

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 23600—202X

代替GB/T 23600—2009

## 镁合金铸件 X 射线实时成像检测方法

X-ray real-time radioscopic testing method

for magnesium alloy castings

(在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上)

(讨论稿)

××××-××-××发布

××××-××-××实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布



## 前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替GB/T23600-2009《镁合金铸件的X射线实时成像检测方法》，与GB/T23600-2009相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- 删除“GB/T 3323—2005 金属熔化焊焊接接头射线照相”（见2，2009年版2）；
- 删除“GB/T 19943—2005”，确定透照厚度按本标准表1规定（见3.5）；
- 更改了范围适用于镁合金压铸件（见1，2009年版1）；
- 更改了术语和定义（见3，2009年版4）；
- 更改系统分辨率（见6.2，2009年版6.1）；
- 增加了灵敏度分段要求（见6.2.2）；
- 更改了从事X射线实时成像检测人员要求（见5，2009年版5）；
- 更改了图像像质指数应达到的最低值（见6.3，2009年版6.3）；
- 增加了标定检测步骤（见7）；
- 删除了放大倍数M的选取和最小检出缺陷尺寸的计算公式（见2009年版7.1）；
- 删除了图像观察应在较暗的环境中进行的描述（见2009年版7.8.1）；
- 更改了图像缺陷评定的标准（见8.2，2009年版8.2）；
- 更改了图像存储方法（见8.3，2009年版8.3）；
- 增加了气孔、冷隔等缺陷的分类与评级实际参考图片（见附录A）。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

- 2009年首次发布为GB/T23600-2009；
- 本次为第一次修订。

# 镁合金铸件 X 射线实时成像检测方法

## 1 范围

本文件规定了镁合金压铸件X射线实时成像无损检测方法的方法原理、人员要求、设备、检测结果处理。

本文件适用于镁合金压铸件内部缺陷实时无损检测。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 19293 对接焊缝X射线实时成像检测法

GB/T 19943 无损检测 金属材料X和伽玛射线 照相检测 基本规则

GB/T 25758.2 无损检测 工业X射线系统焦点特性 第2部分:针孔照相机射线照相方法

GB/T 39638 铸件X射线数字成像检测

JB/T 7902 无损检测线型像质计通用规范

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1 图像处理 image processing

检测信号经计算机数字化后按一定的格式储存在计算机内，利用数字图像处理技术将图像对比度和清晰度进行增强，以获得较好的图像质量和视觉效果。

检测信号经过数字化成原始图像，采用连续帧叠加、灰度增强、边界锐化、平滑强度等方法提高缺陷清晰度与对比度，获得较好的图像质量和视觉效果。

### 3.2 图像对比度 image contrast

图像中细节影像与背景影像的灰度差值与背景影像灰度均值的百分比。

### 3.3 系统分辨率 system resolution

成像系统能够检测的最小细节的能力，用每毫米线对数(LP/mm)表示。

### 3.4 图像不清晰度 image unsharpness

评估图像清晰程度的物理量。一个边界明显而敏锐的器件成像后，其边界的影像会变得模糊，模糊区域的宽度即为图像不清晰度，单位是毫米(mm)。

### 3.5 透照厚度 penetrated thickness

以标称厚度为基础算出的射线束方向上材料的厚度。

## 4 方法原理

X 射线实时成像检测技术是一种由射线接收/转换装置(图像增强器+CCD/CMOS相机、平板探测器或线阵探测器等X射线敏传感器)和监视器来代替传统射线照相中的胶片得到数字图像的无损检测技术。X射线穿透被测物后,由于物体厚度变化或密度差异,会产生不同强度的衰减,使用射线接收/转换装置将不可见的X 射线转换为数字或模拟信号,经过图像处理显示在监视上,显示的图像能提供有关材料内部缺陷性质、大小、位置等的信息,按照有关标准对检测结果进行缺陷等级评定,即可达到检测的目的。

## 5 人员要求

从事X射线实时成像检测的人员,应按GB/T 9445进行资格鉴定与认证,取得相应资格证书,方可进行相应的工作。

## 6 设备

### 6.1 X射线实时成像系统

6.1.1 X射线实时成像系统基本构成为 X 射线机、X 射线接收/转换装置、数字图像处理单元和显示单元等。

6.1.2 当X射线机额定电压 $\leq 160\text{kV}$ 时,焦点尺寸宜 $\leq (0.4\text{mm} \times 0.4\text{mm})$ 。合适的X射线机电压取决于被测工件的厚度范围。不同穿透厚度许用最高管电压见表1。X射线机电流一般采用设备允许最大电流。

表1 不同穿透厚度许用最高管电压

穿透厚度/mm	许用X射线最高管电压/kV
5	45
10	50
15	55
25	65
35	75
45	85
55	95
70	110
85	125
100	140
120	160

