

前 言

本标准是根据 ISO 10825 : 1995《Gears—Wear and damage to gear teeth—Terminology》对 GB 3481—83《齿轮轮齿损伤的术语、特征和原因》进行修订的。

本标准在技术内容上等同采用 ISO 10825 : 1995, 以适应国际贸易、技术和经济交流, 符合国家鼓励积极采用国际标准的方针政策。

与 GB 3481—83 相比, 本标准在术语条目和图示方面有较多补充, 术语的分类也有变化。本标准仅为齿轮轮齿磨损和损伤的术语标准, 用来帮助辨别和记录齿轮的形貌和经一段运转时期后齿轮的状况, 未详述所描述各种状况的起因, 也未给出预防措施。

本标准的附录 A 是提示的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国齿轮标准化技术委员会归口。

本标准由机械工业部郑州机械研究所负责起草。

本标准主要起草人: 陈令浩、张元国、杨星原、许洪基、杨国卿、陶曼晞。

ISO 前言

ISO(国际标准化组织)是世界各国标准组织(ISO 成员国)的联合会。通常是由 ISO 的各技术委员会起草国际标准,对某一技术委员会的工作项目感兴趣的成员国有权参加该技术委员会的工作,与 ISO 有协作关系的国际组织、政府和非政府机构也可参加其工作。ISO 在电工标准化方面与国际电工委员会(IEC)密切合作。

由技术委员会通过的国际标准草案分发给各成员国投票表决,作为正式公布的国际标准需参加投票的成员国 75%以上赞成。

国际标准 ISO 10825 由 ISO/TC60“齿轮技术委员会”的 SC1“词汇和蜗杆传动”分委员会起草。

1 范围

本标准规定了用于描述齿面可见表面的形貌和齿轮上可观察到的损伤的术语。

对每条术语都给出其相应齿面的简明描述,包括指明所观察到的显著特征,以便识别所指状况的类型。

每种形貌的描述都确定了齿轮轮齿的一种状况和损伤类型,并配有一幅照片,或配多幅照片以显示在不同几何尺寸的轮齿上的差别。每幅照片都有说明以便于识别。

本标准仅给定了术语,用来帮助辨别和记录齿轮的形貌和经一段运转时期后齿轮的状况,未详述所描述各种状况的起因和预防措施。

2 齿面耗损的迹象 Indications of surface disturbances

2.1 滑动磨损 sliding wear

磨损是当两个表面作相对滑动时出现材料移失的一般性术语。

磨损包括润滑剂中杂质的磨粒作用所导致材料移失。

磨损也包括粘着磨损,即先局部焊合,随即分离,从而导致轮齿上的材料微粒转移。

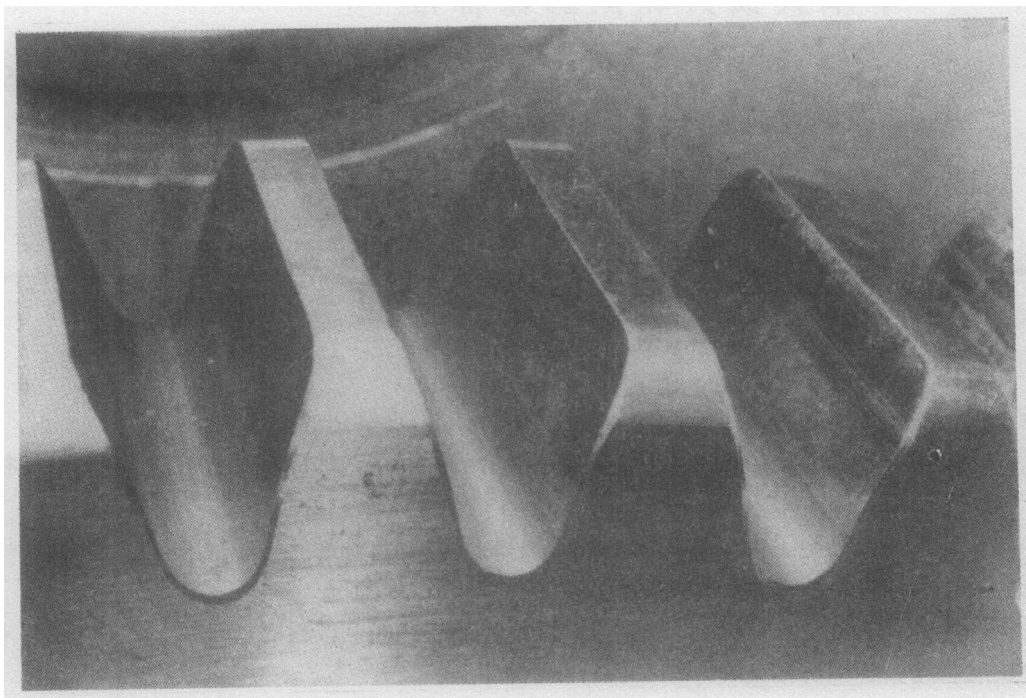
2.1.1 正常磨损(跑合磨损) normal wear (running-in wear)

这种磨损发生于齿轮运转寿命的早期阶段,齿面的机加工痕迹磨失,常呈现光亮状态。

这种类型的磨损有:

——中等磨损;

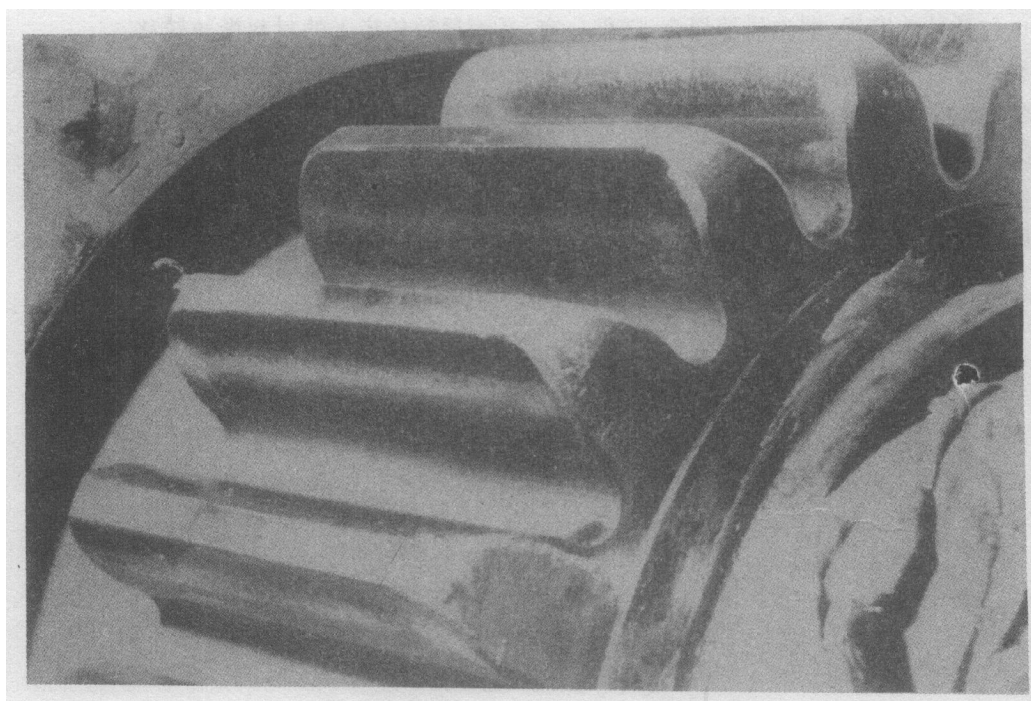
——磨光。



大齿轮齿面上的正常磨损。在图中,可看到齿面上的光亮区域以及带细微沟槽的区域。

2.1.1.1 中等磨损 **moderate wear**

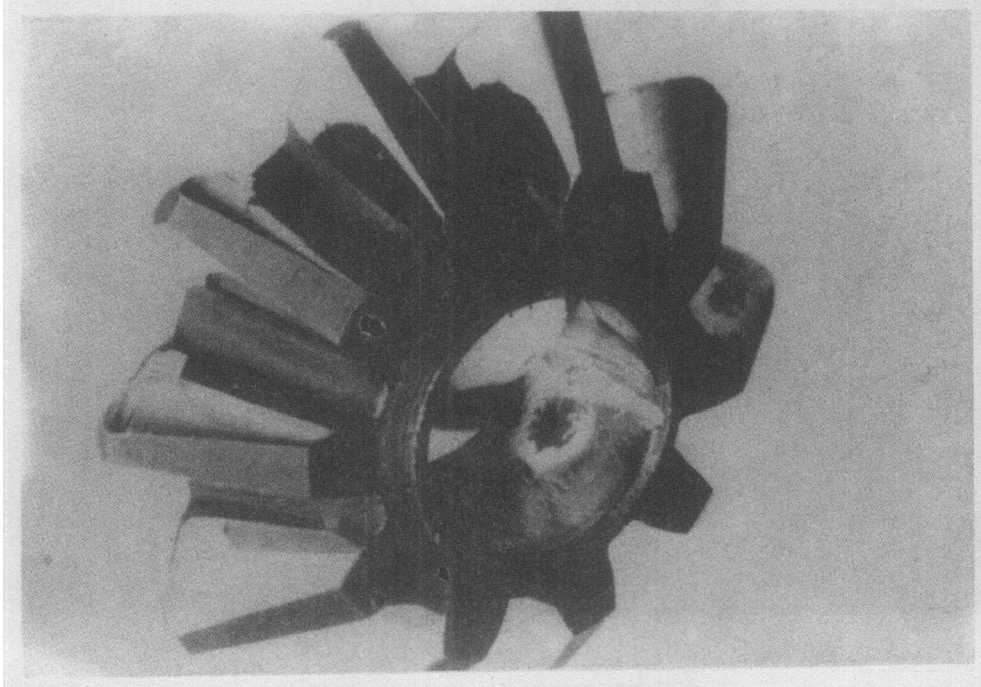
齿面的上齿面和下齿面都有金属移失,而在齿面上 节曲面附近表面开始呈现出一条连续的线带。



具有中等磨损的小齿轮齿面。齿面上工作节曲面的位置清晰可辨。

2.1.1.2 磨光 polishing

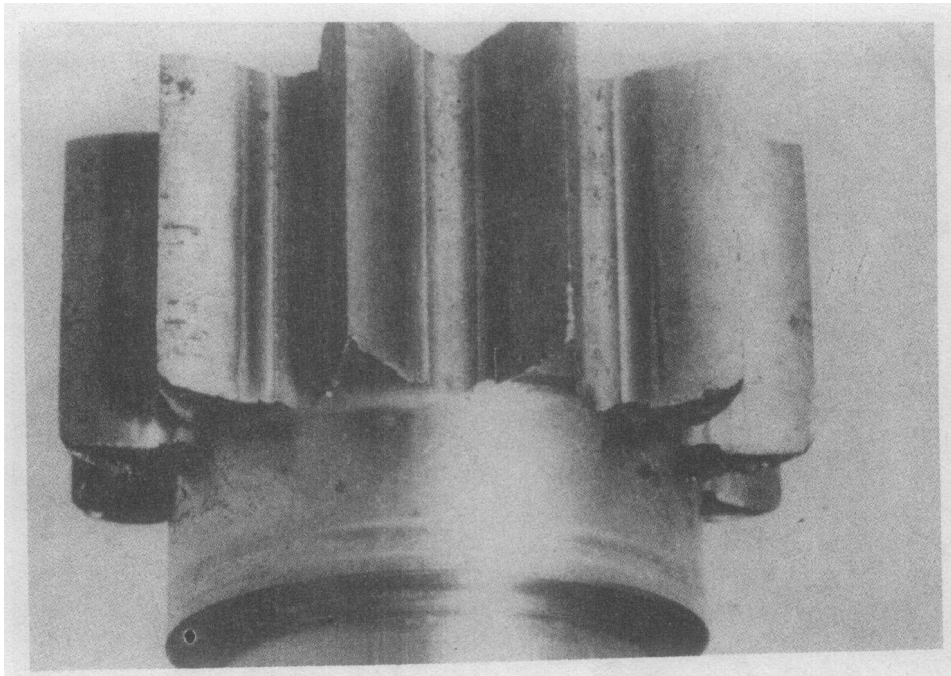
这是一种非常缓慢的磨合过程,两接触齿面的凹凸不平被逐步磨去,直到产生光滑镜面的齿面。



汽车差速器锥齿轮副的小齿轮所有轮齿的有效齿面都磨光了。

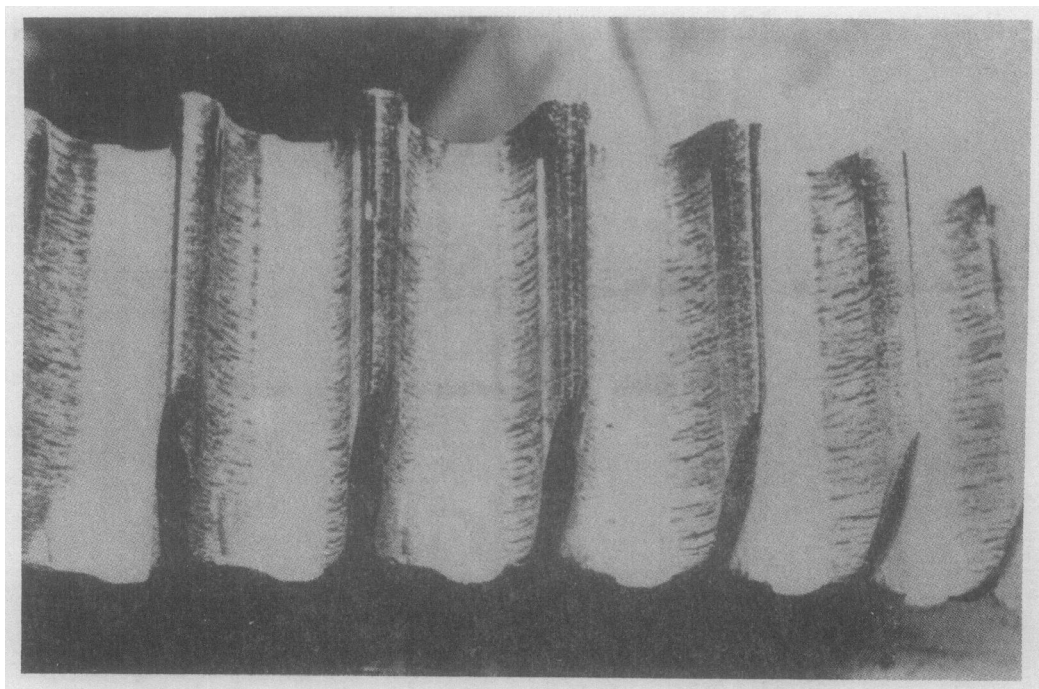
2.1.2 磨料磨损 abrasive wear

这种磨损指由于悬浮在润滑剂中或嵌入啮合齿面上的坚硬微粒,如金属碎屑、氧化皮、锈蚀物、砂粒、研磨粉或类似物使齿面材料移失或错位。



小齿轮正反齿面由于磨料磨损齿顶被磨尖。轮齿的有效齿面是光滑的,但由于相啮齿轮的齿面上嵌入坚硬微粒使齿面也出现径向划痕。

在各轮齿端部可见塑性变形。

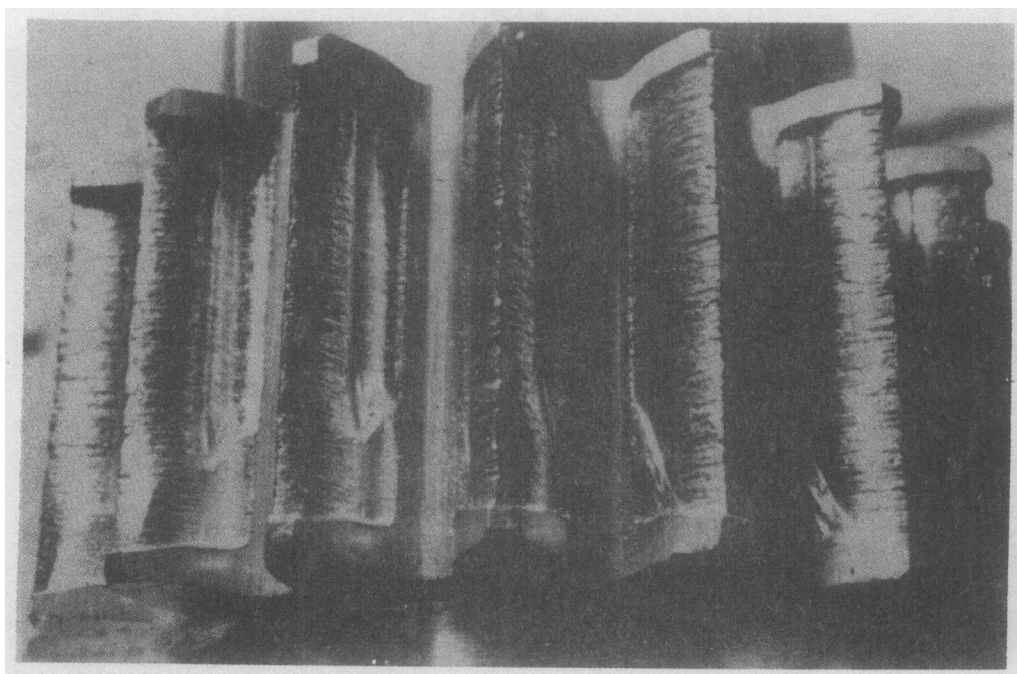


磨料磨损使齿轮轮齿正反齿面上有明显的材料移失。

在齿面的齿根高部分可见深的径向沟槽。

2.1.3 过度磨损 **excessive wear**

过度磨损的形貌类似于中等磨损或磨料磨损,但其发展较快,会使齿轮副达不到设计寿命,齿面有大量的材料移失。

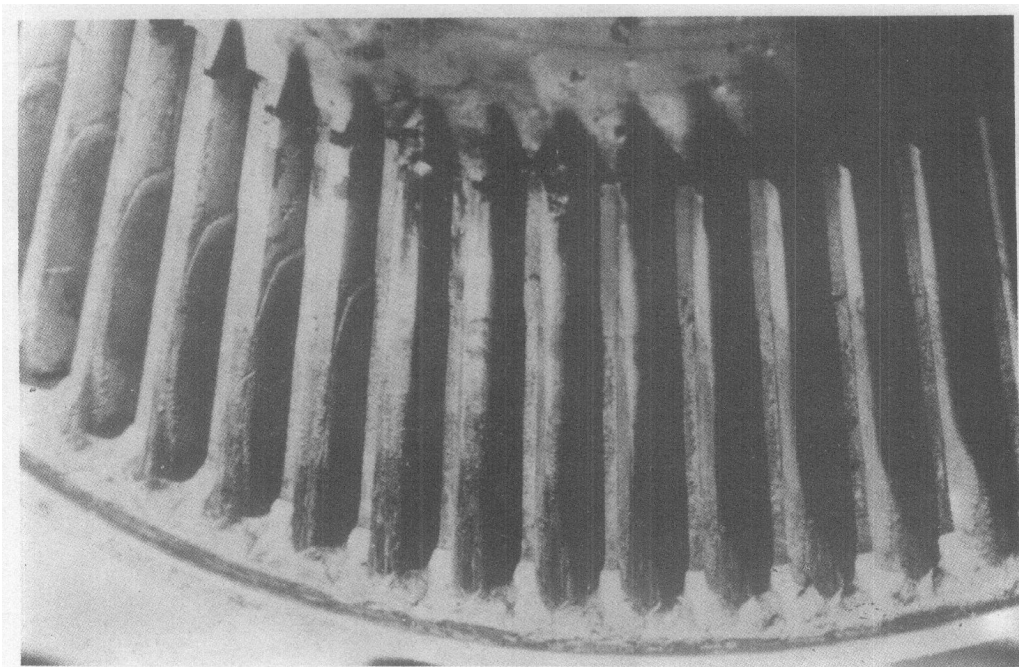


小齿轮正反齿面由于磨料磨损而出现的过度磨损。

注：当轮齿几何形状改变过大时,磨光也可引起过度磨损。

2.1.4 中等擦伤 moderate scratching (scoring)

