

探究硬质合金刀具材料中碳化钛含量对其耐磨性的影响

彭谦

(湖南省冶金材料研究院有限公司 湖南 长沙 410000)

摘要: 硬质合金是难熔金属的硬质化合物与粘结金属运用粉末冶金工艺制作得到的一种合金材料,在刀具制作方面有着较为突出的表现。技术人员对硬质合金刀具材料中各种材料的含量及其影响进行了分析,期望通过研究,优化刀具材料制作方案,从而获得更高质量的刀具。文章对硬质合金刀具材料中碳化钛的含量对刀具耐磨性的影响进行了研究分析,旨在掌握碳化钛含量的应用技术,制造出更加理想的硬质合金刀具产品。

关键词: 硬质合金材料; 硬质合金刀具; 碳化钛; 耐磨性; 磨损率

1 硬质合金材料

硬质合金材料是利用粉末冶金技术制成的合金材料,具有韧性理想、耐磨性好及硬度高等方面的突出优势,能够在 500℃ 环境中保持不变状态,即使在 1000℃ 环境中,也可以保持较为理想的硬度状态。硬质合金材料广泛应用于刀具制作,无论是钻头还是车刀等产品的制作都会应用到该材料。硬质合金刀具在不锈钢和耐热钢等产品的切削工作中表现良好。与高速钢材料相比,使用硬质合金材料制作的刀具的切削速度可达到高速钢刀具切削速度的 4 ~ 7 倍,刀具寿命是高速钢刀具的 5 ~ 80 倍,能够对 50HRC 左右硬质材料进行高质量切削。使用硬质合金材料制造的量具和模具的使用寿命要比选用合金工具钢制作的最多高出 150 倍左右。虽然硬质合金材料具有诸多优势,但因其存在脆性较大的缺点,导致无法用来制作形状复杂的刀具,一般只能制作成不同形状的刀片,然后运用机械夹持、粘接和焊接等手段安装到模具体或者刀体中使用。

2 碳化钛含量对其耐磨性的影响

因为碳化钛含量会对刀具材料的耐磨性产生一定影响,所以,为保证刀具的最终耐磨程度,需要通过对碳化钛含量进行有效控制来保证刀具达到理想的设计要求和使用效果。本文运用试验手段,对碳化钛含量影响耐磨性能的规律展开全面分析。

2.1 碳化钛含量和刀具相对磨损率

在进行刀具耐磨性研究的过程中,通常会运用刀具耐用度、刀具后刀面磨损量和刀具月牙洼磨损深度等作为刀具耐磨性的常用指标。在进行本次试验时,会运用

前刀面月牙洼相对磨损深度和后刀面相对磨损率来代表前、后刀面单位切削路程上磨损的具体量。

为保证试验结果的可信度,会在相同的切削条件下,通过选择不同的碳化钛含量硬质合金刀片进行磨损试验的方式,确定相应的磨损关系。通过计算的方式确定磨损量和碳化钛含量之间的变化规律,从而通过相应分析获得结果。经过反复计算,发现前刀面月牙洼和后刀面均呈现出刀具磨损性能会随着碳化钛含量的增加而增加的情况,相应的幂函数规律呈现逐渐增强的状态,而且经过对比分析,发现碳化钛含量的变化在对前刀面耐磨性的影响中表现更为突出。在变量间保持相同幂函数关系的状态时,碳化钛的含量变化仍然会对前刀面的耐磨性产生更大的影响,明显超过其对后刀面耐磨性的影响程度。

2.2 不同切削速度环境中碳化钛含量对耐磨性的影响

通过试验发现,切削速度不同,碳化钛含量对刀具的耐磨性影响效果也不同,会呈现出特殊规律。因为此时刀具材料和碳化钛及切削速度均有密切关联,需从两方面入手,对影响的具体情况与规律展开探讨。通过反复多次的测试发现,影响情况及规律主要体现在以下几点:

(1) 在碳化钛含量在 50% ~ 60% 时,任何速度状态下的刀具材料,都会因为碳化钛含量增加而呈现出磨损率相对下降的情况,即刀具耐磨性出现明显增强的趋势。但速度不同,碳化钛含量对于刀具耐磨性影响也不相同,两者通常呈正比例关系,即速度越高,影响越明显。在整体状态中,存在一个特殊情况,即在碳化钛含量相同的前提下,当速度高于 50m/min 时,刀具耐磨性会随着切削速度的降低而逐渐增加,但当速度为 30m/min 时,

刀具的磨损率相对较大, 高于速度为 50m/min 和 90m/min 时的磨损率。

(2) 当碳化钛含量在 50% ~ 70% 时, 整体含量影响呈现出了特殊的规律: 如果切削速度高于 90m/min, 刀具材料的耐磨性会随着碳化钛含量的不断增加而呈现出不断加强的趋势; 如果切削速度低于 90m/min, 随着碳化钛含量的不断增加, 材料的耐磨性则下降, 伴随速度的不断降低出现了耐磨性下降幅度不断增加的情况。