6.1.3 X 射线接收/转换装置可以是图像增强器+CCD/CMOS相机、平板探测器或者线阵探测器中的一种,其分辨率应不小于 $3.0\text{ LP/mm}$ 。

### 6.2 系统分辨率

6.2.1 X射线实时成像系统分辨率应不小于 $3.0\text{ LP/mm}$ ,系统分辨率检测方法见GB/T 19293—2003 附录 A。系统分辨率应定期测试。

6.2.2 系统灵敏度达 $1.5\%$ ,并应定期测试。按照产品厚度对灵敏度进行分段,参考NBT47013.11-2023 AB级。

### 6.3 像质计

线型像质计金属丝的材料为铝,线型像质计的型号和规格应符合JB/T 7902的规定。图像像质指数应达到的最低值可由各方商定采用的规定值。

## 6.4 检测工装

检测工装应至少具备一个自由度，或者是各具一个自由度的2~3个组合工装。并且应具有较高的机械运转精度和自动化操作程序。

## 6.5 检测环境

X射线检测室室温5℃~35℃；相对湿度≤85%。工作室射线防护应符合国家相关规定。

## 7 检测步骤

基本流程：准备工作（确定透照方式、被测件表面贴像质计（工艺验证使用））——选择透照方向——选择射线能量——获取图像——图像尺寸标定——缺陷检测区域和位置的标记及尺寸测量——按照附录A进行缺陷级别判定——图像存储——报告结果。

### 7.1 透照方式的选取

7.1.1 透照方式可采用单壁透照法和双壁透照法。应根据铸件形状和尺寸确定合适的方法和配置方式。

7.1.2 只有在单壁技术无法使用时，才允许使用双壁技术。

7.1.3 应根据需要使检测工装带动被检铸件做适宜的旋转和轴向平移，以完成整个区域的检测。检测工装的旋转和平移速度应以不产生过高噪声和图像畸变为限。

### 7.2 像质计的摆放

像质计应放在铸件被检区域（位置）的射线源侧表面（焦点尺寸大于固有不清晰度时）或检测器侧表面（焦点尺寸小于固有不清晰度时）。

### 7.3 射线透照方向的选择

射线束中心轴应尽可能与铸件透照区域的中心面相垂直，除非已知用其他方向射线束能更好地显示某些缺陷。

### 7.4 射线能量的选择

按表1的规定执行

### 7.5 缺陷检测区域和位置的标记

应对检测区域和位置进行标记。标记至少应包含下列信息：产品编号、区域编号、位置编号和透照日期。标记的大小和厚度取决于X射线透照工艺使标记在图像上成像的能力。同一缺陷的检测图像的标号应连续。

### 7.6 图像观察

图像可以正像或负像方式显示。

## 8 检测结果处理

### 8.1 图像处理

8.1.1 对采集的图像数据可选用以下方法进行处理，以优化图像质量：

- a) 连续帧叠加；
- b) 对比度增强；
- c) 边界锐化；
- d) 平滑强度；
- e) 其他。

注：任何处理方法不得改变采集的原始数据。

8.1.2 图像处理可在整个屏幕上进行，也可在屏幕局部部位的铸件缺陷区域进行。

## 8.2 图像评定和缺陷评级

检测结果按附录A的规定进行缺陷等级的评定。

## 8.3 图像存储

8.3.1 检测图像原始数据不可更改，应储存在（储存器）等保存媒体中，保存在防磁、防潮、防尘、防挤压、防划伤的环境中。

8.3.2 检测图像宜备份、妥善保存，在合同双方协议的有效保存期内，图像数据不可更改、不得丢失。

8.3.3 检测图像可作进一步的数字图像处理，以方便缺陷观察和自动评定。由合同双方商定何种图像应作为检测文件保存，是只用未处理的原始数据、还是用经处理过的图像、或是二者都应保存。

## 8.4 检测报告

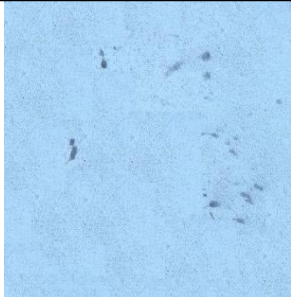



检测报告必须有操作人员和评定人员的书写签名，其主要内容应包括：

- a) 产品名称；
- b) 型号；
- c) 材质；
- d) 检测部位；
- e) 检测装置型号；
- f) 缺陷名称；
- g) 评定等级；
- h) 检测日期；
- i) 本文件编号。

附录 A  
(资料性)



