

O 形橡胶密封圈摩托车滚子链磨损特性的研究

金 昌, 孟繁忠, 兰 宏

(吉林大学 链传动研究所, 吉林 长春 130025)

摘要: 对 O 形橡胶密封圈摩托车滚子链和普通滚子链进行了 6 000 km 道路和 300 h 台架磨损对比试验, 分析了磨损表面形貌。结果表明: O 形圈滚子链比普通滚子链的耐磨性能高, 寿命长; O 形圈链条中销轴和套筒的磨损主要以疲劳磨损为主, 并伴随着粘着磨损; 链板和 O 形圈的磨损为疲劳磨损; 而普通链条销轴和套筒的主要磨损形式是磨粒磨损, 并伴随着疲劳磨损。链条中铰链摩擦副(销轴和套筒)的磨损表面产生的循环硬化有利于提高耐磨性。

关键词: O 形橡胶密封圈; 滚子链; 磨损机制; 表面形貌; 循环硬化

中图分类号: TH132.45

文章标识码: A

文章编号: 1004-0595(2002)04-0286-04

通常, 传动滚子链的主要失效形式是磨损。目前一些工业发达国家已将因磨损而产生的链条伸长率从 $\epsilon \leq 3.0\%$ 降低到 $\epsilon \leq 2.0\%$, 而我国目前的总体水平仍然在 $\epsilon \approx 3.0\%$ 左右。O 形橡胶密封圈(以下简称 O 形圈)链条是一种新型滚子链, 其磨损寿命远高于普通滚子链^[1], 因而其应用越来越广泛。其特点是 O 形圈滚子链的内外链板之间安装有 O 形圈, 内链节的套筒高于内链板外侧表面并用于定位 O 形圈, 套筒和销轴铰链副之间注入极压抗磨润滑脂。

本文进行了 O 形圈链条和普通链条 6 000 km 道路和 300 h 台架磨损对比试验, 并通过其磨损表面分析研究了道路试验中 2 种链条的磨损机制及其磨损特性。

1 实验部分

图 1 所示为 O 形圈链条和普通链条串接的结构形式。2 种链条的销轴材料均为 GCr15, 经淬火回火处理, O 形圈链条的销轴硬度为 86.6 H_{R15N}, 普通链条为 87.6 H_{R15N}, 套筒材料均为 20CrMnMo, 经碳氮共渗, O 形圈链条的套筒硬度为 87.7 H_{R15N}, 普通链条为 88.5 H_{R15N}。O 形圈滚子链选用的润滑脂为复合极压锂基润滑脂, 普通滚子链出厂包装时选用的润滑油为 8411 防锈润滑油。

1.1 道路行驶磨损对比试验

O 形圈滚子链用于摩托车动力传动, 一般为开式传动。试验所用为三轮摩托车, 路况为柏油路, 行驶速

度一般为 40 km/h。试验用链条 104 节, O 形圈滚子

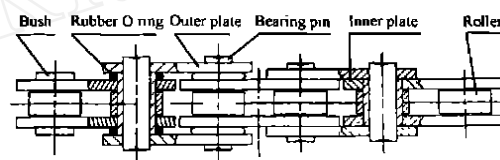


Fig 1 Series structural drawing of rubber O-ring roller chain and ordinary roller chain

图 1 O 形圈滚子链和普通滚子链串接结构图

链和普通滚子链分别为 52 节串接成一条, 链条节距 $p = 15.875$ mm。测量链长时, 使用了 LCC-1500 型链长测量仪, 测量载荷为 300 N, 测量节数 2 种链条各 39 节。每 3 000 km 测量 1 次, 测量前对链条进行清洗, 测量后对普通滚子链进行人工滴油处理, 润滑油为 HJ-40(40 号机械油)。

1.2 台架磨损对比试验

台架磨损对比试验在 L S910 型封闭力流链条磨损试验台上进行。小链轮转速 1 269 r/min, 小链轮齿数 $Z_1 = 19$, 大链轮齿数 $Z_2 = 57$, 转矩 $T_2 = 104$ N·m。试验用链条为 100 节, O 形圈滚子链和普通滚子链各为 50 节, 链条节距 $p = 15.875$ mm, 试验时间为 300 h。测量链长前对链条进行清洗, 测量后对普通链条进行人工滴油处理, 所用润滑油为 HJ-40(40 号机械油)。

