

精密铸造航空复杂铸件油路缺陷准确检测技术

董继秋 牛德良
(中国航发哈尔滨东安发动机有限公司)

摘要 铸件清洁度控制对铸件内腔及油路的影响越来越严重,准确检测铸件油路表面品质及多余物的技术十分重要。通过试验探索内窥镜检测的规律,从而为铸件内腔及油路表面品质及多余物缺陷的准确性检测提供依据,促进铸件内腔及油路表面品质的改善。
关键词 铸件缺陷;油路;内窥镜检测
中图分类号 TG249.5 **文献标志码** A
DOI:10.15980/j.tzzz.2021.07.026 **开放科学(资源服务)标识码(OSID):**



Accurate Detection Technology of Oil Circuit Defects in Aero Complex Casting by Precision Casting

Dong Jiqu, Niu Deliang
(AECC Harbin Dongan Engine Co., Ltd.)

Abstract: The effects of cleanliness control on casting cavity and the oil circuit become more and more serious, thus the influence of accurate detection technology on the surface quality and tailings was paid attention. The endoscopic detection rule was explored, which provided basis for the detection accuracy and promoted the improvement of casting surface quality of the inner chamber and the oil circuit.
Key Words: Casting Defects, Oil Circuit, Endoscopic Detection

航空复杂铸件结构中油路同铸件本体一起进行设计、制造、验收、使用。但由于油路在铸件的内部,油路越来越复杂,内径细小,不易成形,从而会引发诸多的缺陷,研制、生产难度较大。随着铸件设计的高度集成化,清洁度要求也越来越高,铸造和检验的难度也越来越大。油路的检查和内腔清洁度成为困扰铸件品质的难题。油路内腔不清洁不仅会影响机械加工,更会给飞行器带来巨大隐患。

油路的检查常用工业内窥镜检测,可以实现远距离观察和检测。工业内窥镜目视检测发现的表面缺陷的类别和特征,尚无统一的评定标准,缺乏判断依据或验收准则,造成对图像解释不一致,易发生对图像特征的漏判或误判,给产品带来严重的质量隐患和安全隐患^[1]。因此,对缺陷尺寸判定试验,探索能准确检测缺陷尺寸的方法,为保证航空复杂铸件品质提供参考。

1 通过试验推测内窥镜理论放大倍数

内窥镜检测观察到的是放大的图像,图像的放大倍数,除了与镜头焦距有关外,还与镜头到物体的距离有

关。距离镜头越近,放大倍数越高,图像的尺寸越大^[2]。通过测量游标卡尺中 1 mm 在内窥镜屏幕中的放大倍数,与内窥镜偏离缺陷距离之间的关系,绘制随内窥镜移动距离和方向的不同而产生不同放大倍数的经验曲线。

1.1 内窥镜镜头垂直待测物表面

图 1 为游标卡尺作为被测物。图 2 为检测方向示意图。使内窥镜镜头垂直游标卡尺向竖直方向移动,得到的曲线关系见图 3。



图 1 测量实体
Fig.1 Entity measurement

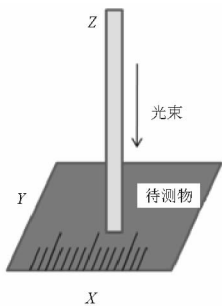


图 2 检测方向示意图
Fig.2 Schematic diagram of detection direction

收稿日期:2021-04-30
作者简介:董继秋,女,1986 年出生,工程师,哈尔滨(150066),E-mail:511025682@qq.com
引用格式:董继秋,牛德良. 精密铸造航空复杂铸件油路缺陷准确检测技术[J]. 特种铸造及有色合金,2021,41(7):918-920.
DONG J Q, NIU Q L. Accurate detection technology of oil circuit defects in aero complex casting by precision casting[J]. Special Casting & Nonferrous Alloys, 2021, 41(7):918-920.