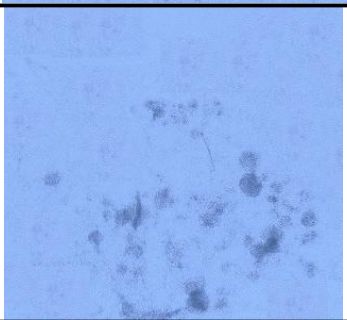
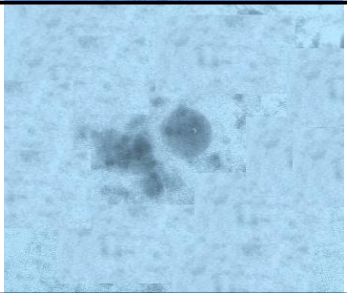
A.1 镁合金铸件X射线探伤气孔缺陷级别应符合表A.1的规定。

表 A.1 镁合金铸件 X 射线探伤气孔缺陷级别

缺陷类型	气孔			
缺陷分级	图样	缺陷X射线照相尺寸(mm)	适用透视厚度/mm	特性描述
A1		≤0.5	≤9.5mm	各自独立分布或集结出现。图像呈现圆形、椭圆形或不规则点状黑影，边缘平滑轮廓清晰，中心黑度较大并向边缘逐渐减弱，整体黑度均匀。
A2		0.5-1.0		
A3		1.0-2.5		
A4		2.5-5.0		





A. 2 镁合金铸件X射线探伤气孔缺陷级别应符合表A. 2 的规定。

表 A. 2 镁合金铸件 X 射线探伤气孔缺陷级别

缺陷类型	气孔				
缺陷分级	图样		缺陷X射线照相尺寸 (mm)	适用透视厚度/mm	特性描述
A1			≤1.0	9.5-25.4mm	各自独立分布或集结出现。图像呈现圆形、椭圆形或不规则点状黑影，边缘平滑轮廓清晰，中心黑度较大并向边缘逐渐减弱，整体黑度均匀。
A2			1.0-2.0		
A3			2.0-5.0		
A4			5.0-10.0		


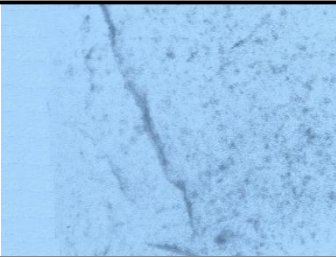
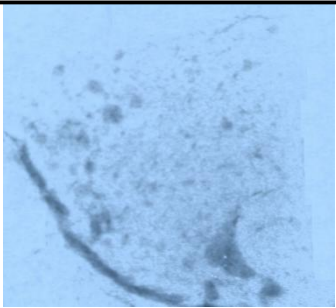
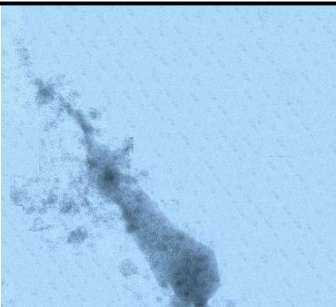
A.3 镁合金铸件X射线探伤内部冷隔缺陷级别应符合表A.3 的规定

表A.3 镁合金铸件X射线探伤内部冷隔缺陷缺陷级别

缺陷类型	冷隔			
缺陷分级	图样	缺陷X射线照相尺寸 (mm)	适用透视厚度/mm	特性描述
B1		$\leq 2.5$	$\leq 9.5$ mm	其特征是金属液被氧化膜分开，未熔合在一起，图像呈现清晰的黑线或长度、宽度不等的带状影像，边缘光滑且轮廓分明，与裂纹的尖锐边缘不同，边缘呈圆角状，形状类似液体流动时的痕迹。
B2		2.5-7.5		
B3		7.5-17		
B4		$> 17$		


A. 4 镁合金铸件X射线探伤疏松缺陷级别应符合表A. 4 的规定。

表 A. 4 镁合金铸件 X 射线探伤疏松缺陷级别

缺陷类型	疏松				
缺陷分级	图样		缺陷X射线照相尺寸 (mm)	适用透视厚度/mm	特性描述
C1			/	9.5-25.4mm	表现为细小分散的孔洞性缺陷，常见于铸件厚壁、冒口根部或流道附近，图像呈现树枝状、羽毛状的细线或锯齿状暗区，边缘较模糊。暗斑区域灰度值低于正常金属基体。
C2			/		
C3			/		
C4			/		

A. 5 镁合金铸件X射线探伤夹渣缺陷级别应符合表A. 5 的规定。

表 A. 5 镁合金铸件 X 射线探伤夹渣缺陷级别

缺陷类型	夹渣			
缺陷分级	图样	缺陷X射线照相尺寸 (mm)	适用透视厚度/mm	特性描述
D		/	≤25.4mm	形状不规则、轮廓清晰的黑斑或白点。 金属夹渣：图像呈现明亮或黑色影像，轮廓清晰。