

PM 标准

美国国家标准 6008—A98
“粉末冶金齿轮规范”简介韩凤麟^{*}

(《粉末冶金技术》编辑部, 北京 100078)

简要说明: 齿轮传动是现代机械产品中应用最广的一种机械传动。这是因为它能保证恒定的传动比, 传动功率范围大、效率高、寿命长等优点。不足之处是齿轮的成本高、制造与安装精度高。而用粉末冶金工艺制造的齿轮恰恰可大幅度地降低生产成本, 保证齿轮的形位与尺寸公差的一致性。

用粉末冶金工艺制造齿轮的最主要优点是, 适合于大批量生产、节材、省能、不污染环境、齿轮的形位与尺寸公差一致性好、成本低廉。随着金属粉末的不断改进, 粉末冶金成形技术与设备的快速发展, 用粉末冶金工艺制造的齿轮日渐增多, 粉末冶金齿轮制造技术日臻完善, 粉末冶金齿轮的市场在迅速扩大。为此, 美国国家标准 ANSI/AGMA 6008—A98“粉末冶金齿轮规范”, 历经4年工作, 于1998年9月10日正式发布实施。这可能是全世界第一个国家级的“粉末冶金齿轮标准”。它标志着粉末冶金机械零件生产与应用将进入更高水平的阶段。

“粉末冶金齿轮标准”的制订与发布标志着粉末冶金齿轮已被机械制造业, 特别是汽车—摩托车行业普遍认同, 齿轮制造行业已认同粉末冶金技术是一种可行的齿轮制造工艺。

这个标准是在 MPIF(美国金属粉末工业联合会的缩写, 下同)支持下, 由 AGMA(美国齿轮制造商协会的缩写, 下同)的粉末冶金齿轮委员会制订的, 这个标准规定了齿轮买方提供给齿轮制造方的粉末冶金齿轮规范中关于齿轮几何形状的数据、齿轮图规范及齿轮材料规范应包括的最低限度的详细资料。

笔者相信, 若能借鉴这个标准并予以实施, 将会推动我国粉末冶金齿轮生产与应用的发展, 有利于我国的粉末冶金齿轮生产和国际接轨。为此, 将美国国家标准 ANSI/AGMA 6008—A98“粉末冶金齿轮规范”全文介绍如下。

前言

(这个标准中的前言、脚注及附录, 都只是为了提供信息, 并不是 ANSI/AGMA 6008—A98“粉末冶金齿轮规范”的组成部分。)

1993年, 在 MPIF 支持下, 组成了 AGMA 粉末冶金齿轮委员会。委员会的工作方向是, 将粉末冶金齿轮制造工艺融合于比较传统的齿轮制造工艺之中。

为了满足改进粉末冶金齿轮产、需双方间的技术交流的普遍要求, 委员会将这个规

范标准选为其第一个项目。这个标准的主要任务是, 使齿轮买方增强了解对齿轮生产方充分说明齿轮的必要条件的责任。

这个版本是由 AGMA 全体成员于 1997 年 11 月审定的。作为美国国家标准是 1998 年 9 月 10 日发布实施的。

欢迎对这个标准提出改进的建议。请将建议送交美国齿轮制造商协会, 1500 King Street, Suit 201, Alexandria, Virginia, 22314。

^{*} 韩凤麟, 中国机械通用零部件工业协会粉末冶金分会顾问。

收稿日期: 2000—01—18

美国国家标准 6008—A98“粉末冶金齿轮规范”

1 范围

这个标准将买方关于齿轮设计特性要求的规范数据向粉末冶金齿轮生产方进行了充分说明。描述了相关工业通常采用的一些作法,除非产、需双方另有书面协议替代这些作法。

1.1 齿轮类型

这个标准的通用规范适用于所选择的用粉末冶金工艺制造的几种类型的齿轮。对于外正齿轮与螺旋齿轮和直齿锥齿轮都详细描述了关于齿轮齿的几何形状规范。替换和增加以所需齿轮特性的数据时,同样的规范也适用于其它类型的齿轮,如内齿轮。

1.2 粉末冶金工艺类别

这个标准适用于由传统粉末冶金工艺制造的齿轮,其工艺包括压制—烧结,在一些场合,烧结后还经过处理。用金属注射成形(MIM)或其它粉末冶金工艺制造的齿轮需要其它规范或作法。

2 标准的参考文献

这个标准版本自始至终参考了下列标准的一些规定。在发布时,指明的版本都是有效的。所有标准都要修订,鼓励同意采用这个美国国家标准的各方,研究采用下列标准最新版次的可能性。

所用齿轮术语在下列标准中有详细说明:

AGMA 390.03a, Gear Handbook—Gear Classification, Materials and Measuring Methods for Bevel, Hypoid, Fine Pitch Wormgearing and Rack Only as Unassembled Gears.

AGMA 910—C90, Formats for Fine—Pitch Gear Specification Data.

ANSI/AGMA 1003—G93, Tooth Propor-

tions for Fine—Pitch Spur and Helical Gearing.

ANSI/AGMA 2000—A88, Gear Classification and Inspection Handbook—Tolerances and Measuring Methods for Unassembled Spur and Helical Gears(including Metric Equivalents)。

ANSI/AGMA 2002—B88, Tooth Thickness Specification and Measurement.

ANSI/ASME Y14.5M(1994), Dimensioning and Tolerancing.

MPIF Standard 35(1997), Materials Standards for P/M Structural Parts.

3 术语与定义

一般粉末冶金术语在 MPIF 出版的粉末冶金设计手册的术语汇编中都可以查到。粉末冶金材料的力学性能见 MPIF 标准 35。

下面列出了这个标准中使用的粉末冶金术语与其定义。

整形(coining):为增高密度或为在齿轮端面增添精细构型或为二者进行的复压作业。

压坯(compact):一般是将添加或不添加非金属组分的金属粉末装于压模中并压缩成形的制品。

压制(compaction):制取压坯的工艺过程。

密度(density):粉末冶金零件单位容积的质量。密度(干)适用于未经浸渍处理的零件。密度(湿)适用于用油或其它非金属材料浸渍处理过的零件。

模具(die):粉末压制成形用型腔的一种零件或多种零件。

锻造,也称为粉末锻造(P/F)(forging, also called powder forging):将未烧结的、预烧结的或烧结的预成形件在封闭模具中热成形的一种工艺方法。

表观硬度(hardness, apparent):用标准硬度计测定烧结材料获得的硬度值。因为读数是孔隙与实体材料的综合值,通常其值比组

成与条件相同的实体材料的硬度值低一些。

颗粒硬度 (hardness, particle) : 由于消除了孔隙度的影响,测定的是真正冶金组织的硬度值。

浸渍 (impregnation) : 以非金属材料(诸如油、蜡或树脂) 充填烧结件中的孔隙的工艺方法。

熔渗 (infiltration) : 以熔点较低的金属或合金充填烧结的或未烧结的粉末冶金压坯中的孔隙的工艺方法。

金属注射成形 (MIM) (metal injection molding) : 以混合粘结剂的金属粉末为原料,与塑料注射成形相似的一种工艺方法。一般说来,MIM 之后要进行脱除粘结剂与烧结。这种工艺用于成形用常规粉末冶金压制成形工艺不能成形的形状复杂的零件。

