精密端面磨削的CBN砂轮试验研究

文 勤

一汽解放有限公司无锡柴油机惠山工厂　江苏无锡　214174

摘要：在实际生产过程中，通过对两种国产CBN砂轮A和B以及随设备原装进口CBN砂轮C进行试验对比，从砂轮磨损量、粗磨后工件端面表面粗糙度、精磨后工件端面轮廓度以及最终表面粗糙度四个试验对比后，综合经济性要素和产品质量考虑，选择合适的端面磨床CBN粗磨砂轮。

关键字：CBN砂轮；端面磨削；表面粗糙度；轮廓度

磨削加工是最古老的加工手段之一。随着工业技术特别是硬金属加工的发展，它逐渐成为不可缺少的加工手段。超硬材料CBN（立方氮化硼）的发明，作为磨料用于砂轮的制造，不但能有效地磨削较硬的材料（45～65 HRC），还能使砂轮的耐用度成倍提高，其在修正修锐上的技术突破，可以说是磨削模具的一次革命。CBN砂轮是立方氮化硼粉与砂轮结合剂（如树脂、金属、陶瓷等）经过高温高压烧结而成。立方氮化硼CBN具有硬度高的特点，其硬度仅次于金刚石，同时，其热稳定性好，能承受1400℃的高温，比铁族元素的化学惰性高。CBN砂轮的特点是热稳定性好，化学惰性强，耐磨性好，磨削效率高，加工表面质量好，无烧伤和裂纹，以及综合加工成本低[1]，广泛应用于各种精密磨削加工。由于各CBN厂家砂黏合剂及生产工艺不同，导致在实际应用中相同参数磨削下，砂轮寿命、自锐能力以及工件质量出现差别。本文通过试验方式，对几种国产和进口CBN砂轮进行综合比较分析，最终目的是寻求最具性价比、满足要求的CBN砂轮。

CBN砂轮及分类

CBN磨料制作的砂轮，它们的性质和用途（机械加工用途）是有差别的。根据不同的加工工艺和所用结合剂成分的差异，砂轮可分以下四种[1]。

1.电镀CBN砂轮

生产工艺简单、生产成本低、成型简单，但它只有一层镀层，不能修正，因此在加工过程中较难掌握磨层何时受损。此砂轮适用于小批量的机械加工、几何图形复杂的成型磨加工，还可作修正滚轮使用。

2.烧结式CBN砂轮

硬度大、密度高，可加工成高精度的修正滚轮，成本比较高。主要用于大批量超硬材料以及玻璃和石料的加工，还可作砂轮的修正滚轮使用。

3.树脂CBN砂轮

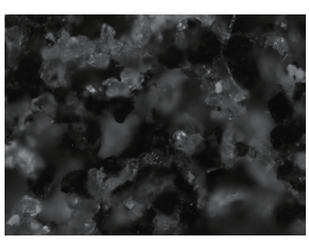
生产工艺简单、生产成本低、成型简单，但不易修正整型。它在工具磨和刀具加工行业应用较普遍，

也应用于不需要砂轮成型的端面磨削。

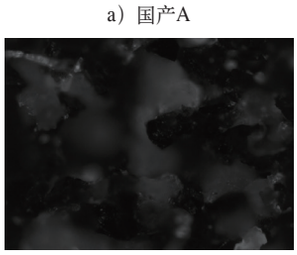
4. 陶瓷结合剂CBN砂轮

具有磨削力强、高速加工不烧伤工件、可修正及耐用等优点，是目前最理想的高速、高效、高精度的磨削工具。适用于自动磨床的加工，磨削成本低。

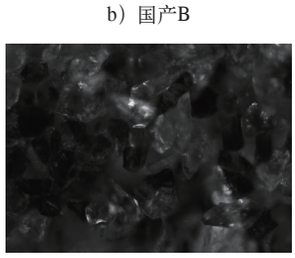
对试验所用的两家国产砂轮A和B、一家随设备进口砂轮C共三类样品在40倍光学显微镜下观察（见图1），从图片上很容易看出黑色的CBN颗粒以及透明的树脂黏合剂。端面磨削特点，利用砂轮的端面磨削工件的端面，不需要砂轮保持成型，利用砂轮本身的自脱落不需要修整器进行修整，所以可以判断该端面磨削机床所用的CBN砂轮为树脂CBN砂轮。



