CBN砂轮磨削GCr15时的磨削温度研究

邓建平　　薄化川

（机械工程系）　（哈尔滨工业大学）

摘　要

本文研究了CBN砂轮磨削轴承钢GCr15时的磨削温度和磨削烧伤问题。实验中应用热像仪(Thermal Video System)测量磨削温度。通过正交试验求出了磨削温度与磨削用量之间的关系。以工件表层显微硬度变化作为判别烧伤的依据。初步探讨了工件烧伤机理、提出了CBN砂轮磨削时A_p的临界值。

引　言

轴承钢的磨削工作量很大，工件的磨削烧伤是一个严重问题，因为烧伤破坏了工件的表层性能并加剧了工件的磨损，大大地缩短了工件的使用寿命。使用CBN砂轮磨削时，磨削烧伤依然存在。因此，这是一个值得研究的问题。

针对这一情况，在实验中采用热像仪来测量磨削温度，并用正交试验法建立了磨削温度的经验公式。通过单因素法求出了磨削温度与磨削深度之间的关系。为了判别烧伤，监测了工件表层的显微硬度变化情况。通过实验，发现磨削深度与工件表层显微硬度变化有密切关系，在此基础上，探讨了工件烧伤机理，提出了烧伤产生的A_p范围。

一　实验条件及测温装置

1.1　工件材料（GCr15）

表一　GCr15的成分

成分（%）	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
GCr15	0.9 ～ 1.05	0.15 ～ 0.35	0.20 ～ 0.40	≤0.027	≤0.02	1.3 ～ 1.65	≤0.30	≤0.25

本文于1989年5月27日收到

中国知网　https://www.cnki.net

表1为GCr15的化学成份。试件的热处理工艺如图1所示，热处理后的试件组织为极细的回火马氏体和分布均匀的细粒状碳化物及少量残余奥氏体。图2所示试件形状和尺寸。

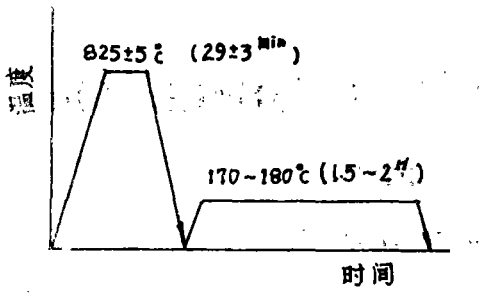

图1 热处理工艺

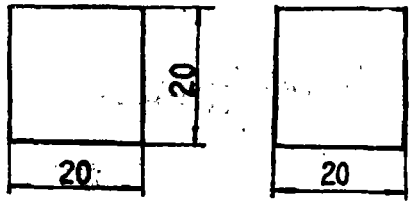

图2 试件形状和尺寸

1.2 磨削试验条件

表二 磨削条件

机　　床	MM7120A卧轴矩台精密平面磨床
砂　　轮	$1A_1/T_2$　200×20×75 CBN 100 B 150
磨粒出刃高度	约30μm
磨 削 液	干磨

1.3 热像仪

测温仪器是美国休斯飞机公司 (HugHe's Aircraft Company) 制造的“3000”系列“探眼”热像仪。其工作原理如图3所示。测温范围为－20°—＋1500°C，分辨率为0.1°C。

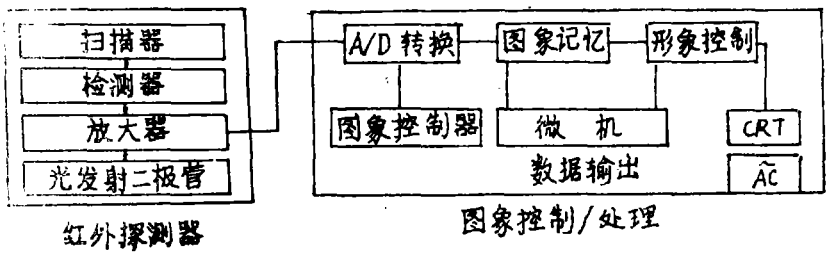

图 3 热像仪系统

二 磨削温度

2.1 精密磨削条件下的磨削温度

中国知网 https://www.cnki.net

在精密磨削条件下，采用正交实验方法研究磨削区平均温度θ_A（简称磨削温度）。表3为所取因素一水平表。实验安排中，取四个因素，其中砂轮速度V_s选两个水平，其余三个因素（工作台速度V_w，磨削深度A_p，进给量f_a）均选四个水平。实验方案与实验数据列于表4。

