

热处理零件；服务寿命延长；强化喷丸；CBN 磨齿；工艺和检验指南

注：标准号从 ZFN 161 -2 (1994-07 发布) 更改为 ZFN161 (2002 —12 发布)

## 目 录

1. 应用范围
2. 目的
3. 引用标准
4. 处理条件，允许制造过程和工序
5. CBN 磨齿
6. 强力喷丸
7. 喷丸步骤
8. 研磨剂
9. 喷丸条件检验
10. 喷丸零件表面或 CBN 磨齿零件的残余应力状态

### 1. 应用范围

只要在图纸或其它生产文件中需要思考，本标准都适用于指导生产和质量保证。

本标准用于船舶齿轮渗碳零件的新的设计和图纸改进。

它代替到现在还使用的 ZFN L 2406 。

在生产过程中，喷丸必须在如下条件下完成（在图纸中没有特别说明，如“处理状态 ... 根据 ZFN 161”：

—对于与剃齿齿轮相啮合的渗碳齿轮和轴，如果要求修形（修磨），必须由质量检查部发动。

—当“ZFN414 —X”，“ZFN415 —X”或“ZFN416 —X”（X = A，B，C，D 或 E）出现在图纸上时（按这些标准中的指南）。以前的输入是：“材料类别 X ZFN414”（同样应用到 ZFN415 和 ZFN416）。

—啮合齿轮带有凹陷（磨削或剃削槽）。

由磨、剃或其它硬面加工过程生产的凹陷许可量和它们的检验在试验指南 0000 702 050（正齿轮和带有齿顶变位的直锥齿轮（斜面体齿轮））和 1 Q22 1 50 893（用于船舶齿轮零件）中进行了规定，并且应用到其它要求的区域。

