ICS 77.120.50
H 26

中华人民共和国国家标准

GB/T 5193—2020
代替 GB/T 5193—2007

钛及钛合金加工产品超声检验方法

Method of ultrasonic inspection for wrought titanium and titanium alloy products

2020-03-06 发布　　2021-02-01 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

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 5193—2007《钛及钛合金加工产品超声波探伤方法》。

本标准与 GB/T 5193—2007 相比，除编辑性修改外，主要技术变化如下：

——适用范围由“横截面厚度大于 6 mm～230 mm”扩大到“横截面厚度 6 mm～500 mm”(见第 1 章，2007 年版的第 1 章)；

——增加了要素“原理”(见第 3 章)；

——增加了要素“试验条件”(见第 4 章)；

——检测人员要求中增加了“按 GB/T 9445 的相关要求或相应标准进行技术资格的培训和鉴定”(见 4.2，2007 年版的 3.3)；

——增加了“脉冲反射式超声波探伤仪能够产生、接收和显示满足频率和能级要求的高频电脉冲，可以在频率 2.25 MHz～10 MHz 和 1 MHz～20 MHz 带宽之间工作”等要求(见 5.1，2007 年版的 4.1)；

——修改了探头工作频率与推荐被检产品(见 5.2，2007 年版的 4.2)；

——将优先选用水浸聚焦法的棒材直径由“ϕ6 mm～ϕ45 mm”修改为“ϕ6 mm～ϕ80 mm”(见 5.2，2007 年版的 3.2)；

——增加了检测系统的要求(见 5.4)；

——修改了对比试块及平底孔埋藏深度的要求(见第 7 章及表 2，2007 年版的第 5 章及表 1)；

——增加了表注：对于大于 120 mm 的产品进行分区水浸检测时，纵波校准反射体可依据分区数进行确定(见表 2 及附录 B)；

——增加了横波检测试块人工反射体型式 (见 7.6)；

——增加了当金属声程大于或等于三倍近场区距离时，可以采用大平底计算法调试检测灵敏度，并规定了调节方法(见 8.2)；

——修改了人工信号幅度要求、水浸纵波入射角度的变化范围[见 8.2 及 8.4b)，2007 年版的 6.1 及 6.2]；

——修改了检测间距的要求及有效波束的测定方法[见 8.3 及 8.4e)，2007 年版的 6.9.1]；

——修改了本底噪声要求(见 8.7，2007 年版的 6.4)；

——增加了水浸法分区检测要求和多区域检测推荐的检测区域、探头和水距(见 8.12 和附录 C)；

——修改了灵敏度校准要求(见 8.13，2007 年版的 6.1.2)；

——删除了验收级别中的附注(见 2007 年版的表 3)；

——修改了纵波对比试块外形尺寸和公差图(见附录 A，2007 年版的附录 A)；

——增加了分区检测部分样棒人工反射体埋深表(见附录 B)。

本标准由中国有色金属工业协会提出。

本标准由全国有色金属标准化技术委员会(SAC/TC 243)归口。

本标准起草单位：宝钛集团有限公司、宝鸡钛业股份有限公司、有色金属技术经济研究院、宝钢特钢有限公司、湖南金天钛业科技有限公司、西部超导材料科技股份有限公司。

本标准主要起草人：马小怀、郭永清、江立新、冯军宁、冯永琦、白智辉、付红作、罗经晶、朱雪峰、王建国、马忠贤、高颀、贾栓孝。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

——GB/T 5193—1985、GB/T 5193—2007。

钛及钛合金加工产品超声检验方法

1 范围

本标准规定了钛及钛合金加工产品超声检验的原理、试验条件、仪器设备、样品、对比试块、试验步骤、试验结果的评定、检测记录和报告。

本标准适用于横截面厚度 6 mm～500 mm 的钛及钛合金加工产品的超声检验，其他规格的钛及钛合金加工产品可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证

JB/T 10061 A 型脉冲反射式超声波探伤仪通用技术条件

3 原理

声源产生的超声波进入到被检工件中以一定方向和速度向前传播，遇到两侧声阻抗有差异的界面时部分声波被反射，反射回的超声波通过检测设备接收后对其进行处理和分析，以评估工件中是否存在缺陷以及缺陷的特征等。主要用于检测钛及钛合金加工产品的内部缺陷，如裂纹、气孔、疏松及其他暴露或未暴露到表面的组织上的不连续性。