在齿面滑动方向上形成间隔不均匀、长短不一、且常常是散布在齿面上的细微沟槽。

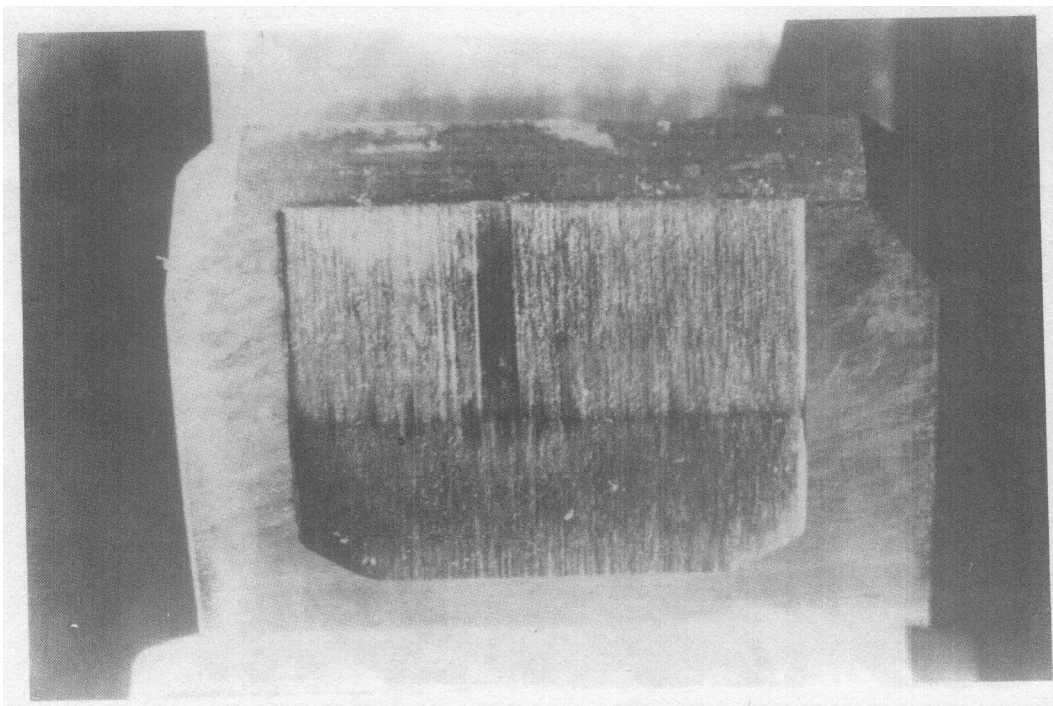


可看到的细微沟槽分布在磨齿小齿轮的齿面顶部附近。在此例中擦痕在各轮齿上呈规律分布,也见 2.1.1 中图。

注意下齿面上的磨齿痕迹。

2.1.5 严重擦伤 severe scratching

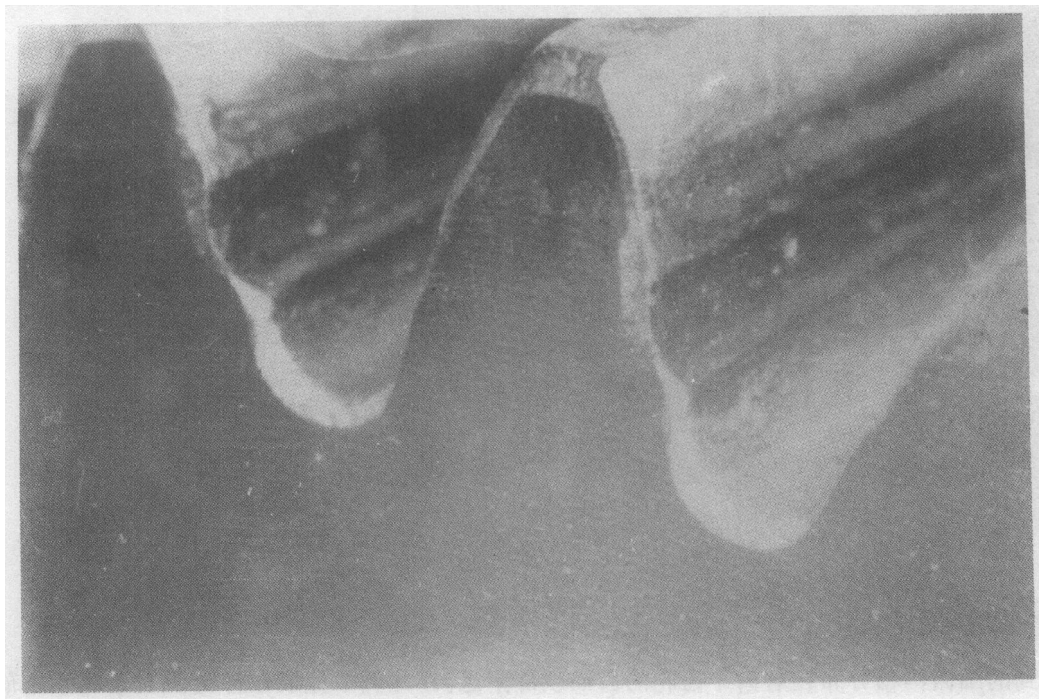
磨料磨损的一种形式。其特点为在轮齿滑动方向有直线型沟槽,这些沟槽光滑,类似于“起脊”(见 4.4)产生的沟槽,但它是由啮合齿面本身的凸凹不平或其间嵌入的坚硬微粒划伤所致。



轮齿整个接触面的严重擦伤。在工作节曲面附近表面磨损不太严重。严重擦伤的另一类型见 2.1.2 中图。

2.1.6 干涉磨损 interference wear

轮齿齿顶或与其啮合轮齿齿根的磨损。它是由齿顶或另一齿轮齿根的过多材料引起,其结果是刮去和磨去两齿轮轮齿的齿根和齿顶的材料,导致在齿根部挖出沟槽,齿顶部滚圆。

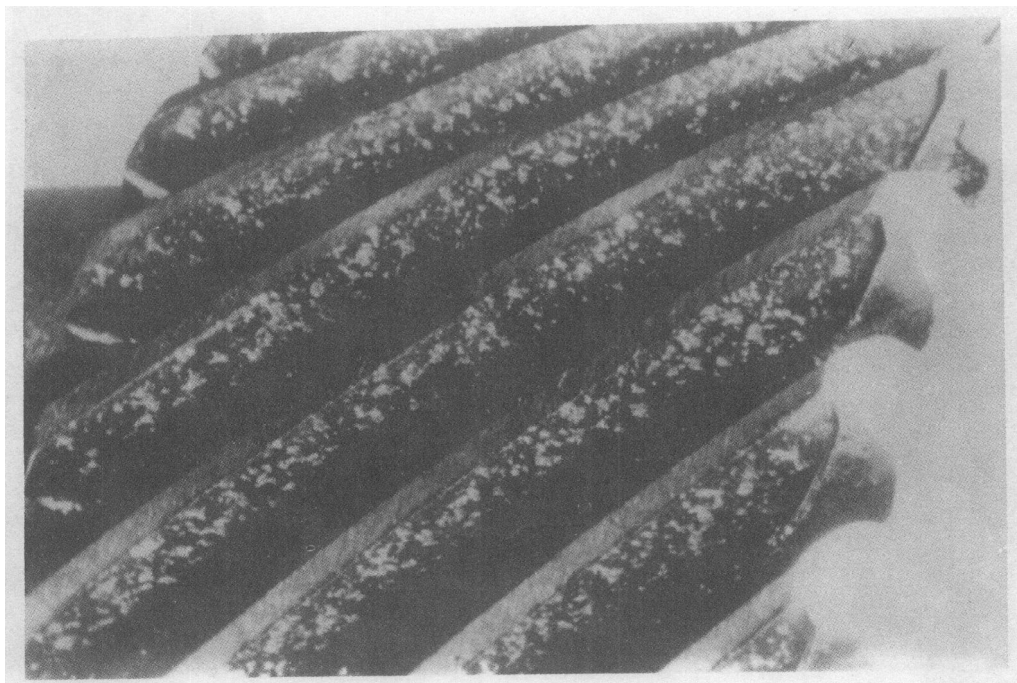


大齿轮齿面的干涉磨损。

2.2 腐蚀 corrosion

2.2.1 化学腐蚀 chemical corrosion

由化学浸蚀引起的齿面剥蚀,一般迹象是在整个齿面布满微小凹痕和晶界被氧化。在齿面有效部分有时可看到红棕色锈迹。



由于化学浸蚀而导致齿轮齿面的大面积腐蚀。

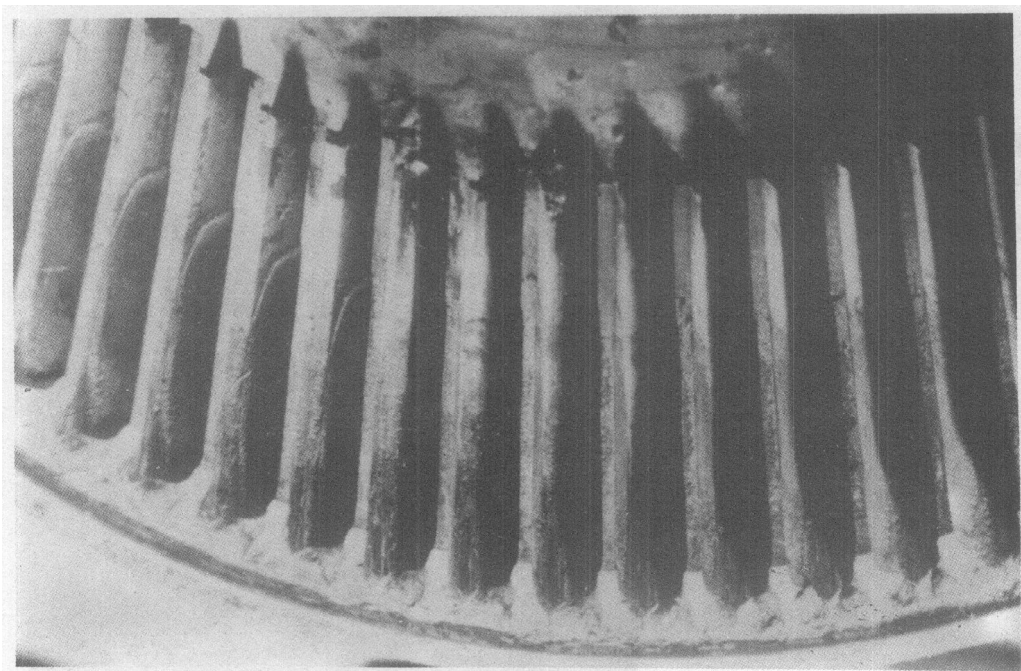
这种性质的损伤可以一直延续下去,直到齿轮不能再使用。

2.2.2 微动腐蚀 fretting corrosion

由一个接触面相对于另一个接触面的反复微小运动而引起的齿面损伤。这种微小运动的结果导致产生细微的红棕色氧化微粒。

这些微粒滞留在接触区域内,它们的磨损作用加速了齿面的损坏进程。

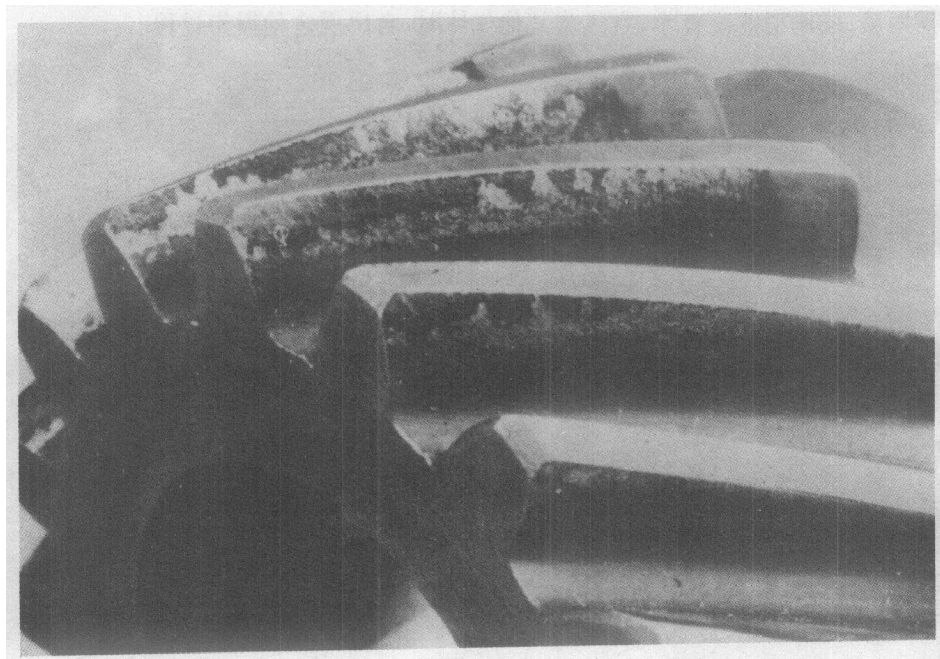
非运转状态的齿轮装置如果受到结构振动的影响,如齿轮装置在运输过程中受到振动,齿轮可能出现微动腐蚀。