孔隙 (pore) : 颗粒中或物体内部固有的或诱发的空穴。

预成形坯 (preform) : 为进行锻造或复压,起始压制与烧结的压坯。

粉末冶金 (P/M) (powder metallurgy) : 生产金属粉末和将之固结成异形制品的工艺方法。

复压 (repressing) : 粉末预成形坯于成套模具中进行变形,诸如整形与精整。

烧结 (sintering) : 在低于主要组分熔点的温度下进行热处理使压坯中的颗粒进行冶金结合的工艺过程。

精整 (sizing) : 用于改进尺寸精度的作业。

4 齿轮齿几何形状的数据

确定齿轮齿几何形状的最佳方法是直接列出全部详细数据。遗漏了买方技术条件中任何重要项目都可能对交付、价格或齿轮使用性能产生不良影响。确定齿轮几何形状的一般方法使用了齿轮工艺特有的数据项目。在一般工程制图中,复杂轮廓通常都是由直

线与弧线组合,有时是用以一系列数据点座标描述的特殊曲线直接确定的。与此相反,齿轮轮廓的尺寸与形状都是用间接法描述的。这些间接规范都是以传统的齿轮制造与检验方法为基础,作了一些与粉末冶金制造工艺有关的改变与补充。

这类数据在齿轮图上往往以专门的表或规格明细提供。(在 AGMA 910—C90 中可找到这类规格明细的例子。这些规格明细适用于小周节齿轮,特别适用于切削加工的齿轮。) 为了较好地表述数据的不同功用,往往将这种规格明细中的项目分为几组。这个标准中设定的以下几组和分配在每一组的数据项目,都代表一般使用的技术规范的一种规格明细。只要提供的技术规范能满足要求,则对于遵守这些规格明细是随意的。

- 基本数据;
- 检验数据;
- 设计与工艺试验的数据;
- 基准数据。

4.1 基本数据

这些数据概括地描述了齿轮。它们包括适用于制造与检验模具的项目,因此,仅只间接地描述了齿轮本身。项目中都没有容许偏差。对描述的几何形状的任何容许偏差,都另外以规格明细单项表示。

表 1 中列出了这个标准中涉及的三种齿轮的基本数据。例如,作为全部规格明细的一部分,见图 3~图 6。

4.1.1 齿形

在假定用一个虚拟滚铣机床制造齿廓,特别是圆角部分时,这一齿形规范包括在基本数据中。可认为齿形规范等同于这种虚拟工具的轮廓。一般使用的齿形种类在增多,这不仅来源于过去与现在的 AGMA 标准,而且来源于国际的与外国的标准或原来的设计。齿形数据项目一般包括标准依据或参照的补充详图。

表 1 基本数据

技术规格	齿 轮 类 型		
	正齿轮	螺旋齿轮	直齿锥齿轮
齿数	X	X	X
模数(径节)	X		X
法向模数(法向径节)		X	
压力角	X		X
法向压力角		X	
螺旋角		X ¹⁾	
螺旋方向		X	
节锥半角		X	X
齿面角 ²⁾			X
齿根锥角 ²⁾			X
后视角 ^{2),3)}			X
齿形	X ⁴⁾	X ⁴⁾	X

注: 1) 当根据其它数据规范计算时, 由于修整, 螺旋角的值可能接近。
2) 这些数据项目可代之以在齿轮坯轮廓图上表明。
3) 粉末冶金齿轮的外部形状一般为圆柱状, 在这种场合, 后视角为零度, 因此, 这个项目可以省略, 见图 2a。
4) 当齿廓全部由其它数据确定时, 齿形可以略去, 见 4. 1. 1。