4 试验条件

4.1 工作场所应无强电磁干扰，并保持清洁。避免灰尘及外来杂物污染而破坏检测条件。

4.2 检测人员应按 GB/T 9445 的相关要求或相应标准进行技术资格的培训和鉴定并获取Ⅰ级及以上无损检测人员资格，签发及解释检测报告人员应达到Ⅱ级及以上无损检测人员资格。

5 仪器设备

5.1 探伤仪

脉冲反射式超声波探伤仪能够产生、接收和显示满足频率和能级要求的高频电脉冲，可以在频率 2.25 MHz～10 MHz 和 1 MHz～20 MHz 带宽之间工作。闸门、距离-波幅修正曲线、报警系统、记录仪及其他检测和处理的电子辅助设备可以根据需要使用，其他性能应满足 JB/T 10061 的要求。

5.2 探头

探头适用的检测方法和推荐被检产品见表 1。

表 1　探头与推荐被检产品及检测方法

探头类型	探头直径 mm	探头工作频率[a] MHz	检测方法[b]	推荐被检产品
直探头	12～32	2.0～5.0	水浸法检测或接触法检测	厚度为 20 mm～500 mm 的平面产品 直径为 70 mm～500 mm 的圆形产品
聚焦探头	6～20	5.0～15.0	水浸法检测	厚度为 6 mm～80 mm 的平面产品、 直径为 6 mm～80 mm 的圆形产品
聚焦探头	12～60	5.0～15.0	水浸法检测	厚度为 80 mm～500 mm 的平面产品、 直径为 80 mm～500 mm 的圆形产品
双晶探头	8～10	2.5～5.0	接触法检测	厚度为 6 mm～20 mm 的平面产品
[a] 当供需双方同意时，允许使用频率低于 2.0 MHz 或特殊型式的探头。 [b] 直径为 6 mm～80 mm 的圆形产品推荐优先选用水浸聚焦法。				

5.3　耦合剂

5.3.1　水浸法检测时，可采用水作耦合剂，水中可以添加湿润剂，水中不应有干扰超声检验的可见气泡或其他悬浮物。

5.3.2　接触法检测时，可采用水、机油、甘油、变压器油、水玻璃等作耦合剂。

5.4　检测系统

水浸自动化检测时，检测系统应保证检测过程中水距的变化不超过±6 mm；入射角变化范围不超过±1°；对同一规则反射体多次重复性检测时偏差不超过±1.5 dB。

6　样品

6.1　被检产品的表面粗糙度 $Ra \leqslant 3.2\ \mu m$。若需加工时，可采用圆头刀具加工、磨削或抛光。表面不应有机加工或打磨的颗粒、油、润滑脂、切削混合物等。对于检测要求更高的产品，可能需要提出更高的表面粗糙度要求。

6.2　被检产品应具有普通的几何截面，如圆形、方形、多角形等。平面产品应保证各个面的平直度。

7　对比试块

7.1　对比试块应采用与被检产品声学性能和表面状态相同或相近的钛及钛合金材料制作，两者之间的声传输特性差应在 12 dB 以内。若声传输特性差小于或等于 12 dB，在检测时应增加仪器灵敏度以补偿声传输特性差。若声传输特性差大于 12 dB，则应更换成符合要求的对比试块。

7.2　检测平面产品时，应使用平面试块。对比试块加工技术条件，应符合附录 A 的规定。

7.3　检测曲面产品时，应使用与检测面几何形状大致相同的对比试块，其差别不应超过被检产品曲率半径的±20%。小直径棒材应采用相同或相近曲率半径的棒材制作，对于 120 mm 以上的圆形棒坯采用分区检测时可参照附录 B 进行试块制作。

