M42钢圆拉刀开裂失效分析

王铭勐

圆拉刀是一种应用非常广泛的孔加工刀具，常用于高速切削加工。在使用过程中，每个刀齿都承受着非常大的冲击作用，使用工况相对较为恶劣。圆拉刀使用时既要保证加工精度，又要保证高生产效率，因此圆拉刀所要求的各种性能都是非常高的。

通常圆拉刀使用高速钢整体制造。M42钢就是高性能高速钢的典型代表之一，相当于我国的W2Mo9Cr4VCo8钢。该钢具有较高的热硬性和较好的韧性，同时钒含量较低，又具有较好的可磨削性，虽然价格昂贵，但仍然广泛应用于圆拉刀。现有一件M42钢圆拉刀，在生产制造过程中产生纵向裂纹。

本文通过对该圆拉刀进行宏观和显微组织检测及分析，寻找出该圆拉刀失效的主要原因，再通过采取有效的措施，控制裂纹产生，提升圆拉刀内在质量。

一、拉刀基本情况

圆拉刀规格ϕ75mm×1850mm，在热处理后的磨齿工序发现纵向裂纹，并贯穿整个拉刀刃部，由图1可见，裂纹沿纵向呈直线状，裂纹位置在齿根部位。将整支拉刀从高处自由下落后，拉刀碎断，取其中一具有代表性部分进行宏观观察（见图2），断口

技术发展的方向。为了获得最佳的加工效果，必须采用适合于干切削的刀具和刀柄。应大力开发和完善不同刀具在不同场合下的干切削技术，最大限度地保护环境，提高效率。

（2）搞好三废治理　刀具行业的热处理无疑是污染大户，应根据国家相关规定，对废水、废气、废渣进行无害化处理，达标排放。

（3）节约资源　首先从减少刀具本身对资源的消耗开始，刀具材料中含有大量的W、Cr、Mo、V、Co等元素，这些材料在开采、冶炼、锻轧、制造过程中不但消耗矿产资源，也消耗了大量的能源，增加了许多碳排放。采用精密铸造、胎模锻、冲压等技术减少刀具的消耗量及切削量，都是减少碳排放的有力手段。另外，切屑的定向回收、废旧刀具的回收利用、特别是硬质合金等超硬材料回收再生，更具有重要价值。其次要注意减少刀具使用过程中的能源消耗，能源消耗越多碳排放也越多，低能耗的刀具对我们的环境保护起到积极的作用。另外，要积极推广和应用数控刀具等先进刀具，应用先进的切削技术，降低对易造成环境污染的切削液的限制使用。

7. 以人为本

人是生产力中最活跃的因素，也是最大的变数。企业管理本质上是人际关系，首先是人对人的管理，其次才是人对物的管理。有人做过统计分析，热处理95%以上的质量事故是人为造成的，有些事故表面上看是设备或其他因素所为，但仔细分析还是由于人的管理不到位或制度不健全。因此，建立新型和谐的人际关系，关注人为的操作细节，是每个企业可持续发展的必要条件。

三、结语

现代切削技术正朝着“高速、高效、高精度、智能、人性化、专业化、节能环保”的方向发展，只要我们刀具行业坚持走改革创新之路、热情友好及时的配套服务，始终为刀具创新发展注入正能量，我们一定能由刀具制造大国很快成为世界刀具强国！

作者简介：赵步青、胡明，安徽嘉龙锋钢刀具有限公司。

MW 20140708

处呈现两种形态：断口呈现凹凸不平的部分，为摔断时硬性撕裂所致，属于正常高速钢断口；而断口平整的部分，几乎与拉刀轴线平行，且表面裂纹在此平面内。观察整支圆拉刀全部断口均没有腐蚀痕迹，颜色均为细瓷状的银灰色，可初步断定该圆拉刀是在淬回火后开裂的。

经查，该圆拉刀的加工流程为：备料→粗车表面→铣齿形→热处理→时效→磨齿形→终检。

二、理化性能检测

1. 化学成分检测

在该圆拉刀的刃部切取试样，采用F20直读光谱仪进行化学成分检测，结果见附表。结果表明，此拉刀的化学成分符合GB/T9943—2008《高速工具钢》要求。将该试样纵向平磨后检测硬度，硬度值为66.5～67.5HRC，为正常值，符合技术要求。

