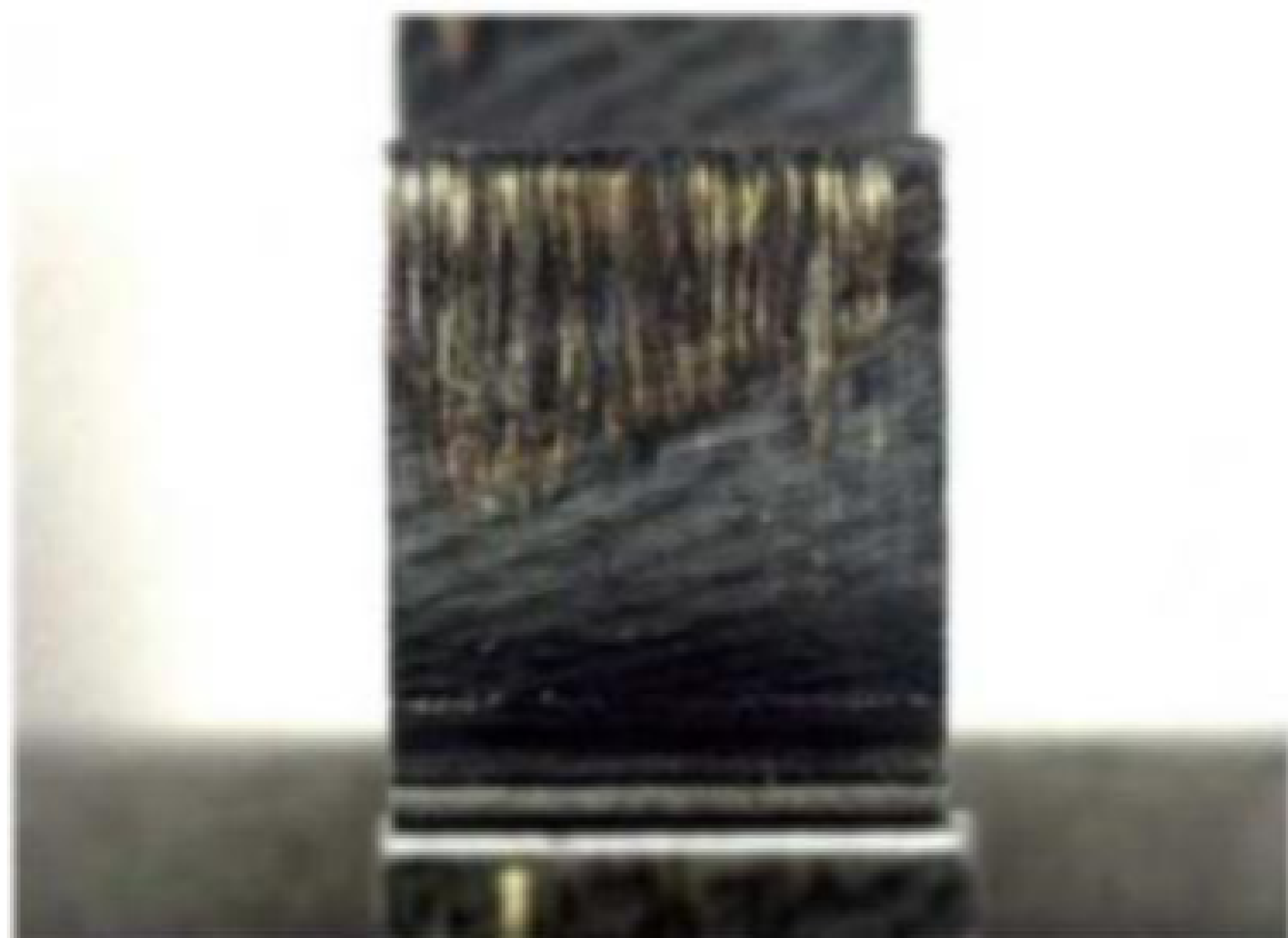


e)  $A=16\text{mm}^2$

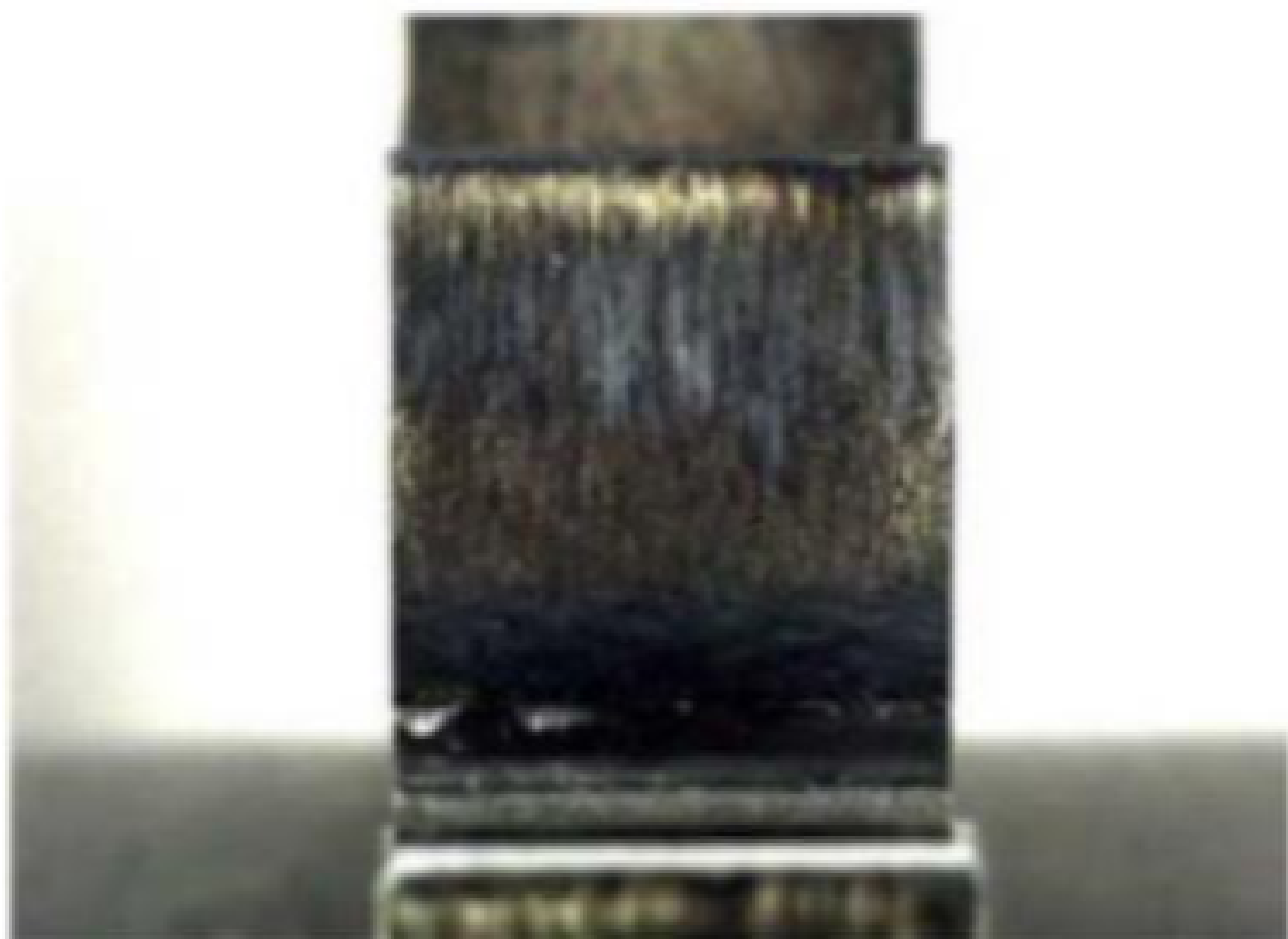


f)  $A=40\text{mm}^2$

图 A.1 FZG A10 型齿轮齿面变化(齿面损伤)



g)  $A=45\text{ mm}^2$



h)  $A=70\text{ mm}^2$

图 A.1 FZGA10 型齿轮齿面变化(齿面损伤)(续)