关于粉末冶金齿轮, 包括圆角在内的齿廓, 有时完全由其它数据确定, 见图 1b。在这种场合, 可省掉齿形规范。

4. 1. 2 锥齿轮

图 2a 与图 2b 表明典型的粉末冶金锥齿轮与其轮廓和典型的切削加工的锥齿轮不同之处。这个图上还表明了锥齿轮的一些基本数据。

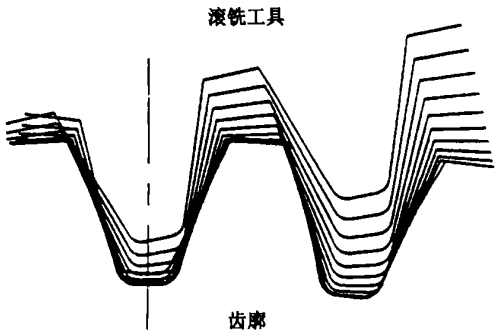


图 1a 滚铣的齿廓

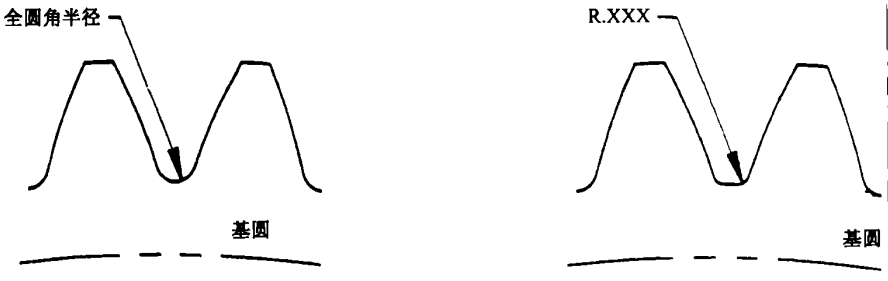


图 1b 圆弧圆角形状

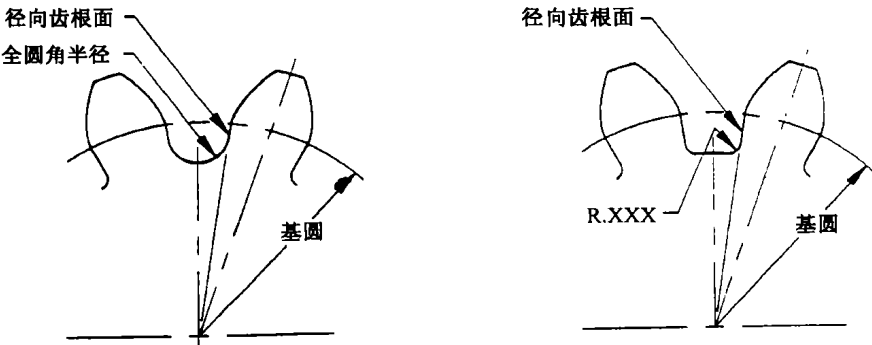


图 1c 粉末冶金齿轮圆角形状

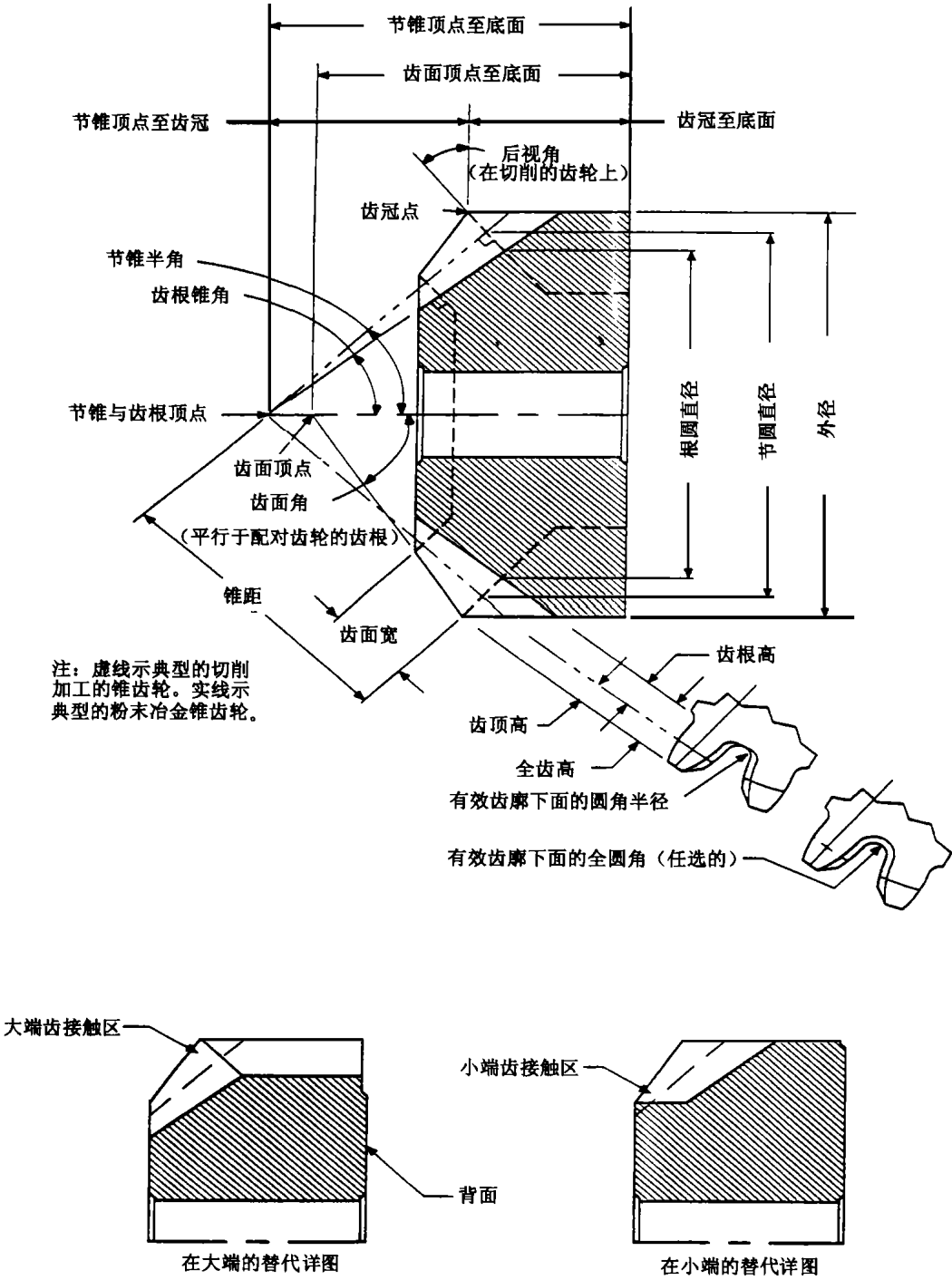


图 2a 粉末冶金锥齿轮

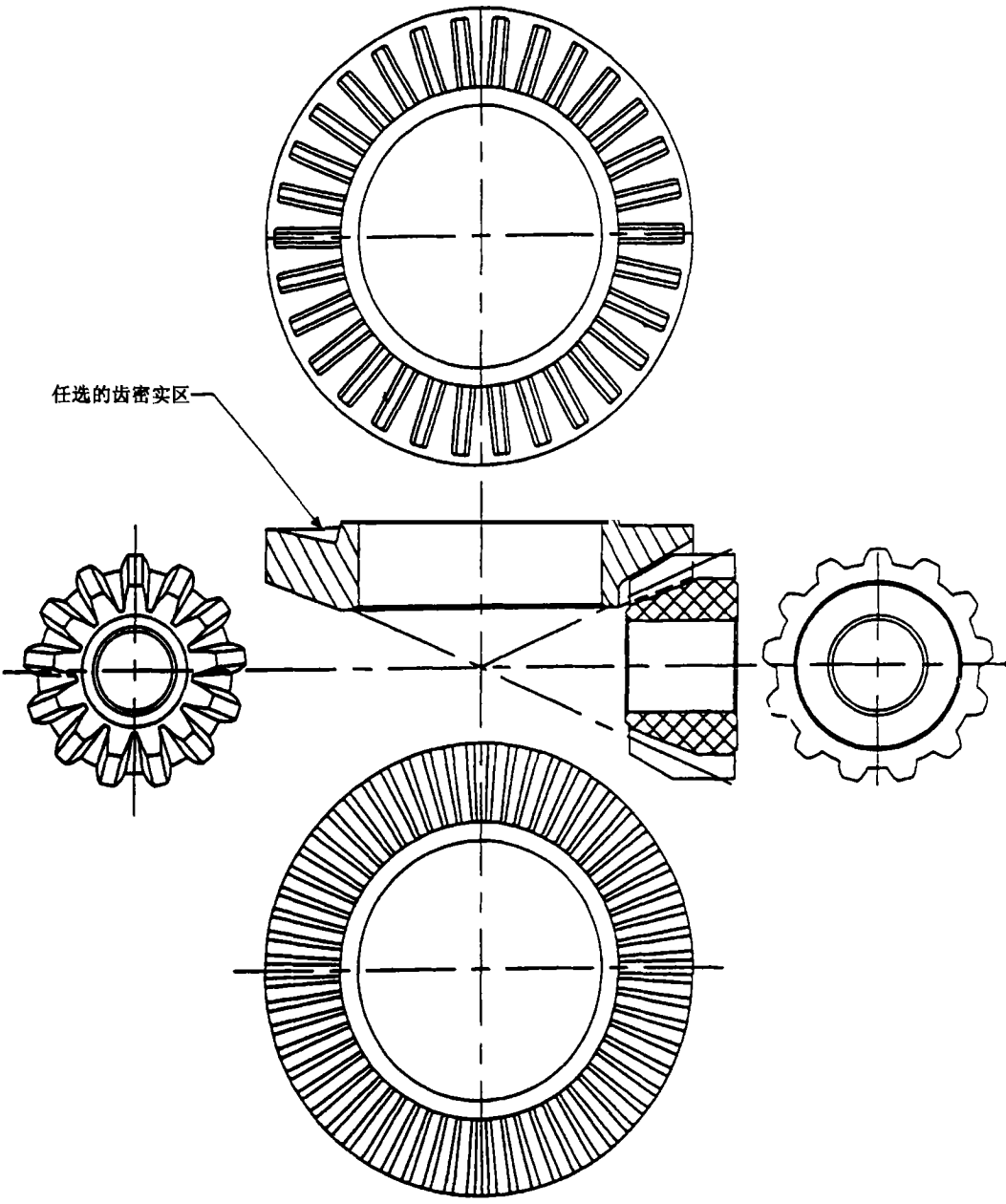


图 2b 粉末冶金替代设计方案

4.2 检验数据

这些数据项目系由带公差的尺寸组成, 用作确定齿轮品质的基础, 包括齿轮齿的形状与尺寸以及某些其它齿廓特征的标记。倘若一些项目是以使用基准齿轮或其它检验仪

器为基础, 则应包括仪器基准。

注: 一些数据项目仅用于进行首件检验或工具验收, 其它项目也都是用于工艺过程控制的周期检验。

依据专门的统计要求评价的任何检验数据项目, 都应该认为是齿轮规范的一部分。

4.2 1 齿轮齿形精度

4.2 1. 1 正齿轮与螺旋齿轮

AGMA 认可二种独立的形状精度控制方式, 根据条件, 任何一组齿轮规范只能采用一种方式检验, 见 ANSI/AGMA 2000—A 88。

最简单、最经济与最常用的形状控制方式是综合作用试验, 测量时, 试验的齿轮在与基准齿轮紧紧啮合的状态下进行旋转。表 2 中列出了采用这种测量时检验的数据。图 3 与图 5 示这些数据的例子。

表 2 检验数据(综合作用试验用)

技术规格	正齿轮 (外)	螺旋齿轮 (外)	直齿锥齿轮 ¹⁾
外径	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾
根径	X ³⁾	X ³⁾	
齿顶倒圆	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾
圆角形状 ⁴⁾	X		
基准齿轮(技术规范 或数据)	X	X	X
节锥顶点至底面			X
总的综合公差	X	X	X ⁵⁾
齿对齿综合公差	X	X	X ⁵⁾
试验半径	X ²⁾	X ²⁾	

注: 1) 补充的检验数据项目可在齿轮坯轮廓图上表明。

- 2) 以上限与下限表示或以带+、-公差的名义值的形式表示。
- 3) 可像注 2 一样规定, 但往往规定为一最大值而没有限。
- 4) 当圆角形状的形成和切削加工齿轮的滚铣工具的作用无关时, 需要技术规范, 见 4 2 3. 2。当形状由一条圆弧组成时, 规范需要半径有最大与最小极限。较复杂的形状需要有详图。
- 5) 按照 AGMA 390. 03a, 仅只用于小周节锥齿轮。

