渗碳齿轮渗碳“麻点”分析

郝丰林[1]，敬代云[2]，陈德义[3]

1.江苏双环齿轮有限公司　江苏淮安　223200
2.浙江双环传动股份有限公司　浙江台州　317600
3.赫菲斯热处理系统江苏有限公司　江苏溧阳　213300

摘要：通过对齿轮在热处理过程中产生“麻点”缺陷原因的探析，查出冷加工过程中加工参数不当是产生“麻点”的主要原因，其本质属于应力释放造成渗碳不均匀。

关键词：加工速度；麻点；渗碳齿轮；应力

齿轮在渗碳过程中，有时会出现“麻点”问题。“麻点”的存在不仅影响齿轮外观、降低齿轮精度，使齿轮表面质量下降，而且还改变齿轮表面应力分布，并使渗层局部产生拉应力，降低其疲劳寿命，更重要的是在使用过程中出现断齿，产生安全危害。

1　“麻点”缺陷出现的原因

经过查阅文献和总结生产中遇到的一些问题，造成“麻点”缺陷的原因一般有以下几种：

1）齿轮在渗碳过程中，有的工件要涂防渗剂，由于防渗剂涂得太多，造成在高温时滴落到工件上，致使局部位置存在防渗剂。在热处理过程中没有发现这个问题，最后在清理喷丸或强力喷丸工序发现局部有喷麻现象。

2）齿轮在转运时由于转运箱有杂质，沾到齿轮上，齿轮没有经过前清洗，渗碳加热时杂质在高温下会顺着齿部往下流，齿轮如果平放一般在齿轮下端面，如果串放一般在下面的几个齿。对于轴类也是下端面[1]。

3）齿轮渗碳前一般要经过前清洗，由于选用的清洗剂不合适，清洗剂的主要成分是无机盐，在预氧化时不能燃烧，且使用量大，使用时间长会带到炉体内；即使使用时间短，如果长期保持这种状态清洗剂浓度会逐渐升高，工件烘干后会发现有粉末在上面，一旦加热会形成一熔融层，一部分落到炉体导轨上，另一部分留在工件上，渗碳淬火后会在工件表面发现白点，工件经过清理喷丸或强力喷丸后，白点位置会形成麻点[2]。金相检查，渗层偏浅，表面是屈氏体或板条马氏体，硬度在500～620HV。图1所示就是无机盐清洗剂造成的白点。



图1　无机盐清洗剂造成的白点

4）齿轮经过盐浴处理，硫酸盐腐蚀，经过喷丸后发现有麻点[3-4]。

5）由于淬火油油量不足，造成齿轮淬火时，没有全部浸入油中，生产过程中没有发现，在喷丸工序会发现齿轮有麻点。

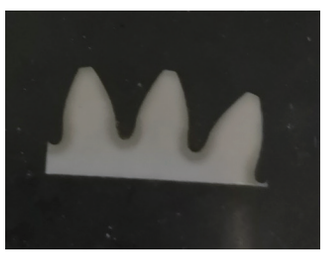
对于上述类型的麻点，事先都是没有规律的，且都是在生产过程中检测发现的。

2　“麻点”问题的热处理工艺追查

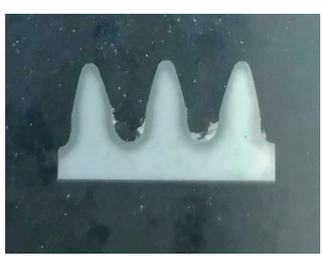
恰巧我们也遇到了无规律可循的“麻点”问题，对于这种问题只能层层抽丝剥茧。

2.1 “麻点”工件描述

生产中发现个别工件渗碳后转磨齿强力喷丸，产品表面出现麻点，出现的位置不固定，有时在齿面的一个点，有时在齿根，有时在整个齿面。问题工件如图2所示。



a）齿面麻点



b）齿面麻点

图2 出现麻点的问题工件

图2a中只是齿根有硬化层，齿面基本没有，喷丸后整个齿面都是麻点。图2b是在工件强力喷丸后，齿面有一个麻点，切开后检测金相，发现局部位置组织是屈氏体，硬度偏低，喷丸后出现麻点。

2.2 “麻点”原因追踪

调查生产过程没有发现异常：

1）没有采用盐浴处理。

2）由于是干切齿，因此工件非常干净。

3）没有经过前清洗，即与清洗剂无关。

4）整个过程没有涂防渗剂的产品。

5）淬火油方面，渗碳炉都是新采购的，没有问题。

6）炉子碳势均匀性没有问题，检测9点硬化层在0.1mm之内，符合炉子设计要求。

7）炉子9点测温温度误差在±5℃之间，符合要求。

8）齿轮单边磨量只有0.08mm。

出现麻点的工件位置：有的在齿面一个点，有的就是齿面全麻。对于有麻点的位置多次进行金相检测，组织是屈氏体或板条马氏体。且对于此类型的产品，使用多用炉、推杆炉时都出现过，没有规律可循。