表3　因素水平表

因素 / 水平	V_s/ms^{-1}	$V_w/mmin^{-1}$	A_p/mm	$f_a/mmmin^{-1}$
1	16	4	0.005	20
2	32	6	0.010	40
3		8	0.015	60
4		10	0.020	80

表4 实验方案

序　号	V_s/ms^{-1}	$V_w/mmin^{-1}$	A_p/mm	$f_a/mmmin^{-1}$	$\theta_A/^0C$
1	16	4	0.005	20	148
2	16	6	0.010	40	210
3	16	8	0.015	60	230
4	16	10	0.020	80	265.5
5	32	4	0.010	60	230
6	32	6	0.005	80	224.5
7	32	8	0.020	20	298
8	32	10	0.015	40	315.0
9	16	4	0.015	80	210
10	16	6	0.020	60	230
11	16	8	0.005	40	185.5
12	16	10	0.010	20	215.5
13	32	4	0.020	40	260
14	32	6	0.015	20	265.5
15	32	8	0.010	80	285
16	32	10	0.005	60	250.5

经过回归处理后，CBN砂轮磨削GCr15时的磨削温度可以表示为：

$$\theta_A = 95V_s^{0.35}V_w^{0.25}A_p^{0.2}f_a^{0.05} \qquad (1)$$

由式(1)可知：影响磨削温度的主要因素有砂轮速度V_s和工作台速度V_w，根据每个因素

中国知网 https://www.cnki.net

的指数来看，CBN精密磨削时，所有因素对磨削温度的影响与一般磨削时相近。

砂轮速度的增加使单位时间内通过磨削区磨粒数目增多。单颗磨粒平均切削厚度减少，变形增大，摩擦加剧，单位时间消耗能量增多，因而磨削温度上升。

工作台速度增加，磨削厚度加大，金属变形能增加，使磨削温度增加。

当CBN磨粒的出刃高度大于磨削深度时，磨削深度增大意味着砂轮与工件接触弧长加大，接触时间增长，摩擦热量增多，引起磨削温度的上升。由于散热面积同时增大，抵消了温度的增长。结果综合效果使磨削温度缓慢上升。

轴向进给量对磨削温度几乎没有影响。

2.2 大切深下的温度曲线

在生产中，磨削深度最难于控制，它受操作者主观影响较大，所以，我们针对A_p进行了单因素实验，以考查A_p值对磨削温度及烧伤的影响，磨削参数如表5所示。

表5 磨削参数

V_s	32	ms^{-1}
V_w	8	$mmin^{-1}$
f_a	60	$mmmin^{-1}$
A_p	0.015－0.065	mm

在以上磨削条件下，得到相应的磨削温度值。图4为$\theta_A - A_p$对数曲线。显然，磨削温度

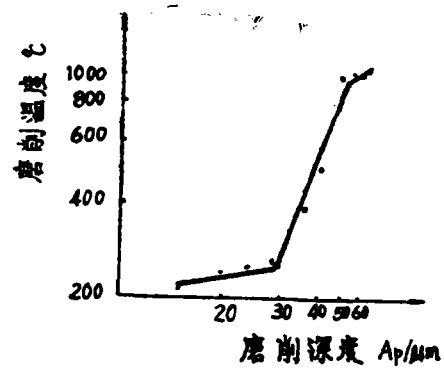

图4 $\theta_A - Ap$曲线

与磨削深度之间的关系可以近似分段处理成$\theta_A = C_A A_p^{x_\theta}$形式：

$$\begin{aligned} \theta_A &= 500A_p^{0.2} && A_p = 0.015 \sim 0.03 \\ \theta_A &= 410000A_p^{2.05} && A_p = 0.03 \sim 0.05 \\ \theta_A &= 430A_p^{0.5} && A_p = 0.05 \sim 0.065 \end{aligned} \qquad (2)$$