a）国产A



b）国产B



c）进口C

图1　三种砂轮40倍光学显微图像

从图上可以看出，国产A的粒度与进口C粒度相近；国产B的粒度相对要大一些，粘合均匀性国产B不及进口C和国产A。

CBN砂轮磨削性能试验

用CBN砂轮磨削加工时，可获得好的加工质量，高的生产效率，并降低磨削成本。在保证磨削质量的前提下，寻找经济适用的CBN砂轮尤为重要，通过下面的试验来分析研究。

1.试验条件和要求

（1）试验条件　试验设备是一台产自德国的Supfina精密端面磨床（见图2），具有在线测量系统，该磨床有三个主轴，分别是粗磨、精磨以及抛光，用于高压共轨喷油器体小端面和凹端面精密磨削。该设备具有磨削效率高，端面表面粗糙度在0.05μm以下，轮廓度好，具有最佳的碗形轮廓，工件装配端面密封效果好。试验砂轮为粗磨CBN砂轮，尺寸为ϕ10mm×20mm，砂轮中孔直径ϕ6mm，分别为国产A、国产B以及进口C三种砂轮。试验工件为高压共轨喷油器体小端面的磨削，材料为20CrMo；其硬度为58～62HRC；磨削量为0.08～0.10mm。

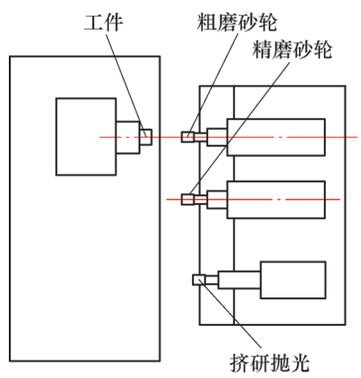


图2　Supfina端面磨床示意

（2）试验要求　分别将三种CBN砂轮用专用AB胶水粘接在金属砂轮杆上并放置48h，在采集试验数据前每种砂轮必须先试磨10次，以让砂轮自脱落在稳定状态下采集数据，实验时机床热机30min。

2.试验结果

本试验采用综合因素法分析研究，在正常磨削生产条件下，三种CBN砂轮磨损量、粗磨后工件端面表面粗糙度、粗磨再精磨后最终工件端面轮廓度及表面粗糙度几个因素进行试验对比，根据试验数据结合实际情况选择最佳的CBN砂轮。

（1）砂轮磨损量　相同条件下三种砂轮的磨损量对比如图3所示，由图可以看出，国产砂轮A磨损量最大，而且每次磨损量不稳定；国产砂轮B磨损量最小并逐步减小趋于稳定。进口砂轮C磨损量介于两者之间，

且每次磨损量比较稳定。

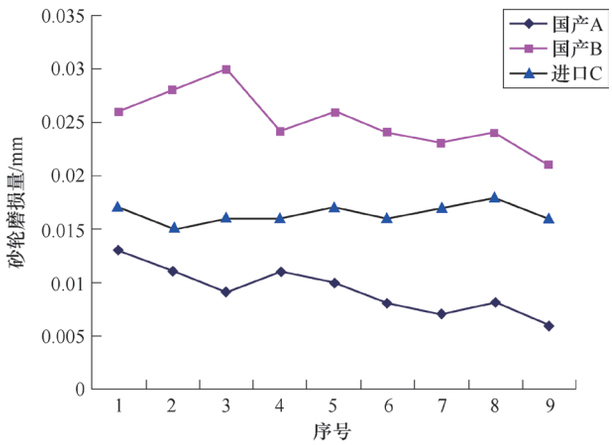


图3　三种砂轮磨损量对比

（2）粗磨后工件表面粗糙度　如图4所示，进口砂轮C粗磨后的表面粗糙度值最大，两种国产砂轮粗磨后表面粗糙度值反而小。这说明进口砂轮C的自锐性比较好，在磨削过程中始终保持着砂轮的锐利；而国产砂轮A和B显然自锐性要差一些，在磨削中，砂轮表面脱落物脱落不完全，或者脱落物填充了砂轮表面空隙，从而导致砂轮表面变得不锐利，影响磨削加工。粗磨主要是快速去除工件加工余量，工件端面保持在一定的表面粗糙度值内，这样使下道精磨工序容易磨削。