7.4　对比试块的表面粗糙度应与被检产品的表面粗糙度相似。

7.5 纵波校准时，反射体采用平底孔。其埋藏深度根据产品的外形和横截面厚度“T”，按表 2 中的数值来确定。

表 2 平底孔埋藏深度

单位为毫米

被检产品		平底孔埋藏深度
圆形产品直径	6～13	1/2T，T-3
	>13～50	1/2T，6
	>50～130	1/2T，1/4T，6
	>130～500	1/2T，1/4T，1/8T，10
平面产品厚度	6～13	1/2T
	>13～50	T-5，1/2T，6
	>50～130	T-10，1/2T，6
	>130～250	1/2T，1/4T，1/8T，10
	>250～500	1/2T，1/4T，1/8T，T-10
注：对于直径或厚度大于 120 mm 的产品进行分区水浸检测时，纵波校准反射体可依据分区数进行确定，可参考附录 B。		

7.6 横波校准时，反射体可采用平底孔、横孔或槽伤。人工反射体的具体型式及尺寸由双方协商确定。

8 试验步骤

8.1 一般采用纵波法进行检测，需要时，供需双方协商也可采用横波或其他波型。

8.2 检测前，应采用适当的对比试块来校准仪器，使试块中人工缺陷的反射信号幅度在满屏高度的 40%～80%范围内，以保证被检测的产品能按标准要求进行检测。当金属声程大于或等于三倍近场区距离时，可以采用大平底计算法调试检测灵敏度。使用大平底计算法调试灵敏度时，根据式(1)计算增益 ΔdB，然后将工件完好部位的底波调试到选定的基准波高，在此基础上增益 ΔdB。

$$\Delta\mathrm{dB}=20\lg\frac{\pi\Phi^2}{2\lambda X} \qquad \cdots\cdots(1)$$

式中：

ΔdB ——需提高增益分贝数；

Φ ——验收当量平底孔直径，单位为毫米(mm)；

λ ——被检工件中超声波波长，单位为毫米(mm)；

X ——被检工件厚度，单位为毫米(mm)。

8.3 采用埋藏深度小的平底孔，将仪器增益调整到适当位置，使平底孔回波幅度达到某一高度后在扫查方向上移动探头，波高降低到原波高 50%的探头移动之间的距离为有效波束直径。

8.4 水浸法检测应满足以下要求：

a) 水浸法校准和检测前，应有足够的时间使水、对比试块及被检产品达到温度稳定。

b) 纵波检测，调节声束入射角，使入射面的反射信号幅度达到最大，从而使纵波与入射面垂直。检测时，已确定的角度其变化应满足 5.4 的规定。

c) 脉冲重复频率不低于 600 Hz。

d) 根据探头和检测时的金属声程选取最佳水距。检测时水距的变化应满足 5.4 的规定。

e) 检测间距不得大于有效波束直径的70%。

f) 距离-振幅的修正，推荐采用电子的距离-振幅修正方法。如果最小回波信号幅度不低于20%时，也可以采用绘在荧光屏上的距离-振幅曲线，该曲线是用距离-振幅校准试块绘制的。当噪声电平不遮蔽所需要的反射信号时，可采用距离-振幅校准试块最高灵敏度进行检测，用适当的金属声程进行评定。

8.5 接触法检测应满足以下要求：

a) 接触法校准和检测时，应保证耦合良好。

b) 检测的间距应不大于探头晶片直径的50%或有效声束直径的50%，二者中选取较小的一个。

8.6 底波损失的测定，应当在被检产品相互平行的表面上进行。

8.7 允许的本底噪声应不超过对比试块中参考平底孔反射高度的50%。如果本底噪声超过参考水平，所涉及的截面应当重新全面检查，以保证产品满足规定的要求。

8.8 检测时的扫描速度应不大于能分辨出对比试块中的平底孔的扫描速度。对于无报警系统的手动扫描，推荐扫描速度，应不大于127 mm/s。对于有报警系统的手动或自动扫描，推荐扫描速度，应不大于500 mm/s。

8.9 仪器控制旋钮设定位置和校准时所确定的参数，在产品检测期间不得改变。脉冲宽度的控制应不影响仪器垂直线性，能提供适当的分辨率。

8.10 检测面应符合表3的规定。

表3 检测面

被检产品	检测面[a]
棒材	整个圆周
锻坯	除断面所有面
板材	双面或单面
锻件和挤压件型材	按图纸和订货单要求的表面检测
[a] 如果用横波或折射纵波代替邻接面检测，则所有平面产品可以只进行单面检测或双面检测。这些检测和校准及检测参数，应由供需双方协商决定。	

