

# 刀具温度分布与组织结构的关系

陈子文

(精密机械工程系)

**摘要** 本文研究了 ASP30 粉末冶金高速钢车刀重加热后的显微组织和显微硬度的变化规律, 用来评定高速钢刀的温度分布。实验证明, 具有直观、精密方便等特点。在相同切削条件下, 粉末高速钢刀与普通高速钢刀有相似的温度-组织效应。

**关键词** 刀具, 温度分布, 显微组织, 粉末冶金, 高速工具钢。

## 0 前言

金属切削时, 刀刃楔入工件后, 被切削层的金属经历了塑性变形、断裂而形成切屑。加工过程中所消耗的功, 其中绝大部分转化为热被切屑带走, 同时也加热了刀具和工件。研究切削区的温度分布是金属切削的重要课题之一。切削热限制了金属切除率的提高, 也严重地影响到刀具的寿命和工件表面质量。因此, 如何测量刀具在三维空间的温度分布是关系到刀具几何形状设计, 关系到合理选择加工参数的问题。通常测量刀具温度场的实验方法有: 热电偶法、热像仪红外照相法等。由于切削刃区域微小, 温度梯度又陡, 对于三向的温度分布, 应用上述方法无论难度, 特别是精确度都存在问题。采用显微组织与硬度变化法来评定高速钢刀具切削刃附近的温度分布都能比较容易实现。

众所周知, 高速钢刀具经常规热处理后的金相组织为回火马氏体+碳化物+残余奥氏体。切削过程中的热效应超过了回火温度, 金相组织将发生相应的改变, 其变化程度与温度, 时间有关, 若建立组织、硬度与温度、时间关系图, 即可用它去标定高速钢刀具的温度分布。

熔炼高速钢的标定已有报导<sup>[1]</sup>, 但粉末冶金高速钢在高温下的组织变化和温度标定尚未有报导。本文用瑞典粉末高速钢作试验研究。

## 1 试验方法

试样材料采用瑞典 UDDEHOLM 公司商用 ASP30 粉末冶金高速钢刀条。主要化学成分: 1.27% C, 4.20% Cr, 5.00% Mo, 6.40% W, 3.10% V 及 8.50% Co。试样制造过程: 用砂轮

本文1990-05-23收到。

片将试样切下，磨加工到1.3mm厚，尺寸为 8 × 10mm。所有试样都经850℃预热，1150℃在盐炉中加热后淬火，550℃三次回火，每次保温 1 h，于600—950℃温度范围内每隔 25℃ 分别在盐炉中再加热，保温时间分别为 1/2, 1, 2, 5 min，再入水冷却。全部试样都分别嵌镶，测量维氏硬度，并在振动抛光机 (Vibration Polishing Machine) 上抛光约 48 h，用 2% 硝酸酒精溶液浸蚀40s。

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 组织变化与再加热温度、时间

保温时间恒定，ASP30 高速钢高于 600℃ 加热，随温度提高，金相组织发生了如下变化：低于700℃加热，基体比较明亮，奥氏体晶界模糊，但隐约可辨；高于700℃，基体开始变暗，晶界的可见度增加；到800℃左右，基体比较暗而晶界已达到最黑的程度；直至850℃左右加热时，基体已一片黑色，晶界也无法辨认；此后随着加热温度的升高，基体又逐渐变得明亮，特别是在碳化物和晶界周围出现白亮层，并逐渐扩大；到 900℃ 以上，基体为一片白亮色。

基体由明亮变暗，再发亮，晶界即由隐约可见到清晰而变黑直到不可辨的连续变化过程，反映了低于 850℃ 加热，粉末冶金高速钢中的回火马氏体进一步分解，碳化物粗化过程，850℃以上加热时，该温度已超过高速钢的 $A_{c1}$ 临界点，基体发生奥氏体转变，当冷却时产生马氏体转变所致，在显微镜下看到的是一片白亮。