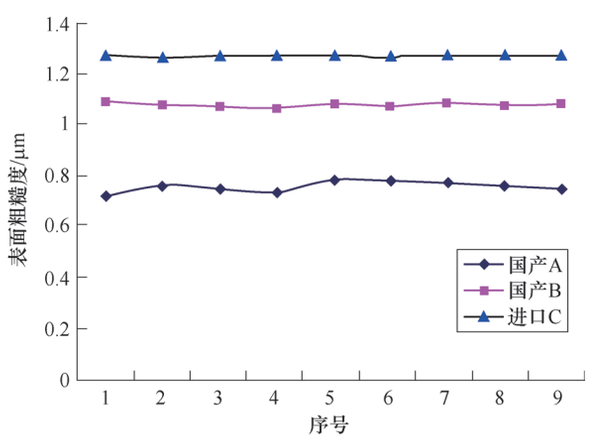


图4　三种砂轮粗磨后工件粗糙度对比

（3）精磨后工件表面轮廓度　工件在三种不同CBN砂轮磨削后，再经过同一种进口CBN砂轮精磨，得到不同的轮廓度（见图5），从试验结果看，两种国产砂轮A和B表面轮廓度显然不及进口砂轮C，并且进口砂轮C轮廓度很稳定，而其他两种国产砂轮轮廓度也不稳定。这说明进口砂轮C在磨削过程中接触面各点脱落比较一致均匀，不管是截面中心还是边缘处脱落速率相同；国产砂轮A和B显然接触面各点脱落不一致导致工件表面磨削受力不一致，从白光平面干涉仪上测得的平面度（见图6）来看，国产砂轮磨削后工件端面往往会产生过大的中间凸起。要说明的是，三种砂轮最终经过精磨后，工件表面粗糙度值均差不多，说明精磨磨削决定最终的工件表面粗糙度。

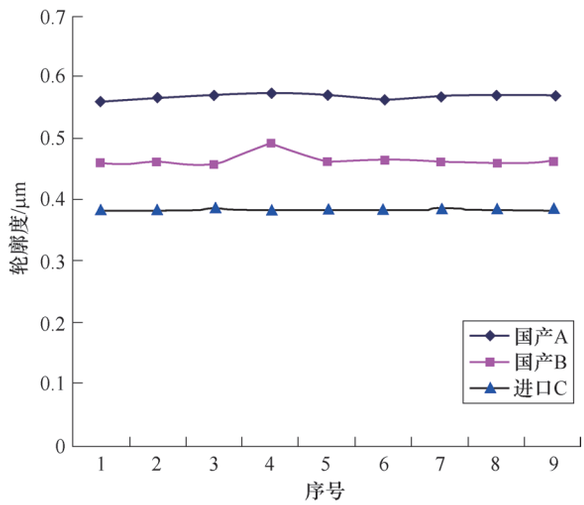


图5　三种砂轮粗磨及精磨后轮廓度对比

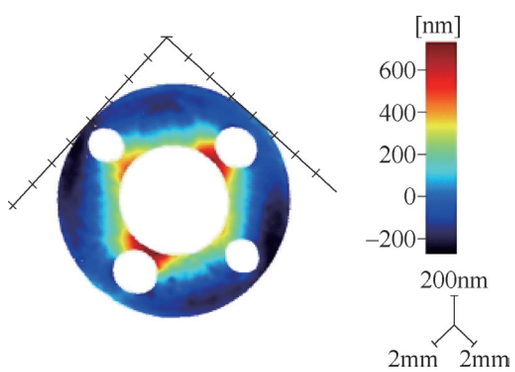


图6　国产砂轮磨削端面平面度

讨论

从图3来看，国产砂轮A难以脱落，磨损量最小，国产砂轮B很容易脱落，而且脱落不稳定。从经济指标来说希望磨损量越小越好，这样砂轮可以用的时间长久，但是另一方面磨损量越小，往往会造成不完全脱落，也就是说砂轮粒被工件磨损，这样砂轮表面不锐利，影响磨削加工。所以，既要考虑磨削经济性，又要保持CBN砂轮一定的锐利，这样砂轮磨损量过大和过小都不合适。