8.11 水浸法或接触法检测时，都可进行分区域检测，这时应对各个区域分别进行校准。

8.12 水浸法分区检测时，每个检测分区应至少包含埋藏深度为检测区域开始和结束的两个平底孔。检测时，各分区的闸门范围应分别向两端延伸10 mm(除第一个区外)。部分规格棒材推荐的检测区域、探头和水距参见附录C。

8.13 每次检测前、检测后或连续工作2 h，应进行灵敏度校准检查。如有永久性稳定的记录(C扫图或A扫图)，校准间隔可以延长到8 h。检测期间若设备状态发生变动，应立即对设备进行重新校准并对上次校准以来系统灵敏度检测有怀疑的产品进行重新检查。如果发现灵敏度低于原检测灵敏度1.5 dB，则应重新检验自上次校准以来的所有产品；如果发现灵敏度高于原检测灵敏度2 dB，则对上次校准以来发现缺陷的产品重新检查。

9 试验结果的评定

9.1 纵波检测的超声质量要求，按表4规定分为四级。在材料产品标准或订货单上应指定适用的级别。

表 4　纵波检测的超声质量要求

级别	单个不连续性的孔直径/mm
AA	0.8
A1	1.2
A	2.0
B	3.2

9.2　任何一个不连续点的反射信号，应不大于与该不连续点相同深度的参考平底孔的反射信号。

9.3　底波损失的检查，当底部反射信号与相同或相似的同类无缺陷产品比较时，出现大于 50%的非饱和底波损失，同时在入射面与底面间伴随有讯号的增加（至少为正常的本底噪声信号的两倍），这时产品是不能接受的。

