

# 对非金属夹杂物检验标准 GB/T 10561—2005 的探讨

刘桂江, 程丽杰, 谷 强, 冯长伟

(东北特钢集团 抚顺特殊钢股份有限公司, 抚顺 113001)

**摘要:** 非金属夹杂物检验的国家标准修订在即, 为完善标准, 对 GB/T 10561—2005《钢中非金属夹杂物含量的测定——标准评级图显微检验法》进行了详细研读, 并与旧版国家标准及相应的国际标准进行了对比。结果表明: GB/T 10561—2005 较旧版 GB/T 10561—1989 更加完善, 其规定了根据夹杂物的长度、厚度、直径、颗粒数及分布对夹杂物进行评级, 方便试验人员的操作, 有利于准确评价钢材的质量; GB/T 10561—2005 在文本编辑、原理公式、实际检验规则、结果表示、图谱制作等方面存在需要进一步完善之处。

**关键词:** 非金属夹杂物; 检验; 标准; 原理公式; 结果表示

**中图分类号:** TG115.21+3.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-4012(2021)01-0015-04

## Discussion on Non-metallic Inclusion Inspection Standard GB/T 10561—2005

LIU Guijiang, CHENG Lijie, GU Qiang, FENG Changwei

(Fushun Special Steel Co., Ltd., Dongbei Special Steel Group, Fushun 113001, China)

**Abstract:** The national standard of non-metallic inclusion inspection will be revised soon. In order to improve the standard, the GB/T 10561—2005 Steel—Determination of content of nonmetallic inclusions—Micrographic method using standard diagrams was studied in detail, and compared with the old national standard and corresponding international standards. The results show that GB/T 10561—2005 is more perfect than the old version of GB/T 10561—1989. It stipulates that the inclusion should be graded according to the length, thickness, diameter, particle number and distribution of inclusions, which is convenient for the test personnel to operate and is conducive to the accurate evaluation of steel quality. GB/T 10561—2005 needs to be further improved in the aspects of text editing, principle formula, actual inspection rules, result expression and atlas making.

**Keywords:** non-metallic inclusion; inspection; standard; principle formula; result expression

钢在冶炼、浇注和冷凝过程中, 由于氧、硫、氮等元素与钢液的冶金动态平衡会随着温度的降低而移动, 使其在钢中的溶解度减小, 导致氧、硫、氮的各种化合物的平衡常数相应增大, 因而形成各种非金属化合物, 即非金属夹杂物, 该类夹杂物通常是难以避免的<sup>[1]</sup>。非金属夹杂物在钢中含量虽少, 但对钢的强度、塑性、断裂韧性、切削性能、疲劳性能、热脆性能以及耐腐蚀性能等都有影响<sup>[2-5]</sup>, 因此, 夹杂物的数量和分布被认为是评定钢材质量的一个重要指标。对夹杂物的检验有低倍检验、金相检验和扫描电镜分析等方法<sup>[6]</sup>, 有国内的 GB/T 15711—2018

《钢中非金属夹杂物的检验 塔形发纹酸浸法》、美国的 ASTM E45: 2018 *Standard Test Methods for Determining the Inclusion Content of Steel*、德国的 DIN EN 10247: 2007 *Micrographic Examination of the Non-metallic Inclusion Content of Steels Using Standard Pictures*、日本的 JIS G 0555: 2003 *Microscopic Testing Method for the Non-metallic Inclusions in Steel* 等标准体系, 但 GB/T 10561—2005《钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法》(以下简称 GB/T 10561—2005)是目前国内广泛使用的国家标准。随着现代工程技术的发展, 对钢的综合性能要求越来越严格, 钢材制造商与使用单位对标准的理解程度不一致; 同时 GB/T 10561—2005 等同采用 ISO

