

正交切削 GH761 预热形成 积屑瘤的实验研究

沈阳航空工业学院机械与汽车学院 (110034) 曹国强 包明宇 高 霖

1. 引言

切削 GH761 产生的再生现象是经过反复、剧烈热硬化而形成的变迁组织, 就实验现场而言, 各种基本切削参数都影响该组织的形成, 但最主要的因素只有两个: 温度, 硬化。由于切削区温度的递增, 刀具前刀面产生的熔焊堆积逐渐增加, 导致刃前微区硬化, 进而在切削根部产生陡变的温度梯度, 出现“硬切软”的现象。假若切削中不存在硬度梯度, 也就不可能生成积屑瘤。这里, 从产生加工硬化现象入手, 分析、研究积屑瘤的形成。由参考文献知: 切削过程中, 由于刀具刃前位的挤压作用, 使得被加工材料产生剧烈的塑性变形, 产生加工硬化; 在某特定温度下, 材料也产生强化、硬化; 而在剧烈塑性变形的切削条件下, 材料的自身温度特性也将发生响应变化。这些变化对切削 GH761 过程中积屑瘤的形成会产生很大的影响。本文通过实验对上述问题进行了初步研究, 并在此基础上总结了一些积屑瘤形成的新特点。

2. 观察装置及主要实验参数

主要采用切削区侧面观察法, 从而有效地观察工件的切削以及刀具动态切削过程的全貌。试验是在 XK5032 铣床上实现的。实验主要由刀具尖部分、显微观察部分、变速部分和加热部分等几部分组成。

由于上述的实验装置仅适应极低速下的观察, 因此利用工件预热方法来模拟常规切削, 实验中使用分别对刀具工件进行非接触加热。利用调整辐射光斑的大小对其进行温度控制, 主要实验参数的选择:

(1) 显微镜物镜的选择 保证能够有效地观察切削过程中切削区的微观现象, 且又附有较广的景深。选用 5~10 倍的物镜, 主要光物系统见图 1。

(2) 切削速度的选择 实验旨在观察切削过程中切削区伴生的积屑瘤现象, 因此, 在 v_c 的选择方面依据满足模拟常规切削要求的条件下, v_c 尽

量要低。实验中 v_c 选择 10mm/min; 切削材料 GH761; 刀具材料 YG6X; $\lambda = 0^\circ$; $\alpha = 4^\circ$ 。

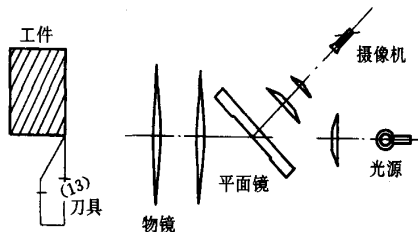


图1 光物系统

(3) 金相处理技术的选择 本实验要求对试样、刀具进行磨光、抛光, 对切屑及根部进行镶样、抛光和腐蚀。

3. 切削中的现象及分析

主要参数确定后, 需要在极低转速条件下预热切削 GH761, 当切削路程为 48mm 时, 积屑瘤的初貌形成情况见图 2。由图 2 可清晰看到实验过程中积屑瘤的形成情况。因为是切削初期 ($L = 48\text{mm}$), 所以认为是积屑瘤形成的胚胎阶段, 图中反映了一个不稳定的胚胎留在刀-屑接触面的前部, 其胚胎下部的金属纤维方向近似平行于前刀面, 这说明切屑的底部确有材料曾粘附着前刀面, 且随其一起走过一段路程, 然后脱落。随着切削的连续进行, 又进一步发现刀-屑接触的切削底层滑移线发生偏置, 这说明滞留现象的存在。图 2 可明显地刻画出其上方有一小块金属脱落, 然后, 刃前区附近又有一个较大的胚胎出现。由此可以看出,

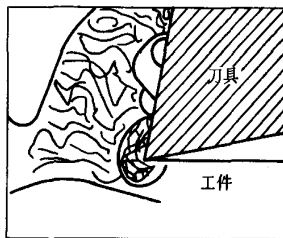


图2 积屑瘤生成过程

一个积屑瘤胚胎的生成初期并不相对稳定,存在多次反复,直至将刀屑接触区擦拭干净才具有生成较稳定积屑瘤胚胎的充分必要条件。这与积屑瘤全部脱落后重新生成的理论有着本质的区别。