齿轮联轴器的内齿轮齿面上的微动腐蚀。

2.2.3 鳞蚀 scaling

由于热处理过程中的氧化作用,在齿面上产生的一些不规则凸起面。齿轮在载荷下运转,最初是由齿面上这些凸起部分传递动力,很快凸起面就呈现出金属光泽。

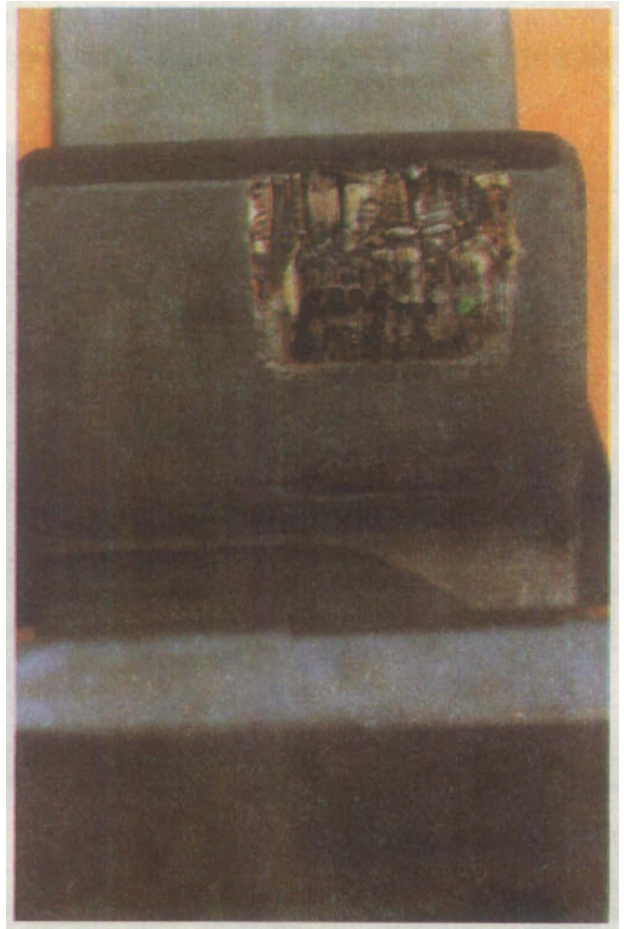


斜齿小齿轮轮齿上的鳞蚀。

2.3 过热 overheating

通常,由于不适当的润滑或过小的齿轮副侧隙会使齿轮温度过高。在后一种情况下轮齿工作面和非工作面都有承受过重载的痕迹,齿面出现回火色,也可常看到胶合区和塑性变形。

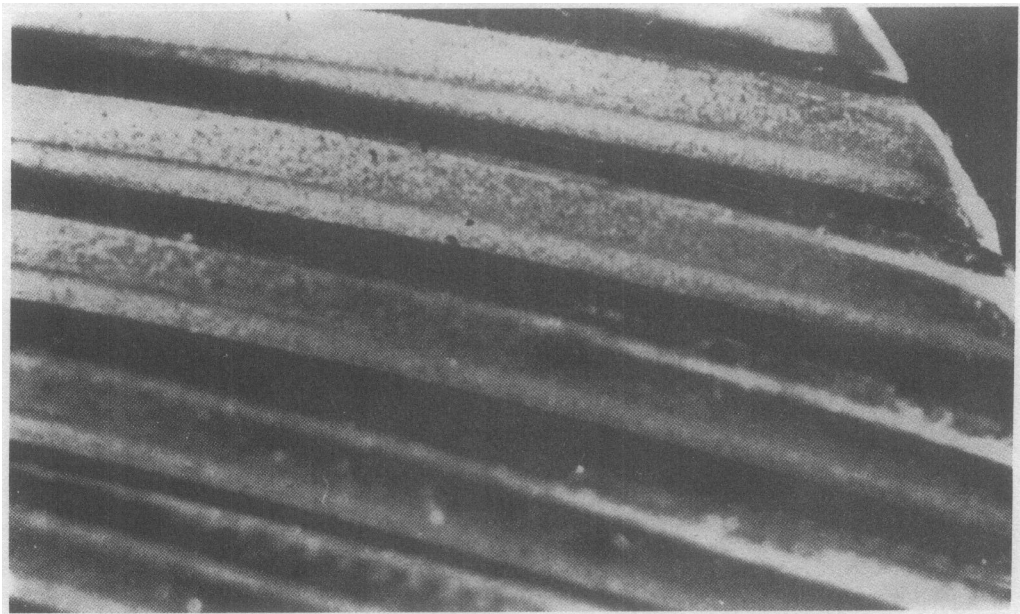
在齿轮轮齿有效齿面上由于运转中突然严重过载而产生的过热。



2.4 侵蚀 erosion

2.4.1 气蚀 cavitation erosion

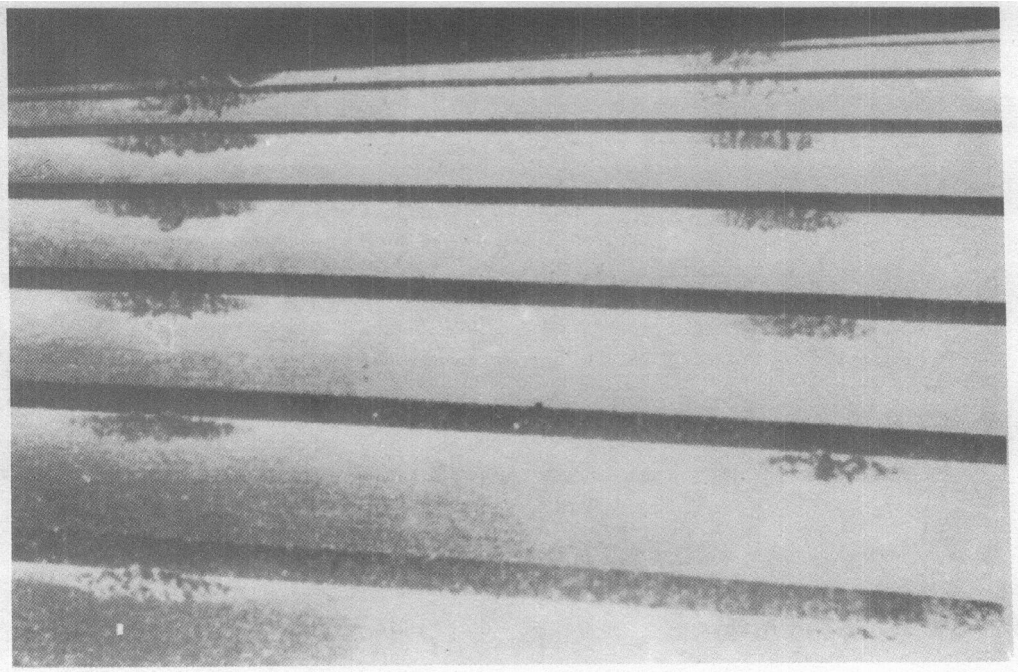
齿轮所有齿面呈现出均匀分布的局部凹痕,即轮齿的整个齿面好象喷砂处理过一样。当有高频振动,或润滑剂混有水、空气或其他气体时,会出现这种损伤过程。



齿轮齿面上的气蚀。

2.4.2 冲蚀 hydraulic erosion

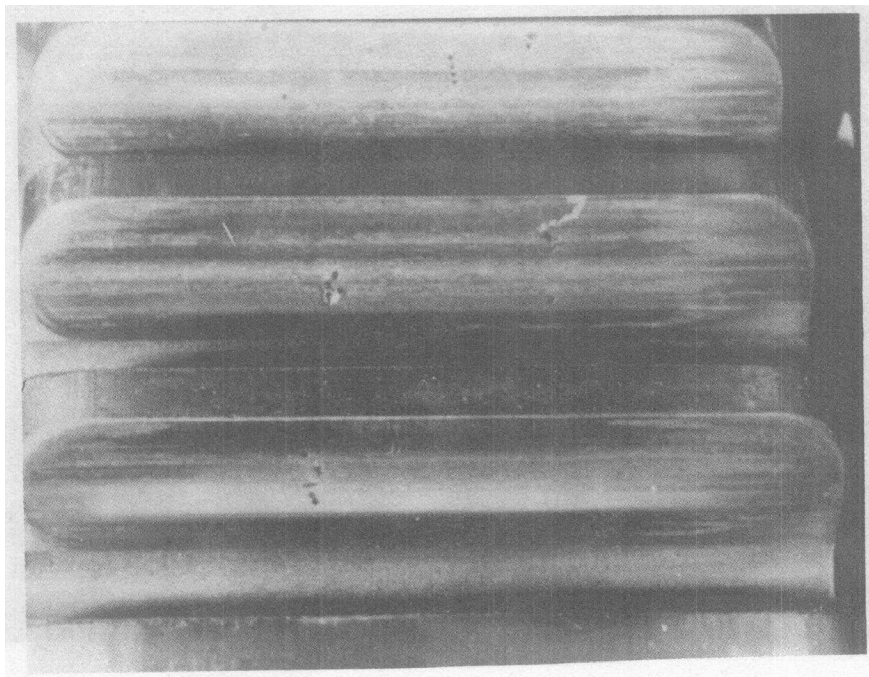
由于喷射液体、或含空气或细小微粒的液体的作用而在齿面出现的一种侵蚀。



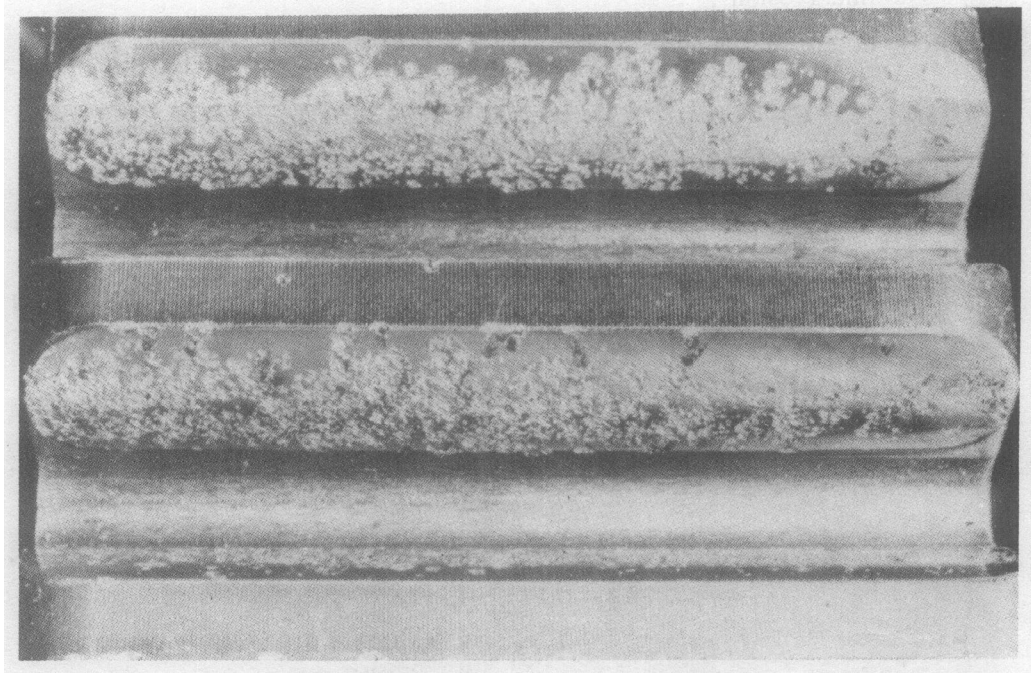
高速运转齿轮齿面顶部的冲蚀,其部位与润滑剂喷嘴的方向一致。

2.5 电蚀 electric erosion

由于齿轮啮合齿面间放射出的电弧或电火花的作用在齿轮齿面上形成的许多边缘光滑的小弧坑。齿面有时出现较大面积灼伤,其边缘呈现出回火色。



由于小电流引起的电蚀。

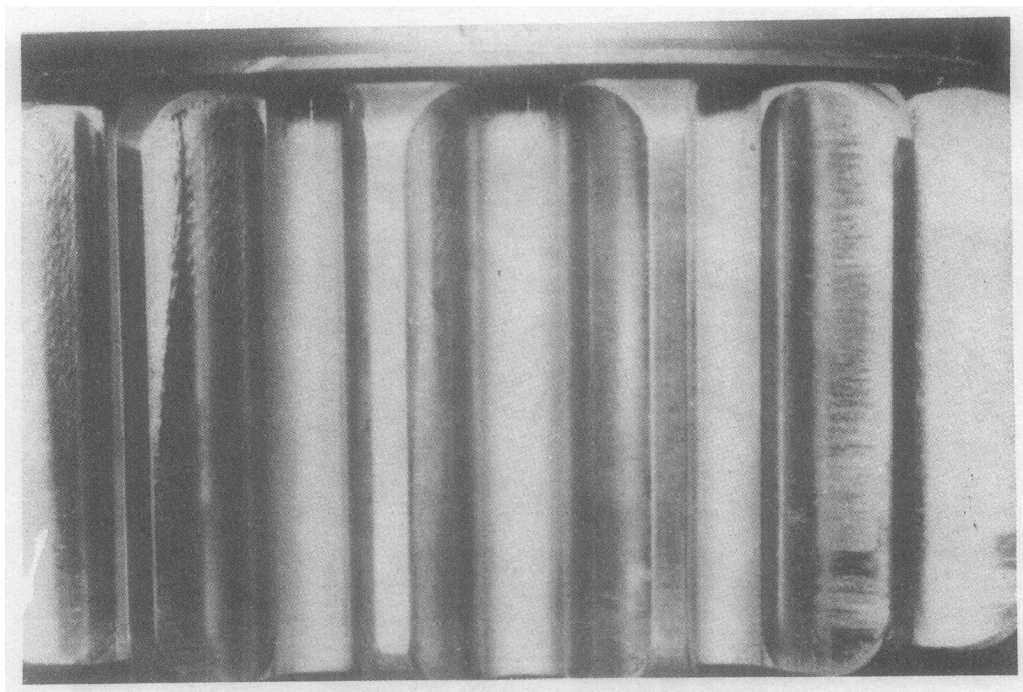


由于大电流引起的严重电蚀。

3 胶合 Scuffing

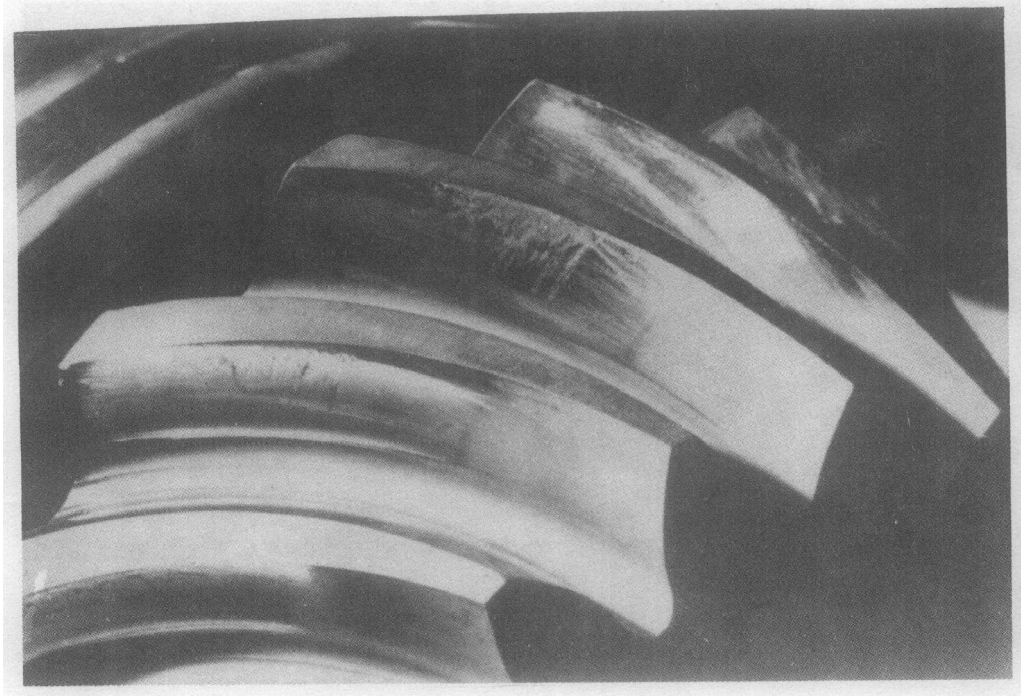
轮齿齿面在滑动方向上形成的带状粗糙部分。它的粗糙度随轻度胶合至严重胶合而变化。齿面间润滑油膜的破裂能导致齿面间局部焊合,并伴有齿面材料迁移。

通常在齿顶或齿根部位的小面积胶合可自行恢复正常〔见图 a)和图 b)〕。齿面大面积的严重胶合则会引起噪声和振动增大,若不采取补救措施最终将导致齿轮失效〔见图 c)和图 d)〕



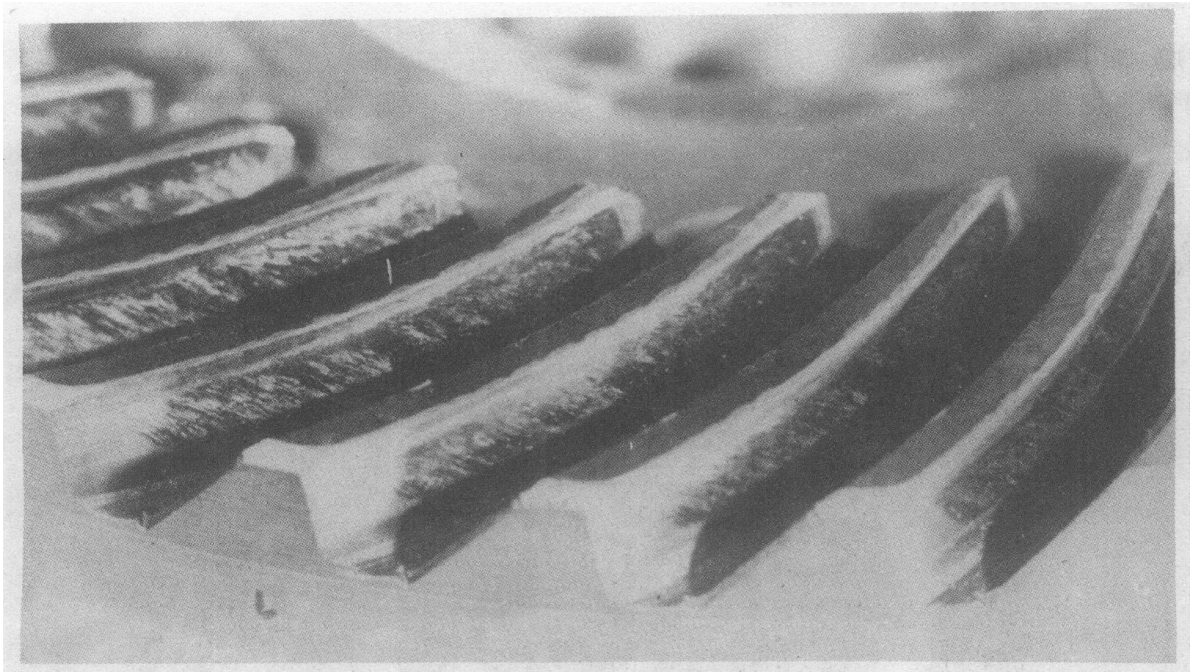
a)

磨齿小齿轮齿面顶部的轻微胶合。通常在良好工况下这类胶合在运转期间会自行恢复正常。



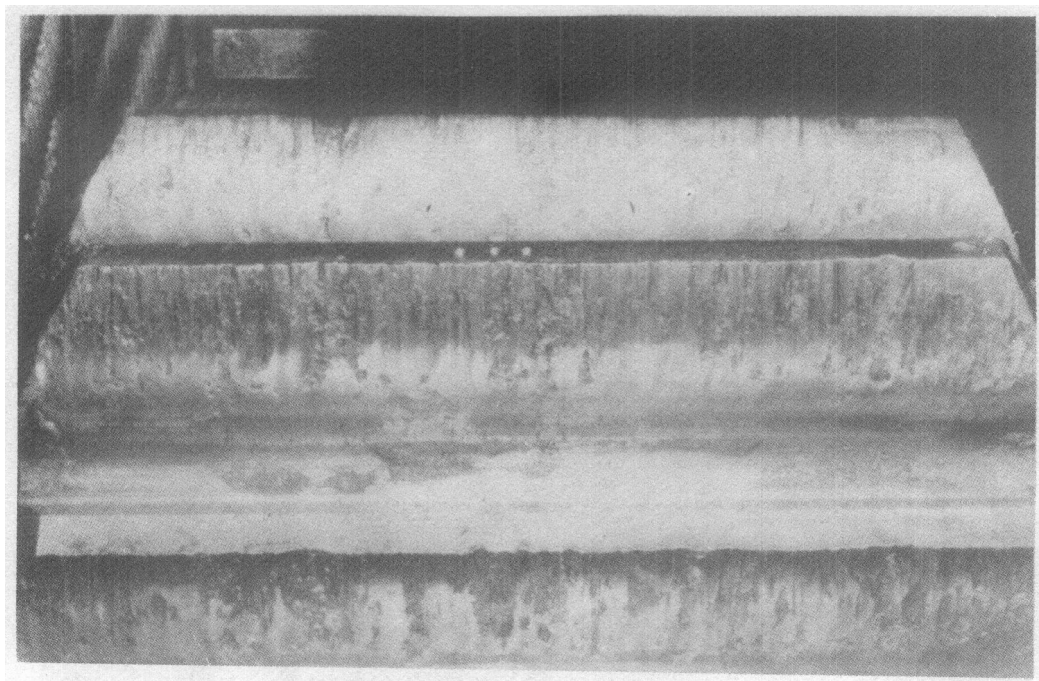
b)