附录 B  
(资料性)  
FZG 试验报告表

公司名称

公司logo

GB/ T 19936.2

《齿轮 FZG 试验程序 第2部分：极高压油的相对胶合承载能力  
FZG 阶梯加载试验 A10/16.6 R/120》

试验报告

润滑油：

来源：

FZG 试验编号： \_ \_

FZG 试验齿轮装置编号： \_ \_ \_

FZG 试验齿面： \_ \_ \_

试验结果：

试验（是 / 否）有效： \_ \_

失效载荷级，

达到失效载荷级时小轮转矩T,：\_ N· m

在第 10 载荷级结束时大轮质量减损： \_ \_ .....mg

评价：

日期：

签字：

附录 C  
(资料性)  
FZG 齿轮试验台维护检查项

C.1 故障的识别

C.1.1 胶合痕迹的分布形态

油品试验结束后，齿轮整个圆周上每一个轮齿沿齿宽方向胶合痕迹的分布形态，作为试验台是否需要维护的判据。

胶合痕迹沿齿宽不均匀的分布表明载荷分布的不均匀，并且由于弹性变形，低载荷级比高载荷级更有可能出现这种情况。图C.1 显示了理想运行状况下的胶合痕迹分布，以及故障的偏啮和摆动误差。

C.1.2 轮齿接触斑点

某些情况下(例如每隔20次试验后)或在发现载荷分布不均后，宜使用碳黑或普鲁士蓝检查接触斑点。在空载条件下，轮齿接触斑点宜均匀分布并宜覆盖有效齿面区域70%以上。

C.1.3 标样油的试验

某些情况下(例如在每40次试验后)，建议使用两种标样油中的至少一种进行重复性胶合试验。标样油胶合载荷级的偏差、两次试验间的高离散性、与以前标样油试验相比胶合载荷级规律性的增加或减少，都能反映出试验的不正常。

燃料、润滑油和其他流体性能测试发展欧洲协调委员会(CEC) 等组织已经指定了用于对比试验的标样油。

C.1.4 其他指标

宜检测噪声与振动、温度、轴承间隙、磨损等。

C.2 需要维修的零部件

C.2.1 试验齿轮箱

C.2.1.1 轴

轴承在轴上应有轻微的热压配合。轴承与轴在相同的温度(环境)下，不应在轴上滑动或脱离。在运行期间，如果轴承内环在轴上有滑动，轴与轴承内径上会出现圆周磨损或者甚至擦伤痕迹，则表明配合过盈量不足。

齿轮在轴上应有轻度的热压过盈配合。齿轮与轴在同样温度下，齿轮不应在轴上很容易地滑动或脱离。在轴上可能产生的轻度微动腐蚀是无害的，可用铬抛光机进行处理。不能在轴上有触摸可感知的磨损。