(3) 切削速度在 50 ~ 90m/min 范围内时, 刀具耐磨性能受碳化钛含量变化影响的状态会处于最小的状态; 在其含量低于 30% 时, 碳化钛含量的变化情况对于刀具耐磨性的影响最为明显; 在碳化钛含量高于 30% 时, 除切削速度过高等特殊情况外, 刀具耐磨性的增强变化并不明显。

2.3 试验结果论证分析

经过综合分析发现, 碳化钛含量变化会对刀具耐磨性产生影响, 并呈现出相应规律, 与刀具磨损机理、碳化钛物理及化学性质等多项因素有着密切关联。

2.3.1 含量变化对于刀具耐磨性能影响理论分析

因为碳化钛的常温硬度相对较高, 在高温环境中也会保持较高的硬度状态, 整体的熔点相对较高, 其自身具有的特性优势较为突出。在粒度尺寸保持一致的状态下, 碳化钛含量较高的刀具材料在高温及常温环境中的硬度优势会更加突出, 如涂层刀具表层碳化钛含量在 100% 左右的刀具, 其硬度能够达到 HV2900 左右, 具有较为理想的耐磨性, 所以碳化钛含量的增加会在一定程度上提高刀具的耐磨性。

2.3.2 化学性质稳定且抗扩散性较为理想

研究表明, 刀具材料化学稳定性和刀具的磨损程度有着密切关联, 而材料的化学稳定性与分解率也有着非常紧密的联系, 会对切削过程中刀具元素扩散情况产生一定的影响。通过对化合物形成自由能的分析, 对化学材料稳定性进行判断, 一般自由能形成能力越低其化合物的稳定性也就越高。所以如果刀具材料中的化学稳定性物质含量相对较多, 所制作的刀具产品耐磨度也会越高。同时, 因为碳化钛具有不容易扩散及分解的特点, 所以如果刀具材料的碳化钛含量相对较高, 其抗扩散磨损性能也会更加理想。

2.3.3 抗粘着性能较为理想

碳化钛的粘着温度相对较高, 一般会超出钢粘着温度 100℃ 左右。在进行切削操作时, 刀具整体的温度相对较高, 钛和氧气会发生作用, 生成化学稳定性及耐磨性较高的二氧化钛、一氧化钛, 在刀具表面形成氧

化物组成表面膜。经过分析与应用发现, 表面膜的形成可以实现良好的固体润滑作用, 能够有效改善刀具因为粘着问题所造成的切削力及抗磨损率不理想的情况, 达到良好的刀具使用效果。与钢和氧气结合所生成的氧化物相比, 此种膜的紧密度及耐磨性更加理想, 由此可以推断出碳化钛含量较高的刀具, 其耐磨性也会较为理想的规律。

2.4 含量变化对刀具耐磨性影响试验论证

2.4.1 切削温度和速度对于材料化学元素扩散规律的影响

如果处于高速切削状态, 刀具的摩擦界面表层元素会出现扩散情况, 会因为材料表层机械性能及物理和化学性质的改变, 而出现磨损程度不断增加的情况。为明确刀具元素扩散和温度之间的关系, 明确切削速度、温度等各项因素的影响情况, 需要通过对各种切削速度下切削背面化学成分变化情况进行分析, 确定材料的各项组成元素的变化规律, 确定刀具表层部分粘附及元素扩散的具体情况。

技术人员会通过进行多方对比试验的方式, 运用自然热电偶法进行切削温度的测试, 进而明确切削温度扩散、碳化钛含量变化和刀具耐磨情况之间的关系。在刀具中含有 Ta、Ti、W 三种元素, 元素重量百分比和切削速度与温度等有着密切的关联, 会随着切削速度的不断加快及温度的不断升高, 呈现出元素扩散速度不断加强的趋势。各种元素在切削温度及速度等变量出现变化时, 其相应的变化率大小可以直接体现出元素扩散的影响程度, 能够通过对数据的对比分析, 明确元素之间的化学性质稳定性和抗扩散等方面的能力。

经过对比分析发现, W 的变化相对最大, Ti 的变化相对最小, 这表明后者与前者相比, 其化学稳定性更加理想, 整体的抗扩散性能相对较高, 所以碳化钛的含量增加也会达到有效提高刀具耐磨性的效果。

2.4.2 刀具材料元素扩散与转移和碳化钛含量之间的影响影响具体体现在以下几个方面。

(1) 切削速度、碳化钛含量和表面摩擦层元素变化的影响。因为受到摩擦界面元素扩散及溶解等的影响, 在进行切削加工处理过程中, 切屑背面的化学成分会发生改变, 导致刀具摩擦面层成分发生相应变化, 进而致使刀具材料的耐磨性能受到影响。在采用不同切削速度进行切削操作时, 刀具摩擦面层元素含量也会发生相应的变化。在研究碳化钛含量对耐磨性能影响的规律时, 可采用电子探针。对不同碳化钛含量刀片在各种切削速度下的成分变化情况展开分析, 进而通过研究明确表征碳化钛含量和刀具耐磨性能之间的关联。数据表明, 碳化钛含量的增加会直接导致刀具耐磨性