弧齿锥齿轮齿面顶部的局部胶合。若引发胶合的机制不再发生,这类损伤往往可自行恢复正常。



c)

弧齿锥齿轮轮齿上的严重胶合。有时这种损伤会引起工作温度升高。



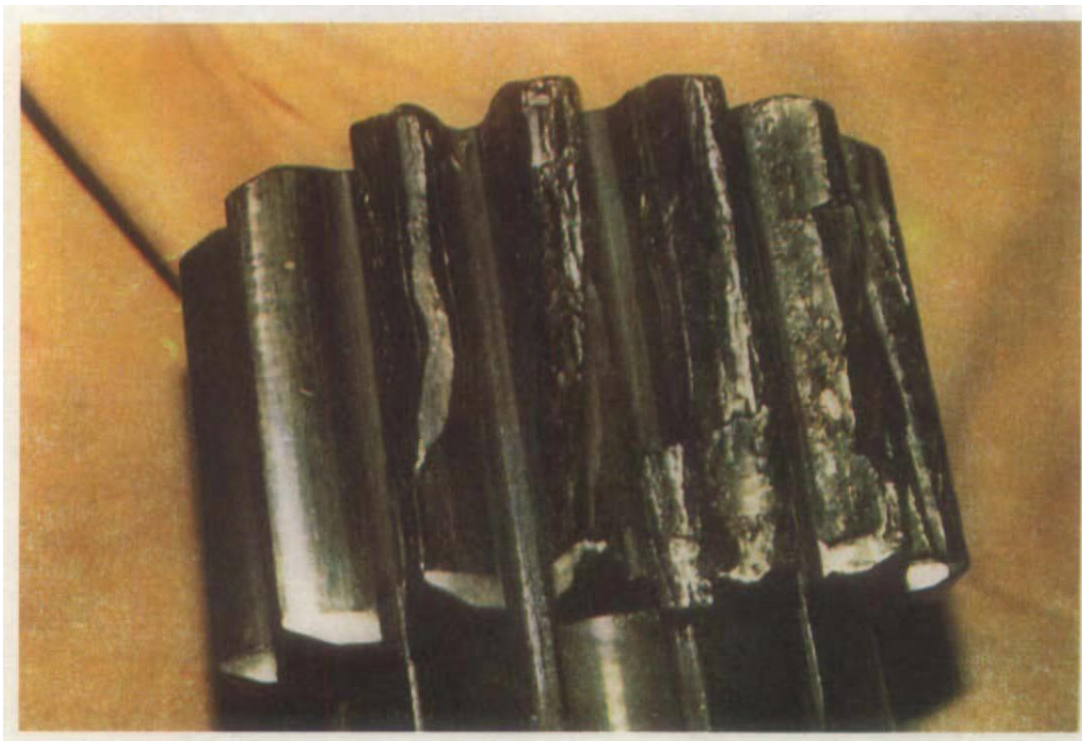
d)

在低速、脂润滑条件下运转的小齿轮轮齿上的严重胶合。
这类损伤通常称为“冷胶合”。

4 永久变形 Permanent deformations

4.1 压痕 indentation

由于外来物通过啮合过程而引起的齿面凹陷。



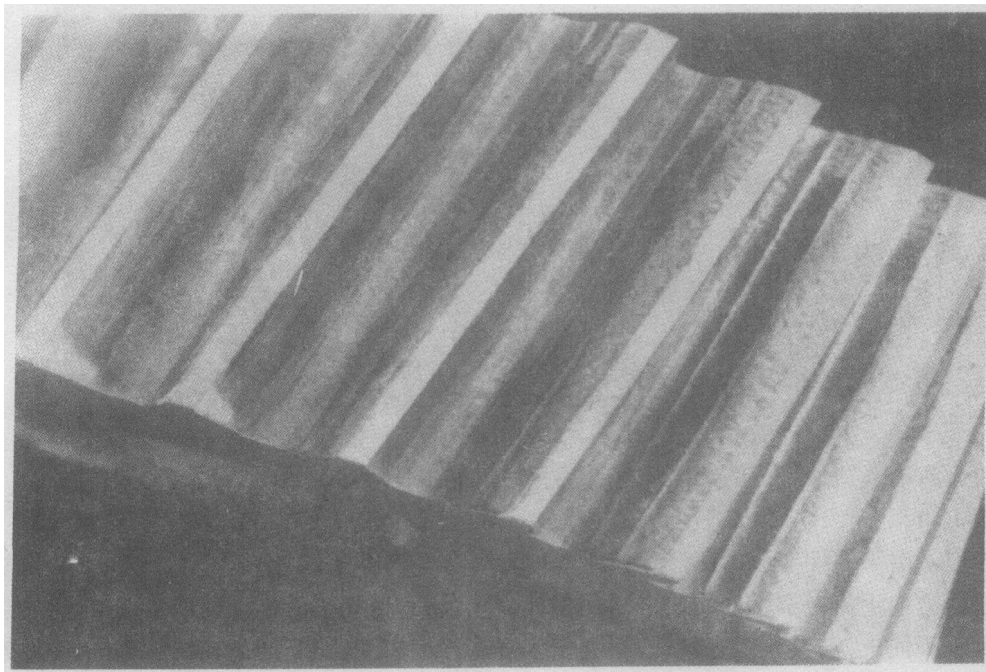
由于金属微粒通过啮合过程而引起的小齿轮几个轮齿上的压痕。

4.2 塑性变形 plastic deformation

卸去施加的载荷后不能恢复的变形。轮齿撞击可使齿轮轮齿弯曲、压陷,或在超高载荷和摩擦条件下运转的齿轮副由于轮齿的滚动和滑动作用可使齿面材料流动。

4.2.1 滚压塑变 plastic deformation by rolling

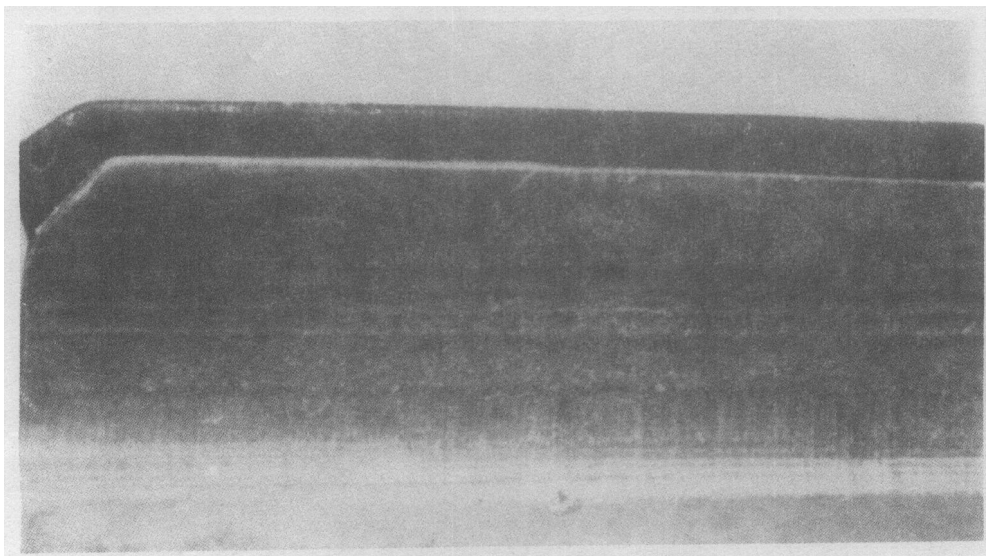
主动齿轮齿面上节圆柱面附近的材料向齿根和齿顶流动,并在齿根和齿顶常看到飞边,而从动齿轮齿面上相应材料向节圆柱面附近流动,因此,在主动齿轮齿面上产生沟槽,相应在从动齿轮齿面上出现起脊。



轮齿的滚压塑变。图为一从动齿轮,其齿面上工作节曲面附近明显的隆起清晰可见。

4.2.2 轮齿锤击塑变 plastic deformation by tooth hammer

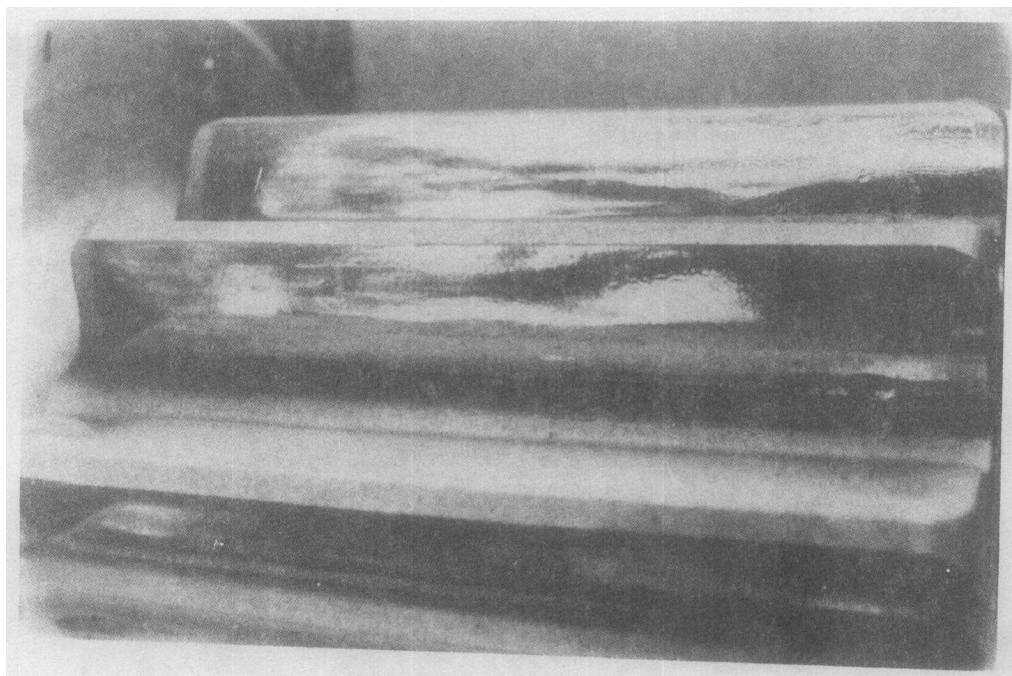
这种变形的特征是在齿面上易看到浅沟槽,沟槽与啮合轮齿间的接触线一致。



内齿轮工作齿面上由于轮齿锤击产生的塑性变形,在齿顶形成了明显的飞边。

4.3 起皱 rippling

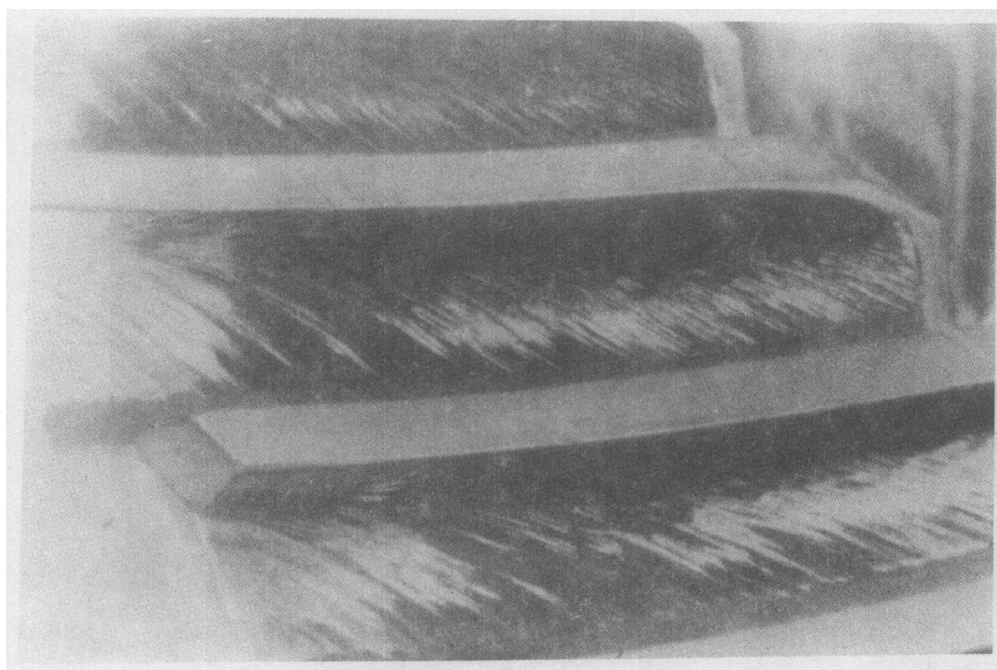
齿面上垂直于滑动方向的微小皱纹。这些小皱纹本身也是波状的,而不是直的,看上去其形状如同风吹沙土,水冲泥浆一样,只是规模小得多而已。



小齿轮轮齿右端载荷最大处的起皱。这种类型的起皱多发生于高度抛光的齿面。

4.4 起脊 ridging

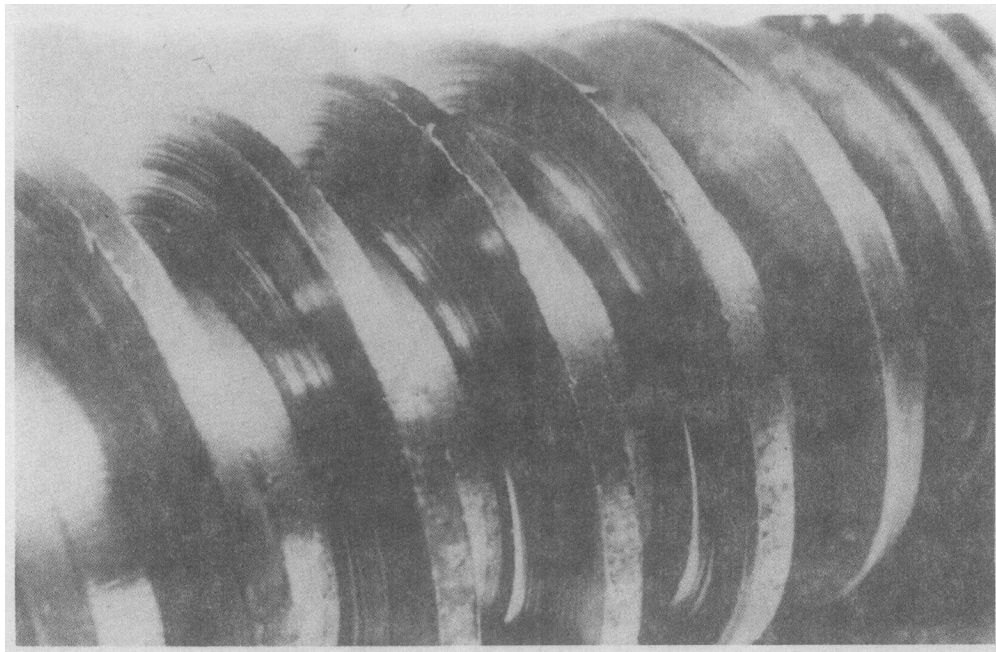
在齿轮齿面上由于塑性变形,有时是由于磨损,而形成的明显的隆起和沟槽。这种损伤形式最常见于在轮齿接触线方向上有一显著的滑动分量的低速齿轮齿面上(如蜗杆传动和准双曲面齿轮传动),起脊产生于低硬度齿面上,若接触应力较高,也会产生于高硬度齿面,如车辆驱动桥上用的表面硬化准双曲面齿轮。