2. 显微组织检测

取该圆拉刀裂纹所在的纵向面为观察面，制成金相试样后，用金相显微镜观察其金相组织，结果如图3所示。

从图3a可见，直径1/4处碳化物不均匀度级别为4级，由图3b可见，标准腐蚀后观察显微组织为回火马氏和碳化物，再将试样继续深腐蚀浅抛光，可见图3c淬火晶粒度10.5级。再通过观察齿部表面位置的显微组织，如图3d所示，发现沿刃部外边缘有贫碳现象，且表面均有白亮层出现，层深为0.002～0.006mm。

三、分析与讨论

1. 显微组织分析

从显微组织上看，图3a中组织符合ZBJ36003—1987《工具热处理金相检验标准》中的要求，合格；图3b中组织回火充分，程度为1级，且没有过热；图3c淬火晶粒度大小说明淬火温度正常，结合宏观断口组织观察结果，说明热处理过程没有异常；但图3d中刃口边缘区域存在贫碳现象，且表面出现白亮层，深浅不一，断续覆盖于整个刃口，其中齿根部白亮层最深。

2. 白亮层和贫碳层产生原因分析

通过对机加工艺流程调查发现，该圆拉刀热处理前后的铣、磨削齿形工序的加工过程中，为缩短生产周期，每次进给量非常大，并且在磨齿形工序时相邻两齿磨削加工的时间间隔很短。

在磨削加工的部位产生大量热能，使钢材表面局部温度过高达到组织转变相变点，在接下来

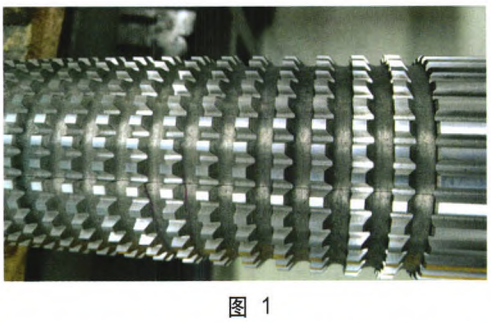
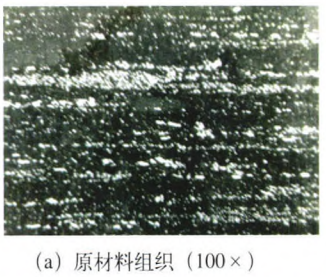
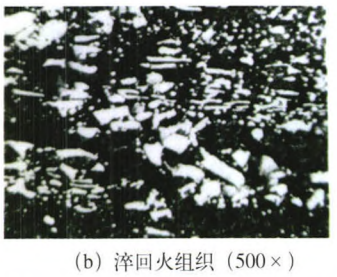


图 1

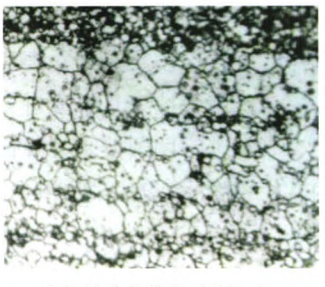
图 2



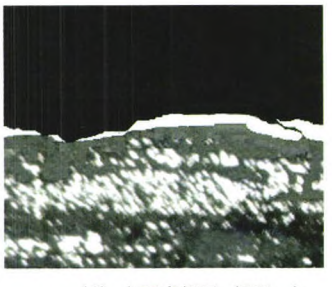
(a) 原材料组织（100×）



(b) 淬回火组织（500×）



(c) 淬火晶粒度（500×）



(d) 表面磨糊层（500×）

图 3

M42钢圆拉刀化学成分（质量分数）（%）

试样	C	W	Cr	V	Mo	Co	P	S
实际值	1.14	1.52	3.95	1.03	9.01	8.12	0.026	0.015
国家标准值	1.05~1.15	1.15~1.85	3.50~4.25	0.95~1.35	9.00~10.00	7.75~8.75	≤0.030	≤0.030