收稿日期: 2020-06-04

作者简介: 刘桂江(1986—), 男, 高级工程师, 主要从事钢铁材料轧制及检验工作, liuguijiangfs@163.com

4967:1998 *Steel—Determination of Content of Nonmetallic Inclusions—Micrographic Method Using Standard Diagrams* 标准,目前该国际标准已经被 ISO 4967:2013 替代。GB/T 10561—2005 的换版修订在即,为完善标准,笔者特对 GB/T 10561—2005 标准的内容进行了分析与探讨。

## 1 “前言”部分

### 1.1 “与 GB/T 10561—1989 相比”部分

GB/T 10561—2005 前言中“本标准与 GB/T 10561—1989 相比主要变化如下:”部分存在以下问题。

(1) “a) 标准名称由《钢中非金属夹杂物的显微评定方法》改为……”多了一个“的”字,实际 GB/T 10561—1989 标准名称为《钢中非金属夹杂物显微评定方法》。

(2) “b) 扩大了标准的适用范围(见 1)”,然而相比旧版标准,标准适用范围并未扩大。GB/T 10561—1989 适用于“经过延伸变形(如轧制、锻造、冷拔等)的钢材中非金属夹杂物的显微评定”,而 GB/T 10561—2005 的适用范围是“压缩比大于或等于 3 的轧制或锻制钢材中的非金属夹杂物”,显然,标准的使用范围存在的变化不是“扩大”,应该是“限定”或“修改”。

(3) “d) 增加了图像分析法(见附录 D)”,而附录 D 标题处显示为“附录 D(资料性附录)评级图片级别与夹杂物测定值的关系”并无“图像分析法”的字样,建议改为“d) 增加了‘评级图片级别与夹杂物测定值的关系’。”较为合理。

(4) “e) 对夹杂物的评级界限、宽度参数、取样尺寸、评级原则、视场的形状和尺寸进行了修改(见表 1、表 2,3,5.1,5.2.3)”,对于评级界限、宽度系数即表 1、表 2 内容应该用“增加”一词,而不是修改,因 GB/T 10561—1989 标准中只有图谱标注的界限和厚度数值,没有明确的表格数据。

(5) 可否考虑将资料性附录 NA 编写入标准规范内容的 3(取样)和 4(试样制备)中去。

### 1.2 “与 ISO 4967:1998 相比”部分

GB/T 10561—2005 前言中“本标准对 ISO 4967:1998 有误之处进行了更正,主要如下:”部分存在如下问题。

(1) “c) 对图 1、图 2、图 3、图 6 进行了重新制作”,此处仅是重新制作,并非原标准的有误之处。

(2) “e) 附录 A 的 DS 夹杂物的图片上方,原直径‘ $>13\ \mu\text{m}\sim 76\ \mu\text{m}$ ’改为‘ $13\ \mu\text{m}\sim 76\ \mu\text{m}$ ’”,此处不应更改,与 D 类粗系 0.5 级的边界重合,如按照附录 D 公式计算,该尺寸应为“ $>13\ \mu\text{m}\sim 76\ \mu\text{m}$ ”。

(3) “f) 附录 C……”、“g) 附录 C……”、“h) 附录 C……”所列更改,并非有误之处。

## 2 “原理”部分

(1) DS 类夹杂物的定义“圆形或近似圆形,直径 $\geq 13\ \mu\text{m}$ 的单颗粒夹杂物”处,应为“ $>13\ \mu\text{m}$ ”。

(2) 对于沉淀相类化合物的评定,标准中并未强制要求评级。相关的资料<sup>[1]</sup>中也表明“基于氮化物等沉淀相的特性及其对钢材的强化作用,氮化物、碳化物、碳氮化合物、硼化物定性描述为沉淀相而不作为非金属夹杂物的评判是适宜和合乎实际的”,因此,如无特殊要求沉淀相类化合物不作为夹杂物进行检验,如需评定可在产品标准中基于钢材用途、品种成分、服役环境作出相关要求。