另外一组形状控制规范是基于单项测量。这些都是用专用检验仪器或在以专用软件操作的计算机控制的测量仪器上进行的。一般说来, 这类检验比综合作用试验费用高得多。因此, 只有当特种齿轮的工作要求证明较高的费用合算时, 才采用这些规范(列于表 3 中)。图 4 示这类数据的一例。

表 3 检验数据(用于单项测量)

技术规格	正齿轮 (外)	螺旋齿轮 (外)	直齿锥齿轮 ¹⁾
外径	X ²⁾	X ²⁾	X ²⁾
根径	X ³⁾	X ³⁾	
齿圈径向跳动	X ⁴⁾	X ⁴⁾	
容许的周节变动	X ⁴⁾	X ⁴⁾	X ⁵⁾
轮廓 ⁶⁾	X ⁴⁾	X ⁴⁾	
齿向 ⁶⁾	X ⁴⁾	X ⁴⁾	
滚柱直径 ⁷⁾	X	X	
滚柱数 ⁷⁾	X	X	
滚柱测量 ⁷⁾	X ²⁾	X ²⁾	
齿数 ⁷⁾	X	X	
跨距大小 ⁷⁾	X ²⁾	X ²⁾	
齿顶倒圆	X ³⁾	X ³⁾	X ³⁾
圆角形状 ⁸⁾	X		

注: 1) 补充的检验数据项目可在齿轮坯轮廓图上表明。

- 2) 以上限与下限表示或以带+、-公差的名义值的形式表示
- 3) 可像注 2 一样规定, 但往往规定为一最大值而没有限。
- 4) 按照 ANSI/AGMA 2000—A 88, 仅只用于大周节齿轮。
- 5) 按照 AGMA 390. 03a, 仅只用于大节锥锥齿轮。
- 6) 可能需要补充表明公差带的图。
- 7) 一般说来, 规定的不是滚柱测量就是跨距大小测量; 倘若二者都给出的话, 由检验人员自行选择。
- 8) 当圆角形状的形成和任何齿轮齿形的滚铣作业无关时, 需要技术规范, 见 4. 2. 3. 2。当圆角形状由一条圆弧组成时, 规范需要半径有最大与最小极限。较复杂的圆角形状需要有详图。

图 3 正齿轮规格明细例(采用综合公差)

正齿轮齿数据	公 制	英 制
基本规范		
齿数	42	42
模数/ 径节	1.25	20
压力角	20°	20°
齿形	ISO 53	AGMA 小周节
检验数据		
外径	55.00+0.00/-0.XX	2.200+0.000/-0.XXX
根径	49.132max	1.9663max
齿顶倒圆	0.25+/-0.XX	0.010+/-0.00XX
圆角形状(见 4.2.3.2 节的注意注解)	制成状态	制成状态
基准/ 控制齿轮: 齿数或仪器号)	60	60
总的综合公差	0.0XX	0.00XX
齿对齿的综合公差	0.0XX	0.00XX
试验半径	26.128+/-0.0XX	1.0451+/-0.00XX
计算与工艺试验数据		
在标准节径的弧齿厚	1.875+/-0.0XX	0.0750+/-0.00XX
滚柱直径(滚柱数)	2.400(2)	0.0960(2)
滚柱测量	56.172+/-0.0XX	2.2469+/-0.00XX
跨齿数	5	5
跨距大小	17.258+/-0.0XX	0.6903+/-0.00XX
基准数据		
标准节径	52.500	2.100
齿顶高	1.250	0.0500
全齿高	2.934	0.1169
AGMA 品质数(见 4.4.1)	QX 或混合的	QX 或混合的
配对齿轮		
零件名称	马达小齿轮	马达小齿轮
零件号码	21B—00159	21A—00159
名义中心距	37.500	1.5000

注: 1) 公制与英制数据不完全等同。

图 4 正齿轮规格明细例(采用单项公差)