喷丸不许用于开发和系列的样品零件（除作图纸有特别的规定）。

## 2. 目的

本标准规定了达到规定处理条件的应用生产过程和配套的生产工序。

确定了喷丸的操作步骤，喷丸条件和试验过程。

## 3. 引用标准

ASTM E 11-01 筛布和用于试验的筛分标准规范

DIN8201 研磨剂：钢丝丸

DIN EN 10204 EN10204 金属产品：检验文件的类型

DIN EN ISO 11124- 3 ISO 11124-3 金属喷丸清理研磨剂规范；

高碳铸钢丸和砂

SAE J 441 切丝丸

SAE J 442 试验带，喷丸夹具和量具

SAE J 443 使用标准喷丸试验带的步骤

SAE J 444 用于喷丸和清理的铸丸和砂粒尺寸规范

SAE J 827 铸钢丸

VDFI 8001 金属研磨剂（VDF）= 德国弹簧工业协会

ZFN 414 渗碳齿轮、轴等的材料强度类别 A—D（标准质量）

ZEN 415 要求单纯淬硬的渗碳齿轮、轴等的材料强度类别 A—E

ZFN 416 高强度的渗碳齿轮、轴等的材料强度类别 A—B

ZFN 5013 渗碳零件的磨削烧伤试验（酸腐蚀）

ZFN L 2406 钢零件的喷丸，工艺和检验规范

强化喷丸指南 DGM 寻找公司材料技术（TW）

下列文件在公司的文件，管理和数据转换中要求。

0000 700 650 热配合工艺规范

0000 702 050 在磨削和剃齿情况下的试验规范

下列文件在公司的质量保证中要求

IQ22150 893 船舶齿轮啮合齿轮的试验指南

#### 4. 允许加工过程和工艺的处理条件

下表包含了批准的加工过程以获得规定的处理程序。

生产准备部选择的流程应在工艺卡上编入并按其实施。

对于所有与工艺卡上不一致的偏差要求得到批准并形成纠正措施文件。

表 1: 允许的生产过程和工序

处理条件	可能允许的生产过程①②	
应用区域	强力喷丸	CBN 磨齿 ③
X 在零件上的槽区域	软加工→热处理→强力喷丸→其它区域加工	不允许这种处理条件
Y 齿根	热前加工→热处理→强力喷丸→其它区域硬面加工→齿面硬加工	在这种条件下不允许齿根 CBN 磨
Z 齿侧面	注: 这个处理条件可以通过强力喷丸达到, 处理条件 Y 在这里能同时得到满足, 对于生产过程参考处理条件 Y+Z	软加工→热处理→齿面 CBN 磨
Y+Z 齿根 + 齿面	软剃齿轮: 软加工、剃齿→热处理→强力喷丸→其它区域加工 硬加工 (磨齿) : 软加工→热处理→齿面硬加工→强力喷丸→其它区域加工	软加工→热处理→强力喷丸→齿面 CBN 磨

① 如果外部喷丸处理计划用于增加零件或零件区域上的强度。通常使用本标准中的强力喷丸。

- ② 允许的生产过程在表中用红色字体表示。
- ③ CBN=立方氮化硼 (Cubic Boron Nitride)

## 5. CBN 磨齿

在机械加工过程中，工件表面不仅因为机械加工应变硬化而变硬，而且在工件表面产生高的压应力。当用 CBN 磨削材料磨钢件时，由于恒定的切削力作用于工件上而产生极大的压应力，这些在防振方面产生相当可观的改进，从而增加了服务寿命，相比较而言，这个过程同样可获得强力喷丸的效果。使用 CBN 砂轮可在有效控制的表面区域产生压应力条件。允许使用这种砂轮。只有在表面无磨削烧伤时，才能达到防振的改进。这个注解与磨削烧伤试验按 ZFN5013 控制，这个过程是可重复进行的。强化的效果和观测参数必须用过程规范明确。

## 6. 强力喷丸

### 6.1 效果

边缘层的应变硬化、在表面层的压应力的发展以及显微裂纹的复原效果将实现传动能力的增加，特别是在弯曲应力和扭转应力下，零件裂纹附近的疲劳强度增加。注：因为热处理或磨削在表面层可能产生轻微的损坏，在很大程度上，它可通过强力喷丸得到纠正。但是，它是不可能达到表面没有损坏的零件经过强力喷丸后的效果。

在表面层受到极大的损坏的情况下，（如：磨削产生的重新淬硬区域）强力喷丸不再会产生根本的改进。

### 6.2 操作过程

#### 6.2.1 喷丸零件的预处理。

在强力喷丸之前，以下所有的工序必须完成。

- 热处理过程④
- 机械加工和在强力喷丸（强化）区域的修形
- 化学处理（如：化学防锈）或电镀处理 ⑤

—强化表面必须无脂、油、防护剂、锈蚀和其它粗糙的杂质，所以零件通常在喷丸之前必须进行清洗。

—热处理产生的粗糙的毛刺和残余物会污染喷丸介质。为了保证清洁和去掉毛刺，这样的零件在强力喷丸之前应在一个独立的系统进行一次喷丸。

—预定的染料渗透试验（磨削烧伤和裂纹检验）应在喷丸之前进行，因为否则会存在一个因喷丸而缓和甚至完全抑制这些污染物显示的风险。

—所有没有包含在喷丸过程的区域应该小心地保护（覆盖）（参考 6.2.4 节）。

### 6.2.2 工件装夹

应使用适当的设备和夹具来确保在图纸上标明的区域（有配对齿轮的零件和没有图纸输入的通常为配对齿轮）在整个区域和宽度都受到强力喷丸，并达到表 2 中的强度。（也可参照 9.2 节中的“热区”。

### 6.2.3 强力喷丸工艺

·喷丸处理根据表 2 提供的规定完成。

根据第 7 节表 2 或特殊情况下按相关的图纸规范确定参数：

· 喷丸材料和

· 喷丸强度

④ 在热配合条件下，表面硬化零件可以在炉子中最大加热到 170 °C，大约 2 小时（也可参考 0000 700 650 指南）。

⑤ 除了磷化，抛光，超精加工，精研之外。

化学镀工艺必须包括一个脱气的过程（温度 / 时间）

### 6.2.4 局部喷丸

如果对表面完工结果没有可接受的变化时，在 6.2.2 详细介绍以外的区域同时可接受强力喷丸。

注：因表面硬度和起始粗糙度的不同，喷丸可能引起表面粗糙度的改变。在表面硬度 > 670HV，平均表面粗糙度  $Rz \leq 4\mu m$  的情况下，表面粗糙度可能有增加（大约是原始  $Rz$  的 1.5 倍）。

