

锥齿轮加工

经济的小批量锥齿轮深磨加工

那些从事很小批量工件加工的生产厂家，往往处在如何才能提高生产效益的困境中。特别是锥齿轮的加工制造更是这样，工件是由实心材料研磨而成，且只能使用专用机床进行加工。

文 | Jürgen Hechler

当客户只需要很少件数的锥齿轮，且工件未进行预加工而须由实心材料研磨而成时，为了经济地完成这样的加工委托，位于德国不来梅的Tandler 齿轮和传动装置生产厂采用瑞士 Winterthur 公司（该公司是 3M 德国有限公司的一家分公司）的设备，并成功地实现了经济的小批量锥齿轮深磨加工这一目标。Tandler 齿轮和传动装置生产厂采用了 3M Cubitron II 型研磨罐，进行工件的整体式快速深磨，显著提高了研磨罐在使用寿命内的生产效益，从而提高了加工生产的经济性：通过大大减少在加工作业时调整时间和有意义的调整进给，从而提高研磨罐的使用寿命。

在这方面有一个发展趋势，几乎所有的客户对自己的传动装置均有自己的构想。Tandler 齿轮和传动装置生产厂要尽可能满足客户的这个愿望，这便要求要严格地监控整个生产加工过程，必须按照标准和每个锥齿轮的给定数据进行制齿加工制造。而且，Tandler 齿轮和传动装置生产厂的淬火车间要确保以最高的质量独立完成工件的淬火处理。

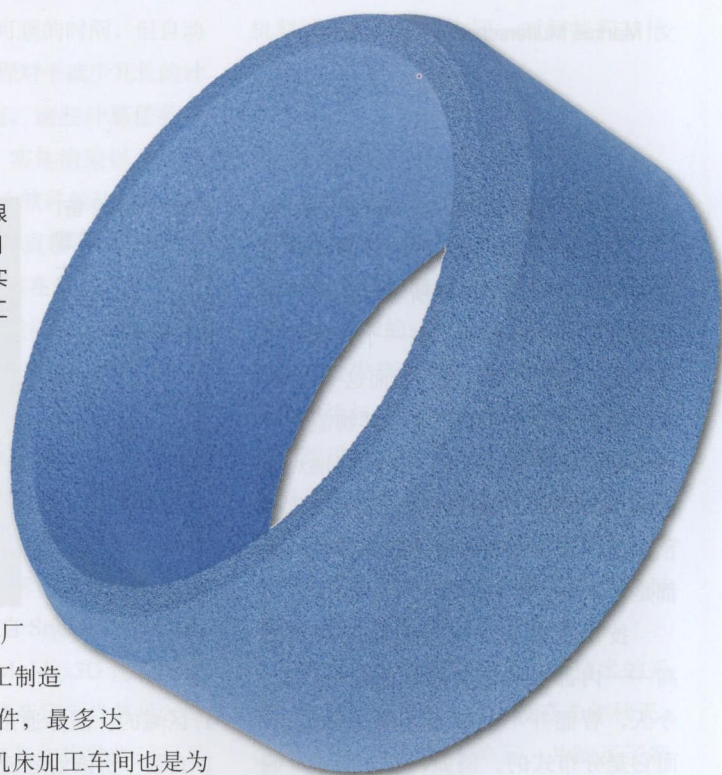
使用普通工具进行小批量工件加工得不偿失

Tandler 齿轮和传动装置生产厂不是

图 1 图为 3M 德国有限公司提供的 Cubitron II 型金属陶瓷研磨罐，实现了锥齿轮小批量加工制造的最佳化

大批量加工生产的厂家，通常该公司加工制造的工件在 1 ~ 100 件，最多达 200 件。该公司的机床加工车间也是为满足这样的生产而设置的。对批量化生产来说，从生产的经济性方面考虑购置铣加工工具是值得的，但是，对于总是从事小批量加工生产的厂家来说，购置铣加工工具并不算经济。这样，在一个确定的前提条件下，采用深磨的加工作业方式进行完整的工件预加工，或是完整的工件研磨，能够显著提高生产加工的经济性。

除了其他因素外，工件加工交货合同规定的时间紧是影响生产加工企业的铣刀使用成本的因素之一。采用深磨加工方式，工件在进行预磨加工后，须在 Klingelberg 锥齿轮检测机床上进行检验，



接着是进行淬火，并在该磨床上进行最后的加工。Tandler 齿轮和传动装置生产厂的具体情况是，采用 Winterthur 公司提供的 Klingelberg G27 型锥齿轮磨床以及使用一个 G60 型研磨罐来完成工件的最后加工制造。

Tandler 齿轮和传动装置生产厂是瑞士 Winterthur 公司长期的合作伙伴。Winterthur 公司向 Tandler 提供用于锥齿轮研磨以及用于滚动研磨的较小的纯刚玉研磨罐。当 3M 德国有限公司研磨专家来到位于不来梅的 Tandler 齿轮和传动

装置生产厂并首次尝试使用 3M Cubitron II 型研磨罐进行锥齿轮加工制造时，瑞士 Winterthur 公司除了提供 3M Cubitron II 型研磨罐外，还提供了一家竞争企业的规格为 5 ~ 12 in (1 in = 25.4 mm) 的研磨罐，并在 Tandler 齿轮和传动装置生产厂使用该竞争企业的研磨罐进行试验，尝试加快研磨工序以及延长研磨罐的使用寿命和提高整个研磨工序的经济性。这不仅延长了机器的使用寿命，而且还降低了研磨罐的成本。在该尝试过程中，这样加工制造的锥齿轮的质量很好，没有出现技术问题。但是，因为在加工作业中不能经常进行校正，所以刀具的磨损高，相比之下研磨的时间也长。