磨削温度与磨削热源有密切关系，当磨削深度小于CBN磨粒出刃高度时，磨削处于正常状态。此时，主要的磨削热源包括磨削区金属变形和磨粒与金属之间的摩擦，随A_p的增加，变形能与摩擦能均增加。

当A_p大于磨粒的出刃高度时，除上述两个热源之外，还包括结合剂与磨削层金属的剧烈摩擦。这一热源使磨削温度极大地增加。当A_p增大到使磨削温度足够高时，产生的热与

中国知网 https://www.cnki.net

散发的热逐渐达到平衡。此时，磨削温度上升缓慢。

三　磨削烧伤

3.1　工件表层显微硬度变化

在磨削温度监测的基础上，我们考查了试件表层的显微硬度变化情况。众所周知，当磨削温度过高，工件表层组织将发生变化，由此将引起表层显微硬度的改变。也就是说，引起了工件的烧伤。

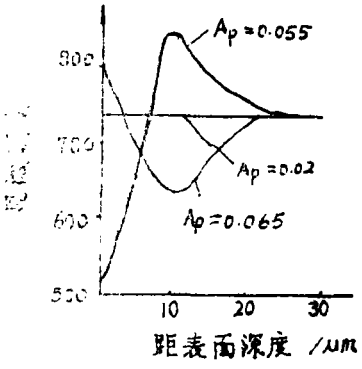

图5　工件显微硬度变化

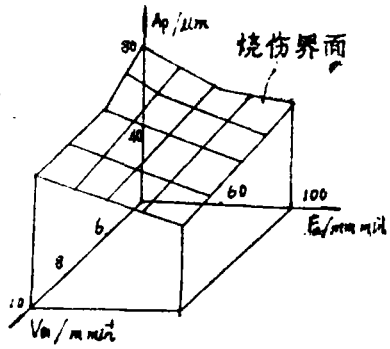

图6　烧伤临界值

图5是对应不同磨削深度下工件表层显微硬度的变化情况，磨削条件与表5相同。当A_p为0.02mm时，磨削温度θ_A为320°C，此时的表层显微硬度没有任何变化。当A_p大于0.045 mm而小于0.055mm时，工件产生回火烧伤，表层硬度明显降低。当A_p>0.055mm时，工件表层显微硬度稍有增高，越到里层，显微硬度大幅度下降，这是典型的二次淬火烧伤，它同样严重地影响工件的性能

3.2烧伤机理

只要表层显微硬度发生明显变化，我们就认为已发生了烧伤，根据这个观点，我们知道：当A_p超过CBN磨粒的出刃高度时，磨削温度迅速上升，当温度超过临界值时，产生烧伤。换言之，CBN砂轮磨削GCr15时，烧伤产生的原因是A_p超过了磨粒的出刃高度。

3.3　烧伤的临界值

根据前面的讨论可以判断工件烧伤的出现。图6所示的是CBN砂轮磨削GCr15时的烧伤临界A_p值。只要A_p超过此值，将产生烧伤。当A_p小于此值时，只要砂轮正确修整，工件不会产生烧伤。

四　结论

(1) CBN砂轮磨削轴承钢GCr15时，磨削温度的经验公式可以表示为：

$$\theta_A = 95 \cdot V_s^{0.35} \cdot V_w^{0.25} \cdot A_p^{0.2} \cdot f_a^{0.05}$$

(2) CBN砂轮磨削GCr15时，烧伤是由于A_p超过磨粒出刃高度而引起的。

(3) GCr15有两种烧伤形式：回火烧伤和二次淬火烧伤。

参考文献（略）

中国知网　https://www.cnki.net