下列已加工的区域在喷丸时必须覆盖：

—密封圈接触面

—滚动轴承座圈

—粗糙度要求  $Rz \leq 4\mu\text{m}$  的其它位置 (但是, 对于压配的齿轮和固定齿,  $Rz \leq 6\mu\text{m}$  的喷丸粗糙度是可以接受的。

下列情况在喷丸时也应该局部覆盖:

- 螺纹 (经过表面硬化的螺纹没有必要覆盖)
- 研磨剂会阻塞的工件上的缝隙处
- 可能很难去除研磨剂的狭窄的孔
- 表面硬度低的区域 (例: 没有经过表面硬化的区域, 如果表面粗糙度过高不能接受的话)

在所有这些情况下, 写入图中是没有必要的。

### 6.3 机器设备

能够提供重复进行第 9 节中所列的检测条件的所有的喷丸技术是可接受的。这就要求在喷丸处理过程中机器设备能够保证机械地监控运转周期。

当与船用变速箱一起运转和在特制叶轮系统中时, 必须要检查叶轮的状况。

形成文件, 所列表中应该包括状况, 日期和签名。

检验频率: 每 14 个工作日

## 7. 喷丸程序

表 2 包含了在各种应用情况下, 相关允许的喷丸材料和规定的喷丸强度等级的信息。如表 2

应用	喷丸材料⑦		强度 (mmA)
	类型	名义直径⑧	
表面硬化零件区域	圆钢丝丸	$\Phi 0.6\text{mm}$	0.40-0.55
非热处理的钢和铸铁零件	圆铸钢丸	$\Phi 0.3\text{mm}$	0.15-0.30
感应淬火零件区域	圆铸钢丸	$\Phi 0.6\text{mm}$	0.35-0.45

⑥如果高精度的表面要同时和其它区域一起喷丸时, 在喷丸结束后, 需检查以确保要求的表面的外观, 如果必要的话, 终止下步操作。

## 8. 研磨剂

## 8.1 有关研磨剂的信息 (可接受的规范)

### a) 标准研磨剂

表 3 包含了有关使用的标准喷丸材料的信息。新的和备用的喷丸材料必须满足相关的标准和规范。

表 3

类型	名称	采用的标准	名义直径	硬度
圆 钢 丝丸	StD-G0.6	DIN 8201-4, VDFI	Φ0.6mm	610 -670HVI
	HV640	8001		
	CW-23	SAE J 441		
圆 铸 钢丸	M /HCS /	DIN EN ISO	Φ0.3mm	460-550HV1
	S040	11124 -3		
	HCS 110	SAE J 444 SAE J 627		40-50HRC

⑦ 请看 8.1 节

⑧ 此筛孔标准按铸钢丸规定

### b) 其他的研磨剂

如果经过试验并发现合适, 则能够使用 (由负责生产的工程师与完成这项工作和进度的部门, 质量保证部和材料试验部门一起确定) 。

这些研磨剂的使用应限定在特殊的应用中, 特别是用于外部抛丸处理。

## 8.2 制造商

研磨剂可以从任何可以满足第 8.1 节要求的制造商获得, 每批交货的研磨剂都必须有符合 EN 10204, 2.2 的检验报告, 提供粒度分析, 材料分析及硬度。

## 8.3 弹丸尺寸分析 (粒度分析)

### 8.3.1 试验频率

弹丸尺寸应由负责热处理工序的监督员工在如下情况下分析:

#### a) 抛丸系统连续隔离

- 确定“热区”时 (按第 9.2 节)
- 最晚在 6 个月开始后, 每 500 个工作小时检验一次
- 对于船用变速箱, 最晚在 3 个月开始后, 每 200 个工作小时检验一次
- 在所有的修理完毕后
- 当更改抛丸材料的供应或隔离时

b) 其他系统

最迟在抛丸材料的服务寿命过了 50 %后

记录点: 在提供给风扇轮或抛丸喷嘴处

8.3.2 粒度分析指导<sup>(13)</sup>

根据 8.3.1 节的规范, 进行如下的粒度分析:

- 用必要的网筛构成筛分塔 (在底部为最小的网眼)

备注: 确保试验网筛没有弯曲或破坏

- 装载抛丸材料: 100 克到 1000 克
- 筛选抛丸混合材料, 筛分时间至少为 5 分钟
- 每次筛分后, 称残余量的重量
- 按百分比计算抛丸材料的含量

根据第 10.1/10.2 节, 在检验单 A “粒度分析表” 上填写结果。

<sup>(13)</sup>请看下表

粒度分析的名义值

表 4 和表 5 规定的名义值必须按抛丸材料的标准观察<sup>⑨</sup>

表 4

圆钢丝丸		
筛网宽度	残留	
	工作混合物	新弹丸 <sup>⑩(11)</sup>
0 .85	0 % max	0 %
( 0.71 )	5 % min	5 % max

0 .60	50 % max	85 % min
( 0.50 )	30 % max	10 % max
0 .425	30 % max	}Σ% rmax
0 .30	20 % max	
底部残留	3% max	0.5 % max

表 5

圆铸钢丸		
筛网宽度	残留	
	工作混和物	新弹丸 ⑩(12)
0.60	0 % max	0 %
0.50	10 % max	10 % min
0.30	60 % min	60 % min
0.10	30 % max	10 % max
底部残留	30 % max	10 % max

## 9. 抛丸条件检验

所有的检验都应该在混合物下进行。为了满足新的要求，这些混合物应该用混合弹丸建立。

9.1 抛丸的强度是用检测试片 “ A ” （ SAE J442 ） 通过阿尔门工艺测定。

注释：

如果标准化的阿尔门检测试片在运行条件下抛丸，这将或多或少地会发生弯曲，它直接取决于传递的热量。通过测量拱形高度确定的弯曲量，是用来比较抛丸强度的尺码。

强度信息包括用 mm 表示的阿尔门检

-阿尔门规格（可得到的，例如，通过+GF+ /瑞士）测试片的弯曲度和所用的检测试片 A。

例如 0.34mmA

强度检测需要用到的如下：

- 阿尔门检测测试片的夹具（尺寸和操作请见第 9 . 2 . 2 节的图表）
  - 根据 SAE J442 的阿尔门检测测试片" A "（通过+GF+得到的，瑞士或德国）
- 阿尔门检测测试片只能一次性使用。

## 9.2 热区（风轮设备）

注释：

在运行条件下，在加工件的表面强度达到了的抛丸区域，其规定的硬度增加也就达到了。

限定的热区的强度要求达到的最低水平请见第 7 小节的表格 2 。

### 9.2.1 检测频率

热区必须明确：

- 当机器第一次使用时。
- 当在抛丸区进行大修理后。
- 从上次测量后，最多为 500 个工作小时，至少每 6 个月。
- 对于船用变速箱，最多为 200 工作小时一次，最晚在 3 个月后。

⑨ 第 8.1 节的允许的其他的抛丸材料的粒度分析的名义值应该达成协议。对于名义弹丸尺寸来说，名义值优先。

⑩ 新弹丸检测应该在随机抽检的样品下进行。确定的值必须跟制造商的检测报告上数据相符合。这些值只是在新弹丸材料试验时需要。

- (1) 规定的新弹丸材料的名义值必须和 DIN8201 和 VDF18001 相符合。
- (2) 规定新弹丸材料的名义值必须和 ISO 11124 -3 和 SAE J 444 标准相符合。
- (3) %100 - 200 网筛，网眼的宽度应符合 ASTM E 11-01 的要求。通过以下途径购买：在 乌尔姆的 Schwabische Glasindustrie Dornstadt 或转速约为 285rpm 的另一种筛网机械，供应商同上。
- (4) 压缩空气抛丸设备有可变的热区。在被抛丸零件的所有位值的名义强度值必须达到。根据由 DGM 出版的“强化目的的抛丸指南”进行检测，在最初的检验