(3) GB/T 10561—2005“表 1”评级界限(最小值)中给定的“注:以上 A、B 和 C 类夹杂物的总长度是按附录 D 给出的公式计算的,并取最接近的整数”,实际根据附录 D 给出的公式进行计算,计算结果见表 1,可见 0.5~3 级共 10 个计算数值与给定界限值不符。采用 ASTM E45:2018 标准中相应公式计算 0.5~5 级并取最接近的整数,结果见表 2,可见仅 A 类 4.5 级、5 级的 2 个数值与给定界限不符。应考虑修订 GB/T 10561—2005 附录 D 给出的计算公式。

表 1 按附录 D 公式得到的夹杂物计算值与给定界限值

Tab.1 Calculated values obtained according to formulas in annex D and given limit values of inclusions

夹杂物 级别	A 类夹杂物总长度/ $\mu\text{m}$		B 类夹杂物总长度/ $\mu\text{m}$		C 类夹杂物总长度/ $\mu\text{m}$		D 类夹杂物数量/个		DS 类夹杂物直径/ $\mu\text{m}$	
	计算值	给定值	计算值	给定值	计算值	给定值	计算值	给定值	计算值	给定值
0.5	36.895	37	17.112	17	17.942	18	1.000	1	13.240	13
1	127.057	127	76.560	77	75.858	76	3.999	4	18.707	19
1.5	261.907	261	183.924	184	176.307	176	8.999	9	26.424	27
2	437.560	436	342.536	343	320.732	320	16.000	16	37.325	38
2.5	651.516	649	554.865	555	510.170	510	25.000	25	52.723	53
3	901.954	898	822.897	822	745.439	746	36.000	36	74.473	76

### 3 “结果表示”部分

从实际检验方法分,可将非金属夹杂物的检验分为 A 法(最差视场法)和 B 法(平均视场法)。一般来讲,最差视场法因检验效率高,较适用于非金属夹杂物的常规性生产检验;而平均视场法需要记录更多数据,检验效率低,更适用于科研性的特殊重要件或纯净度较高钢中非金属夹杂物的检验<sup>[7-8]</sup>。因此 A 法在广大钢材厂或用户中使用相对较多,也易

于判定符合性,但其结果表示方法标准中举例为“例如:A2, B1e, C3, D1, B2.5s, DS0.5”,如按此种结果表示方法,无法得知每个试样每类夹杂物粗、细两系列的具体级别及超尺寸夹杂物的具体尺寸。标准解析中也提到应注明评级结果是最高级别还是平均数值,同时也提及夹杂物起评级别及其含义是否也应在标准文件中进行明确<sup>[8]</sup>。建议 A 法检验统一一种结果表示格式,表 3 所示为笔者单位结果表示的典型形式, B 法按照原标准的结果表示方法即可。

表 2 按 ASTM E45:2018 公式得到的夹杂物计算值与给定界限值

Tab.2 Calculated values obtained according to formulas in ASM E45:2018 and given limit values of inclusions

夹杂物级别	A 类夹杂物总长度/ $\mu\text{m}$		B 类夹杂物总长度/ $\mu\text{m}$		C 类夹杂物总长度/ $\mu\text{m}$		D 类夹杂物数量/个		DS 类夹杂物直径/ $\mu\text{m}$	
	计算值	给定值	计算值	给定值	计算值	给定值	计算值	给定值	计算值	给定值
0.5	36.973	37	17.200	17	17.813	18	1.000	1	/	/
1	126.990	127	76.779	77	75.551	76	4.000	4	/	/
1.5	261.364	261	184.201	184	175.915	176	9.000	9	/	/
2	436.174	436	342.722	343	320.433	320	15.999	16	/	/
2.5	648.900	649	554.753	555	510.207	510	24.999	25	/	/
3	897.708	898	822.230	822	746.105	746	35.998	36	/	/
3.5	1 181.172	1 181	1 146.784	1 147	1 028.847	1 029	48.998	49	/	/
4	1 498.130	1 498	1 529.831	1 530	1 359.049	1 359	63.997	64	/	/
4.5	1 847.611	1 898	1 972.623	1 973	1 737.251	1 737	80.996	81	/	/
5	2 228.781	2 230	2 476.285	2 476	2 163.935	1 738	99.995	100	/	/

