内孔和外圆高硬度车削加工

■ 浙江通力重型齿轮股份有限公司 （瑞安 325207） 杜王静

摘要：根据齿轮内孔和齿轮轴外圆几何结构特点，针对原工艺进行分析，结合实际生产，设计了新型硬车工艺，解决了磨削工艺效率低、硬车精度不稳定的问题，并给出了相应数据。

齿轮内孔和齿轮轴外圆，经渗碳淬火后，硬度达50～62HRC。一般采用渗碳淬火热处理前留余量，渗碳淬火热处理后磨削加工至图样要求的工艺方法；采用渗碳淬火热处理前留余量，渗碳淬火热处理后，用CBN刀片车削至图样要求的方法。

齿轮和齿轮轴配合处内孔和外圆有较高的精度要求，渗碳淬火热处理前留余量，渗碳淬火热处理后磨削加工的方法，磨削工序生产成本较高，生产周期长。渗碳淬火热处理前留余量，渗碳淬火热处理后用CBN刀片车削方法加工出的工件，其表面粗糙度、形位精度不稳定，不能量产，经济性差。

1. 磨削加工方法分析

为保证齿轮、齿轮轴渗碳淬火热处理后正常加工，渗碳淬火热处理前需留余量，避免渗碳淬火热处理变形，使工件尺寸超差，无法加工至图样要求，尤其是厚度较薄的齿轮，长径比较大的齿轮轴一般留1～3mm余量。磨削时存在以下困难：

（1）砂轮易钝，批量生产时需经常修整砂轮，砂轮修整后需重新对刀，以确保加工尺寸。

（2）工件渗碳淬火热处理变形，需反复对刀，设置磨削起始点。

（3）磨削进刀速度有限，进刀过快，易造成工件表面烧伤，产生裂纹。

（4）对操作者的技能水平依赖性强，不能实现半自动化生产。

（5）长期磨削产生的气雾，对操作者存在一定的健康影响。

经测试，齿轮和齿轴单件磨削参数如表1所示。

磨削加工是目前较为普遍的加工工艺，能保证零件加工精度，但生产效率低，不环保，产品交货期长，在市场经济环境下竞争优势不明显。

2. 车削加工方法分析

CBN刀片硬度高，相比加工硬度低的材料，刀具需更硬、更耐磨、强度更大。切削本身是一种碰撞、摩擦及挤压的过程，并且产生大量热，尤其是刀尖部分温度最高（见图1）。

表 1

序号	工件名称	单边余量/mm	磨削工时/min	表面粗糙度值 R_a/μm
1	齿轮	0.5	20	0.8
2	齿轮	1	35	0.8
3	齿轮	1.5	45	0.8
4	齿轮轴	0.5	15	0.8
5	齿轮轴	1	26	0.8
6	齿轮轴	1.5	38	0.8

直接用CBN刀片进行半精车、精车加工，刀尖圆角极易出现后角磨损的情况，甚至出现圆角崩塌等不良情况（见图2）。

工件表面会因刀尖角磨损、

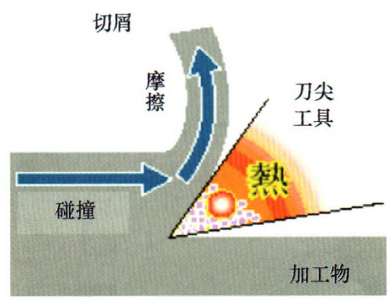


图 1



(a)



(b)

图 2

刀具刃口失效无法保证加工精度。工件表面也会因刀尖角磨损，切削时无法进行切屑、排屑、断屑，而使表面粗糙度质量变差（见图3）。

从检验记录和生产统计来看，用单个刀片刃口进行半精车、精车，如表2所示。

加工直径100mm、长度86mm内孔，可加工62件，其中6件表面粗糙度值R_a=3.6～4.5μm，11件精度超差。因此用CBN刀片车削，虽能达到硬车目的，但质量不稳定，不能量产，发挥不出经济效益。