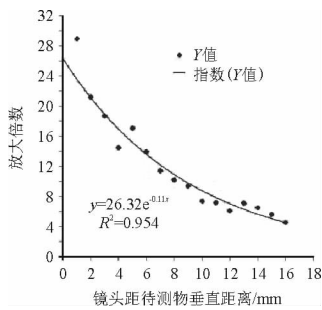


图3 竖直方向镜头位移与放大倍数关系曲线

Fig.3 Relationship curve between lens displacement and magnification

从图3可近似得出随着内窥镜镜头与待测物的垂直距离的变化,待测物在内窥镜屏幕中放大的倍数随之变化,即 $y=26.32 e^{-0.11x}$ 。从而,通过测量缺陷在屏幕上显示的长度,及内窥镜距缺陷的垂直距离,可反推缺陷尺寸。当内窥镜镜头与待测物贴合时($0<x<1$),实测值偏离曲线。内窥镜镜头与待测完全贴合时,即 $x=0$,放大倍数约为70倍, $x=1$ 时,放大倍数约为30倍。

1.2 内窥镜镜头平行待测物表面

图4为检测方向示意图。图5为游标卡尺作为被测物。当光束(内窥镜伸进)方向与待测物平行时,测量待测物与光束平行(X向)及垂直(Y向)方向放大比例不一致,放大倍数变化较剧烈,还原程度不高,当实物为正方形时,放大图形为梯形,见图6。所以针对两个方向分别进行试验,测量两个方向的比例关系。

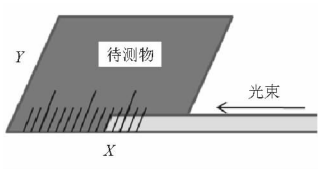


图4 检测方向示意

Fig.4 Schematic diagram of detection direction



图5 测量实体

Fig.5 Entity measurement

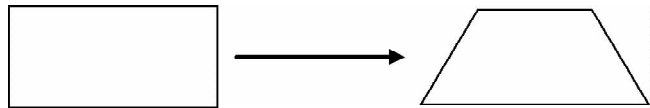


图6 图形比例失真示意图

Fig.6 Schematic diagram of graphic scale distortion

测量过程中,由于内窥镜镜头在距离待测物2~5 mm范围内测量较清晰,其他范围失真较严重,暂不计入。在平行光束方向,即X向,镜头位移与放大倍数关系见图7。得到线性关系式 $y=-3.652x+25.63$ 。

在垂直光束方向,即Y向,镜头位移与放大倍数关

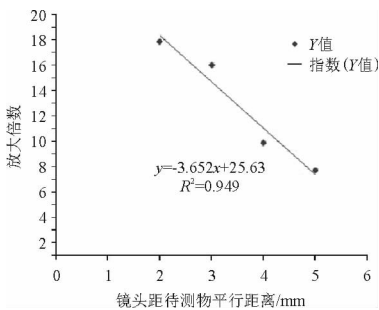


图7 平等光束方向的镜头位移与放大倍数关系曲线

Fig.7 Relationship curve between lens displacement and magnification

系见图8。得到指数关系式 $y=33.32e^{-0.49x}$ 。

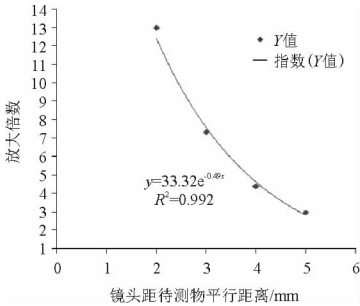


图8 垂直光束方向的镜头位移与放大倍数关系曲线

Fig.8 Relationship curve between lens displacement and magnification

2 通过与周边特征比较估算比例关系

通过缺陷周边的特征、工具等实物,对比估算缺陷尺寸。

2.1 对比油路直径估测

当缺陷在油路内壁时,通过估测缺陷与油路直径或周长的比例关系,来测算缺陷尺寸大小为 $L \approx \pi R/n$ (L 为缺陷长度; R 为油路半径; $1/n$ 为缺陷长度占半圆周长的比例)。