的空冷过程中产生退火现象，致使圆拉刀表面全部脱碳，产生完全由铁素体组织组成的磨糊层，磨糊层以里向基体方向则是碳化物少、颗粒也较少的贫碳层。

3. 圆拉刀失效原因分析

（1）从应力角度看 热处理前铣齿形过程中，每次纵向铣齿都较深，在铣下一个齿沟时，第一齿处于悬臂状态，过大的铣削推力就会造成齿根部的应力集中，后序还会有圆周面上铣削，应力集中相互叠加导致拉刀表面产生加工应力，存在应力集中源，即使在热处理后仍会残留下来。

淬火前刀具内部存在较大应力，热处理过程中又出现体积和组织转变。淬火后产生了一道弯，且弯曲集中在全长1/3以内，校直过程采用局部加压方法，校直过程进行于淬火后和回火后的冷却过程中。热应力、组织应力的叠加不可避免地产生应力集中，校直过程又是对弯曲部位施加外力，且压力较大（可高达百吨），时间又较长（可达数小时），增加开裂倾向。

热处理后精磨过程中又因磨削量大产生了白亮层和脱碳层，与基体组织产生拉应力。多种应力叠加导致产品开裂倾向进一步增大。

（2）从拉刀结构上看 该拉刀的表面上有多排刀齿，各排刀齿的数量相对多，尺寸相对较小，形状存在依次微小变化的特点，因此每个齿都变成一个孤岛，强度相对下降，淬火、回火工序的空冷过程中，不可避免地出现了表面少量脱碳现象，产生贫碳区。

而在热处理后磨削开刃中因磨削量大，表面温度升高，而齿根边缘薄，磨削热量不易散去，又是应力集中处，继续磨削很容易导致齿沟出现微裂纹，从而进一步加剧脱碳，导致出现低碳马氏体和碳化物的贫碳区扩大，直接导致该圆拉刀表面与基体组织不一致，表面强度进一步下降，甚至出现几乎没有硬度的铁素体白亮层，白亮层与其下面组织产生拉应力，增加了微裂纹扩展倾向。

（3）从材料角度看 与传统的高速钢相比，M42钢属高碳高合金莱氏体钢。碳含量高，碳化物偏析严重，显微组织呈现点状、片状和棒状M_2C型的一次碳化物组织，碳化物偏析严重，棒状碳化物的存在本身就增加了开裂倾向。合金含量高，高温抗集聚能力差，产生二次硬化明显，塑性、韧性下降，开裂倾向大。

热加工困难的同时，加工和使用时也易崩刃。特别是M42钢的钴元素含量高，组织在热处理过程中易出现孪晶马氏体，导致产品脆性增大，可加工削性能差。而钼元素含量高，产品在热处理过程中过热敏感性大，脱碳倾向大。

（4）从热处理角度看 该圆拉刀采用阶梯预热，降低了热应力对拉刀的影响；高温用1150℃加热；为防止淬火时拉刀表面产生拉应力而导致开裂，采用盐浴炉二次分级冷却，因拉刀不同部位冷却速度不一致，导致体积、组织转变不同步，结合淬火前拉刀本身存在加工应力，导致该拉刀出现一道弯曲，热校直后采用550℃×90min3次回火。

从以上分析可以看出，拉刀失效原因是：该拉刀在铣削时加工量过大，造成齿根部应力集中，经过热处理后应力集中进一步加剧，后序磨削时磨削量过大，造成热量集中导致齿根边缘组织转变，出现微裂纹，继续磨削导致裂纹进一步扩展，造成拉刀纵向开裂。

四、改进措施及建议

为尽可能减少加工中产生的加工应力和表面质量缺陷，结合M42钢基体组织中有较多的棒状碳化物的特点，特提出以下改进措施和建议：

（1）铣削过程中，铣削规范要合理，必须保证较小的加工量，既可减小圆拉刀在热处理前的弯曲程度，又可减少应力集中。

（2）M42钢在保证硬度的同时，尽量降低高温加热温度，铣削后、热处理前增加去应力退火工序，工艺采用500～560℃，时间2h，以消除由塑性变形引起的残余应力。

（3）结合M42钢加工工艺性差的特点，在磨削过程中，尽量减少磨削量，防止磨糊层产生而造成刀齿部贫碳甚至全脱碳而出现白亮层。白亮层存在时即使拉刀没有开裂，也会让刀具变钝。

作者简介：王铭劼，哈尔滨第一工具制造有限公司。

MW 20140630