1.3 尺寸和表面硬度测量

道路试验前后的链条节距、销轴直径、套筒壁厚

及表面硬度的测量样品均为 10 个. 在 LCC-1500 型链条测量仪上测量节距, 用外径千分尺和壁厚千分尺测量销轴直径和套筒壁厚, 销轴和套筒磨损前后的表面硬度值在 HRM-45 型表面洛氏硬度计上测量, 每个试件均测 2 个点并取其平均值

2 结果及分析

2.1 磨损曲线

图 2 所示为 2 种串接链条行驶 6 000 km 后的链

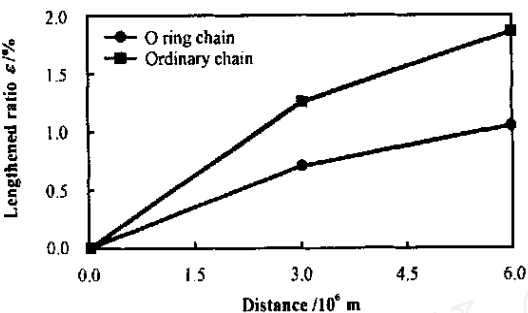


Fig 2 The comparative wear curves of the roller chain for the road wear test

图 2 滚子链道路行驶对比试验磨损曲线

条伸长率变化的曲线. 可以看出, 2 种链条路试后 O 形圈链条的 $\epsilon=1.04\%$, 普通滚子链的 $\epsilon=1.85\%$, 试验所用普通链条的磨损伸长率是 O 形圈滚子链的 1.80 倍

图 3 所示为滚子链经 300 h 台架对比试验后的磨

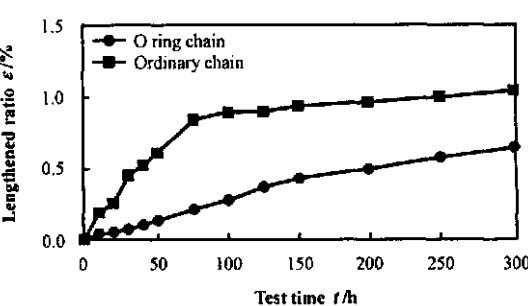


Fig 3 The comparative wear curves of roller chains in simulated test

图 3 滚子链台架对比试验磨损曲线

损曲线. 可见: 普通链条在磨损前期的 ϵ 增加很快, 处于初期磨损阶段, 在 100 h 处有一拐点, 从 100 h 到 300 h 的 ϵ 上升较缓; 而 O 形圈链条的 ϵ 从 0~300 h 均较缓上升; 普通链条的相对磨损伸长率 (1.02%) 是 O 形圈链条 (0.62%) 的 1.65 倍

2.2 链条节距

2 种链条行驶 6 000 km 路试后, 由于销轴和套筒

表面相互转动发生摩擦, 使链条节距发生变化, 并产生节距磨损伸长 Δp . O 形圈链条的节距磨损伸长 $\Delta p_0=0.30\text{ mm}$; 磨损伸长 $\Delta p=0.48\text{ mm}$. 由于 O 形圈密封铰链副形成微小油池, 因而其 Δp 较小. 而销轴和套筒磨损后的尺寸变化也不同, O 形圈链条销轴的尺寸变化 $\Delta d_0=0.12\text{ mm}$, 套筒的尺寸变化 $\Delta \delta=0.05\text{ mm}$, 而普通链条销轴和套筒的尺寸变化分别为 $\Delta d=0.14\text{ mm}$ 和 $\Delta \delta=0.07\text{ mm}$. 应该指出, 在所用的 2 种链条中, 销轴比套筒的磨损严重, 这主要是由于销轴在与套筒的摩擦过程中, 销轴以固定点与套筒接触, 而套筒则以一段圆弧与销轴接触, 因而销轴磨损较重. 另外, 销轴零件的初始硬度偏低也是一个重要原因

2.3 表面硬度

表 1 所列销轴和套筒磨损前后的表面硬度

表 1 销轴和套筒磨损前后表面硬度 H_{R15N} 均值

Table 1 Average values of surface hardness of bush and bearing pin before and after wear

Name	Before wear	After wear
Bearing pin of rubber O ring chain	86.6	90.0
Bearing pin of ordinary chain	87.6	88.9
Bush of rubber O ring chain	88.5	89.5
Bush of ordinary chain	87.7	87.9

H_{R15N} 均值. 可以看出, 磨损后销轴和套筒的表面硬度均值有所提高. 这是因为销轴和套筒在工作过程中相互接触和摩擦, 在交变载荷作用下表面受碾压而产生加工硬化, 出现循环硬化现象^[2], 致使磨损后的表面硬度值增高. 另外, 从表 1 可见, O 形圈链条的销轴和套筒磨损后的表面硬度均值高于普通链条的, 这是因为 O 形圈链条的销轴和套筒铰链副的磨损机制不同. 另外, 磨屑形成时间较长可使循环硬化持续时间增加, 表面硬度值也增高, 所以耐磨性也提高^[3].