正齿轮齿数据	公 制	英 制
基本规范		
齿数	42	42
模数/ 径节	1.25	20
压力角	20°	20°
齿形	ISO 53	AGMA 小周节
检验数据		
外径	55.00+0.00/-0.XX	2.200+0.000/-0.XXX
根径	49.132max	1.9663max
齿顶倒圆	0.25+/-0.XX	0.010+/-0.00XX
圆角形状(见 4.2.3.2 节注意注解)	制成状态	制成状态
齿圈径间跳动公差 ²⁾	0.0XX	0.00XX
容许的周节变动 ²⁾	0.0XX	0.00XX
轮廓(渐开线)公差 ²⁾	0.0XX 或 K—圈	0.00XX 或 K—圈
齿向公差 ²⁾	0.0XX 或图表	0.00XX 或图表
滚柱直径(滚柱数)	2.400(2)	0.0960(2)
滚柱测量	56.172+/-0.0XX	2.2469+/-0.00XX
计算与工艺试验数据		
在标准节径的弧齿厚	1.875+/-0.0XX	0.0750+/-0.00XX
跨齿数	5	5
跨距大小	17.258+/-0.0XX	0.6903+/-0.00XX
基准数据		
标准节径	52.500	2.1000
齿顶高	1.250	0.0500
全齿高	2.934	0.1169
AGMA 品质数(见 4.1.1)	QX 或混合的	QX 或混合的
配对齿轮		
零件名称	马达小齿轮	马达小齿轮
零件号码	21B—00159	21A—00159
名义中心距	37.500	1.500

注: 1) 公制与英制数据不完全等同。
2) 参考 ANSI/AGMA 2000—A88。

图 5 螺旋齿轮规格明细例(采用综合公差)¹⁾

螺旋齿轮齿数据	公 制	英 制
基本规范		
齿数	42	42
法向模数/法向径节	1.25	20
法向压力角	20°	20°
螺旋角与方向	18.0°RH	18.0°RH
齿形	ISO 53	AGMA 小周节
检验数据		
外径	57.70+0.00/-0.XX	2.308+0.000/-0.XXX
根径	51.834 _{max}	2.0826 _{max}
齿顶倒圆	0.25+/-0.XX	0.010+/-0.00XX
圆角形状	制成状态	制成状态
基准/控制齿轮:齿数、螺旋角	57	57
与方向或刻度数量	18.0°LH	18.0°LH
总的综合公差	0.0XX	0.00XX
齿对齿的综合公差	0.0XX	0.00XX
试验半径	27.4798+/-0.0XX	1.0451+/-0.00XX
计算与工艺试验数据		
在标准节径下的弧齿厚	1.875+/-0.0XX	0.0750+/-0.00XX
滚柱直径(滚柱数)	2.400(2)	0.0960(2)
滚柱测量	58.886+/-0.0XX	2.3554+/-0.00XX
跨齿数	6	6
跨距大小	21.061+/-0.0XX	0.8424+/-0.00XX
基准数据		
标准节径	55.202	2.2081
齿顶高	1.249	0.0500
全齿高	2.933	0.1127
导程	533.7364	21.34945
AGMA 品质数(见 4.1.1)	QX 或混合的	QX 或混合的
配对齿轮		
零件名称	马达小齿轮	马达小齿轮
零件号码	21B-00159	21A-00159
名义中心距	39.430	1.5770

注: 1) 公制与英制数据不完全等同。

图 6 直齿锥齿轮规格明细例(采用综合公差)¹⁾

直齿锥齿轮齿数据	公 制	英 制
基本规范		
齿数	27	27
模数/ 径节	4 469	5. 684
压力角	21°00′	21°00′
节锥半角	59°21′	59°21′
齿面角	63°28′+/-XX′	63°28′+/-XX′
齿根锥角	51°28′+/-XX′	51°28′+/-XX′
后视角	62°00′+/-XX′	62°00′+/-XX′
齿形	See summary no. xxx	See summary no. xxx
安装距离	63. 50+/- 0. XX	2. 500+/- 0. XXX
检验数据		
外径	124. 28+0. 00/- 0. XX	4. 893+0. 000/- 0. XXX
齿顶倒圆	0. 20+/- 0. XX	0. 008+/- 0. XXX
基准/ 控制齿轮测量信号	A327	A327
总的综合公差	0. 0XX	0. 00XX
齿— 对— 齿的综合公差	0. 0XX	0. 00XX
于 X. XXX 安装下和基准/ 控制 齿 轮啮合的间隙	0. 0X+/- 0. 0X	0. 00X+/- 0. XXX
与配对齿轮接触斑点的位置	见 4. 2. 1. 2	见 4. 2. 1. 2
计算与工艺试验数据		
测量位置	外部	外部
于节径下的弧齿厚	5. 664+/- 0. 0XX	0. 2230+/- 0. 00XX
弦齿高	3. 632	0. 143
弦齿厚	5. 461+/- 0. 0XX	0. 2150+/- 0. 00XX
基准数据		
外锥距下的节径	120. 65	4. 7500
外锥距下的齿顶高	3. 556	0. 1400
外锥距下的全齿高	11. 379	0. 4480
外锥距	70. 129	2. 7610
节锥顶点至齿冠	32. 690	1. 2870
AGMA 品质数(见 4. 4. 1)	QX 或混合的	QX 或混合的
配对齿轮		
零件名称	小齿轮	小齿轮
零件号码	X3254— A	X3254— A
齿数	16	16

注: 1) 公制与英制数据不完全等同。

4.2.1.2 直齿锥齿轮

关于锥齿轮齿的形状, AGMA 认可二种同样的独立控制形式。见 AGMA 390.03a。相应的规范列于表 2 与表 3 中。图 6 示一般使用的综合作用控制的一例。

AGMA 390.03a 还描述了用接触型试验法较详细的测定锥齿轮品质。关于这种形状检验的规范超出了这个标准的范围。

4.2.2 齿轮齿尺寸

关于正齿轮与螺旋齿轮, 齿轮齿尺寸规范的检测类型和相应组别都和锥齿轮不同。

若没有规定试验半径, 例如当用单项规范取代形状控制的综合检验时, 就必须使用齿厚的其它间接标记, 见 ANSI/AGMA 2002—B88。最常用的方法是滚柱测量(measurement—over—wires (or over—pins), 为此, 要规定滚柱直径。第二个较常用的方法, 特别是对于较大的齿轮, 是跨过规定齿数的跨距测量。关于这些测量的规范见表 3。

4.2.2.1 正齿轮与螺旋齿轮

齿的尺寸受控于齿顶直径(外齿轮的外径与内齿轮的内径)、齿根直径及齿厚的一些标记。因为一般不能直接测量齿厚, 需要通过间接测量来规定其极限值。当利用综合作用试验规范来控制齿轮形状时, 最好用间接齿厚规范的试验半径。表 2 示这些规范。