通过试验验证此公式的准确性,过程见图9~图12。首先,对解剖后的直观可见的缺陷使用游标卡尺进行测量,记录缺陷实际长度;再用内窥镜定位缺陷位置,



图9 测量缺陷实际尺寸
Fig.9 Actual dimension of measured defects

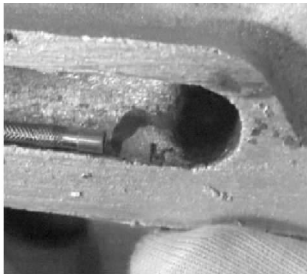


图10 内窥镜检测
Fig.10 Endoscopic detection of measured defects

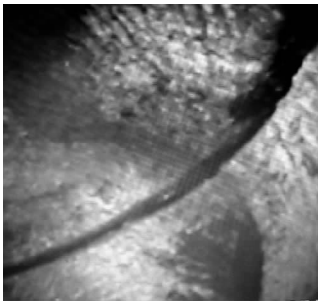


图 11 内窥镜放大观察缺陷状态

Fig.11 Endoscopic magnification to observe defect status



图 12 内窥镜中估算缺陷大小

Fig.12 Defect dimension estimated by endoscope

获得检测放大图像;根据内窥镜显示屏幕上的图像,估算缺陷长度占油路径向半圆周长的比例,根据公式计算缺陷估测长度。

根据实际铸件油路内径 $R=6\text{ mm}$,粗略估测缺陷宽度占半圆周长的 $1/5$,即 $L\approx\pi R/5=3.768$,接近缺陷实测长度 3.83。

2.2 利用工具比较测量

在内腔中,通过引入不同直径的钢球等工具比较测量缺陷尺寸,对比钢球与缺陷大小关系,可估算缺陷深度或高度尺寸。

通过试验验证此方法的准确性,过程见图 13~图 16。首先,对解剖后的直观可见的缺陷使用游标卡尺进行测量,记录缺陷实际长度;再将不同直径的钢球放入缺陷之中,用内窥镜定位缺陷位置,获得检测放大图像;根据内窥镜显示屏幕上的图像,多次对比吻合度较高的钢球直径,估算缺陷尺寸。



图 13 目视测量缺陷尺寸
Fig.13 Visual measurement of defect dimension



图 14 内窥镜观察缺陷状态
Fig.14 Defect state observation by endoscope

使用 $\phi 5\text{ mm}$ 钢珠对比与缺陷深度相差较大,再使用 $\phi 3\text{ mm}$ 钢珠对比可进入缺陷,大概进入 $1/8$ 直径的球体,如有再小直径的钢珠可继续增加试验,计算进入缺陷部分切面直径: $2\times 1.5\times\sqrt{7}/4=1.98$,即为估测直径,实测缺陷宽度为 1.89,相对误差较小。



图 15 $\phi 5\text{ mm}$ 钢珠对比
Fig.15 Comparison of steel ball with $\phi 5\text{ mm}$

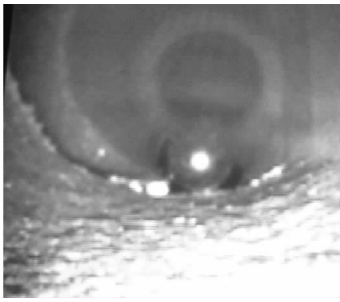


图 16 $\phi 3\text{ mm}$ 钢珠对比
Fig.16 Comparison of steel ball with $\phi 3\text{ mm}$

2.3 其他特征比较

通过与周边凸台、圆孔、圆角等铸件固有的特征比较,通过查阅固有特征的尺寸来反推缺陷的大小。另外,工艺孔焊接深度的检测方法仍然利用通止规原理,通过通入钢球,可判断焊后位置高度。

3 结 语

内窥镜检测也有一定的规律可循,随着后续的不断深入研究,会逐渐降低失真程度,提高检测比例的准确计算。先进的检验仪器对油路内腔缺陷尺寸的判断有更直接的帮助,在铸件的检验过程中,要将铸件油路品质检验列入其中。对于内窥镜无法探及的油路位置,继续通过其他无损检测手段补充检测。

参 考 文 献

[1] 徐国珍,金宇飞,陈亦维,等.工业内窥镜目视检测[M].北京:中国标准出版社,2017.
[2] 《国防科技工业无损检测人员资格鉴定与认证培训教材》编审委员会编.目视检测[M].北京:机械工业出版社,2006.

(编辑:刘卫)

欢迎关注
“特种铸造”
微信公众号



● 微官网

● 行业动态

● 联系我们

● 微商城

● 铸造前沿

● 免费推广

● 本刊会议

● 经典案例

● 铸造职场

● 收录动态

● 铸造学堂

● 产品库

● 稿件系统

● 专利与发明

● 企业库