

毛圈圆纬机弯纱三角与织针的磨损失效分析

张文宗 董皓 姜培武

(吉林工学院)

【摘要】 通过显微组织观察, 油品分析及对磨痕和磨屑的扫描电镜分析, 认为造成毛圈圆纬机弯纱三角与织针早期磨损失效的主要原因是所用的 15 号工业白油不能满足编织毛圈织物时的润滑要求。造成磨损失效的主要磨损类型是磨粒磨损和疲劳剥落, 摩擦偶件的显微组织和力学性能及工况条件的变化会导致控制磨损的主导磨损类型发生转化。

本文以西德 Mayer 公司生产的 MNPJ 型单面毛圈圆纬机为例进行分析。

一、现场调查

使用 MNPJ 型圆纬机编织平针织物时, 其弯纱三角与织针的磨损均很轻微, 但用其编织毛圈织物时, 磨损却非常迅速, 弯纱三角使用十个月后尖部的磨损为 0.5 毫米, 织针使用一个月, 针踵的磨损达 0.2~0.3 毫米。

编织天鹅绒织物时, 地纱用 15 特涤纶低弹丝, 输入张力 0.03~0.04 牛; 毛圈纱用 18.9 特腈纶纱, 输入张力 0.03~0.04 牛; 毛圈高度 3.2 毫米; 织物横密为 72 圈/50 毫米。圆机采用喷雾润滑、用国产 15 号工业白油做三角系统润滑剂, 60~100 滴/分; 纱线不经预处理, 编织中断纱较频繁; 运转过程中, 驱动针筒回转所需的力矩较大, 发热严重。

二、试验结果

1. 显微组织及硬度检验

对两台 MNPJ 型圆纬机所配用的弯纱三角(每台 32 块)进行显微组织观察和硬度检验。37 号圆机所用弯纱三角的金相组织为隐晶马氏体+均匀分布的粒状碳化物。整体硬度为 $H_{RC} 65\sim 66$ 。磨面显微硬度与心部硬度均为 $HK_{0.05} 810$, 说明在磨损过程中磨面没有发生软化现象。39 号圆机所用各弯纱三角的金相组织不完全相同, 因磨面宏观特征而异。在宏观上磨面光滑的三角, 其金相组织也为隐晶马氏体+粒

状碳化物, 只不过碳化物粒度稍粗大些; 在宏观上磨面具有麻点剥落特征的三角, 其金相组织为隐晶马氏体+粒状碳化物+残余带状碳化物。整体硬度为 $H_{RC} 64\sim 65$, 磨面显微硬度与心部硬度均为 $HK_{0.05} 790$ 。个别弯纱三角存在较长的淬火裂纹。

抽查两批织针的金相组织和硬度, 每批各取 20 枚。各批织针的金相组织均为隐晶马氏体+粒状碳化物。但各批织针的硬度却存在差别, 一批为 $H_{RC} 52\sim 54$, 另一批为 $H_{RC} 57\sim 58$ 。磨面的显微硬度与心部相同。

2. 磨面形貌特征

(1) 宏观特征, 根据磨损程度将弯纱三角磨面分严重磨损区(三角尖部)和轻微磨损区。在金相组织中存在残余带状碳化物的三角, 其磨面的严重磨损区是光滑的, 而轻微磨损区具有麻点剥落特征; 金相组织中不存在残余带状碳化物的三角, 其磨面的两个区域均很光滑。织针的磨面也是光滑的。

(2) 微观特征, 39 号圆机所配用的 32 块弯纱三角严重磨损区的微观形貌虽各有特点, 大体可分为两种: 一种具有疲劳剥落+光滑区的混合特征, 将其磨面用 4% 硝酸酒精腐蚀后, 在光滑区仍可见到有碳化物剥落的痕迹; 另一种具有犁沟+疲劳剥落的混合特征。可见 39 号圆机三角的严重磨损区是疲劳剥落与氧化磨损或疲劳剥落与磨粒磨损联合作用的结果。39 号圆机三角的轻微磨损区的微观形貌与宏观特征一致, 37 号圆机所配用的弯纱三

