铝合金切削过程中刀具积屑瘤的化学处理方法

杨淇茗，侯东锋，江忍，任敏，王健
浙江极氪汽车研究开发有限公司　浙江宁波　315000

摘要：为了减少批量生产中刀具的消耗，降低刀具在生产过程中的损耗成本，采用理论与实际相结合的分析方法，综合分析加工过程中的工况，包括加工效率、冷却方式和产品材质，在实践中实施处理铝熔化导致的粘铝现象，处理后实现刀具再利用，从而降低刀具消耗成本。

关键词：机械制造；数控加工；铝合金；制造成本；刀具消耗；积屑瘤

1　序言

随着我国汽车行业的飞速发展，近些年新能源汽车更是井喷式地发展，而轻量化是新能源汽车行业的核心话题，轻量化的核心则是变更传统材料。铝合金具有强度高、质量轻的特点，是使汽车轻量化不可或缺的材料。汽车零件几何形状相对复杂，压铸铝合金零件在整车中的占比已经越来越大，压铸零件的CNC加工需求也在逐步提升。

铝合金汽车零件CNC加工制造，主要的要求是高效率、高稳定性的连续生产和成本不断降低，使得对于整个生产过程需要更详细的控制和策划。

2　铝合金切削过程中产生积屑瘤

铝元素本身在切削过程中主要的特性为熔点低，加工工况中表现为“粘”，由于该特性和实际工况下的冷却不足，在微观的加工过程中摩擦产生的热量不能及时或者有效地释放出去，所以导致铝会熔化并附着在刀具的切削刃和排屑槽处，当冷却后瞬间又凝固粘结到刀具上，即产生积屑瘤，导致刀具的报废，这类问题在行业内俗称“容易粘刀”。

刀具是CNC加工过程中的一种消耗品，在成本支出中占比较大。一般铝合金专用切削刀具的切削刃应更加锋利，排屑槽需进行特殊的抛光处理并且增加铝合金专用涂层，来提高切屑的排出效率。汽车行业的高效率生产，促使刀具必须提高进给量和线速度，从而又增加了切削过程中产生的热量，增大了铝熔化粘刀的风险，也导致因积屑瘤而使刀具报废所引起的成本增加。

伴随着环保的要求，铝合金CNC加工大量使用MQL最小微量润滑作为切削液替代介质，而铝本身熔点低的特性加持MQL冷却效果的降低，更加促进了积屑瘤现象的产生，而因粘刀报废的刀具占整个刀具常规报废的40%左右。由于积屑瘤的传统处理方法一般使用敲击、砸击等方式，处理后能再使用的刀具寥寥无几，因此提出一种新方案。

3　处理措施

新方案的具体处理措施如下。

1）取下已有积屑瘤的刀具。

2）寻找NaOH固体，与水进行稀释，并放入陶瓷容器内。

3）待稀释后变为NaOH溶液，将已经粘结铝的刀具放入溶液内浸泡，粘铝部位完全浸泡至溶液内，持续2h，或者根据实际情况加长浸泡时间。

传统处理方案与新方案对比见表1。

表1　积屑瘤的传统处理方案与新方案优势对比

传统处理方案	新方案
粘铝后的刀具无法使用，直接报废，生产成本巨大	浸泡液体能够在复杂且不规则的形状内进行去除铝
采用物理方式敲击、砸击等方式清除粘铝，抛光面被破坏，直接报废或降低刀具切削效率	处理时间短且操作过程简单
处理方式复杂，需要细心处理，风险高	处理辅助材料容易获得，且成本较低

4 化学原理

以汽车零部件常用AlSi7Mg材料为例，其中Al的含量约为93.5%，Si的含量为6.5%，Mg的含量为0.25%。Al和Si都能与NaOH溶液反应，用NaOH溶液浸泡可以除掉刀具上残留的主要的Al成分，原理是金属和NaOH发生反应，产生气泡（H_2），最终使粘结的铝脱落[1]。

化学反应方程式如下[2, 3]。

1）Si与NaOH反应方程式为

$Si+2NaOH+H_2O=Na_2SiO_3+2H_2\uparrow$

2）Al与NaOH反应方程式为

$2Al+2NaOH+2H_2O=2NaAlO_2+3H_2\uparrow$

最终结论，铝被清除，刀具可以重复使用。

5 试验验证

使用丝锥对上述理论试验验证。选择丝锥的原因是在铝合金加工中，丝锥属于刀具中价值较高的一种刀具，同时肩负着更长使用寿命的使命，而且几何形状比较复杂，沟槽狭小，产生粘铝现象以后基本无法使用物理方式清除，试验该种刀具更具有意义和代表性。

由于加工过程中瞬间产生较高的热量，且可能冷却不足等，故导致铝被瞬间熔化，且被粘在沟槽内，图1所示丝锥已经无法再使用，螺纹牙型已经损坏。



图1 有积屑瘤的丝锥

按照上述化学理论进行试验，使用NaOH溶液对丝锥粘铝部分（积屑瘤）进行完全浸泡，如图2所示。

浸泡2h后丝锥外观状态如图3所示。

得出试验结论：经过NaOH完全浸泡处理后的丝锥，目测沟槽内积屑瘤已经完全脱落，试验器皿内存在脱落的残留铝渣。使用处理后的丝锥再次进行工件的加工，经检测工件螺纹牙型符合要求，螺纹合格，该丝锥可以恢复再使用。

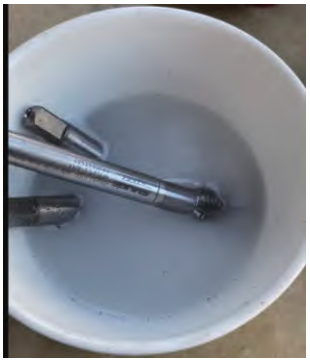


图2 粘铝部分（积屑瘤）进行完全浸泡



图3 浸泡后丝锥外观

6 结束语

汽车零部件行业属于大批量生产的行业，新设备和新设计的专用刀具的匹配需要在前期调试时进行大量的切削验证。在验证过程中，由于参数的匹配、新设备的磨合及调试人员的经验不足等，刀具产生积屑瘤的现象比较常见，导致报废调试成本和生产周期直线上升，以及后期在大批量生产过程中毛坯余量的变化、冷却的瞬间不稳定等原因导致的粘铝问题，在应用此方法后得到有效解决，大大节约了刀具成本和处理时间，提高了刀具的使用寿命，同时大幅降低了企业的生产成本。

参考文献：

[1] 华彤文，王颖霞，卞江. 普通化学原理[M]. 4版. 北京：北京大学出版社，2013.

[2] 唐向阳，余莉萍，朱莉娜，等. 基础化学实验教程[M]. 4版. 北京：科学出版社，2015.

[3] 常文保，李克安. 简明分析化学手册[M]. 北京：北京大学出版社，1981.

MW 20240508