硬铬处理的轴往往在键附近区域出现剥落。允许沿整个键剥落约5mm 宽。

当油封下出现可触摸感知的磨损槽时，即使更换油封，也难以避免泄漏。

C.2.1.2 轴承

应有适当的少量游隙，寿命一般不受点蚀的影响，而受过度磨损的影响。

应轻微热压装到轴上(见 C.2.1.1), 而在孔内应有小间隙的滑动配合(见C.2.1.5)。

### C.2.1.3 键

不应有磨损或任何的塑性变形。装配到轴上应具有小的间隙, 不应在轴上斜置。

### C.2.1.4 隔套

轴承与齿轮之间的隔套宜经过硬化处理, 两端面宜经过磨削以保证平行度。在端面不应有微动磨损或摩擦痕迹、沟槽或毛刺。

由于轴承合套、毂盘或隔套超宽, 都会引起轴承内压力增大。

检查空载试验台的轴是否易于转动, 检查轴承内圆是否存在轴向推力。标准试验 A/8.3/90 在每级加载后检查油槽的温度, 一般在前6载荷级不超过90℃。

### C.2.1.5 齿轮箱及前盖

齿轮箱中轴承的外圈与前盖上应为没有可察觉径向间隙的滑动配合。

油封表面(前面与顶面、齿轮箱与盖)应是平面, 且没有毛刺或刮伤。最重要的是在安装时不要夹进颗粒。

齿轮箱中所有的螺纹部分应处于良好状态。

### C.2.1.6 油封

如果出现泄漏, 检查油封与轴颈(见C.2.1.1)。油封不应在未加保护的键槽的轴上滑动, 否则可能损坏油封唇边,

## C.2.2 轴与法兰的联接

### C.2.2.1 加载联轴器

加载联轴器的两半部分应相对易于旋转。如果旋转滞涩, 检查轴上的定心销、加载联轴器的端面与螺栓的T型槽导轨。如有必要, 去除微动腐蚀并润滑零部件。

使用定在T-100N·m 的转矩指示扳手, 拧紧螺栓。直接更换已损坏的螺栓。不要在螺栓缺失的情况下运行试验台。

### C.2.2.2 转矩测量装置

应做到摩擦小, 易于转动。检查转矩测量联轴器中的轴承。

滚子轴承不应有深度的波纹痕迹。滑动轴承应易于滑动, 因此需要检查润滑情况。

### C.2.2.3 加载联轴器的支撑轴承

控制非摩擦位移和合理的润滑。几乎不需要更换支撑轴承。

### C.2.2.4 扭力轴

仅在发生塑性变形时需要更换。

在断齿或任何其他可能的超载后, 检查扭力轴与键槽的对中性。

检查扭力轴上的管螺纹是否配合紧密。

### C.2.2.5 法兰

所有法兰宜轻微热压于轴上。允许有微动腐蚀。

C.2.3 陪试齿轮箱

轴、油封、键等见C.2.1。

C.2.3.1 陪试齿轮副

检查陪试齿轮副有无点蚀、胶合或磨损。当有点蚀、胶合或可触摸感知的磨损痕迹时，更换或换个方向安装陪试齿轮副。

C.2.3.2 润滑

检查油位，必要时将齿轮油加注到接近轴的中心高度位置。

加注 ISO 6743-6 中定义的 CKC 或 CKD 型极压(EP) 成分的工业齿轮油，其质量应符合 ISO 12925-1的要求。推荐的ISO 黏度等级为220。