在车床上采用CBN车削技术，加工高硬工件可成倍提高效率，但受目前国内刀具制造水平限制，刀片中的CBN成份需经特殊工艺冶炼，国内目前只能提供可切削50HRC以下性价比较好的CBN刀片，50HRC以上时需要进口，进口SUMITOMO、Sandvik、KENNA等公司的刀片，国内可以提供整体CBN刀片，使用效果良好。

3. 改进后高效的硬车技术

改进后的硬车技术采用半精车与精车两道工序加工零件至图样要求。

从检验记录和生产统计来看，采用陶瓷刀片半精车，CBN刀片精车参数如表3所示。

半精车采用陶瓷刀片（见图4）进行硬车，单边留余量0.1～0.2mm。陶瓷刀片硬度次于CBN，但高于硬质合金，表面采用CVD化学涂层，具备高耐磨性，且刀片价格较CBN至少低5倍，用于半精车去除渗碳淬火热处理后表面残留氧化皮，渗碳硬化层，可获得良好的性价比。

精车采用CBN刀片硬车。CBN刀片需选用带后角刀片，一般7°即可，配合正前角车刀杆使用，因加工表面粗糙度值R_a需低于1.6μm，刀尖角应选用0.4mm

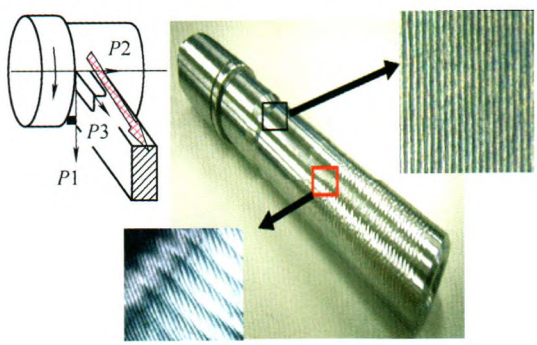


图 3

表 2

序号	工件名称	单边余量/mm	硬车工时/min	表面粗糙度值 R_a/μm
1	齿轮	0.5	9	1.2～4.5
2	齿轮	1	15	1.2～4.5
3	齿轮	1.5	23	1.2～4.5
4	齿轮轴	0.5	8	1.2-4.5
5	齿轮轴	1	13	1.2～4.5
6	齿轮轴	1.5	21	1.2～4.5

表 3

序号	工件名称	单边余量/mm	硬车工时/min	表面粗糙度值 R_a/μm
1	齿轮	0.5	5	1.0～1.6
2	齿轮	1	9	1.0～1.6
3	齿轮	1.5	14	1.0～1.6
4	齿轮轴	0.5	4	1.0～1.6
5	齿轮轴	1	8	1.0～1.6
6	齿轮轴	1.5	11	1.0～1.6



图 4

以上，切削时的每转进给应控制在0.04～0.08mm/r，线速度应控制在60～80m/min，切深应控制在0.1～0.2mm。为保证精车一刀即达图样要求，应试车一小段距离，确认精度后，精车至图样要求。精车时加高压切削液，效果更佳。

单个刃口加工直径100mm、长度86mm内孔，可加工151件，其中151件表面粗糙度值R_a=1.0～1.6μm，无零件精度超差。生产效率较磨削提高了68%～75%，单件加工成本降低48%左右；较单用CBN进行半精车、精车提高38%～50%，单件加工成本降低52.5%左右，且质量稳定，满足批量生产要求。

4. 结语

高效的硬车技术是解决当前自动化生产的一个重要发展方向之一，结合数控机床应用，代替磨削工艺，具有广阔的应用前景和优势。我国是制造大国，在向制造强国晋升的过程中，尤其在新技术、新工艺方面，应重视创新，为我国产品制造，乃至整个制造业的可持续发展辅平基路。

参考文献：

[1] 机械设计手册编委会编著.机械设计手册[M]. 北京：机械工业出版社，2004.

MW（收稿日期：20161230）