随着切削的不断进行,又有新的层积金属(主要为 GH761)附着在积屑瘤上转化为一部分,就其实质而言,积屑瘤就是一个受力平衡体,而受力的平衡状态决定积屑瘤的边界面貌。

4. 温度的预热对生成积屑瘤的影响

这里所指的温度主要讲刀—屑接触面的温度(并不是切削区的最高温度)。只有满足式(1)的条件,积屑瘤生成才能相对稳定。

$$T_{\text{平}} < T_{\text{顶}} \quad (1)$$

式中 $T_{\text{平}}$ ——积屑瘤前刀面接触平均温度

$T_{\text{顶}}$ ——积屑瘤顶面温度

实验中测得接触面温度为 320℃ 左右(最高温度也可能为 400℃ 左右),此时积屑瘤形成后相对稳定;当接触面温度达到 518℃ 左右时(最高温度也可能为 580℃ 左右),积屑瘤的胚胎将极不稳定,积屑瘤也就不复存在了。鉴于这种现象,为了能在极低速下观察到积屑瘤的生成,就必须采用人工预热方式来模拟正交切削 GH761 条件下的温度特性。模拟的目的有两个:

(1) 保证刀—屑接触面间的温度:

$$320^{\circ}\text{C} \leq T_{\text{平}} \leq 518^{\circ}\text{C} \quad (2)$$

(2) 保证刀—屑方向形成负温度梯度。

在进行切削实验时,刀具和工件刚刚接触的瞬间处于室温,通过预热制造由工件—刀具传热的温度场。保持接触面的温度在 320℃ 以上,这样使得接触面处的切削强度较高,其他区域强度较低,从而导致剪切滑移的发生,强度较高区域附着在前刀面端部形成积屑瘤。同理,也可加热刀具至式(2)范围内,人为地形成由刀具—工件的温度梯度,保持接触面的强度较高而形成积屑瘤。

5. 积屑瘤形成机理的研究

Kudinov 曾指出:切削温度场呈驼峰状分布,最高温度不在刀—屑的接触面上,大约在接触面的中部通常滞留层的厚度 δ 很薄,约为切削厚度 h_{ch} 的 3%~7% (图 3),由于切削第一变形区剪切滑移所做的功要大于刀—屑接触区的摩擦功,因而滞留层内产生的温度比切削本身温度高得多,形成一个由滞留层传向刀具体的温度梯度,而该梯度的传

导速率同刀具材料的热导率有密切关系。依据这样的理论,人为在一定的切削条件下,滞留层内的温度超过某一特定温度,刀—屑接触面的温度却低于此温度,进而产生一个温度梯度。所以只有在刀—屑接触面附近,被加工材料 GH761 才可能产生加工硬化,而加工硬化层底部材料熔焊在刀具前刀面上,经不断堆积而形成积屑瘤。

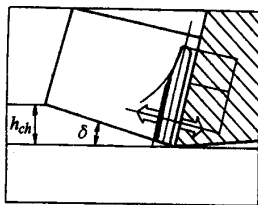


图3 滞留层厚度

改变热流动方向,只要将刀—屑界面的温度增加到被加工材料某一临界温度以上(例如各种加热切削),热量就会从刀—屑接触面流向切屑,使得温度点的最高位置发生偏移,接触面附近的强度下降导致更多的剪切滑移,但基本上不产生硬化现象,进一步抑制了积屑瘤的生成。

从上面分析可知:导致滞留层硬化作用的主要因素是热流动,而硬化又是最本质的现象之一。因此,积屑瘤的硬化是由加工硬化和层状组织所致,如果切屑的强度、硬度都一致,就不会伴生积屑瘤了。

6. 结论

(1) 通过切削 GH761 实验,验证了切削高温合金类难加工材料形成积屑瘤的特点。

(2) 通过实验进一步验证:将刀—屑接触面温度加热至某一临界温度之上,形成流向切屑的温度梯度,能够有效地控制积屑瘤的生成。

(3) 积屑瘤是一个动态的结构,它由一层层在极限应变条件下变得相当硬的金属层构成。

(4) 在积屑瘤和滞留层之间,并没有发现严格和固定不变的分界线,积屑瘤和滞留层是刀具和切屑之间存在粘接时的特点。

(5) 由于加热刀具到某一临界温度受现场条件限制,且消耗费用较大,同时可使刀具硬化度稍有降低,因此,本文建议对高温合金类难加工材料的加热、预热(切削),应首选工件为预热(加热)状态为好。

(收稿日期:20041011)