也可使用SAEJ306 黏度等级为90的 APIGL4 齿轮油。

根据运转小时数更换油品，至少每年1次。

C.2.4 其他零部件

C.2.4.1 加热单元

检查加热单元的功能。检查测温装置上“加热器打开”和“加热器关闭”的功能是否正常。

C.2.4.2 弹性联轴器

检查弹性联轴器的塑料滑块是否处于良好的工作状态。

C.2.4.3 电机

检查电机噪声是否增大。如有必要，加入润滑剂或更换轴承。

C.2.4.4 零件更换周期

假设每年进行60次~80次运转试验， 一般更换零部件的周期如下：

轴；	2 年
轴承：进行润滑油试验	1年~2年
进行润滑脂试验	2个月
油封：氟橡胶	1 年
齿轮箱：	5年~10年

不同的运行和润滑条件，实际数值可能会与以上数值有相当大的偏离。

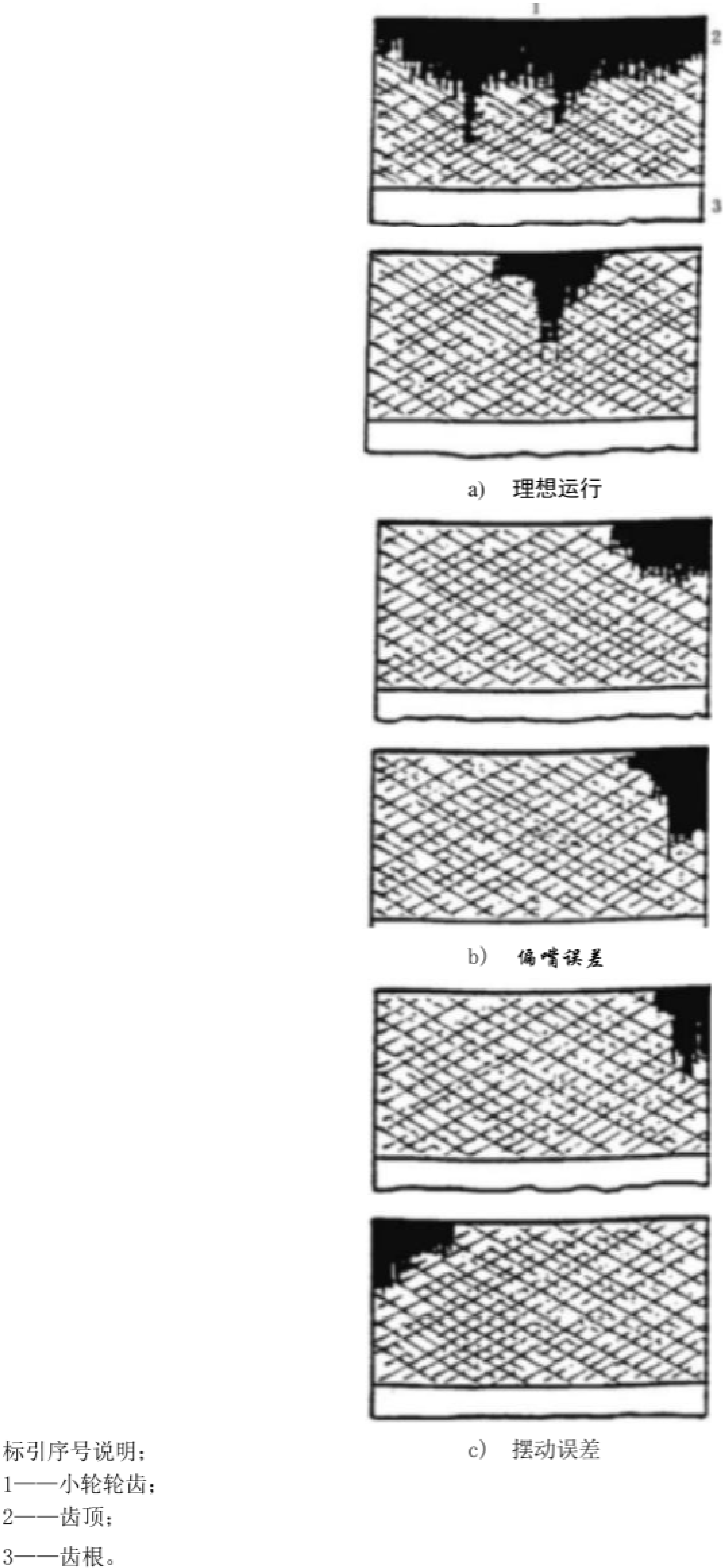


图 C.1 胶合痕迹反映的装置误差

参 考 文 献

[1]ISO 1122-1 Vocabulary of gear terms—Part 1;Definitions related to geometry

[2] ISO 5725-2 Accuracy(trueness and precision)of measurement methods and results—Part 2:Basie method for the determination of responsibility and reproducibility of a standard measurement method

[3]ISO/TS 6336-20 Calculation of load capacity of spur and helical gears—Part 20;Calculation of seuffing load capacity—Flash temperature method

[4] ISO/TS 6336-21 Calculation of load capacity of spur and helical gears—Part 21:Integral temperature method

[5] ISO 6743-6 Lubricants,industrial oils and related products(class L)—Classification —Part 6:Family C(gear systems)

[6] ISO/TR 10064-4 Code of inspection practice—Part 4:Recommendations relative to surface texture and tooth contact pattern checking

[7] ISO 10825-1 Gears—Wear and damage to gear teeth—Part 1:Nomenclature and characteristics

[8]ISO 10825-2 Gears—Wear and damage to gear teeth—Part 2:Supplementary information

[9] ISO 12925-1 Lubricants,industrial oils and related produets(class L)—Family C (gears)—Part 1:Specifications for lubricants for enclosed gear systems

[10] ASTM D5182 Standard Test Method for Evaluating the Scuffing Load Capacity of Oils (FZG Visual Method)

[11] CEC L-07-A-95 Lond-carrying capacity Test for Transmission Lubricants FZG Gear Machine

[12] CEC L-84-02 FZG Scuffing Load carrying capacity Test for High EP Oils

[13] DIN 4768 Determination of values of surface roughness parameters R<sub>a</sub>,R<sub>z</sub>,R<sub>q</sub>.....using electrical contact(stylus)instruments;concepts and measuring conditions"

[14]DIN 17210 Case hardening steels;technical delivery conditions"

[15]DIN 50150 Testing of steel and cast steel;Conversion table of Vickers hardness,Brinell hardness,Rockwell hardness and tensile strength"

[16] DIN 51354-2 Testing of lubricants,FZG gear test rig;method A/8.3/90 for lubricating oils

[17]IP334 Determination of Lond-carrying capacity of Lubricants FZG Gear Machine Method"

---

3) 已作废。  
4) 已作废。  
5) 已作废。  
6) 已作废。  
7) 已作废。



[www.bzxz.net](http://www.bzxz.net)

免费标准下载网