对于这种现象我们查阅了大量文献，也询问了许多行业内专家，始终没有找到原因。

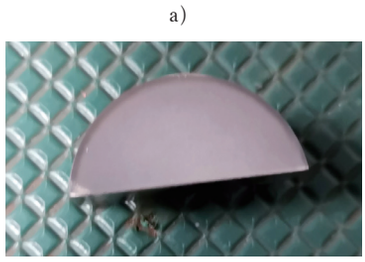
3 考察干切削加工

为了防止产品流出，对其进行强力喷丸分选，工件偶尔出现麻点，出现的工件时间也没有规律，有时一天出1件，有时一天出10件，但并不是每个品种的工件都有，只集中在两个型号的工件。

我们发现出现问题的工件，加工过程都是采用格里森机床进行干切削的，是否是由于干切削问题造成的呢？干切削是加工趋势，对于环境友好，但以前采用湿切削没有出现过此类问题。对于出现问题的工件，在没有经过齿形加工的位置，对金相进行检测，如图3所示，渗层均匀。



a)



b)

图3 无齿形加工部位的问题工件

为了证明猜测，对齿轮加工应力进行检测。对于出现问题的工件加工参数进行试验，每个工件分120°，切取*A*、*B*、*C*三个点，每个点检测齿面和齿根各一点，检测位置距离表面0.025mm。检测结果见表1（表中正值为拉应力，负值为压应力）。

根据检测结果可以看出，切齿齿根出现压应力，根据加工方式来说应该是拉应力，我们认为是否检测有问题。再次随机抽取现有的两件工件，调来兄弟公司一件采用干切削加工的相同工件；每件检测两个位置，每个位置检测0.005mm、0.02mm位置的残余应力。检测结果见表2。

其中一个重要的信息是兄弟公司加工的此工件没有出现类似的“麻点”问题，但根据检测结果

表1　工件加工参数和应力值

工件编号		切削速度/ m·min^{-1}	应力值/MPa	
			齿根	齿面
1#	A	第一刀238，第二刀380	123	48
	B		89	71
	C		102	36
2#	A	第一刀150，第二刀150	98	-69
	B		112	-44
	C		85	-70
3#	A	第一刀350，第二刀380（520℃×60min）	94	-82
	B		73	-37
	C		107	-63

表2　残余应力检测值

齿轮编号	位置/mm	应力值/MPa	
		齿根	齿面
4#	0.005	220	334
	0.02	98	162
5#	0.005	76	151
	0.02	55	93
6#	0.005	196	288
	0.02	85	142

来看，我们现有的两件工件的检测结果是优于他们的，但为什么他们没有遇到该问题，而我们却遇到了呢？

为了验证预氧化温度对于应力的关系，对其中一个工件先切下一试块，然后对剩下的工件进行480℃、保温90min处理，最后再检测残余应力，检测结果见表3。

表3　预氧化后残余应力检测值

齿轮编号	位置/mm	应力值/MPa	
		齿根	齿面
7#	0	515	534
	0.005	300	282
8#	0	189	181
	0.005	114	135

从这个试验可以看出，对于工件进行预氧化不仅有活化表面加速渗碳的作用，还有降低残余应力的作用。这次检测结果与以前检测结果差别很大，是检测出现了问题，还是工件本身的确存在问题？我们去现场调查，发现现场有两种刀具在用，一种是厂家原装进口的，另一种是国内仿制的。两种刀具采用相同的加工参数进行加工，于是对厂家刀具材质、镀层、硬度、切削速度等进行了解，调查结果见表4。

表4　两种刀具参数值

厂家	代号	材质	硬度HRC	镀层	切削速度 / m·min^{-1}
进口	G90	粉末冶金高速钢	65～67	AlCrONite	320
国内	S390	粉末冶金高速钢	65.5～67.5	TiAlN	240

根据调查结果可以看出，两种刀具的加工参数差别很大，上面出现的检测残余应力差别很大，正是不同的刀具加工造成的，并不是检测手段本身的问题。对于冷加工来说切齿本就应该出现拉应力，出现压应力可能与刀具有很大的关系。新的刀具初始加工时刀具没有问题，随着时间的增加，切削刃变钝，采用挤压方式切齿，造成齿面有很大的拉应力，齿根有时存在压应力。

为了证明这个问题的真实性，先对仿制刀具全部封存，并找原装进口刀具厂家对刀具加工速度进行模拟，严格按照厂家要求的速度加工，对加工工件做好标识。经过半年运行，原装刀具新参数加工的工件没有再出现麻点的工件。后对仿制刀具也进行相同的操作，并按照其厂家提供的加工速度进行加工，也没有再出现有麻点的工件。由此说明，工件出现“麻点”的问题就是刀具加工参数不合理造成的。

4　结束语

工件出现“麻点”问题，并没有规律可循，每个工序都有可能是造成“麻点”的元凶，应层层抽丝剥茧，对比分析。本案例中经过层层调查，最终解决了麻点的问题，同时也告诫我们对于一项新技术的应用应该谨慎。

参考文献：

[1] 高伍路.变速箱二轴光轴面的渗碳麻点分析[J].金属热处理，2011，36（1）：122-124.

[2] 陈正国，郝丰林，王瑞娟.关于多用炉清洗剂的合理使用[J].金属加工（热加工），2018（3）：48-49.

[3] 叶茂.关于渗碳齿轮表面“麻点”缺陷的原因分析[J].黄石理工学院学报，2005，21（3）：46-47.

[4] 黄丽荣，顾园，汤宏智.渗碳齿轮表面“麻点”缺陷分析[J].热处理技术与装备，2009，30（1）：65-66，74.

MW 20200104