表 2 列出了 O 形圈和链板磨损前后的表面硬度

表 2 O 形圈和链板磨损前后表面硬度均值

Table 2 Average values of surface hardness of rubber O ring and link plate before and after wear

Name	Before wear	After wear
Rubber O ring HA	74.5	87.5
Link plate HV	401.0	434.0

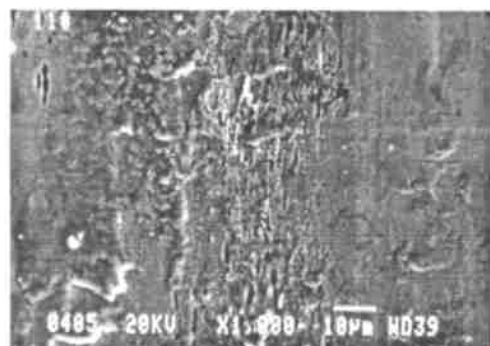
均值. 可见, 其磨损后的表面硬度均值也有所增加. 由于 O 形圈和链板在工作过程中构成平面摩擦副, 表面层在交变载荷作用下发生摩擦, 引起表面循环硬化. 另外, 自然老化也是造成其表面硬度均值增加的 1 个

因素之一。

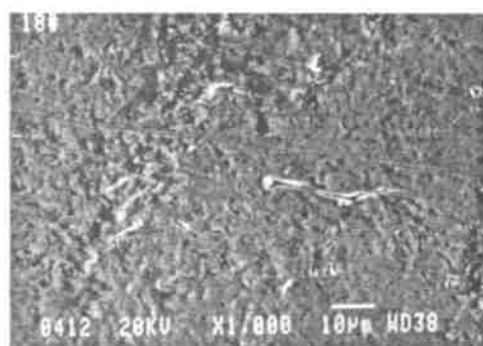
3 磨损机制

为了进一步研究 O 形圈链条和普通链条的磨损机制, 利用 JXA-840 型扫描电子显微镜 (SEM) 对路

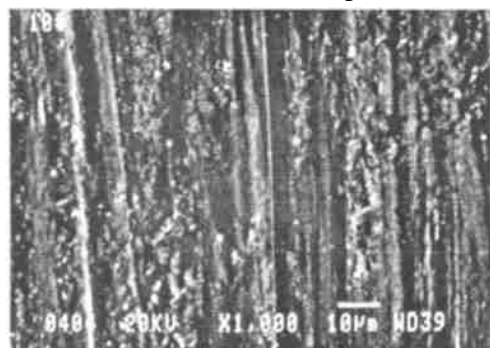
试后的套筒、销轴、链板和 O 形圈的表面形貌进行分析, 其结果见图 4 可以看出, O 形圈链条套筒磨损表面形貌呈现出剥落坑和粘着[图 4(a)]; 对应的销轴磨损表面形貌具有裂纹和剥落坑[图 4(b)]。可见套筒和销轴摩擦副在 6 000 km 路试工况下的主要磨损机制



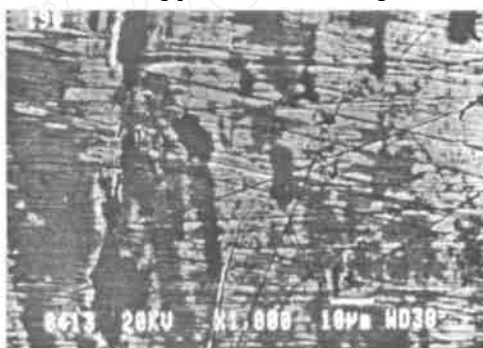
(a) Bush of rubber O ring chain



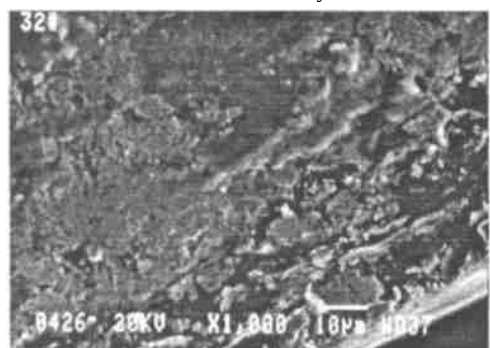
(b) Bearing pin of rubber O ring chain



(c) Bush of ordinary chain



(d) Bearing pin of ordinary chain



(e) Plate of rubber O ring chain



(f) Rubber O ring

Fig 4 SEM photographs of worn surface morphology of chain spare parts after road test

