CBN珩轮珩齿新工艺

□ 金华市新华齿轮有限责任公司/孙锡林

早在20世纪90年代，笔者就提出了圆柱齿轮齿部热处理前滚、剃加工，热处理后在剃齿机上用CBN珩轮修形珩齿的设想。经过二十多年的努力，笔者对CBN珩轮、珩齿机床做了不断地改进，并做了大量的工艺试验，终于完成了圆柱齿轮热处理后齿部修形珩齿加工新工艺。

国外齿轮加工现状

降低汽车变速器中齿轮传动噪声，一直是汽车变速器行业的主攻方向。世界上大多数国家，特别是发达国家对汽车变速器规定了严格的噪声标准。为了降低噪声，汽车齿轮行业从设计和制造两方面做了大量的工作。在制造方面，随着齿轮加工工艺的不断改进和制造精度的不断提高，使变速器齿轮传动噪声降低很多。

20世纪八九十年代，热处理后磨齿工艺比较盛行。但在变速器的使用过程中，人们发现，热处理后磨齿工艺，产生的磨纹与齿轮的运转轴线平行，平行波纹产生谐振，在高速运转时降低噪声并不明显。然而，热处理后珩齿工艺产生的细微珩纹与齿轮的运转轴线不平行，呈斜纹状态存在。这样，就不会导致高速运转时谐振的产生，齿轮传动噪声得到很大程度降低。同时珩齿时的挤压和振动作用可以减少齿面热处理的残余应力，增强齿面压应力，提高齿轮的使用寿命。所以，一些国外著名的汽车变速器企业，正在实施滚、剃、珩工艺，甚至发展到滚、珩工艺。

20世纪90年代以来，国外很多

汽车齿轮行业，将原有的滚、剃工艺和滚、磨（展成法磨齿）工艺，逐步用滚、高效磨（蜗杆砂轮磨齿机）和滚、剃、珩（内齿圈砂轮珩齿机）工艺代替。美国EATON公司在90年代就成功地研制出了细高齿双中间轴变速器，并且在齿轮加工上，采用了滚、剃、珩工艺。汽车齿轮加工机床生产厂商，如美国格里森-胡尔特、德国KAPP、莱斯豪尔和日本三菱公司都有强力珩齿机生产。但是，价格相当昂贵，而且加工各种零件相配的砂轮和砂轮修整器也相当昂贵，并且只适用于大批量生产。

国内齿轮加工现状和发展趋势

20世纪90年代，国内很多齿轮生产厂家，如一汽齿轮箱厂、上汽齿轮箱厂、綦江齿轮箱厂和陕西汽车齿轮总厂等开始采用滚、剃工艺和滚、高效磨工艺。由于高效磨齿机价格昂贵，进口格里森磨齿机每台700万～800万元，多数厂家只是在高速运转齿上采用磨齿工艺，大多数齿轮仍采用滚、剃工艺。21世纪初，陕西法士特公司后来者居上，大胆地进行技术改造，购买了大批国外著名品牌的数控加工机床和热处理设备，采用各种先进加工工艺，使变速器质量领先，产量多年雄居世界前列。但是，对于大多数小企业，由于资金不足、设备差、底子薄，想提高产品质量，只能望洋兴叹。

哈尔滨东安动力齿轮箱厂90年代开始采用滚、剃、珩工艺，生产的微型车变速器噪声低、寿命长。其珩齿工艺采用的机床是国内生产的YW4232剃齿机（主轴电动机经过改造），珩轮是自己制造的环氧树脂砂轮，珩轮几何形状跟剃刀的形状一样，珩削方法也与剃齿方法一样。不同的是，剃齿在热处理前加工，而珩齿是在热处理后加工，主轴转速比剃齿高好多倍。

目前，环氧树脂珩轮珩齿机在有些齿轮生产厂家得到了应用。这种珩轮只能起到抛光作用，对齿轮的热处理变形修正效果不佳。首先，超过3模数的齿轮，珩削力大，此环氧树脂砂轮强度不够，会发生打齿现象；其次，环氧树脂砂轮脱粒很快，加工工件数量有限。

金华市新华齿轮有限责任公司变速器齿轮加工原来采用的是滚、剃工艺，尽管制造的齿轮在热处理前达到了国标8-7-7标准，但由于20CrMnTi钢材材质的缺点，热处理变形大；再加上生产中齿面残留毛刺和磕碰，使齿部精度大大降低，装箱后增加了噪声。

为了减轻变速器的噪声，现行工艺在完工检查中，专门增加了一道工序：在综合检查仪上检查齿面毛刺，并用打磨机去掉毛刺和磕碰。至于齿面热处理变形问题，一直是滚、剃工艺解决不了的难题。我公司近年来接到美国等国家的定单，送来的大多数样件都是热处理后珩齿加工出来的，为了保证质量，只能采用磨齿加工，存在加工费用高和生产效率低、盈利少的问题。

要彻底解决齿面热处理变形问题，必须走滚、剃、珩工艺的路子，但势必增加生产成本，这是小型企业目前做不到的。那么，有没有一种既省钱、又能解决齿面热处理变形问题的加工方法呢？那就是新的CBN珩轮珩齿工艺（立方氮化硼简称CBN，我们将此工艺定为CBN珩轮珩齿工艺）。