（下转第54页）

具，此时就只能使用拉钩辅具将车身与合装AGV拉在一起消除车身被顶起的风险。这种传统式装配方式是有局限的，当后螺旋弹簧刚度过大时，弹簧压缩所产生的弹力也会越大，在车身质量、合装AGV的质量不足以抵消后螺旋弹簧压缩产生的弹力时，传统式装配方法则无法实施。所以，与其在生产线上通过后悬架分装总成和白车身的作用力进行压缩，不如在后螺旋弹簧未上生产线之前就使用后螺旋弹簧压缩设备进行压缩，不仅规避了现有装配方式存在的风险，还不用计算后螺旋弹簧达到装配效果时所产生的弹力，也不用重新设计拉钩辅具，更不用考虑拉钩辅具是否能拉住白车身、后悬架分装总成合装AGV质量是否满足装配要求。

当然，后螺旋弹簧压缩塑形后对后悬架分装总成的装配调节也是有很大助力的，在弹簧压缩之后，后悬架分装总成与车身合装过程中没有弹簧的作用力，后悬架分装总成合装的灵活度就更高了，合装托盘在没有受力的情况下可以在合装AGV上最大化地使用调节余量。目前很多后悬架分装总成未设计定位销，导致与车身合装时无法精确定位，后悬架分装总成在合装过程只能盲目举升而没有导向，这种情况下后悬架分装总成装配时与车身安装孔对孔所需要的调节量就会增加。如果后螺旋弹簧总成未经过压缩，那么后悬架分装总成在合装托盘举升过程中后螺旋弹簧则会优先与车身安装位置配合，后悬架分装总成安装孔则会与车身后配合，这会导致累积公差集中在后悬架分装总成的安装孔上，而且弹簧压缩后会产生弹力，会影响后悬架分装总成*X*向和*Y*向的调节余量，同样会导致后悬架分装总成安装孔与车身安装孔无法对中。

所以，后螺旋弹簧总成的预压塑形对后悬架分装总成的装配是有一定的重要性，在效率的提升和安全风险的规避方面都有不错的成果。

结语

通过后螺旋弹簧总成的压缩、塑形工装的设计构想以及实际制作应用，了解了后螺旋弹簧压缩塑形过程所涉及的后螺旋弹簧压缩设备、后螺旋弹簧压缩塑形工装，同时也验证了后螺旋弹簧压缩塑形后对后悬架系统与车身合装所带来的好处。

参考文献

[1] 严星，卢文轩，古加能，等.乘用车后螺旋弹簧自动合车装配工艺研究［J］.汽车制造业，2021（8）：45-46.

[2] 李耀超，覃尚茂，刘延鑫，等.乘用车后螺旋弹簧装配工艺研究［J］.汽车工业研究.2018（2）：54-57.

AUTO1950

（上接第50页）

图4反应粗磨后工件表面粗糙度。粗磨主要是去除工件加工余量，也为后面精磨提供必要的条件，这个条件就是在精磨能修正的范围内尽量增大精磨前工件表面粗糙度，因为精磨本身砂轮粒度号比较高，砂轮比较细，磨削力变小，工件表面粗糙度值高有利于磨削。从图4看显然进口砂轮C要优于其他两种国产砂轮A和B。

磨削最终的目的就是要使工件表面粗糙度和轮廓度等工艺参数既能满足工艺要求又能高效、经济实惠。图5显示最终工件端面粗轮廓度进口砂轮C明显优于其他两种国产砂轮A和B，图上看进口砂轮C不断轮廓度值较小，而且比较稳定。

结语

综合同条件下三种砂轮磨损量试验、粗磨后工件粗糙度对比试验、最终精磨后工件端面轮廓度对比试验以及最终工件端面粗糙度试验这四个因素，结论是进口砂轮C要明显优于其他两种国产砂轮A和砂轮B。

参考文献：

[1]董万福，杜齐明，陈云.CBN砂轮加工高速钢刀具磨削性能实验研究[J].成都大学学报（自然科学版），2007（12）：329-331.

[2]雷伟坚.CBN砂轮的选择和应用实例[J].机电新产品导报（数控机床市场），2009（6）：122-123.

AUTO1950