4.2.2.2 锥齿轮

标准粉末冶金锥齿轮的外径, 如图 2a 所示, 可用一般方法测量与规定。可是, 鉴于锥齿轮齿的锥形, 需要采用专用方法来测量齿轮齿尺寸的其它特征。这些专用方法可能是一些实用测量类型的。一种专用测量方法是用检测试验齿轮与配对的基准锥齿轮正常安装时它们之间的齿侧隙来确定齿的厚度(见 AGMA 390.03a)。这种专用测量方法的规范超出了这个标准的范围。

4.2.3 齿廓的其它特征

齿轮齿廓的全面描述包括齿顶倒圆与圆角形状。

4.2.3.1 齿顶倒圆

在粉末冶金齿轮制造中, 一般最好在齿顶部不采用小半径转角。同时, 限制这个角的半径尺寸可能是重要的。在小周节齿轮中, 大的齿顶倒圆可能大大减小齿的有效齿廓。对于一些应用, 诸如泵的齿轮, 为了使用性能最好, 需要小半径转角。在这种场合, 应该考虑齿顶倒圆的规范。这个规范可用最大值或用规定公差下限的值来表示。

注: 在对齿顶倒圆规定特殊要求之前, 建议和零件制造方磋商。

4.2.3.2 圆角形状

在一些粉末冶金正齿轮和大多数粉末冶金螺旋齿轮与锥齿轮中, 圆角形状是由在粉末冶金压模制作过程中的某些阶段, 所用齿轮切削工具的滚铣作业决定的。当基本数据中包括齿形规范时, 也就确定了齿轮切削工具的轮廓, 从而就间接确定了圆角形状(见 4.1.1)。当用一般齿轮切削加工机床滚铣 EDM(电火花加工)电极时, 通常不增加其轮廓的圆角规范检验。

倘若粉末冶金零件制造厂方利用计算机辅助设计, 以虚拟滚切工具间接制取齿形, 则轮廓应该相互一致, 见图 1a。这种间接方法使用的工艺可能会使圆角轮廓产生微小差异。

可是, 大部分粉末冶金正齿轮的压制成形模具, 并不是由用齿轮切削加工制作的电极制造的。模具通常是用线切割工艺制作的。在这些场合, 是将圆角形状制成规定的圆弧状而不是滚铣的圆角, 见图 1b。如果没有规定的話, 当基圆大于齿根圆时, 大部分粉末冶金生产厂方将采用径向齿根面, 见图 1c。弧或规定的其它几何形状的任何组合都是可能的。

注意: 如果没有规定齿根形状, 则可能设计成径向齿根圆角。径向齿根圆角的设计应考虑齿顶/齿根与匹配齿轮可能的过盈。为了确定齿根圆角设计, 对齿顶/齿根过盈应进行计算。

当正齿轮设计需要根切圆角时, 如像齿较少的一些小齿轮, 需要形状更复杂的圆角。

在所有这样的条件下,除圆角形状规范外,还应包括适当的形状公差。

4.3 计算与工艺试验数据

对于齿轮规范,这些数据项目一般并不重要,可以省略。可是,这些数据可供备用,往往将它们添加于齿轮规格明细中。表 4 列出了这三种类型齿轮的计算与工艺试验数据。示例见图 3 至图 6。

表 4 计算与工艺试验数据

技术规格	正齿轮 (外)	螺旋齿轮 (外)	直齿锥齿轮 ¹⁾
弧齿厚	X ¹⁾		X ¹⁾
法向齿厚		X ¹⁾	
滚柱直径	X	X	
滚柱数	X	X	
滚柱测量 ²⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	
齿数 ³⁾	X	X	
跨距大小 ²⁾	X ¹⁾	X ¹⁾	
弦齿高			X
弦齿厚			X ²⁾

注: 1) 规定以上限与下限表示或以带+、- 公差的名义值的形式表示。
2) 只有检验数据中省略它们时,才包括滚柱测量与跨距大小。

齿厚是齿轮设计作业的一个主要因素。与其公差极限一道,允许校验在检验数据中使用的计算间接值。作为起始工艺试验的一部分,有时便于使用齿厚测量法而不用检验数据中给出的方法。对于这种替代的方法可增加以限制。

4.4 基准数据

这些数据项目也不重要,可以省略。可是,它们可能有助于考虑齿轮设计的某些方面,可用作其它相关信息的来源。给出的齿轮尺寸皆来源于基本规范与检验数据中的项目。表 5 列出了这三种类型齿轮最常用的基准数据。示例见图 3 至图 6。

表 5 基准数据

技术规格	正齿轮	螺旋齿轮	直齿锥齿轮
标准节径	X	X	X
齿顶高	X	X	X
全齿高	X	X	X
导程		X	
中心距	X	X	
锥距 ¹⁾			X
节锥顶点至齿冠 ¹⁾			X
AGMA 品质数	X	X	X
配对齿轮图号	X	X	X

注: 1) 这些数据项目可代之以在齿轮坯轮廓图上表明。

4.4.1 AGMA 品质数

利用品质数将齿轮品质进行分级的 AGMA 系统广泛用于齿轮工业的所有零件。可用于齿轮品质期望值的简明标志,这些品质项目通常包括:

一表 2 中总公差和齿对齿的综合公差;或

一表 3 中齿圈径向跳动、容许的周节变动、轮廓与齿向。

当这些检验数据项目的每一公差值都符合 AGMA 标准对单一 AGMA 品质数规定的值时,则可将品质数用作基准数据的一部分。有时选择的公差值不都符合单一品质数,而是要符合二个或多个品质数。在这种场合,基准数据就应列出所有品质数,指明和每一品质数相关的数据项目。见 ANSI/AGMA 2000—A88 和 AGMA 390.03a。在图 3、4、5 及 6 的规格明细示例中,这种多品质数是用标志“混合的”来表示的。

4.5^① 齿轮制图规范

应该将与齿轮相关的其它特征作为粉末冶金齿轮全部规范的一部分予以规定。这些特征可作为齿轮图中尺寸图的一部分予以表明,按照一般绘图的惯例与作法来理解。

注: 几何形状的尺寸与公差标注最好按照 ANSI/ASME

① 原文中序号仍为 4,显然是错的,现将之改为了 4.5——笔者注。

Y14.5M 的方法标注图。

4.5.1 孔或其它中心基准的特征

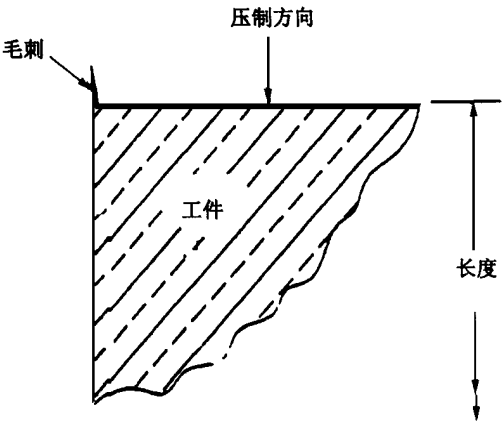
每一齿轮都有决定齿轮中心轴的特征或特征组合。这种特征只能用齿轮几何形状的关系来表示,例如,位于其中心的直通孔。即使这个例子的中心基准特征比较简单,最好还是增加诸如“基准表面”或“安装表面”之类的引出特征。当安装特征较复杂时,例如位于齿轮二端的短轴或带定位台阶齿轮的一个端面,对于清楚规定检验时如何规定齿轮的位置,这种引出特征是重要的。在实际可行的场合,检验基准应和齿轮在应用中定位的基准相同。