为了这个目标，笔者经过二十多年的实践和努力，特别是最近几年，对CBN珩轮、珩齿机床做了不断地改进，做了大量的工艺试验，终于完成了圆柱齿轮热处理后齿部修形珩齿加工新工艺。

对我公司的YK4232数控剃齿机主轴转速进行改造，使其最高转速达到2 000r/min。采用19552的CBN珩轮对我公司生产的富勒RT-11509C变速器中间轴传动齿轮19552，进行热处理后齿部珩齿加工。齿轮的齿形、齿向变形都修正过来了，齿轮精度都达到8-7-7标准。经过装箱后台架试验，噪声明显降低，得到了用户的好评。如果变速器所有齿轮采用珩齿工艺，噪声会更低。

珩轮的设计与制作

采用剃齿刀设计软件，针对某一珩齿的零件热处理后的各项参数，设计出珩轮基体图样。

珩轮选用钢材作为基体。珩轮基体的加工工艺如下：

下料→热锻→等温正火→粗车→精车→磨前滚齿→去毛刺，磨棱角→割键槽→热处理→磨内孔，磨端面→磨另一端面→磨齿→完工检→清洗→送电镀。

珩轮基体加工的关键工序是电镀前的磨齿工序。我公司采用的机床是格里森-胡尔特公司出品的SRS410数控剃刀磨床，可以修磨出理想的珩轮齿形。

修磨好的珩轮基体经过在齿轮

综合检查仪上检测合格后，送电镀车间电镀。电镀工艺关键是电镀电源的选择，其次是CBN材质、电镀配方的选择和电镀工装设备的设计和制作。

电镀工艺如下：

化学除油→水洗→酸洗→水洗→电化学除油→水洗→活化→埋砂→电镀→镀后处理。

珩齿工艺的研究制定

CBN珩轮只能针对某一需珩齿的零件进行珩齿。珩齿机床为我公司现有的国产YK4232数控剃齿机。在对机床主轴进行改造后，使主轴转速达到2 000r/min。珩齿夹具要设计和制作成涨胎式珩齿夹具，以提高珩齿精度。珩齿切削液为水性切削液。

CBN砂轮最佳切削线速度为50m/s。CBN珩轮有它的特定环境，要求珩轮转速达到1 300r/min以上。无需径向进给，轴向走刀每件往返两个行程即可。根据零件大小，珩齿时间一般为2.5～4.5min。以模数4.233、40齿、齿宽30mm的齿轮零件为例，只需3min。

热处理前齿部精度的保证很重要。所有渐开线齿轮热处理后珩齿一定要在热处理前达到以下精度：

（1）齿坯精车工序要在数控车床上采用涨胎式精车夹具加工，要求端面对内孔的跳动不超过0.025mm。

（2）滚齿工序要在数控滚齿机上，采用涨胎式滚齿夹具加工。要求模数3～5.5mm、齿数30～60的圆柱齿轮齿圈跳动≤0.03mm，周节累计误差≤0.03mm。齿形齿向误差不超过9级。

（3）剃齿工序要注意剃刀的修形。齿形齿向误差完全符合产品图的各项要求。特别对K形齿形的变化进行冷热配合，有K齿形图要求的一定要在热处理前的K齿形框内。

珩前齿部精度保证如下：

（1）热处理后磨孔的齿轮要在数控内圆磨床上，用节圆夹具磨内孔，要求磨后的齿圈跳动不超过7级精度。以19552为例，齿圈跳动≤0.03mm。

采用CBN砂轮在国产数控剃齿机上珩齿

（2）珩轮基体的齿形刃磨一定要根据热处理后修形变化情况进行修磨。若检测到工件热处理后齿形齿顶正0.015mm，那么在刃磨珩轮基体的齿形时，齿根要正0.02mm，这样才能达到修形的目的。

以上工作做好了会对热处理后珩齿起到事半功倍的作用。

珩齿工艺市场前景

此工艺是采用CBN砂轮在国产数控剃齿机上珩齿。CBN珩齿工艺的难点是要设计和制造出具有脱粒少、且切削力好的CBN珩轮。珩齿后的齿形齿向修正量可达到0.02～0.05mm，甚至更多。齿轮的热处理变形和磕碰完全可以修正过来。齿轮的齿形、齿向能提高一个精度等级以上，齿面表面粗糙度值R_a≤0.8μm。珩齿后齿轮使用寿命也会延长。变速器长啮合和高速运转齿轮若全部珩齿，噪声会明显降低。目前，每把珩轮可以加工齿轮1 000件左右，此珩齿费用每件只需2元，珩轮用完后无需修磨就可以反复涂镀立方碳化硼砂粒，既经济又实用。我国目前至少有几百家齿轮加工企业，由于资金缺乏，而无力购买价格相当昂贵的进口珩齿机。而此工艺无需购买新设备，只需对现有的剃齿机主轴转速进行改造，就可以使齿轮产品质量提高1～2个精度等级。

企业生产出优质的齿轮产品，才能在激烈的市场竞争中立足和发展。新的CBN珩轮珩齿工艺的普及，必定会对我国的齿轮加工行业带来一个很大的进步，也会让我们的产品更加具有国际竞争力。AME