角严重磨损区的微观形貌呈犁沟特征。轻微磨损区光滑。

织针针踵磨面的微观特征基本上因硬度而异。较高硬度($H_{Ro57\sim58}$)织针的微观形貌具有疲劳剥落+边缘处小面积光滑区或犁沟+疲劳剥落的混合特征,但有后者特征的织针居大多数;较低硬度($H_{Ro52\sim54}$)织针针踵磨面的微观特征也有两种:一种是整个磨面具有磨粒磨损的犁沟特征;另一种是整个磨面具有粒着磨损的撕裂特征。前者占低硬度织针的大多数。在低硬度织针中没有发现疲劳剥落现象。

3. 磨屑分析

将磨屑从废油中分离后,分别进行X射线衍射分析、粒度分选及金相检验等试验。

(1) 粒度分选:粒度分选结果如表1,可见粒度大于40微米的磨屑占大多数,说明磨粒磨损是弯纱三角和织针的主要磨损类型。

表1 磨屑粒度分选结果(单位:微米)

粒度	<200目 (>70)	200目 (76~50)	300目 (50~40)	360目 (40~38.5)	400目 (<38.5)
重量(毫克)	0.67	0.024	0.016	0.044	0.0054
重量(%)	57.5	20.2	13.9	3.8	4.6

(2) 金相检验:将磨屑用塑料镶嵌后抛光,再经4%硝酸酒精腐蚀,在显微镜下观察,可见有独立的碳化物颗粒。说明在微观剥落时,有碳化物的单独剥落。

(3) X射线衍射分析:磨屑内含有 Fe_2O_3 、 Fe_3O_4 和 α 相(马氏体),说明存在氧化磨损。

4. 润滑油检验

对随机的西德油和国产15号工业白油进行检验,结果见表2。

三、分析讨论

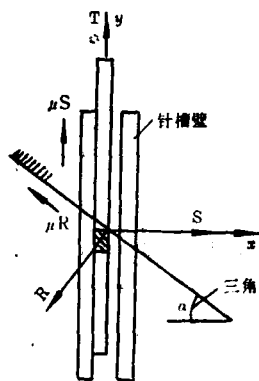
1. 受力分析

织针在旋转针筒的带动下做圆周运动,同时又受三角系统控制作上下往复运动,完成退圈、垫纱、弯纱和脱圈等成圈过程。弯纱三角控制织针向下运动,完成弯纱和脱圈的编织阶段。当织针随针筒旋转而受到三角作用时,其

受力情况比较复杂。为了便于分析,将其简化,简化后的织针受力情况如图所示。图中: S 为使织针沿三角轨道运动所需的水平力; R 为三角作用于针踵的力; α 为三角的倾角(54°); T 为弯纱张力; μ 为织针与三角及针槽壁的摩擦系数。

表2 油品分析结果

油类	西德油	15号白油	要求指标
粘度 50°CSt (毫米 ² /秒)	12.27	10.74	12.6
闪点($^\circ\text{C}$)	176	165	195
凝点($^\circ\text{C}$)	-45未凝	-8	-22
粘度指数(VI)	100	100	110 \pm 10
P_B 值(牛)	440	400	—
腐蚀(钢片)	合格	合格	—
酸值(KOH毫克/克)	0.0038	0.0051	—



织针受力分析图

根据受力列平衡方程解出针踵受弯纱三角作用力。考虑到针槽夹持力、箍簧力、针的重力和惯性力的影响,修正后的公式为:

$$R = T + K / (1 - \mu^2) \cos \alpha - 2\mu \sin \alpha$$

式中: K 为修正系数,根据资料^[1] $K = 0.46$ 牛。

弯纱张力 T 随着弯纱深度的增加而增加,到达弯纱最低点时,达到最大值,所以弯纱三角的尖部磨损最为严重。在编织天鹅绒织物时,根据计算 $T_{max} = 1.98$ 牛,取 $\mu = 0.15$,用上式算得压力为784牛/厘米²。可见针踵与三角间的作用力并不大,但比编织平针织物时大10倍左右。

2. 磨损分析

由磨面的形貌特征可知,弯纱三角严重磨损区和织针针踵共有以下四种磨损类型:

(1) 磨粒磨损,弯纱三角和织针都存在磨

粒磨损。由油品分析可知, 15号工业白油的 P_n 值和运动粘度等指标都低于西德油, 因此在润滑不良的情况下, 薄而强度低的油膜容易被偶件双方的含有坚硬碳化物的微凸体刺破, 造成金属间直接接触, 互相给对方造成二体式磨粒磨损。残存在三角滑道上的磨屑或灰尘粒子随织针一起滑动时, 还将造成三体式磨粒磨损。

(2) 粘着磨损: 粘着磨损只发生于硬度较低的织针。在严重润滑不良的情况下, 破坏后的油膜不能恢复, 致使摩擦副间的微凸体发生直接接触, 在压力作用下焊接, 随后在相对滑动时焊接点被剪断, 分离界面在织针的材料内部, 从而造成织针的粘着磨损。

(3) 疲劳剥落: 织针受三角系统控制做上下往复运动时, 由于运动方向和速度不断变化, 必然产生相应的惯性力, 从而使织针和三角之间发生冲击。对于织针而言, 冲击频率每分钟达 8640 次 [织针在每一弯纱三角的跳动次数 (根据滑道上的磨痕确定) \times 三角块数 \times 每分钟转速]。对于弯纱三角滑道上的某一点而言, 每分钟受冲击次数近 3 万次 (织针总数 \times 每分钟转速, 即 1682×18)。弯纱三角与针踵间的高频率、较大应力的冲击是产生疲劳剥落的主要力学条件, 但能否产生剥落还取决于偶件材料的性能、表面粗糙度、马氏体含碳量、碳化物形态及与其他种磨损类型的竞争情况等。

织针的侧面在经冲压落料成形后不再进行任何机械加工, 故其撕裂带内非常粗糙。当接触应力高而材料硬度也较高时, 表面粗糙度对接触疲劳寿命影响较大, 高粗糙度会使疲劳抗力下降^[2]。因此, 疲劳剥落只发生于较高硬度织针针踵的撕裂带内, 而光亮带内只发生氧化磨损或磨粒磨损。硬度较低的织针也不发生疲劳剥落, 而发生磨粒磨损或粘着磨损。这是由于低硬度材料耐磨粒磨损和粘着磨损的性能不高, 当接触疲劳裂纹还没有萌生或即使萌生但还没有扩展到一定长度时, 表层材料就已被其他种磨损方式去除。

对于弯纱三角, 疲劳剥落只发生于 39 号圆

机所配用的三角。这是由于在三角的显微组织中存在大块未溶碳化物, 造成马氏体内的碳含量浓度差较大, 在交变载荷冲击下容易在碳化物边界处萌生裂纹的缘故。

(4) 氧化磨损: 由磨痕和磨屑分析可知, 在磨屑中含有氧化铁, 而磨面又有光滑区域, 这证明氧化磨损的存在。但它只表现在存在疲劳剥落的三角和针踵的剪切光亮带内, 可认为在发生氧化磨损的同时伴随发生疲劳剥落。疲劳剥落过程, 需要一定时间才能造成材料的失重, 而氧化磨损是氧化膜不断形成又不断去除的过程, 一次循环的时间远少于疲劳剥落过程, 因此对于磨面某一特定微区, 在还没有发生疲劳剥落时将表现为氧化磨损。氧化磨损是磨损量最小、生产中允许存在的一种磨损类型, 在控制磨损时应努力将它种磨损类型转化为氧化磨损。

四、结 论

1. 造成弯纱三角早期磨损失效的磨损类型是磨粒磨损和疲劳剥落, 而织针是磨粒磨损、粘着磨损和疲劳剥落。在一般情况下只有一种磨损类型起主导作用。

2. 工况条件和摩擦偶件的材料组织及性能发生变化时, 会导致主导磨损类型的转化。在润滑良好的条件下, 主要表现为疲劳剥落, 在润滑不良时表现为磨粒磨损, 严重不良时表现为粘着磨损。在显微组织中存在大块或带状未溶碳化物的三角容易发生疲劳剥落。低硬度织针容易发生磨粒磨损。

3. 导致早期磨损失效的根本原因是选用的 15 号工业白油不能满足该机在编织毛圈织物时的润滑要求。

(收稿日期: 1987 年 10 月 9 日。)

参 考 资 料

- [1] 《针织学》, P113, 纺织工业出版社, 1982 年。
- [2] 《金属机械性能》, P178, 机械工业出版社, 1982 年。