4.5.2 端面宽度与垂直度

正齿轮与螺旋齿轮的端面宽度一般表示在图上,而不是在齿轮的数据规格明细中表明。一个或二个端面的垂直度规范可限制烧结或之后的热加工可能产生的变形。

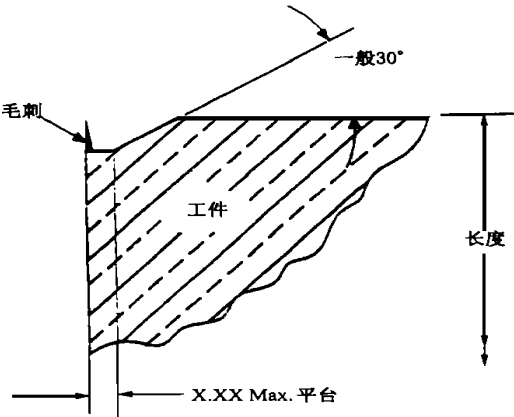
4.5.3 毛刺

齿面的毛刺是压制成形时产生的。这种从齿轮端面向外突出的原状毛刺并不妨碍沿齿轮齿根面的接触,见图 7。可是,毛刺足够大时,在生产过程中搬运时,可能会强制使其进入齿槽中。倘若有毛刺的端面对总成中的邻接一个零件旋转时,特别是齿轮在加工过程中硬化的话,就连原状毛刺都可能是个问题。在齿轮端面沿着齿进行倒角,如 4.5.5 中所描述的,往往可减小或消除这种毛刺的不良影响。



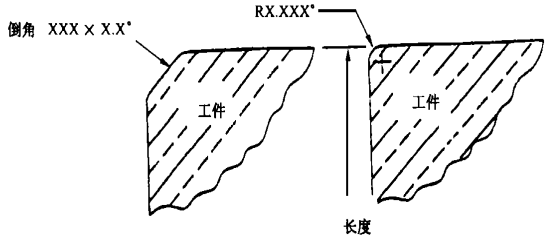
1 类

由于正常的模具间隙而形成的标准粉末金属压制毛刺。在去毛刺作业中可以轧倒或减小到最小限度。可以超过长度要求,测量长度尺寸时要避开毛刺。



2 类

采用平台与倒角隐藏的标准粉末金属压制毛刺。在去毛刺作业中可以轧倒或减小到最小限度。不能违反长度要求,测量长度尺寸时要避开毛刺。



3 类

在不容许有毛刺的场合,形成的毛刺实际上已用后续作业除去。

图 7 与规范有关的毛刺类型

限制关键部位毛刺高度的规范可能会要求较经常的进行模具维护。但对于毛刺限制过严可能会大大增加制造成本。

4.5.4 表面缺陷

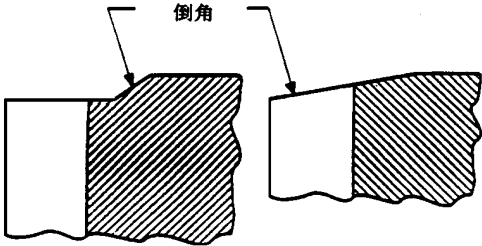
在粉末冶金齿轮生产过程中可能会产生一些表面缺陷, 诸如:

一烧结时粘附在齿表面的松散粉末颗粒;

一烧结前后, 由于齿轮之间或与搬运装置碰撞而造成的小坑与周围突起。

这些缺陷在齿轮的初始操作时都可以排除, 特别是若工艺过程中没有硬化时。在目测或综合齿轮测量中发现这些缺陷时, 检验方法应对这种不重要的暂时的表面缺陷予以承认和容许。

规范一般采用注解的形式来限制较大的



缺陷。这种规范可包括各个缺陷的尺寸极限或在各个试样中它们出现的频率极限。

4.5.5 齿轮齿的倒角

在沿正齿轮与螺旋齿轮的齿端面往往规定一小的倒角(见图 7, 2 与 3 类型)。(倒角一般限于一个端面, 但模具维护条件允许时, 也可采用二端面倒角)。这种倒角的用途如下:

一通过为 4.5.3 中描述的毛刺类型提供间隙, 将搬运零件时毛刺被挤压到齿槽中的机会减小到最低限度, 防止突出的毛刺在邻接零件上摩擦。(通过在齿轮端面增加一短小凸台也可用于上述的后一种用途)。端面的倒角与凸台见图 8;

一可增大对粉末的压缩, 从而导致齿轮的密度与强度较高, 见图 8。

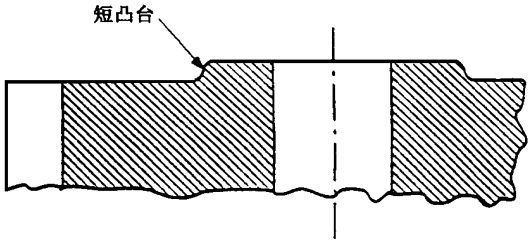


图 8 毛刺附: 倒角或凸台

倒角的设计与比率应考虑到模具寿命的要求和便于模具维护。

4.5.6 齿面的表面粗糙度

用粉末冶金工艺制作的齿轮齿面的粗糙度都是好的, 没有通常切削加工的齿轮表面的各种型式的凹凸不平。可是, 一些特殊应用可能会要求控制齿面的表面粗糙度。通过选择材料与工艺条件可以实现这种控制, 或者如 5.4.2 与 5.4.3 中所指出的, 它可能需要一些烧结后的后续作业。表面粗糙度的规范必须考虑到粉末冶金表面固有的孔隙度。例如, 应该要求用跨过颗粒间孔隙的鑿型测头进行测量, 而不是采用会陷入颗粒间孔隙中的锥型测头。通常, 在正齿轮中, 顶端半径

合适的鑿型测头以平行于齿轮轴线的直线路径, 而不沿着弯曲的齿廓跨过齿进行测量。在涉及测头选择与结果整理的试验细节方面, 都需要生产方与购买方双方同意。

5 齿轮材料规范

材料规范通常都很简短, 典型作法是限定参考某些材料牌号代号。这样做时, 可加信息用作补充资料。可是, 一些特殊应用可能需要对于材料及其要求的性能详细说明。

5.1 材料牌号

关于规定材料的化学成分与最小强度性能, 有几个不同的方法; 材料的最小强度性能和密度(见 5.2)与烧结后的处理(见 5.4.1)