弧齿锥齿轮有效齿面上较明显的起脊。

4.5 飞边 burrs

由于伴有高摩擦的重载荷或由于胶合的作用,在轮齿边缘形成粗糙且常为尖锐的凸出外延部分,有时也会在制造过程中产生。



蜗杆螺旋工作面顶部的明显飞边。这种飞边是由于压力和沿有效齿面滑动的作用产生塑性变形所致。

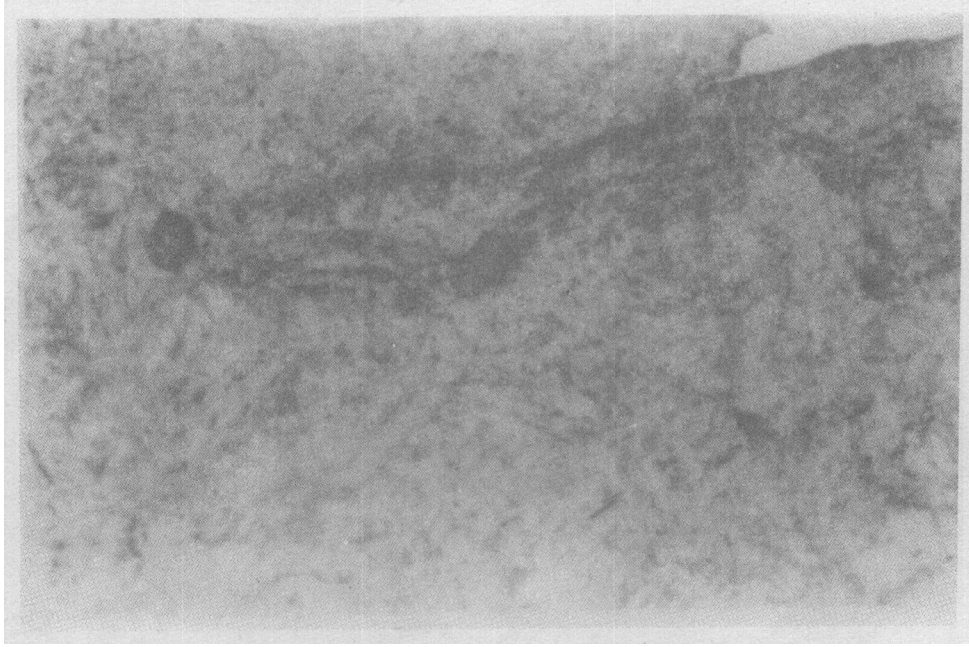
5 齿面疲劳现象 Surface fatigue phenomena

由于力的反复作用在表面和次表面产生应力而导致的材料损伤,其特征为齿面金属材料的移失并在齿面上形成一些凹坑。

这类损伤属疲劳损伤,不是磨损。

5.1 点蚀 pitting

滚动接触或滚动与滑动混合接触的齿面疲劳现象。损伤面的颗粒脱落使齿面呈散布麻点状。

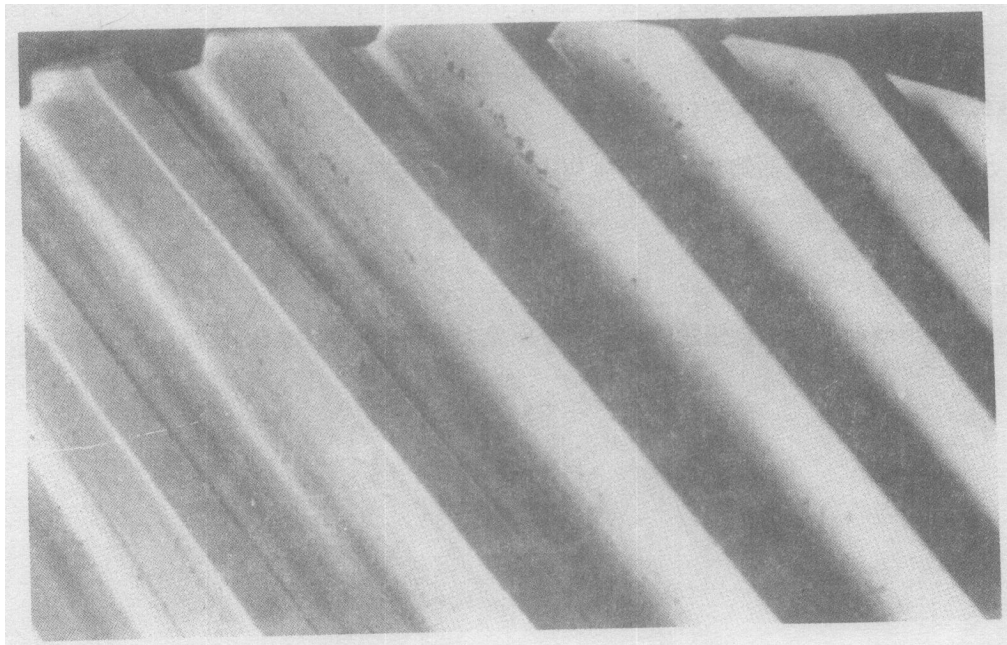


表示齿面一个蚀坑如何在齿面里层发展的一轮齿横截面。

放大倍数:1 000

5.1.1 初期点蚀 initial pitting

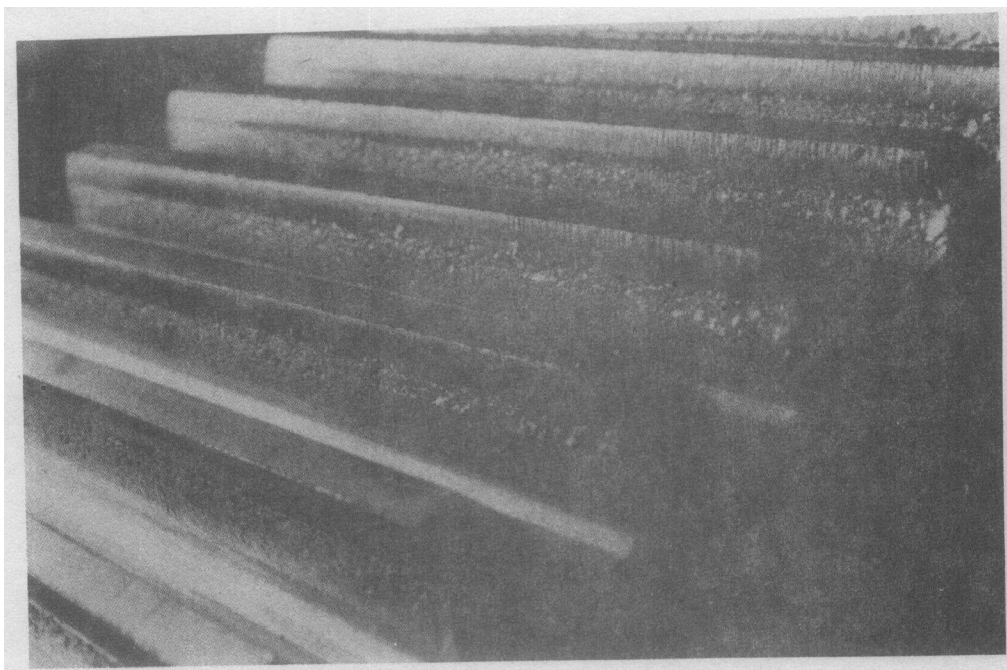
齿面上的小蚀坑很浅,一般起因于凹凸不平接触。通常随着点蚀的作用,凸出部分被消除后,齿面载荷便重新分布,点蚀不再进一步发生(即点蚀受到抑制)。轮齿初期点蚀见于齿轮运转的初期阶段,甚至在低于额定载荷下跑合后,早期也会出现。



大齿轮齿面的初期点蚀。点蚀密度最大区与表面载荷最高区相一致。

5.1.2 扩展性点蚀 **progressive pitting**

在齿轮的整个寿命期间,这种点蚀以一种有加快趋势的速度连续扩展,有时会有一些间断的抑制,但随后点蚀又进一步发展。



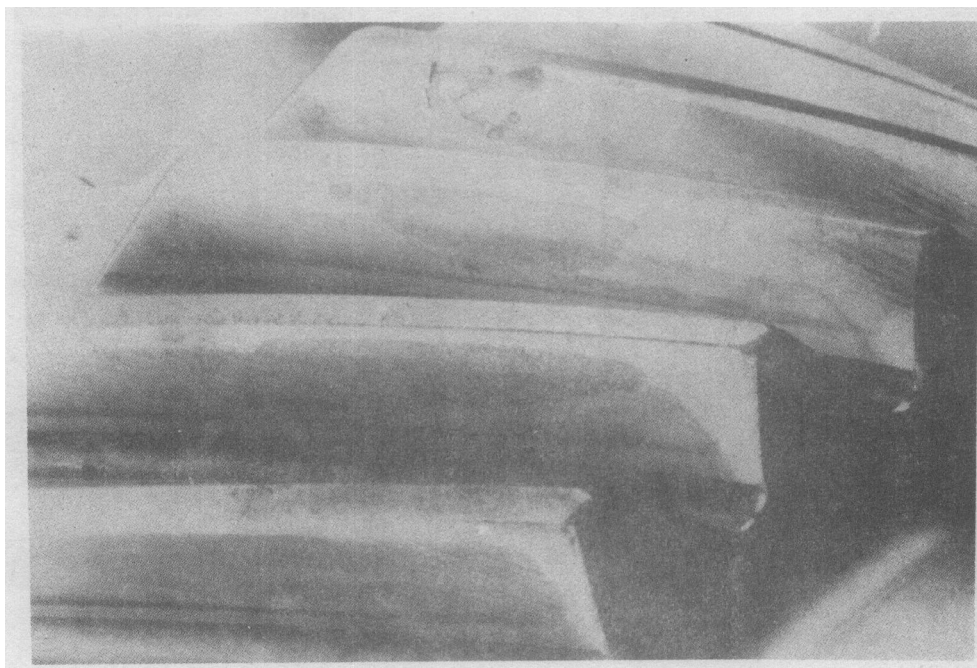
调质齿轮有效齿面上的扩展性点蚀。

最大蚀坑在齿面上节曲面附近,较小的蚀坑在下齿面。

在下齿面,滑动运动的分量和滚动运动的分量方向相反,所以它们的速度相对增大。

5.1.3 微点蚀 **micropitting**

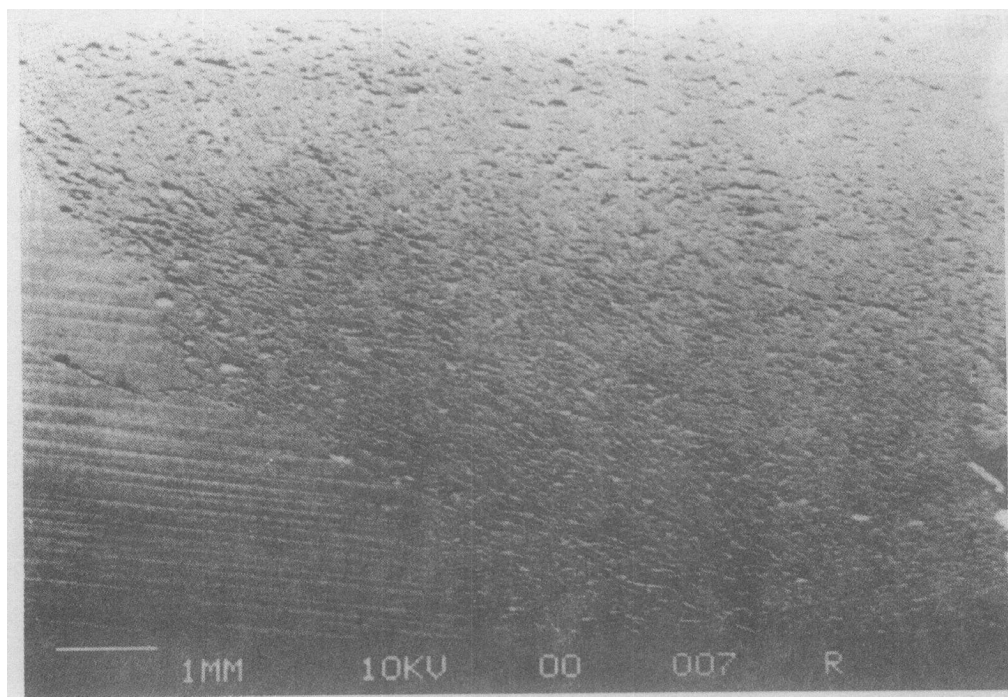
油膜相对于重载很薄的润滑条件下运转的齿轮副工作齿面的损伤。损伤面放大后可见密密麻麻成片的微小蚀坑或微小裂纹。