自从 3M Cubitron II 型研磨罐投放市场以后，开创出了深磨锥齿轮新的可能性：Cubitron II 型研磨罐里的精准形状的烧结刚玉三角形物 [PSG 或 Precision (精密) Shaped (形状) Grain (磨粒)] 始终保护着锋利的刀刃。这些烧结刚玉三角形物从加工工件的表面干净地分离材料，所产生的热由刨屑直接带出，在加工生产中不再有产生火的风险。

加工作业得到进一步优化

Tandler 齿轮和传动装置生产厂和瑞士 Winterthur 公司的紧密合作，以确定

Cubitron II 型金属陶瓷研磨罐与一家竞争企业的刚石研磨罐的实际使用对比

研磨参数	竞争企业的刚石研磨罐	Cubitron II 型金属陶瓷研磨罐
浸入进给速度 [mm/min]	15	80
滚压速度 [° /s]	5	3
切削速度 [m/min]	25	27
调整值 [mm]	0.1	0.05
调整之间加工的		
锥齿轮缺口数 [单个工件]	3	26 (仅是启动调整)
调整进给速度 [mm/min]	300	400
研磨时间 [min : s]	45 : 00	17 : 00

工件材料：16 MnCr5，在 G27 型 Klingelberg 研磨机上进行研磨加工
工件：4 型小锥齿轮

可否使用 Cubitron II 型研磨罐进一步达到最佳化的由实心工件研磨加工锥齿轮的加工作业。在此，重要的是在进行预研磨时要确定工件的外形几何尺寸：必须精准地形成锥齿轮的齿根，且研磨罐在顶部必须形状很稳定。此外，在研磨加工时工件产生的毛边要尽可能小，之后这些毛边还必须专门予以清除。研磨技术专家也注意到了，研磨罐的材料组成不能对调正滚子形成太大负荷，研磨时不能出现火。

开始试验时人们还持怀疑态度，试验最后的结果是，在研磨加工过程中，实际的调整量和调整频率可明显减少。这样，Cubitron II 型研磨罐的使用寿命

长，且在研磨加工作业过程中，调整的成本也会大幅度下降。Tandler 齿轮和传动装置生产厂与 Winterthur 公司进行一系列的共同尝试，试验结果清楚表明，采用 Cubitron II 型质量为 99DA120/120 KIIVP 901 的研磨罐进行工件深磨加工的效果

最佳。试验采用的磨料为粒径为 120+、100% PSG (Precision (精密) Shaped (形状) Grain (磨粒) - 烧结刚玉 - 三角形浓缩物。尽管研磨罐的价格较高，但是，总的深磨加工作业却更加经济。本文已将各具体深磨加工作业步骤的相关数据列出 (见表格)。

在刀具磨损最低的情况下
确保深磨加工的高质量

在将锥齿轮浸入研磨罐的软材料里进行深研磨时，首先要将工件的正面浸入，直至整个浸入到软材料里。浸入或深磨可通过使用研磨罐将进给加大 5 倍，直至加大至 80 mm/min。如完全浸入，那么研磨罐在整个锥齿轮齿宽上方首先向齿的凸起侧滚压，然后向齿的凹陷侧滚压。滚压进给以 3° /s 的速度即可。

总而言之，G27 型 Klingelberg 研磨机可与 Cubitron II 型研磨罐可以很好地匹配使用：在工件进行预磨加工后，使用者得到的工件加工结果可达到此类加工工件质量标准 7。圆盘磨损很小：预磨加工所得出的值很好，每个工件齿根预磨值为 28 μm、齿面的预磨值为 17 μm，这样的预磨加工值便为工件的研磨加工制造留有了加工余量。工件的最后加工修整在一同样型号的机床上进行，并使用同样的研磨罐来完成，这样不仅方便了锥齿轮的研磨加工，而且也有利于减少生产厂家的库房存量。[MM]

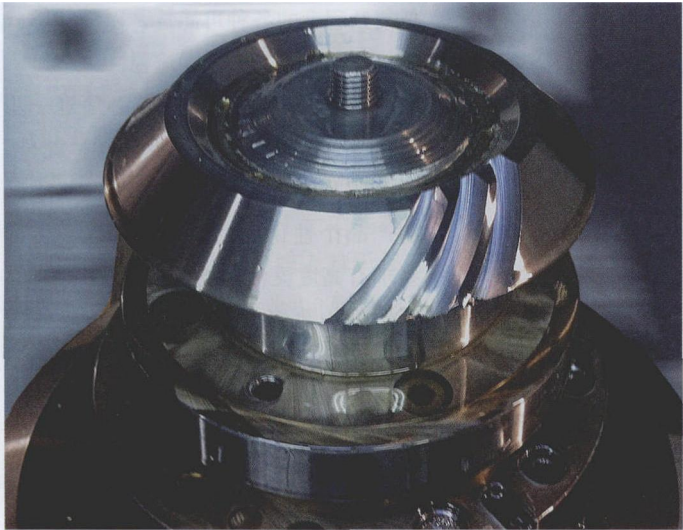


图 2 在深磨加工中锥齿轮毛坯：已经加工出 3 个缺口。Tandler 齿轮和传动装置生成厂可使用 Cubitron II 型金属陶瓷研磨罐可在必须进行调整前大大加快更多缺口的加工制造