能的增强。但无论碳化钛的含量如何发生变化, Fe 元素含量会随着切削速度的增加而呈现逐渐上升的趋势。碳化钛含量和切削速度的变化使 Fe 元素含量出现相应改变, 表明相同材料的刀具如果碳化钛的含量相对较低, 在处于较高切削速度状态时, 其耐磨性能也会出现明显的下降。

(2) 刀具元素相对转移率及转移速率和碳化钛含量之间的变化关系。如果将刀具元素相对转移率设置为坐标轴的纵坐标, 将元素改变量及元素初始含量百分比作为计算数据, 通过对相对元素转移率和切削速度变化情况的分析, 获得相应元素的转移速率, 并制作坐标体系, 便可以清晰地看出各元素之间的相互影响关系, 进而通过对数据变化情况的研究, 得出相应的影响规律。经过对大量数据的分析发现, 碳化钛含量在 30% 左右时, 存在固溶体形成龟背纹的状况, WC 相处于较少的状态。所以在碳化钛含量低于 30% 时, 会出现随其含量的不断增加而使刀具耐磨性能不断提高的情况。当切削速度较低时, 刀具的耐磨性能变化规律与之前所获得的规律并不相符, 即增加碳化钛含量不仅不能提高刀具的耐磨性能, 还有可能造成刀具耐磨性能下降的状况。同时, 因为切削速度的不断下降, 导致出现相对磨损率增加的趋势。产生这一现象的主要原因是刀具的磨损形式发生了改变, 切削速度较低且温度不高, 导致元素扩散现象还没有发生, 无法起到相应的作用, 致使其不再是影响刀具磨损的主要因素, 而剥落、粘着等成为了刀具的主要磨损形式, 进而造成刀具耐磨性能下降的问题。

2.5 主要结论研究

因为受到碳化钛化学性质、物理性质等因素的影响, 加之钨钴类硬质合金组织的影响, 致使刀具在扩散磨损环境中, 以磨损形式进行工作时, 会因为碳化钛的含量增加而出现刀具耐磨性幂函数规律增强的情况。刀具材料机械性能相关因素的制约, 也会导致刀具在出现剥落、粘着等磨损状况时, 会因为碳化钛含量的增加而出现耐磨性能逐渐下降的状况。能够通过对表征刀具元素转移率计算公式的应用, 在保证定量描述特定切削条件和相同环境条件下, 对刀具元素扩散及溶解等现象进行分析,

明确转移现象发生之后碳化钛含量对磨损性能影响的规律, 进而明确碳化钛含量变化对元素扩散能力影响的具体情况, 得出相应的规律。刀具材料碳化钛含量在 30% 以下时, 整体材料含量变化情况会对刀具耐磨性能产生最大程度的影响, 而在其含量超过 50% 之后, 不会因为碳化钛含量增加而使刀具的耐磨性能增强的状况, 所以在进行刀具的制作时, 不能一味地提高碳化钛的含量, 需要按照材料的具体性质确定碳化钛含量具体范围及粘结剂、添加剂等各项材料的添加比例, 从而获得更加理想的刀具制品。此外需要明确, 如果钨钴类硬质合金刀具材料碳化钛含量相对较高, 就不适宜将其作为低速切削刀具使用。

3 结语

硬质合金材料中的碳化钛含量对刀具耐磨性能的影响比较大, 一般情况下, 碳化钛含量的增加将增强刀具的耐磨性。因为对该方面机理和规律的研究还处于不断深入的状态, 所以为保证刀具材料研制及使用的科学性和合理性, 还需要不断加大对刀具磨损相关内容的研究力度, 在明确硬质合金材料特点和性能的基础上, 通过进行切削试验等方式, 准确把握碳化钛含量的具体控制, 掌握其变化对耐磨性影响的规律, 从而更好地进行刀具的制作。

参考文献:

- [1] 赵国龙, 信连甲, 李亮, 王珉, 郝秀清, 何宁. 高硅铝合金的金刚石涂层刀具铣削损伤机理研究 [J]. 中国机械工程, 2022, 33 (02): 153 - 159.
- [2] 吴振宇, 郑光明, 盖少磊, 李方梁, 杨先海, 程祥. 微喷砂前处理对 AlCrN 涂层刀具表面完整性的影响 [J]. 制造技术与机床, 2022 (01): 103 - 106.
- [3] 王宝恒, 李红丽, 朱飞, 冯志彪, 王鲜辉, 张刚, 余昕, 王永国. 高效铣削不锈钢薄壁件刀具优化研究 [J]. 组合机床与自动化加工技术, 2021 (12): 144 - 146.

作者简介: 彭谦 (1970.11 -), 男, 汉族, 湖南长沙人, 本科, 工程师, 研究方向: 金属材料物理性能及热处理。