表面硬化小齿轮有效齿面上的微点蚀。

在此例中,由于齿形偏差和螺旋线偏差的影响,微点蚀在整个齿面上呈不规则分布。

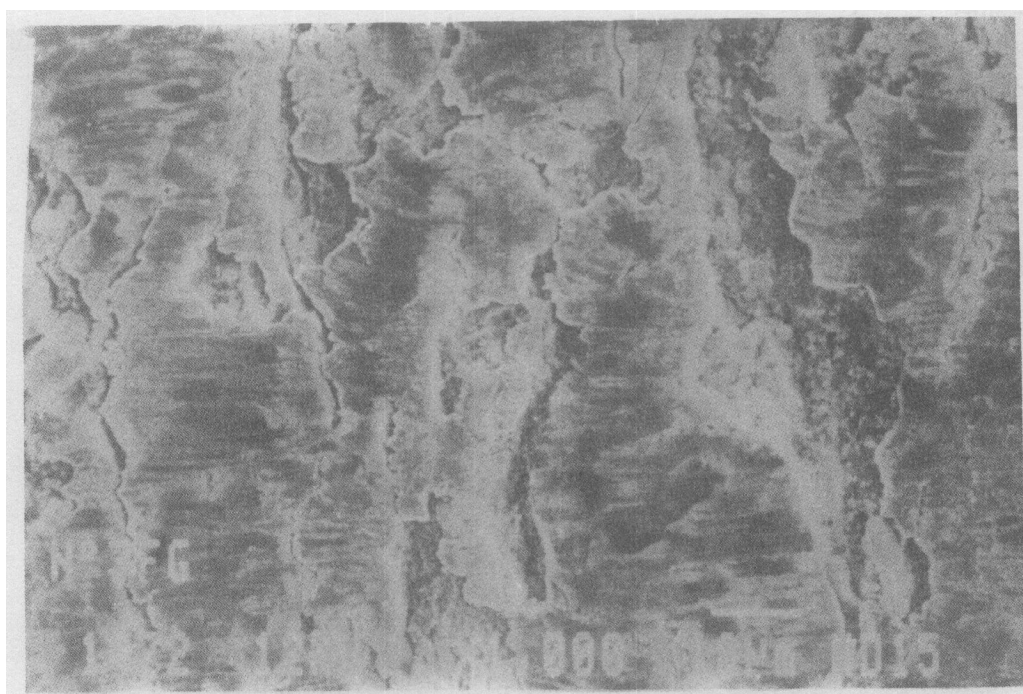
滑动方向 ↑ 或 ↓



在低放大倍数显微镜下齿面的微点蚀。

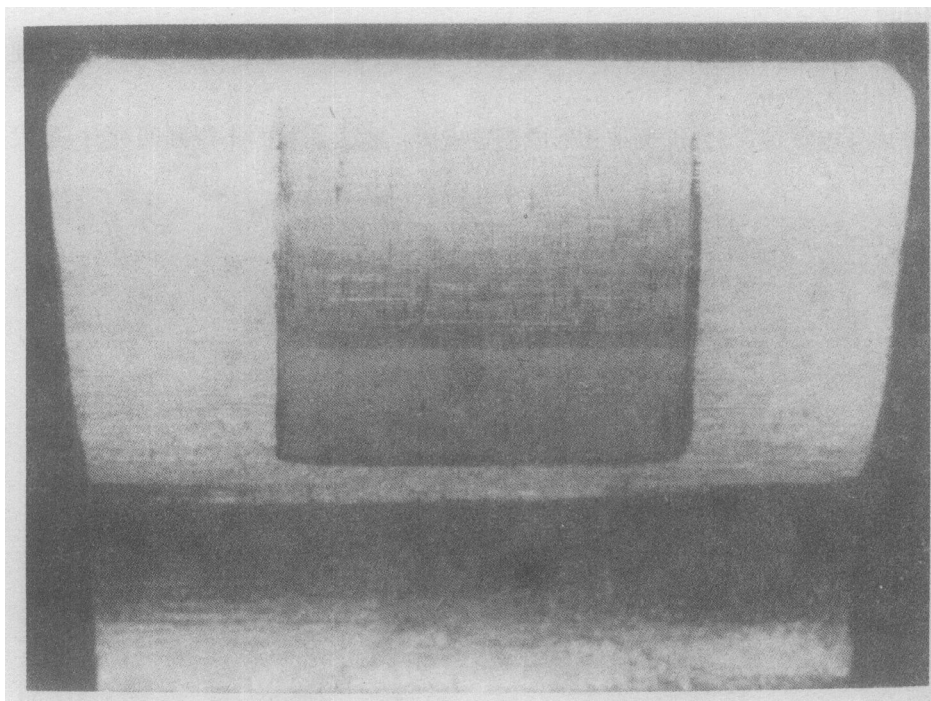
放大倍数:15

滑动方向←或→



在高放大倍数显微镜下齿面的微点蚀。

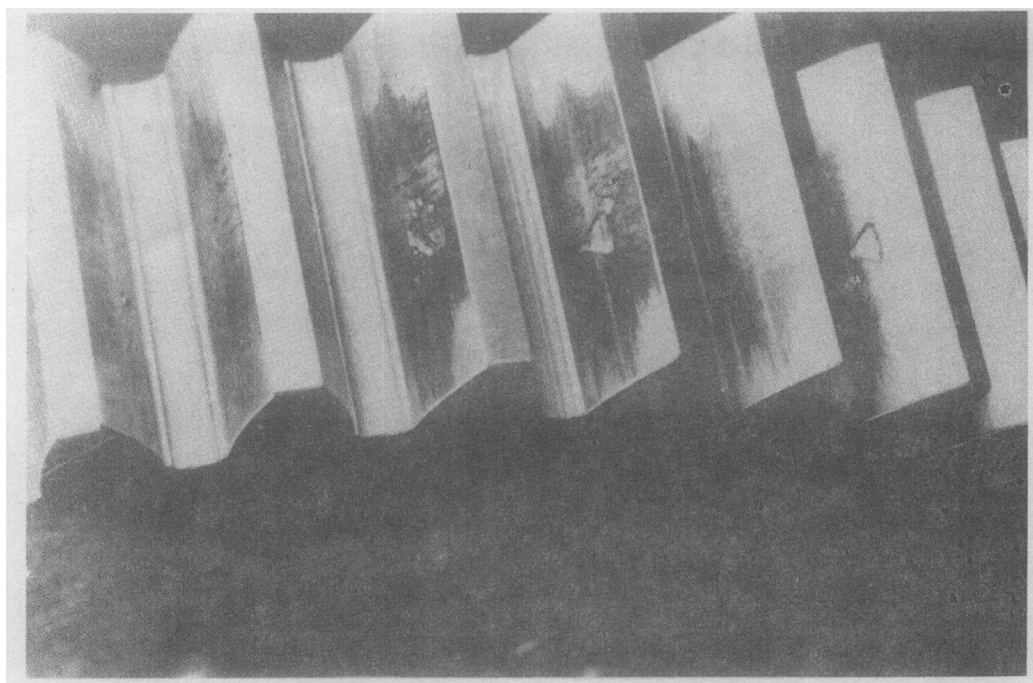
放大倍数:1 000



均匀分布于表面渗碳小齿轮轮齿下齿面的高密度微小蚀坑。

5.2 片蚀 flake pitting

齿面损伤的一种形式。其特征是齿面材料有较大面积的薄碎片脱落,使齿面出现形似倒三角形的深度大致相同的浅坑。

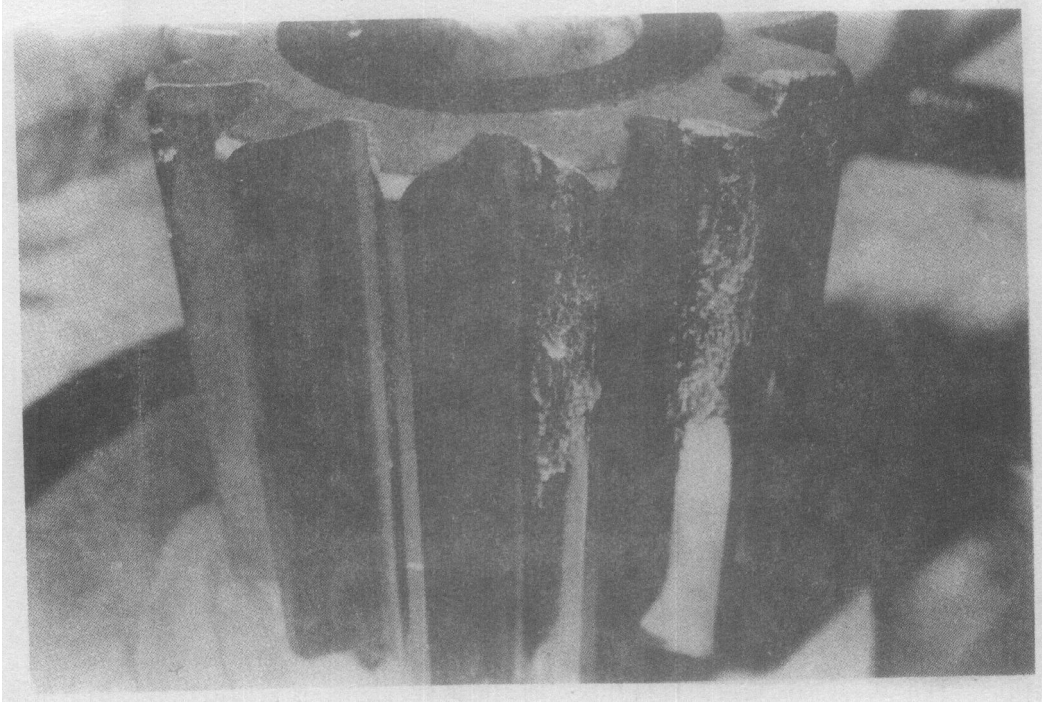


轮齿有较大鼓形量的直齿大齿轮有效齿面上的片蚀。
这种调质齿轮因严重过载而出现损伤。

5.3 剥落 **spalling**

术语剥落有时也可用来代替术语片蚀(6.2),但剥落特别用来表示脱落的碎片厚于齿面硬化层且形状不规则的类似于片蚀的损伤。

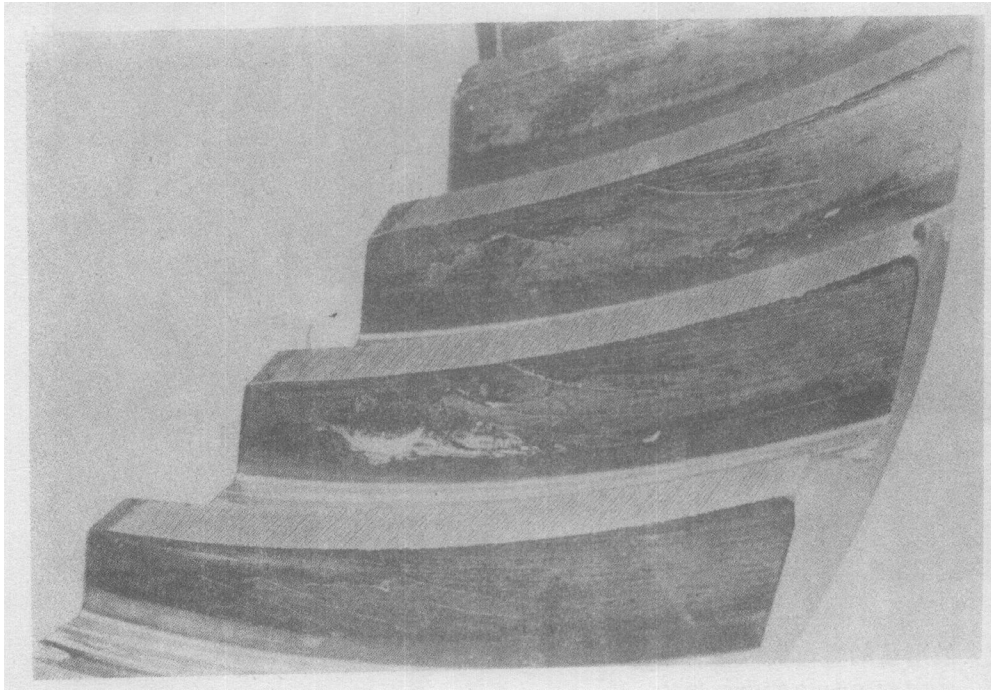
剥落是一种扩展性微点蚀,当蚀坑聚结并形成覆盖齿面一较大面积的不规则凹坑时,就发生剥落。



氮化小齿轮几个轮齿上最大负载区域的剥落。

5.4 表层压碎 **case crushing**

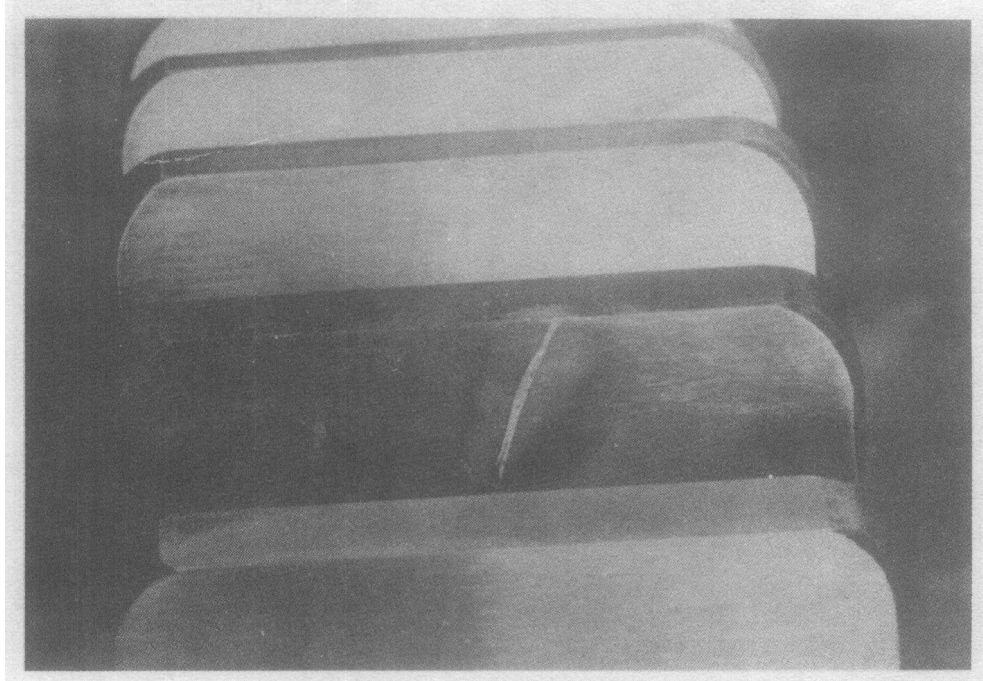
由于裂纹通常在表层与心部的过渡区延伸,致使大块表层材料碎片逐渐脱落。这是一种严重的剥落形式。



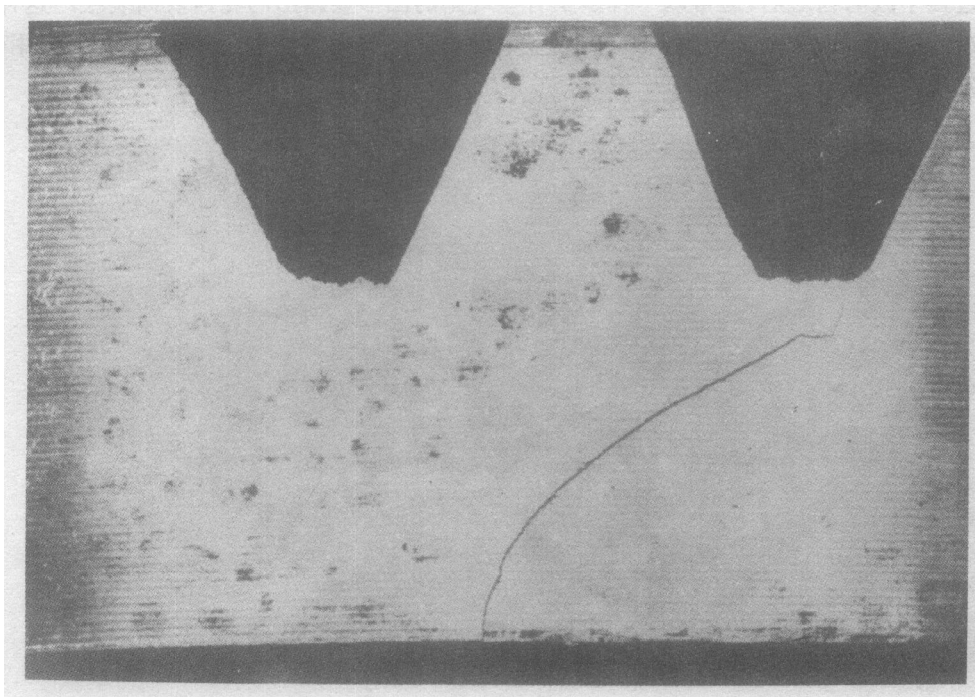
表面硬化弧齿锥齿轮大轮工作齿面的表层压碎。在轮齿上可看到大量的与小齿轮齿面接触线方向一致的裂纹。一齿面上有大量材料脱落,形成一大的凹坑。

6 裂缝和裂纹 **Fissures and cracks**

由于一个或多个原因,诸如磨削不当、热处理不当、应力过大或材料缺陷等,齿轮上可出现裂缝和裂纹。这些情况在下面术语中分别说明。



在齿轮切削过程中显露出的由于锻造缺陷引起的裂纹。

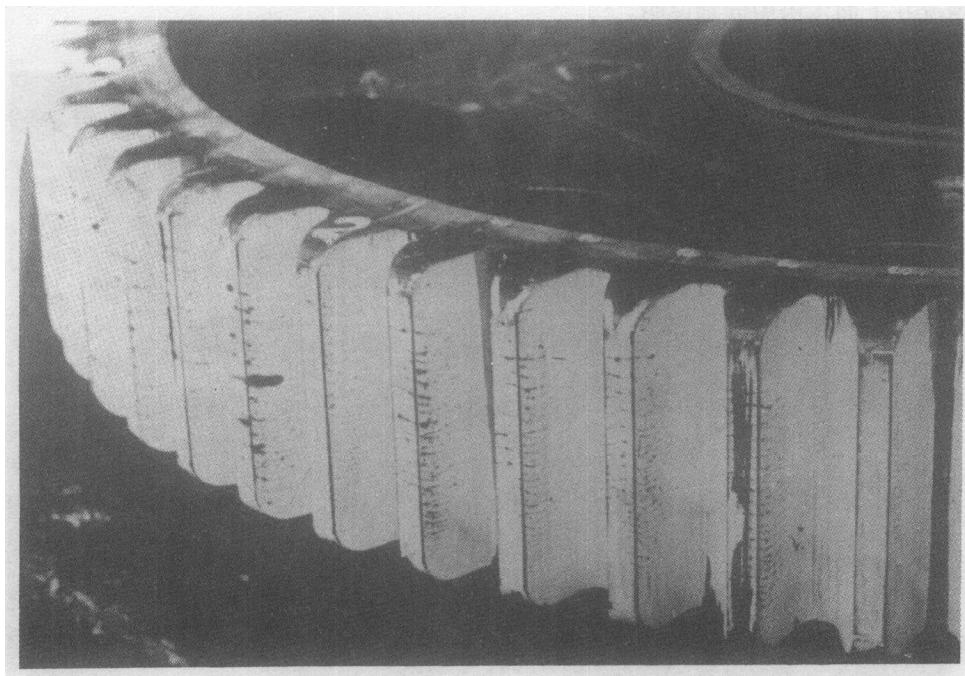


由于轮缘厚度不够在大齿轮轮缘上产生的裂纹。

6.1 淬火裂纹 **hardening cracks (quench cracks)**

齿轮在热处理过程中由于过大内应力引起的裂纹。这种裂纹常在淬火过程中出现,但也可由其他原因引起。由火焰或感应淬火的局部硬化轮齿表面比全齿廓硬化的轮齿表面或调质齿轮的轮齿表面容易出现这种形式的损伤。

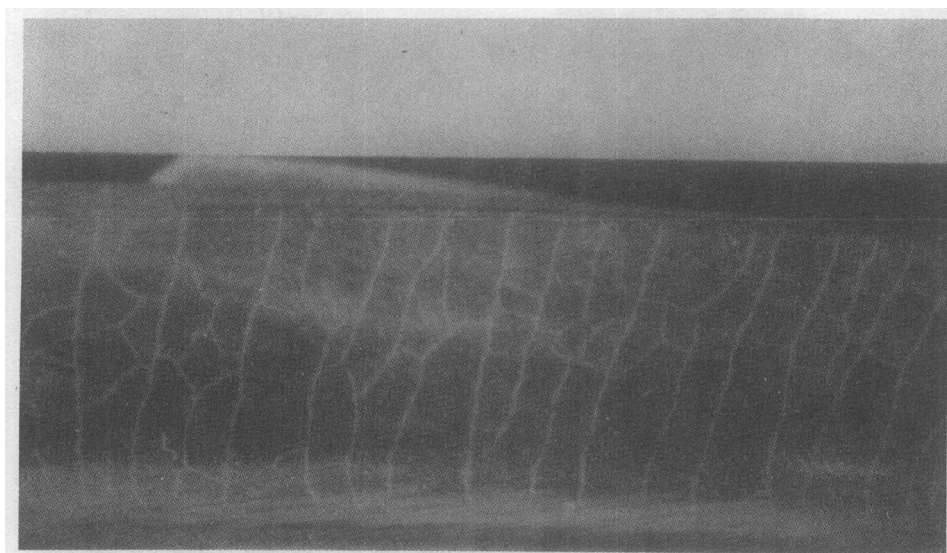
有时淬火过程中产生的裂纹只有经过一段时期后或在磨齿加工时才逐渐显出。



在大齿轮齿顶形成的淬火裂纹(这种裂纹通常都在这个区域出现)。

6.2 磨削裂纹 **grinding cracks**

在磨齿过程中或磨齿之后,通常以一种多少有些规则的图形显露出的轮齿表面裂纹。这种裂纹短,不很深,大致相互平行,通常垂直于磨轮轨迹,或呈龟裂图形。磨削裂纹也会伴有磨削烧伤,用硝酸乙醇液浸蚀后易发现。

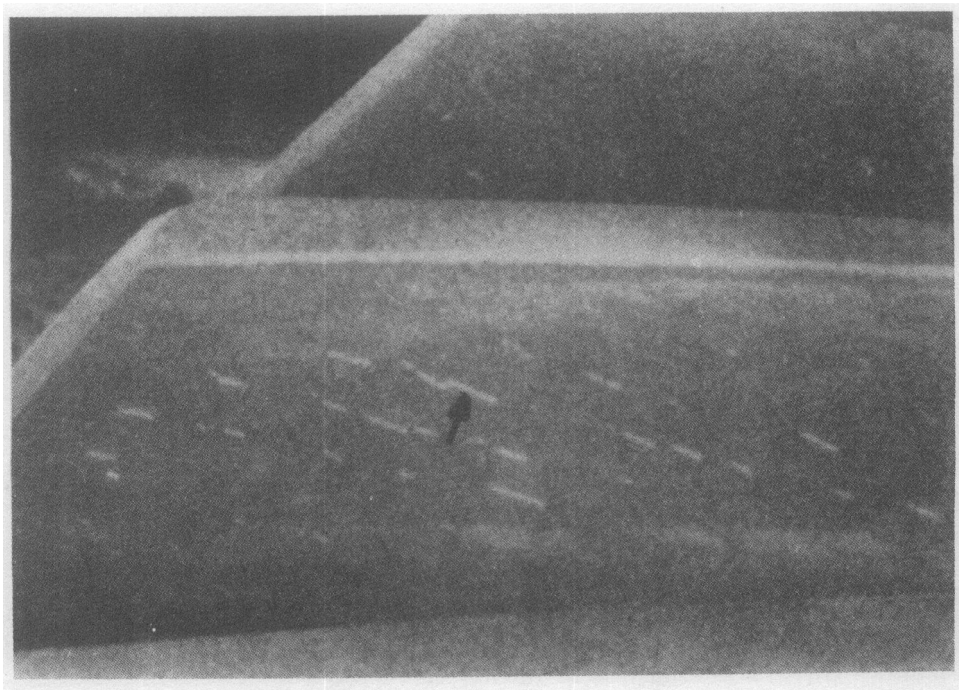


齿面硬化和磨齿后的小齿轮齿面上呈龟裂图形的磨削裂纹。

6.3 疲劳裂纹 fatigue cracks

在明显低于材料抗拉强度的重复的交变应力或循环应力作用下扩展的裂纹。有时由于过载而最初产生的裂纹将会像疲劳裂纹一样缓慢扩展。

轮齿承载面下边的齿根过渡曲面处出现的疲劳裂纹。



氮化小齿轮齿面上沿接触线方向形成的齿面裂纹。

7 轮齿折断 **Tooth breakage**

7.1 过载折断 **overload breakage**

这类折断通常只在一次或很少几次严重过载时发生。有时,由于过载产生的初始裂纹会像疲劳裂纹一样缓慢发展而后折断,这种初始裂纹区域在裂纹发展中通常还存在有微动腐蚀的迹象。过载断口面有三种类型:

- 脆性断裂;
- 韧性断裂;
- 半脆性断裂。

7.1.1 脆性断裂 **brittle fracture**

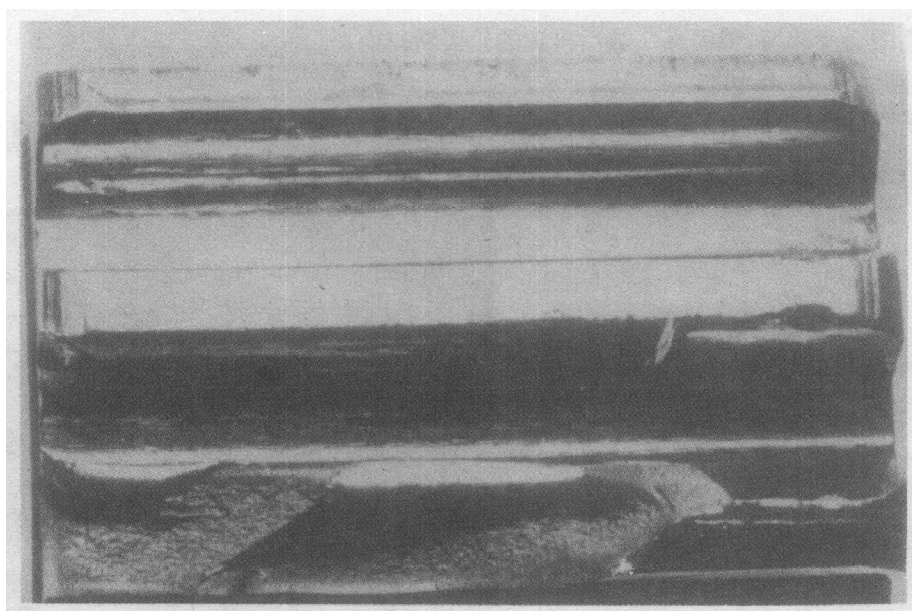
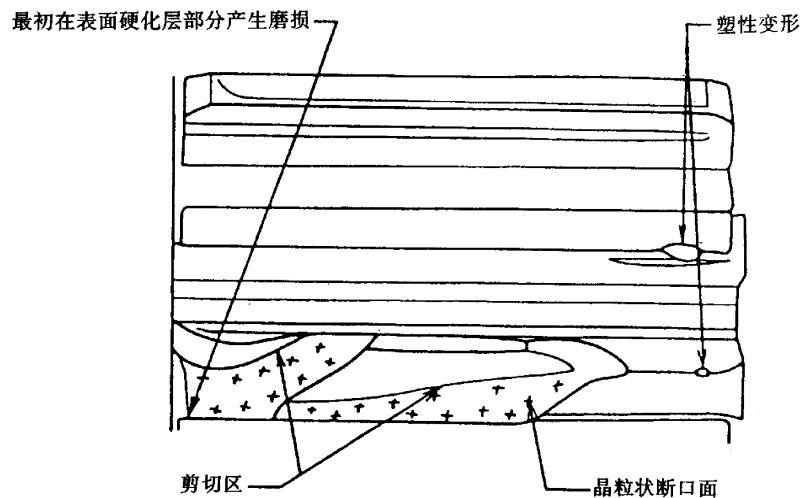
沿解理面的穿晶断裂或沿晶界的晶间开裂,其特征是没有可见的塑性变形。当发生沿解理面断裂时,断口上常可见光泽的小面。

7.1.2 韧性断裂 **ductile fracture**

断口面无光泽,呈纤维状,用肉眼可看到塑性变形。

有时,由于过载或过载和疲劳综合作用引起的裂纹,其剩余的未开裂的材料在裂纹方向可能因剪切作用而最终折断。这种断齿的剪切区通常呈球状或圆形隆起状(隆起剪切区),该剪切区沿断面最接近于非工作齿面的那一边延伸。

过载折断通常使齿轮的几个齿损伤,而由疲劳裂纹引起的轮齿折断一般是折断一个轮齿。



小齿轮轮齿的过载折断。折断面呈现出：

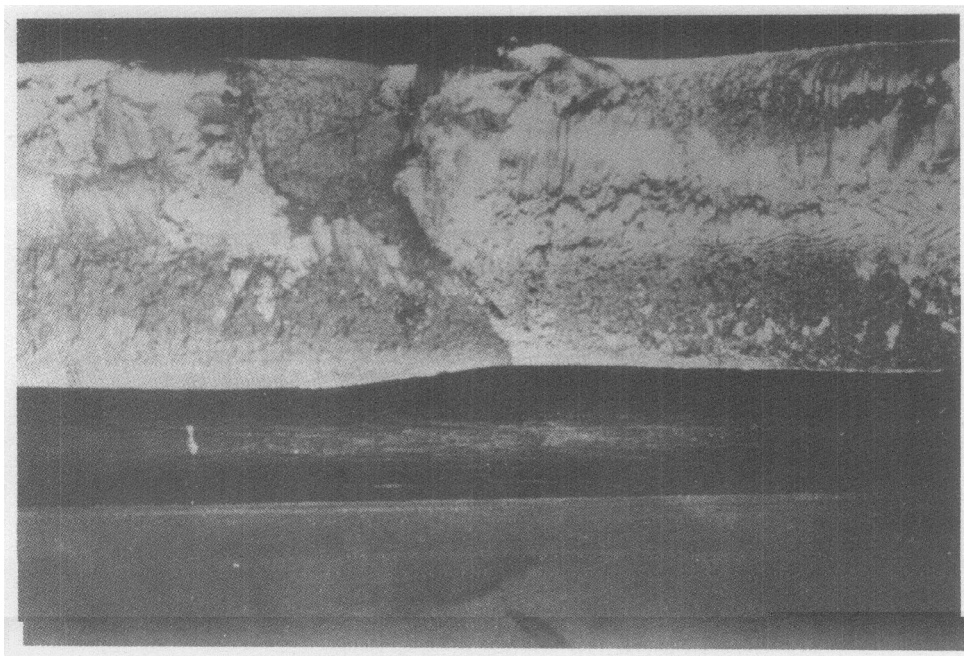
- 由于材料拉应力过大引起轮齿折断后的晶粒状断口面(脆性断裂)；
- 金属材料被剪切后的光滑隆起(韧性剪切)。

7.1.3 半脆性断裂 **semi-brittle fracture**

这种断口上几乎没有塑性变形或没有塑性变形,可见人字形图案,这种图案表明存在一系列交变的脆性和或多或少的韧性断裂。

通常,当齿轮齿根厚度与齿宽相比显得小时,断口面上就会出现人字形。

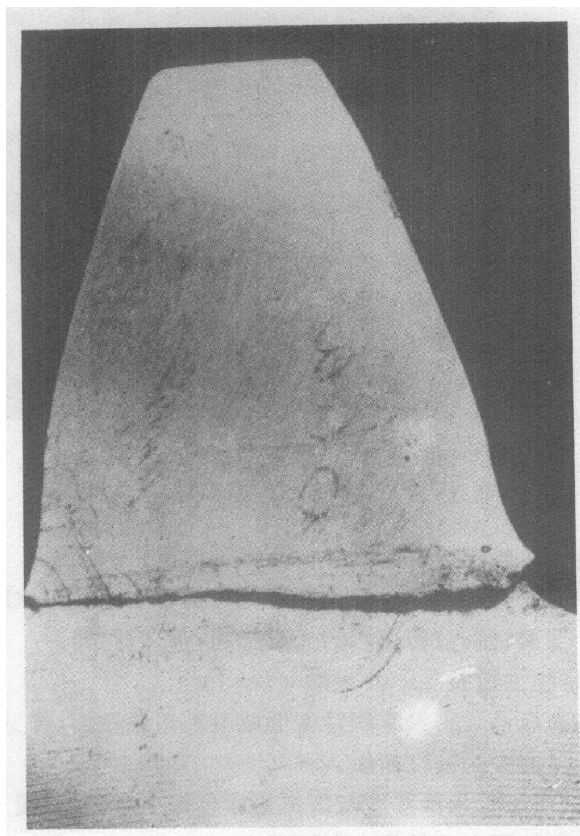
人字形的顶尖总是指向断裂源。



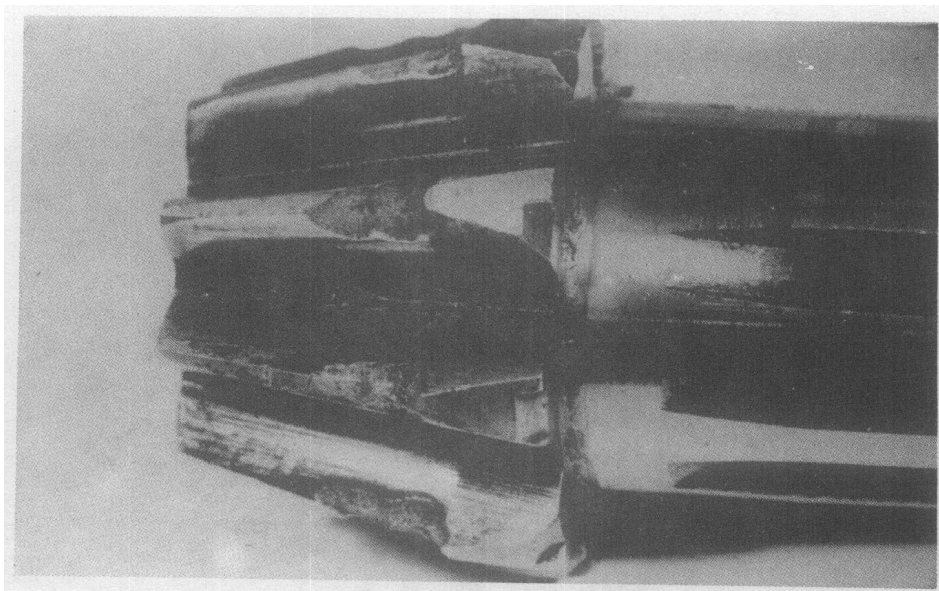
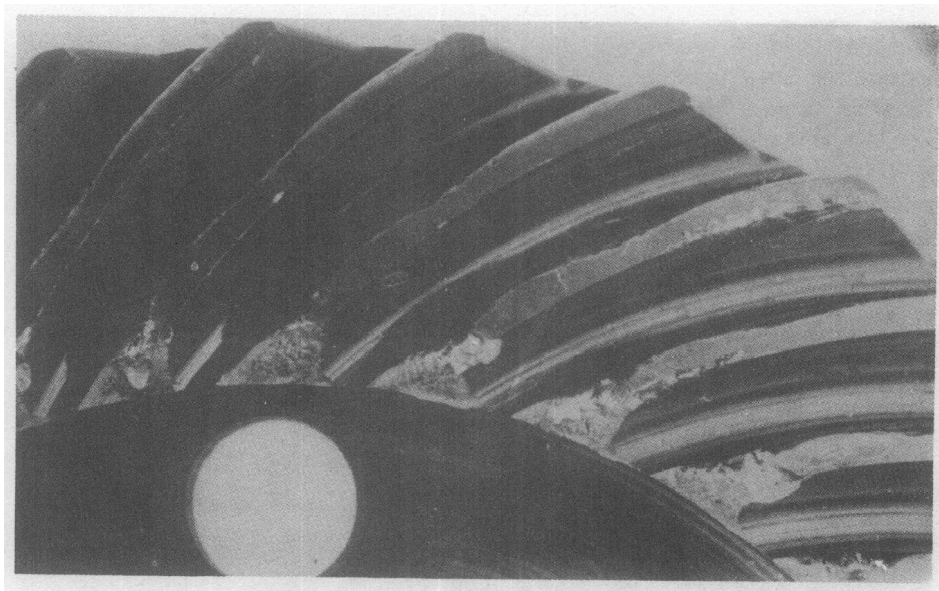
承受很高的交变载荷、低循环次数后出现的轮齿断口面。

7.2 轮齿剪断 tooth shear

轮齿被剪断的断口面类似于机加工过的表面。这种形式的损伤绝大多数限于啮合齿轮副中材料强度相对较低的齿轮轮齿上,且轮齿剪断几乎都是由于一次严重过载所致。



右齿面因一次严重过载的轮齿剪断
(弯曲过载)。



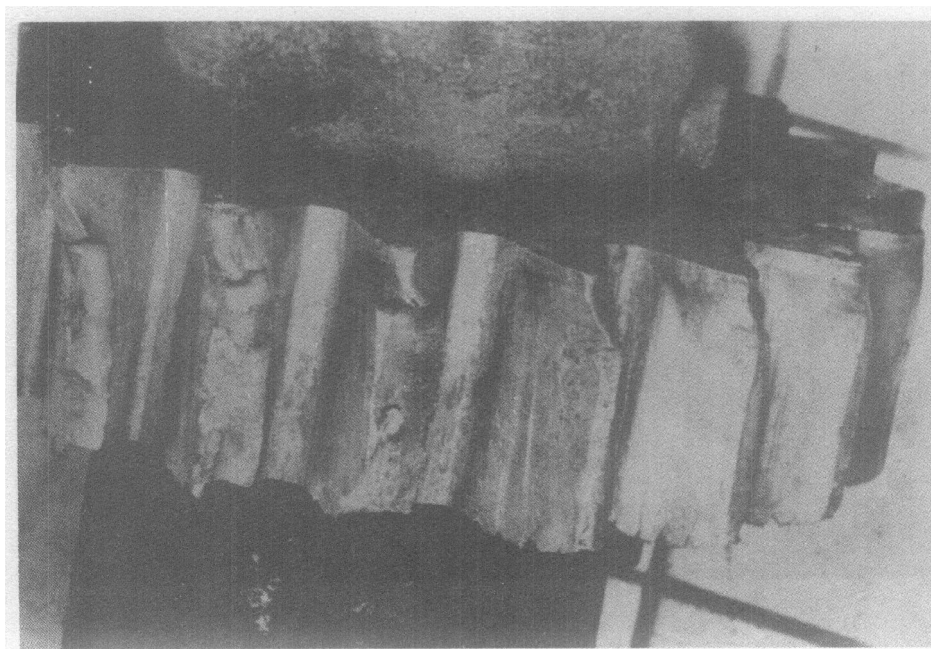
这两幅图表明齿轮所有轮齿的端部或接近齿端的部分被剪掉。

这两个齿轮的损坏是由于一个轴承失效导致齿轮啮合轮齿间载荷分配发生剧烈改变而引起的。

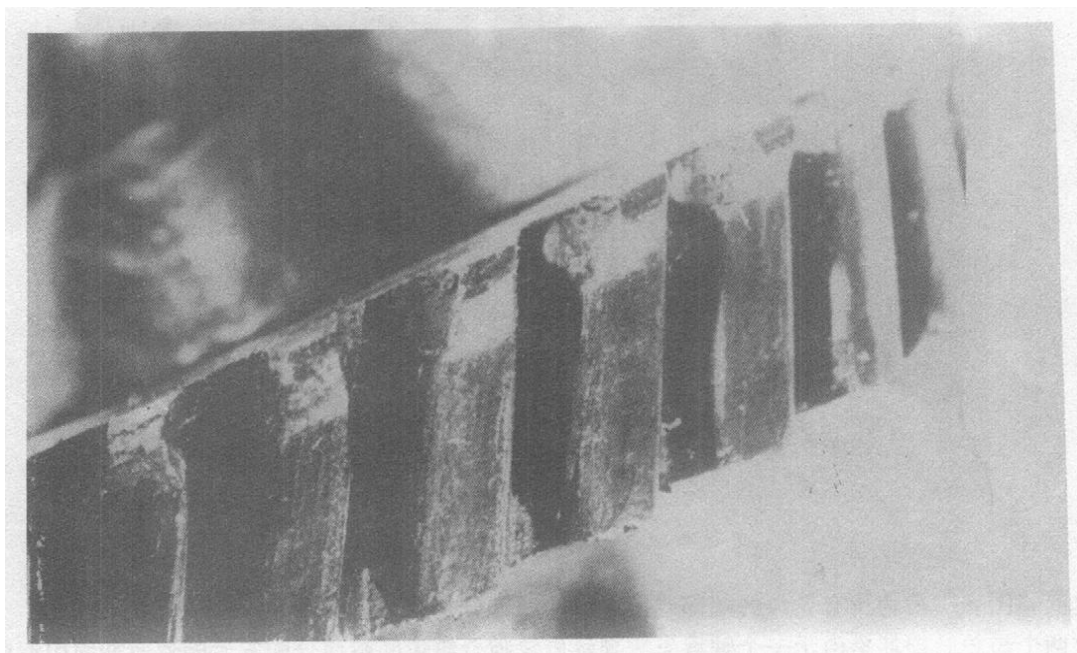
7.3 塑性变形后折断(抹断) breakage after plastic deformation(smeared fracture)

所有这类断裂都先从轮齿整体塑性变形开始,最后折断。通常,所有轮齿都受到损伤,原因是由于材料不能承受所施加的载荷所致,包括:

- 载荷产生的应力超过材料强度(冷塑变后断裂);
- 运转时的过热引起齿轮材料强度的降低(热塑变后断裂)。



软钢小齿轮轮齿冷塑变后断裂。



大齿轮严重胶合后热塑变断裂。

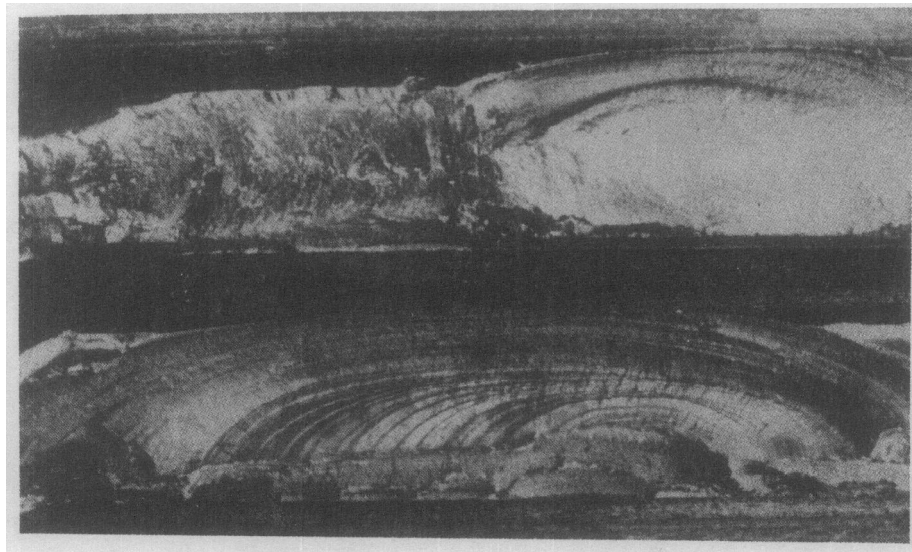
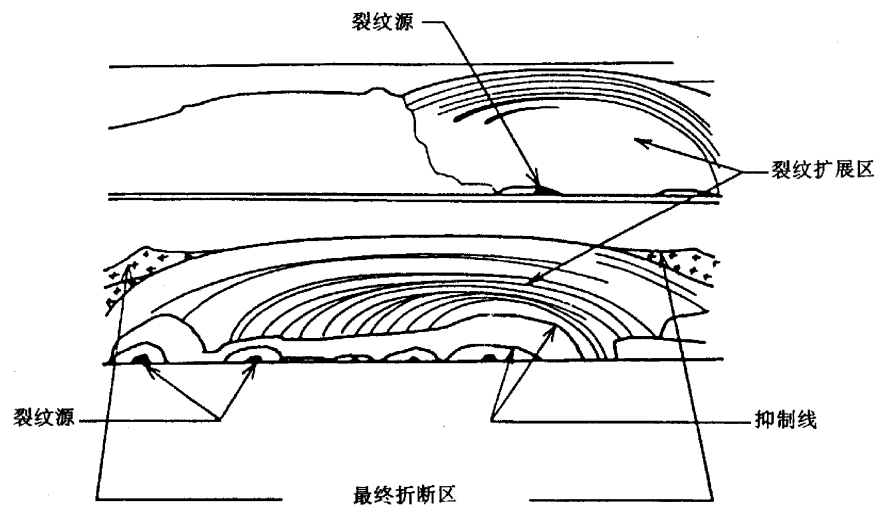
7.4 疲劳折断 **fatigue breakage**

7.4.1 弯曲疲劳 **bending fatigue**

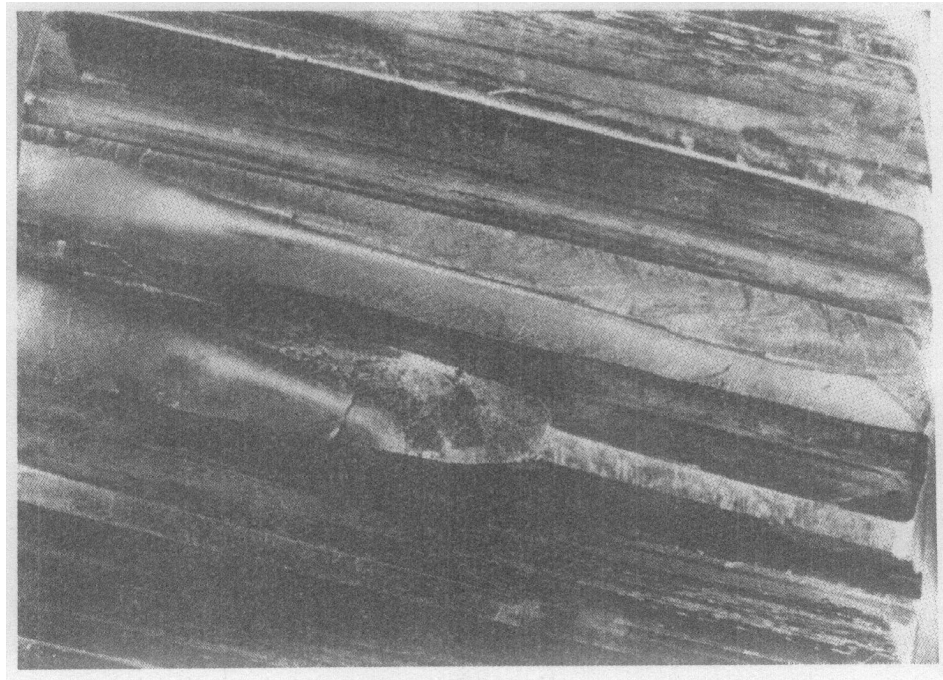
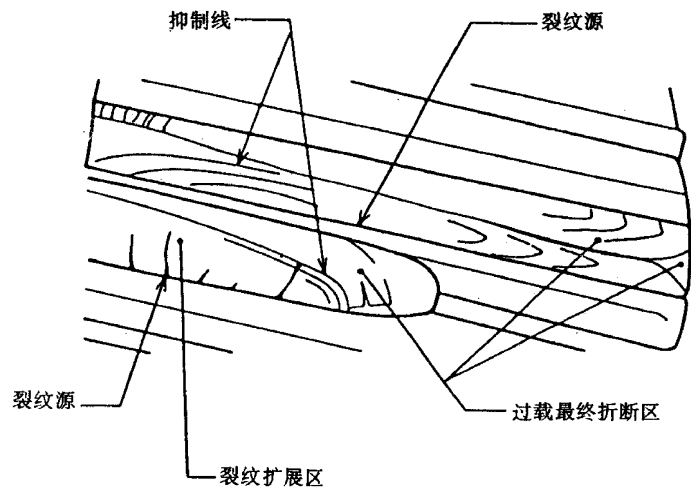
经高循环次数载荷的作用,裂纹扩展导致的轮齿折断。

断口面分为两个不同的区域,疲劳断口面和最终断口面。在疲劳区内看不到塑性变形痕迹,断口面平滑、无光泽,有时由于被抑制线分割,可显现出裂纹扩展各连续阶段的间隔区。

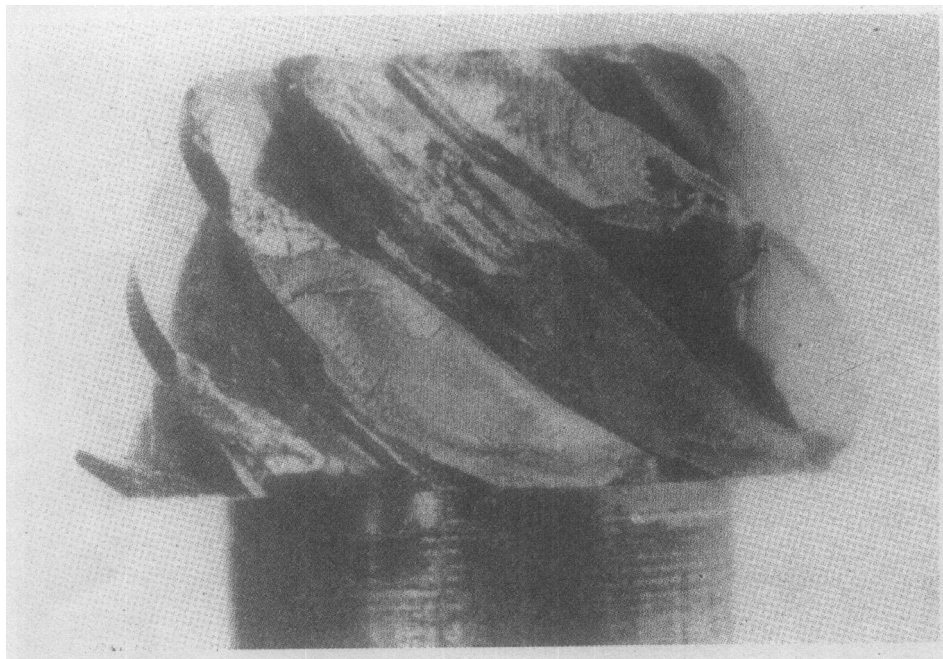
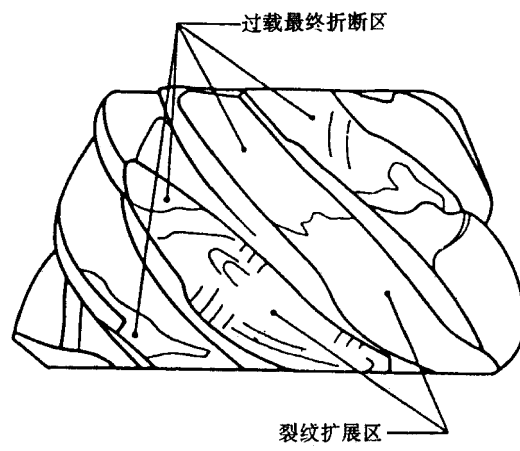
最终断口面形貌可与过载折断引起的一种或其他断口面对应。



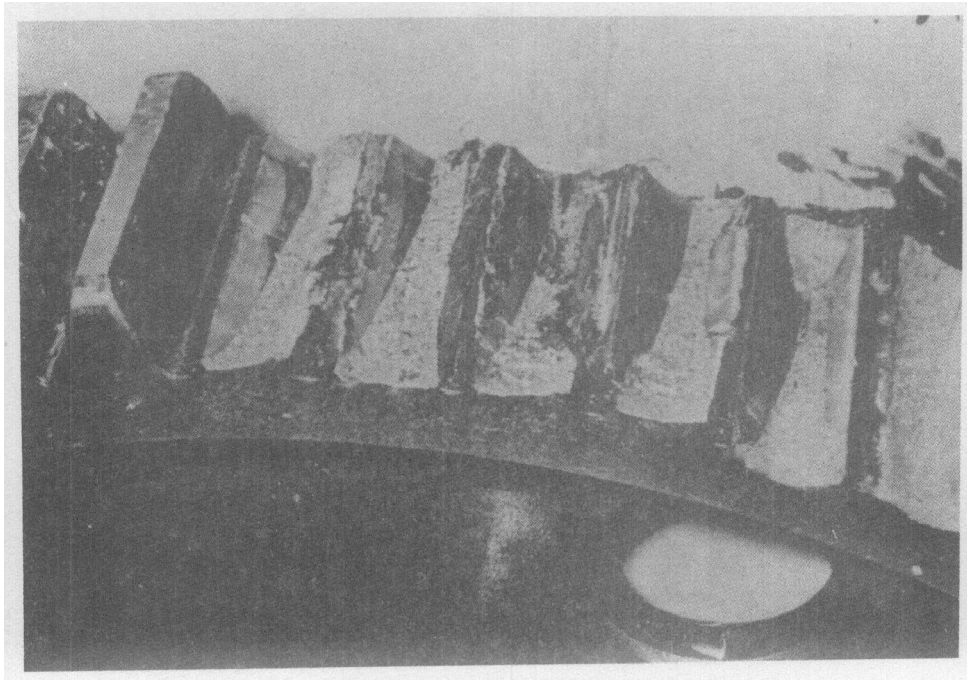
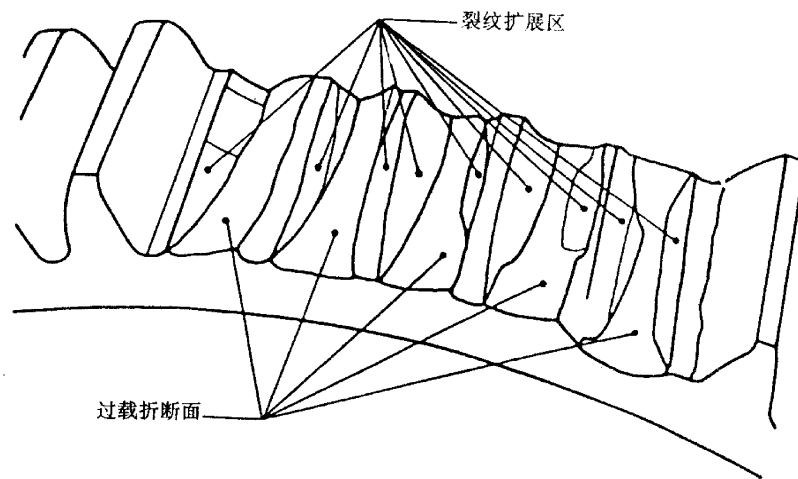
两个轮齿的疲劳折断。



斜齿小齿轮两个轮齿的疲劳折断。



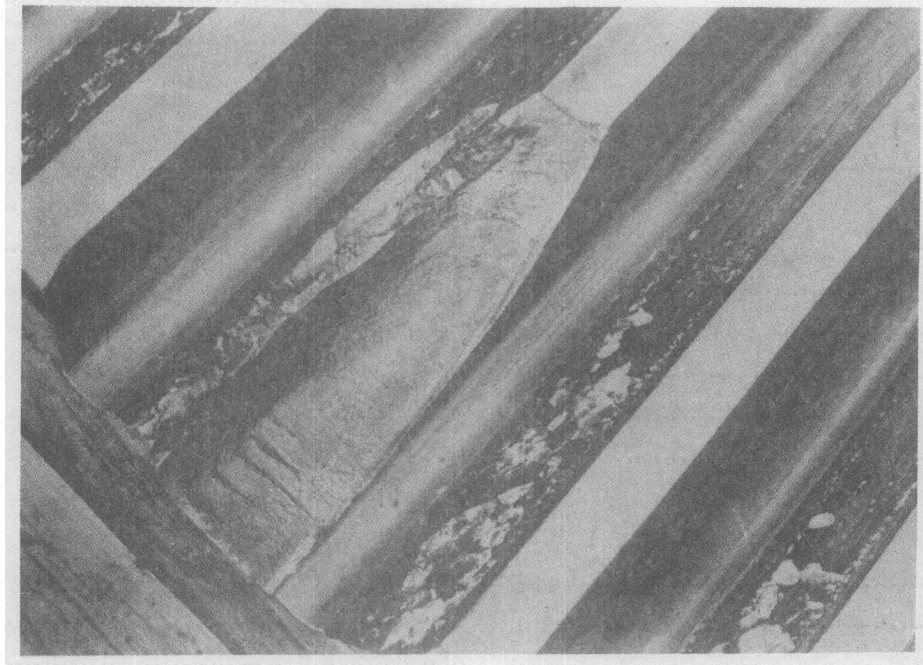
弧齿锥齿轮小齿轮两个轮齿的疲劳折断。



几个轮齿的疲劳折断。轮齿系双侧齿面承载,最终折断始于齿宽中部。

7.4.2 齿端折断 tooth end breakage

通常由于载荷集中在轮齿端部导致的圆柱齿轮或圆锥齿轮轮齿端部的折断。



在这几个轮齿上由于齿轮传递的载荷集中于靠近一端的一小部分齿面上,因而造成齿面严重点蚀,从而导致其下一轮齿疲劳折断。

汉语索引

- B**
- 半脆性断裂····· 7.1.3
 表层压碎····· 5.4
 剥落····· 5.3
- C**
- 齿端折断····· 7.4.2
 齿面疲劳现象····· 5
 冲蚀····· 2.4.2
 初期点蚀····· 5.1.1
 脆性断裂····· 7.1.1
- D**
- 电蚀····· 2.5
 点蚀····· 5.1
- F**
- 飞边····· 4.5
- G**
- 干涉磨损····· 2.1.6
 滚压塑变····· 4.2.1
 过度磨损····· 2.1.3
 过热····· 2.3
 过载折断····· 7.1
- H**
- 滑动磨损····· 2.1
 化学腐蚀····· 2.2.1
- J**
- 胶合····· 3
- K**
- 扩展性点蚀····· 5.1.2
- L**
- 裂缝和裂纹····· 6
 鳞蚀····· 2.2.3
- 轮齿锤击塑变····· 4.2.2
 轮齿剪断····· 7.2
- M**
- 抹断····· 7.3
 磨光····· 2.1.1.2
 磨料磨损····· 2.1.2
 磨削裂纹····· 6.2
- P**
- 跑合磨损····· 2.1.1
 疲劳裂纹····· 6.3
 片蚀····· 5.2
- Q**
- 起脊····· 4.4
 起皱····· 4.3
 气蚀····· 2.4.1
- R**
- 韧性断裂····· 7.1.2
- S**
- 塑性变形····· 4.2
 塑性变形后折断····· 7.3
- W**
- 弯曲疲劳····· 7.4.1
 微点蚀····· 5.1.3
 微动腐蚀····· 2.2.2
- Y**
- 压痕····· 4.1
 严重擦伤····· 2.1.5
- Z**
- 淬火裂纹····· 6.1
 正常磨损····· 2.1.1
 中等擦伤····· 2.1.4
 中等磨损····· 2.1.1.1

英文索引

A

abrasive wear 2.1.2

B

bending fatigue 7.4.1

breakage after plastic deformation 7.3

brittle fracture 7.1.1

burrs 4.5

C

case crushing 5.4

cavitation erosion 2.4.1

chemical corrosion 2.2.1

D

ductile fracture 7.1.2

E

electric erosion 2.5

excessive wear 2.1.3

F

fatigue cracks 6.3

fissures and cracks 6

flake pitting 5.2

fretting corrosion 2.2.2

G

grinding cracks 6.2

H

hardening cracks 6.1

hydraulic erosion 2.4.2

I

indentation 4.1

initial pitting 5.1.1

interference wear 2.1.6

M

micropitting 5.1.3

moderate scratching	2. 1. 4
moderate wear	2. 1. 1. 1
N	
normal wear	2. 1. 1
O	
overheating	2. 3
overload breakage	7. 1
P	
pitting	5. 1
plastic deformation	4. 2
plastic deformation by rolling	4. 2. 1
plastic deformation by tooth hammer	4. 2. 2
polishing	2. 1. 1. 2
progressive pitting	5. 1. 2
Q	
quench cracks	6. 1
R	
ridging	4. 4
rippling	4. 3
running-in wear	2. 1. 1
S	
scaling	2. 2. 3
scoring	2. 1. 4
scuffing	3
semi-brittle fracture	7. 1. 3
sever scratching	2. 1. 5
sliding wear	2. 1
smeared fracture	7. 3
spalling	5. 3
surface fatigue phenomena	5
T	
tooth end breakage	7. 4. 2
tooth shear	7. 2