保温时间的变化不改变上述变化规律，只是整个变化过程向低温方向推移而已。高速钢的组织变化与温度、时间的关系示意如图 1 所示。

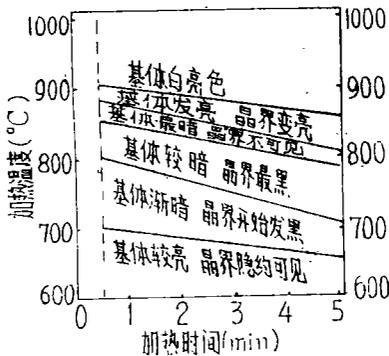


图 1 ASP30粉末高速钢重新加热中显微组织特征变化示意

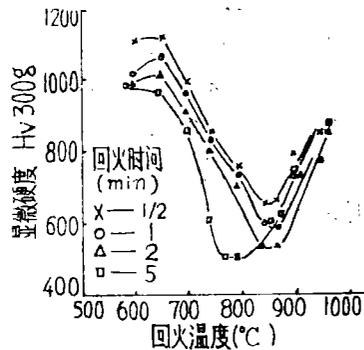


图 2 显微硬度与回火加热温度的关系

### 2.2 显微硬度值与再加热温度、时间

高速钢组织的变化必然引起硬度的相应改变。图 2 指出硬度-温度-时间之间的关系：超过650℃加热，硬度由回火状态的HV1100急剧降低，至850℃左右达到最低点 (HV660)。硬度的变化规律与组织改变很好的互相吻合。加热时间也只能改变硬度数值，不影响变化规律。硬度与保温时间的关系如图 3 所示。

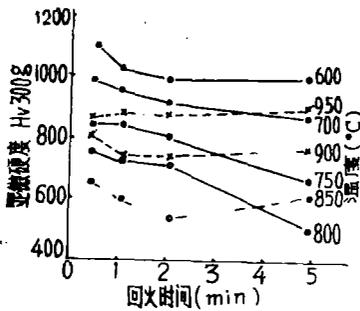


图3 各加热温度下保温时间与显微硬度的关系

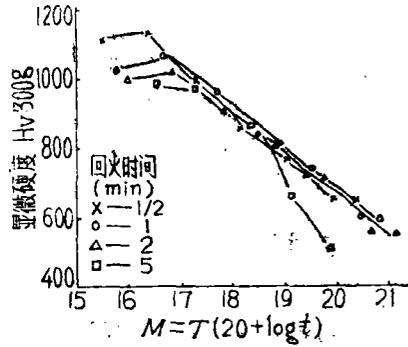


图4 显微硬度与回火温度、时间的关系

硬度-温度-时间三者的关系可用Larson-Miller式表达<sup>[2]</sup>, 即

$$M = T(20 + \lg t),$$

式中 $T$ 为再加热温度(K),  $t$ 为时间(h)。650—850℃温度范围内基本上是成直线关系, 高于或低于上述温度, 典型再加热曲线就不能适用上述关系式(图4)。

### 2.3 刀具的组织、硬度与温度分布标定

图版 I 1a是失效后粉末高速钢车刀垂直于前刀面的截面上低倍金相照片, 该车刀用以切削硬度为HV300的正火BS970:708M40钢(相当于我国40CrMo钢)。从照片可看出: 离刀尖有一定距离的前刀面已被磨损一凹坑, 是由切屑与刀具相摩擦, 在高温高压下使高速钢产生大塑性变形流动而引起的“月牙洼磨损”<sup>[3]</sup>。月牙洼底部的白亮区和黑色带, 在高放大倍率下的显微组织如图版 I 2。对照标定照片可知, 白亮区为淬火马氏体, 可见该处的刀具温度已超过900℃。黑色带组织为高速钢回火马氏体的分解产物, 根据组织和硬度变化即可画出切削刀附近的温度分布曲线如图版 I 1b, 可得出切削过程中刀具的最高温度位于离刀尖有一定距离的月牙洼底部而不是刀尖。从平行于前刀面的截面上的组织, 温度分布曲线上也得到证实(图版 I 3)。图版 I 3a上整个椭圆形黑色区是月牙洼, 是温度最高的部位, 应为白亮色的淬火马氏体组织, 由于上面被粘结一层切屑所复盖看不到马氏体, 像月亮环蚀一样只在月牙洼周围有一环形亮带。

根据两个方向的温度分布曲线即可描绘出刀具的温度分布空间图形。

粉末冶金高速钢车刀的温度分布与熔炼高速钢刀有相同的规律。

## 3 结论

(1) 应用显微组织与硬度变化获得的高速钢刀具温度场分布曲线的优点是直观、精确, 且能得到三维空间的图形, 这是用其它方法所不能达到的。

(2) 粉末冶金高速钢刀的温度分布与熔炉高速钢有相同的规律。

(3) 对组织-温度变化关系敏感的, 能发生相变的其它合金刀具, 也可采用此方法标定温度分布。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Wright, P. K. and Trent, E. M., *J. I. S. I.*, 211 (1973), 364—368.
- [ 2 ] Payson, P., *The Metallurgy of Tool Steels*, John Wiley and Sons, INC., New York, (1962).
- [ 3 ] Trent, E. M., *Metals Cutting*, Butterworths, Second Edition, (1983).