注:/表示无意义或不需要。

表 3 A 法非金属夹杂物检验的结果表示格式

Tab.3 Results express format of non-metallic inclusion inspection by method A

试样编号	A 类夹杂物		B 类夹杂物		C 类夹杂物		D 类夹杂物		DS 类夹杂物
	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	细系	粗系	
1	2	0	2.5	1	3	0	1	0	0.5
2	2	0	2.5	1	3	0	1	0	0.5
.....									
平均									

注:如存在超尺寸夹杂物,注明具体尺寸。

### 4 其他修订意见

(1) 是否考虑单独列出“定义”一章将“图像分析法”、“形态比”、“A 类、B 类、C 类、D 类、DS 类”、“串(条)状夹杂物”、“超尺寸夹杂物”等关键术语统一明确定义,如 D 类和 DS 类的角状、近似球形夹杂物,评定尺寸为“直径”,实际隐含意思应为单颗粒夹杂物中最长的一条“直径”;附录 B.2 中出现“超大尺寸夹杂物”的字样,实际是超尺寸夹杂物的误写。

(2) 内容 5.2.3 A 法和 B 法的通则中对于“一个串(条)状夹杂物内夹杂物宽度不同时,给出了粗、细的分系列原则。而对于同一视场内,如图 1 所示,出现独立的两串(条)状夹杂物如何判断系列则没有明确规定,建议明确。同时对于“一个串(条)状夹杂物

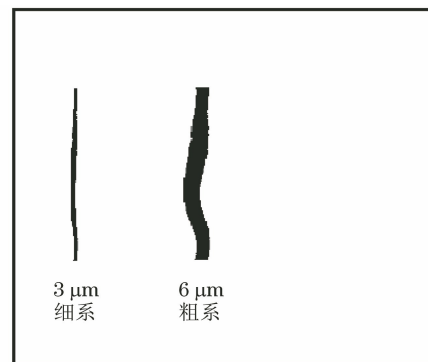


图 1 同一视场内的同类粗、细两系列夹杂物

Fig.1 Thick and fine inclusions of the same type in the same view  
内夹杂物的宽度不同时,将夹杂物的最大宽度视为该串(条)状夹杂物的宽度”这一规定,与 ISO 4967:1998 的原文“In case of a stringer with inclusions of

different width, the width to be considered is the width of the biggest inclusion.”存在差异,差异在于:国标以串(条)状夹杂物的中最大宽度为该夹杂物宽度,而 ISO 4967:1998 标准英文语义为串(条)状夹杂物的中 biggest 段的宽度为该夹杂物宽度,此处是“the width of the biggest inclusion”而非“the widest part of the inclusion”。

(3) 对于复合型夹杂物如何评定,GB/T 10561—2005 没有相关规定,目前也存在较多争议,建议仍按夹杂物的类型和形态与传统的 5 类夹杂物进行比较,主体部分为哪类则评为哪一类,更进一步的定性分析工作可结合扫描电镜等手段进行<sup>[9]</sup>。

(4) GB/T 10561—2005“附录 A(规范性附录) A、B、C、D 和 DS 夹杂物的 ISO 评级图谱”中,B(氧化铝类)0.5 级的图谱中夹杂物长度是错误的,其长度与 B 类 1 级图谱长度几乎一致,同时 C 类 0.5 级(最小长度 18 μm)图谱长度也存在同样问题,建议重新制作。

## 5 结论

(1) GB/T 10561—2005 较旧版 GB/T 10561—1989 更加完善,其规定了根据夹杂物的长度、厚度、直径、颗粒数及分布对夹杂物进行评级,方便试验人员的操作,有利于准确评价钢材的质量。