密切相关。

5.1.1 MPIF 标准 35 的代号

MPIF 在其标准 35 中规定了一系列粉末冶金材料牌号代号。这些代号用化学元素的最小与最大百分含量规定了化学组成。对于一些铁与钢的化学组成,还表明了是否包括热处理或者熔渗铜。每一个完整的代号还规定了烧结态的最小屈服强度和热处理后的最小极限拉伸强度。有几个强度性能等级,每一等级与其自身的特有的密度值都是对应的。作为排除材料供应方与齿轮零件生产方的限制,通常最好采用 MPIF 材料牌号代号。对于齿轮买方,这往往会转化为最低价格。

5.1.2 粉末金属供应者的代号

粉末金属供应者一般都有自己的材料牌号代号系统。这种代号许多都是参照相应的 MPIF 代号。当同一组齿轮规范中引出二个代号时,除非二者之间有矛盾,应符合二种材料牌号。任何矛盾都要通过生产方与购买方双方协商来解决。

一些材料供应者表示材料牌号的代号没有包括在 MPIF 标准之中。在选用这些特殊材料的那些应用中,可能和 MPIF 的代号没有交叉关系。

有材料供应者代号而没有 MPIF 代号的齿轮规范,要求齿轮零件生产者只能使用来自这个供应者的指定材料。无论如何,这限制了材料供应者在别处提供的一些和 MPIF 代号的交互关系,或在规范中提供的其它数据暗含的这种交互关系。当然,零件买方往往可以认可推荐的代用材料。

5.1.3 零件生产者的代号

一些零件生产者也有自己的材料牌号代号系统。它们和 MPIF 代号的关系与上述的材料供应者的代号一样。

有的场合,齿轮规范中引出了材料供应者与零件生产者双方的代号,而且和 MPIF 代号没有任何关系,或没有指明二者中哪一个事实上的规范与哪一个仅仅是参考数

据。在这种场合,材料供应者的代号实际上是规范。

5.1.4 材料的化学组成

齿轮规范也可能含有关于制造齿轮的材料化学组成的资料。当这种资料附有规定的材料牌号代号时,以化学组成的数据作为基准数据,因此应该标明。在这种场合,齿轮买方有责任检查二组数据是否符合。没有规定代号时,化学组成的资料应充分完整并适于商业上正确引导选择合用的材料。

5.2 密度

密度是粉末冶金齿轮的一个重要特性,但往往不一定将之列为一个独立的规范。例如,以 MPIF 代号与其最小强度要求表示的材料规范就间接控制了密度。

在因特殊需要必须控制密度的场合,规范应确定密度的最小值或一个容许的范围。除非密度规范指的是齿轮的限定部分,诸如一般齿的部分,否则都将密度值理解为表示整个粉末冶金零件的平均密度。在制定密度规范时,应该记住复杂与极端的密度要求可能会大大加大齿轮的成本。

5.3 物理性能与试验要求

和齿轮材料规范一起列出的物理性能一般是作为基准数据处理的。列出的值一般都来源于 MPIF 或卖方文献提供的典型数据。就连 5.1.1 中描述的,来源于 MPIF 标准 35 的最小强度值都是来源于在标准条件下加工的标准试样在试验室试验的数据。这些值不一定适用于在工业条件下加工的具体的齿轮零件。

一些特殊应用可能要求严格控制一项或多项力学性能。有几种方法可将这种控制包括在齿轮的材料规范中。每一种方法都需要一些类型试验来确定达到的最小性能值。

5.3.1 粉末金属卖方的检验合格证

在将控制局限于用于制造齿轮的粉末材料的场合,可能要求材料卖方证明供给的材料符合标准试样在标准试验中的最小强度要

求。

5.3.2 功能齿轮强度试验

为了直接控制粉末冶金齿轮的材料强度性能,可采用功能齿轮强度试验。因此,齿轮材料规范应补充必须满足的最低要求,按生产批量或周期选取齿轮样品进行试验。设计的这种试验既要便于试验又要和齿轮在应用中承受的荷载条件相似。关于这类规范进一步的资料超出了这个标准的范围。

5.3.3 其它要求

涉及冶金控制的其它要求都应基于零件生产方与买方间的协议。

5.4 粉末冶金齿轮的特殊作业

5.4.1 材料处理

一些应用要求进行特殊处理以改进材料性能。关于这些处理的规范可能仅仅是以确定工艺方法的形式。在一些场合,规范也可能要求进行定量测量来验证处理效果。

5.4.1.1 热处理

最简单的热处理规范是依据MPIF材料牌号代号与其最小极限强度的范围。一些特殊热处理是:氮化、渗碳及感应淬火硬化。倘若硬度规范是采用表面硬度或颗粒硬度,它就应该包括测量技术的适当标志。见MPIF标准43、50及51,及SAE标准J864。

5.4.1.2 铜熔渗

往往将铜添加于基本组成中,以增高粉末冶金材料的极限拉伸强度。这种工艺也可用MPIF材料牌号来规定,材料牌号都附有要求的最小强度。

5.4.1.3 复压、滚压成形或锻造

关于这些工艺方法的规范,可作为密度或强度要求的一部分来表示。在作业的目的是提高精度、改善表面粗糙度或对几何形状进行一些改变的场合,规范应反映出预期的结果。

5.4.2 齿轮精加工作业

正齿轮与螺旋齿轮的精加工作业一般都涉及到用刮、磨或其它工艺方法从齿轮齿面轻微地切除材料。用这些工艺方法可改善烧结状态齿轮的精度。用于作业结果的规范表现为表3中列出的齿轮数据的一部分。

5.4.3 除去毛刺与表面修正

可用振动光饰与类似加工来磨光(由于封闭表面的孔隙)、清理或齿顶倒圆。规范一般采用规定采用的具体方法与材料的形式。最终外观也可能是规范的一部分。

5.4.4 电镀

粉末冶金齿轮很少电镀。需要时,必须先进行封闭孔隙作业。电镀的规范都是非标准的。

5.4.5 润滑

含浸以润滑流体可减小粉末冶金齿轮的摩擦与磨损。流体保有的限度和润滑的长期有效性受孔隙度的限制与特性及工作条件的影响。规范可用来规定润滑剂种类与用某些测量方法测定的残留润滑剂的最低数量。

另外一种方法是采用有益的表面涂层,诸如PbF₂或磷化处理。这种涂层实际上一般都是有专利权的,而且需要加工者制定规范。

5.4.6 浸渍树脂

这种工艺可用来改进后续加工时粉末冶金材料的切削性。也可用于封闭孔隙以改善耐蚀性。

5.4.7 水蒸汽氧化处理

这种工艺可用来改善外观或耐磨性,或进行封闭孔隙与提供耐蚀性。可是,这种处理可能会减低冲击强度与抗弯强度。

参考文献(略)

致谢 特向提供这个标准原版的QMP (Asia Pacific) 致以谢意。