和在大修理后（增加抛丸磨损），阿尔门值最少增加 8 %。

注：在初次检验决定的加热区在用来决定固定装置（请见第 6.2.2 节）和能力的生产计划时使用。不管规定降低的强度为多少，假如整个热区没有覆盖，它应该在后来的检验中显示出来，然后进行新的初次检验，确定加热区。（请见 10.3 部分，检验表 B）

### 9.2.2 强度测量指导—确定加热区

应该根据第 8.3.1 小节提供的规范进行如下的强度测量：

—将阿尔门试片牢固地安装到检测试片的支架上（支架为硬化钢，表面硬度大于等于 59HRC）

—检测试片支架的布置：

用以下公式： $a_1 = h/2n$   $a_n = (2n - 1) \cdot a_1$

检测试片（至少 4 个）在某个高度上以  $a$  的间距均匀地放置。

$a_1 \dots a_n$ ：是检测试片的间距，是测量的基础。

$h$ ：是抛丸机内部的高度或者加工件的最大长度

$n$ ：检测试片的数量，标准测试为 6 个

如果空间有限或者当热区很小的情况下，检测试片可以垂直方向放置。

—测量评估

根据阿尔门检测设备的说明，用测量阿尔门试片的拱形高度来确定强度。

根据第 10.3 小节确定热区，测量结果应该填在检测表 B “强度测量表”中。

### 9.3 饱和点

注释：

当抛丸时间增加为 2 倍，阿尔门试片的弯曲度增加不再大于 10%，则达到了饱和。在记录的强度特性曲线的饱和点上可以很快地读出强度值。

在机器开机时和大修理后，饱和点是根据第 9.2 小节完成的。检测的细节在 SAE J 443 有提示。此检验可代替覆盖率使用。因为它的确定被太复杂了。

对于船用变速箱零件的检测频率：至少一年一次。

形成文件：写明日期和签名的测量结果。

## 9.4 检验报告

### 检验报告

—检验表 A —粒度分析，抛丸（10.1 和 10.2 小节）

—检验表 B —强度测量，确定热区（10.3 小节）

—饱和点（船用变速箱零件），根据 9.3 小节

—系统检验、船用变速箱零件，根据 6.3 小节

必须非常细心完成和完全按照 8.3，9.1 和 9.2 小节规定的频率。并要求对此机器负责的部门因检测目的而保留至少两年。

(15) 如果承担了额外的抛丸处理和用了在 8.1 节表 3 中没有规定的抛丸材料，规定的名义值和结果应该在适当的检验表中作好记录。

(16) 压缩空气抛丸设备不使用检验表 B，而是根据 DGM 出版的“强化目的抛丸指南”准备报告。

## 10. 抛丸零件的表面或用 CBN 磨的齿面的残余应力

由喷丸处理和 CBN 磨齿加工而产生的典型的残余应力状况是在零件的边缘层形成，压应力阻碍了振动的增强。（参考第 5 和 6 节）

### 10.1 残余应力测量

残余应力是用 X 射线测量的。此测量应用新的零件进行，此测量是破坏性的。

测量位置，测量方向和残余应力的深度特性：

只要可能，应该在希望通过抛丸或者 CBN 磨齿工艺增加强度的地方进行测量。

在主要受力方向的测量。为了评估抛丸处理或 CBN 磨齿工艺引起的残余应力。除了表面值之外，至少有残余应力的深度情况，这些也应该包括表层下的残余应力值。对于喷丸处理，推荐在距离表面（深度情况）20 微米和 50 微米处，而对于 CBN 磨齿推荐为 10 微米，20 微米和 50 微米。材料可用电解法去除余量。

例如：为增强齿根强度进行抛丸处理。

测量位置：齿根（正切 30 度），至少在齿宽中心测量

深度：在距离表面 20 微米 50 微米处测量

测量方向：至少在向齿高方向处侧量