(2) GB/T 10561—2005 在文本编辑、原理公

式、实际检验规则、结果表示、规范图谱等方面存在值得推敲和需要完善之处。

## 参考文献:

- [1] 瞿国鸿,何开文,张全新. 钢中非金属夹杂物的形成及评判浅析[J]. 冶金丛刊,2014(3):7-9.
- [2] 刘继雄,汪美蕾,彭涛. 钢中非金属夹杂物显微评级方法的定量化探讨[J]. 钢铁研究,1994(6):40-42.
- [3] 胡艳萍,王开远. 浅析《钢中非金属夹杂物含量的测定标准评级图显微检验法》(GB/T 10561—2005)新标准[J]. 钢结构,2007,22(9):99-104.
- [4] 蔡璐,俞建伟. 使用 K 法评定非金属夹杂物[J]. 检测,1995(6):37-39.
- [5] 莫根源,严斌,犹公. 非金属夹杂物对 P91 钢管分层缺陷的影响[J]. 理化检验(物理分册),2015,51(4):267-269.
- [6] 冯文博,冯紫萱. 浅谈钢中非金属夹杂物的检验分析[J]. 山西冶金,2018,41(4):22-24.
- [7] 马芳,王滨. 国内外钢中非金属夹杂物检验标准解析[J]. 理化检验(物理分册),2016,52(6):405-408.
- [8] 栾燕. GB/T 10561—2005《钢中非金属夹杂物含量的测定 标准评级图显微检验法》标准解析(下)[J]. 冶金标准化与质量,2012,50(1):1-5.
- [9] 李文博,包燕平,王敏. LF 精炼过程中 SAE8620 钢所含 MgO 复合夹杂物分析[J]. 武汉科技大学学报(自然科学版),2015(3):165-168.

(上接第 14 页)

## 参考文献:

- [1] 刘淑凤,夏雯,左玉婷,等. 7×××铝合金过烧组织判定方法的比较研究[J]. 中国体式学与图像分析,2015,20(1):47-51.
- [2] 周云,袁本福,郭鸿镇,等. 2A02 铝合金锻造及热处理工艺参数优化研究[J]. 热加工工艺,2014,43(2):187-189.
- [3] 刘昌奎. 物理冶金检测技术[M]. 北京:化学工业出版社,2015.
- [4] 张大新,杨瑞成. 6005 铝合金的过烧温度及其组织特征[J]. 轻合金加工技术,2011,39(4):39-42.
- [5] 贾义旺,张德恩,卢锦德. 过烧对新型高强度铝合金组织性能的影响[J]. 热加工工艺,2013,42(4):179-181.
- [6] 蔡静. 热处理对 6061 铝合金组织与力学性能的影响[J]. 特种铸造及有色合金,2016,36(9):996-999.

- [7] 刘紫薇,吴伟,华佳捷,等. 镀膜材料对场发射扫描电镜图像的影响[J]. 理化检验(物理分册),2015,51(2):92-96.
- [8] 石祝竹,莫煜. 扫描电镜(SEM)在失效分析中的应用[J]. 装备制造技术,2011(11):142-144.
- [9] 韦力. 铝合金热处理原理及技术探析[J]. 科技与创新,2014(6):24-25.
- [10] 刘文胜,刘东亮,马运柱,等. 2×××系铝合金的热处理工艺研究进展[J]. 轻合金加工技术,2013,41(6):12-20.
- [11] 李金梅,史伟,王顺花,等. 2A14 铝合金容器罐开裂原因分析[J]. 理化检验(物理分册),2016,52(3):217-219.
- [12] 《中国航空材料手册》编辑委员会. 中国航空材料手册 第 3 卷 铝合金 镁合金[M]. 2 版. 北京:中国标准出版社,2002.
- [13] 金相图谱编写组. 变形铝合金金相图谱[M]. 北京:冶金工业出版社,1975.