图 4 路试后链条零件磨损表面形貌 SEM 照片

为疲劳磨损, 并伴随粘着磨损。应该指出, O 形圈链条销轴和套筒在磨损过程中, 虽然销轴和套筒之间预先注有润滑脂, 但由于链条多边形效应, 在强冲击载荷下销轴和套筒不可避免地发生局部直接接触, 所以在销轴和套筒间伴随有粘合效应。而从[图 4(c)]可以看出, 普通链条套筒的磨损表面有沿转动方向的犁沟和剥落坑; 所对应的销轴的磨损表面呈现划伤和剥落坑[见图 4(d)], 表明普通链条套筒和销轴摩擦副

在 6 000 km 路试下的磨损机制以磨粒磨损为主, 伴随疲劳磨损, 这与表 1 的结果相对应。

链条在工作过程中, 销轴和套筒构成摆动式铰链摩擦副, 同时, 链板和 O 形圈也构成 1 对平面摩擦副, 其相对摆角为 $2\pi/z$ (其中 z 为链轮齿数)。虽然 O 形圈相对链板而言其材料较软, 但由于链板与 O 形圈之间多次反复摆动, 因而沿链板[图 4(e)]孔周围也呈现出明显的疲劳剥落带; O 形圈磨损表面也具有

大量明显的疲劳剥落坑[图4(f)]。微观分析认为,当O形圈橡胶与链板表面发生相对转动时,在滑动摩擦中链板表面的微突体在橡胶表面进行反复摩擦作用,使橡胶表层产生疲劳磨损^[4],与此同时链板受摩擦载荷作用也将产生疲劳磨损。

4 结论

a 在路试中普通链条的磨损伸长率为O形圈链条的1.80倍,在台架试验中普通链条的磨损伸长率为O形圈链条的1.65倍。

b 在路试的O形圈链条中,其销轴和套筒的磨损机制主要以疲劳磨损为主,并伴随着粘着磨损;链板与O形圈的磨损机制为疲劳磨损;而在普通链条中,其销轴和套筒的磨损机制以磨粒磨损为主,并伴随着疲劳磨损。

c 销轴和套筒以及链板与O形圈的表层磨损后产生循环硬化,其中O形圈链条的销轴和套筒表面循环硬化比普通链条的销轴和套筒的更明显。

参考文献:

- [1] 大同工业株式会社 ナニ-ンそうごうカタログ[M]. 1996. 50-51.
- [2] MENG F Z (孟繁忠), ZHAO F (赵富), LU B M (路宝明). Study on Wear Characteristics of Timing Chain and Transmission Chain of Motor Cycle (摩托车正时链和传动链磨损特性的研究)[J]. Tribology (摩擦学报), 2000, 20(2): 106-109.
- [3] K—H. (材料的磨损与硬度)[M]. Beijing (北京): (机械工业出版社), 1987. 154-160.
- [4] ZHANG SW (张嗣伟). (橡胶磨损原理)[M]. Beijing (北京): (石油工业出版社), 1998. 125-128.

Research on Wear Characteristics of Rubber O-Rings Roller Chains for Motor Cycle

J N Chang, M ENG Fan-zhong, LAN Hong

(Institute of Chain Transmission, Jilin University, Changchun 130025, China)

Abstract: The wear-resistance of rubber O-ring roller chains and ordinary roller chains for motor cycle was comparatively investigated by road-test and simulated bench test. The worn surfaces of the chains were observed as well. It was found that the rubber O-ring roller chains showed better wear-resistance and longer antiwear life than the ordinary roller chains. The bushes and bearing pins of the rubber O-ring roller chains were characterized by stress fatigue wear and adhesion wear; while the chain plate and rubber O-rings by stress fatigue wear. The bushes and bearing pins of the ordinary roller chains were characterized by abrasive wear, together with stress fatigue wear. A cyclic surface hardening occurred for the bushes/bearing pair and chain plate/rubber O-ring pair in the road-test and bench test, which contributed to improve the wear resistance of the pairs.

Key words: rubber O-ring; roller chain; wear mechanism; surface morphology; cyclic hardening

Author: J N Chang, male, born in 1945, Associate professor, E-mail: Mxxdn@public.cc.jl.cn