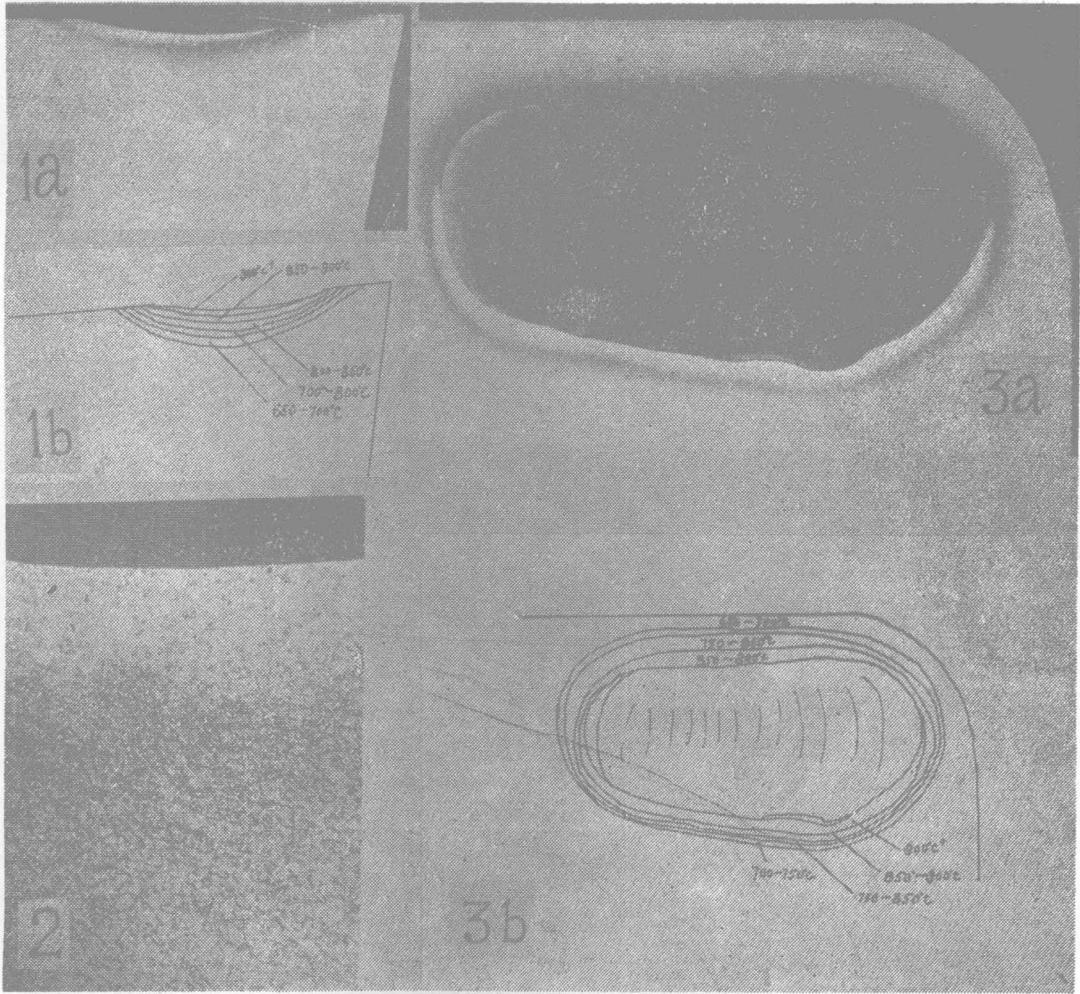
## The Relation between Temperature Distribution of Cutting Tool and Its Microstructure

Chen Ziwen

(*Department of Precision Mechanical Engineering*)

**Abstract** In relation to the ASP 30 grade powder metallurgical high speed steel cutting tool, this paper deals with the changing pattern of its microstructure and microhardness after reheating. This changing pattern is proven experimentally to be a precise, convenient and intuitive criterion for evaluating temperature distribution of HSS cutting tool. Both powder metallurgical and conventional HSS cutting tools have the similar temperature structure effects when they are used under similar conditions.

**Key words** cutting tools, temperature distributions, micro-structure, powder metallurgy, high speed tool steel



## 图版 I 说明

1. 车刀用于切削正火态 40CrMo 钢失效后的显微组织与温度分布 (a) —— 垂直于主切削刃 截面, (b) —— 截面温度分布;
2. 图 1 a 的局部放大照片 400X;
3. 前刀面上的显微组织和温度分布 (a) —— 显微组织; (b) —— 温度分布。