9.4　超出 8.7 规定的噪声水平是不能接受的。

9.5　经评定反射信号超出确定的标准，但缺陷在制造过程中可以被消除掉，这样的产品可由供需双方协商决定。

9.6　使用特殊的对比试块或未列入表 4 的级别进行检查时，验收标准由供需双方协商决定。

10　检测记录和报告

10.1　检测记录至少应包括下列主要内容：

a）　工件名称、材质、炉号、批号、规格、材料牌号；

b）　本标准编号及级别；

c）　检测仪器型号、探头频率、探头晶片尺寸、聚焦型式等；

d）　对比试样孔径、埋藏深度；

e）　耦合剂；

f）　检测扫查灵敏度、缺陷位置与缺陷指示长度及回波高度等探测结果；

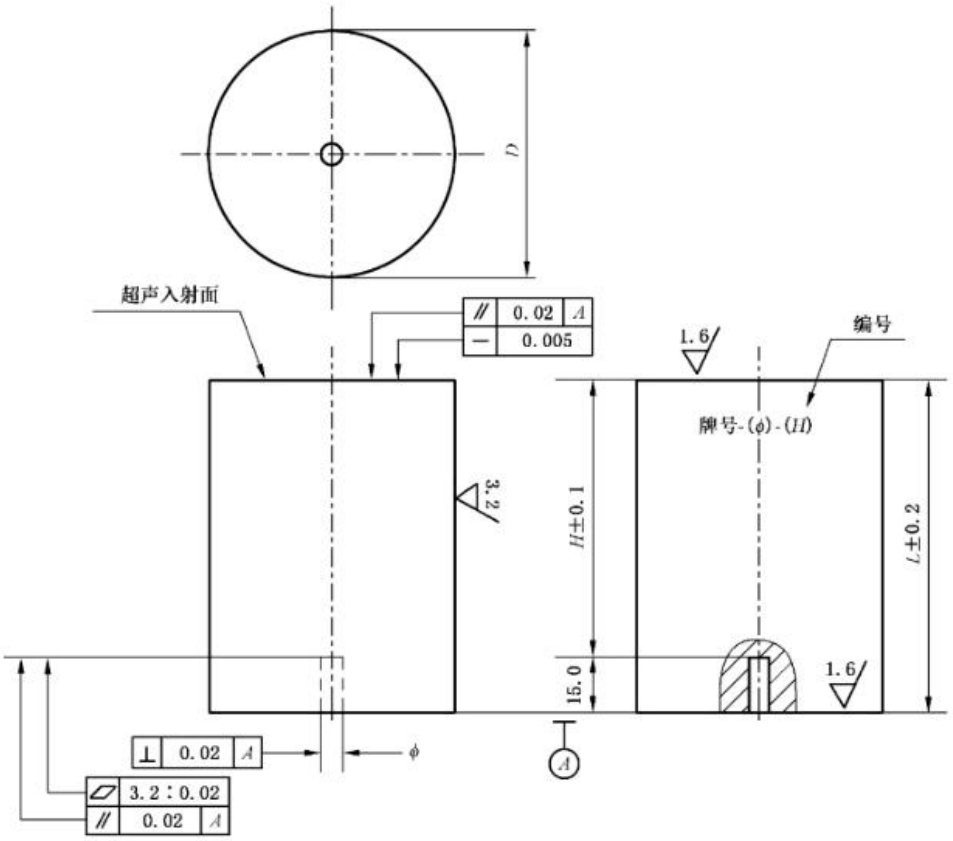
g）　检测日期、检测人员签字等。

10.2　检测报告应包括检测记录中的适当内容及签发报告人签字。

附 录 A
（规范性附录）
对比试块要求

加工对比试块的尺寸公差要求见图 A.1。

单位为毫米



说明：

H ——金属声程；

L ——试块高度；

D ——圆柱外径。当 D 为 50 mm，适用于检测小于 150 mm 的深度范围；当 D 为 64 mm，适用于 150 mm～230 mm 深度范围；

ϕ ——平底孔直径。$\phi \leqslant 1.6$ mm，偏差为 ±0.013 mm；$\phi > 1.6$ mm，偏差为 ±0.03 mm。

表面粗糙度：上下表面≤1.6 μm，圆周面≤3.2 μm。

图 A.1 纵波对比试块外形尺寸和公差图

附 录 B
（资料性附录）
分区检测部分规格样棒人工反射体埋深

分区检测部分规格样棒人工反射体埋深见表 B.1。

表 B.1 分区检测部分规格样棒人工反射体埋深 单位为毫米

样棒直径 ϕ	平底孔埋藏深度 B
127	5;19;38;57;76
152	5;20;43;66;89
178	5;20;41;61;81;102
203	5;23;46;69;91;114
229	5;20;41;61;81;104;127
254	5;23;46;69;91;114;140
305	5;23;46;69;91;114;140;165
330	5;25;51;76;102;127;152;178
356	5;25;51;79;107;135;163;190
500	5;25;51;76;102;127;152;178;255

附 录 C
（资料性附录）
分区检测区域、探头、水距

分区检测区域、探头和水距见表 C.1。

表 C.1 分区检测区域、探头、水距

单位为毫米

规格	水距	检测区域			探头			
		区号	开始区域	结束区域	直径	轴向焦距	周向焦距	焦点深度
127	89	1	5	19	19	114	114	10
		2	19	38	25	203	132	31
		3	38	57	35	300	145	53
		4	57	76	45	394	152	76
152	76	1	5	20	19	114	114	10
		2	20	43	25	203	132	31
		3	43	66	35	300	145	53
		4	66	89	45	394	152	76
178	89	1	5	20	19	114	114	10
		2	20	41	25	213	145	33
		3	41	61	35	310	160	56
		4	61	81	45	404	170	79
		5	81	102	60	500	178	102
203	76	1	5	23	19	114	114	10
		2	23	46	25	213	145	33
		3	46	69	35	310	160	56
		4	69	91	45	404	170	79
		5	91	114	60	500	178	102
229	89	1	5	20	19	114	114	10
		2	20	41	32	218	152	33
		3	41	61	38	312	175	56
		4	61	81	45	409	188	79
		5	81	104	51	503	196	102
		6	104	127	60	597	203	127

表 C.1（续）

单位为毫米

规格	水距	检测区域			探头			
		区号	开始区域	结束区域	直径	轴向焦距	周向焦距	焦点深度
254	76	1	5	23	19	114	114	10
		2	23	46	32	218	152	33
		3	46	69	38	312	175	56
		4	69	91	45	409	188	79
		5	91	114	51	503	196	102
		6	114	140	60	597	203	127
305	102	1	5	23	19	137	137	10
		2	23	46	25	249	178	38
		3	46	69	35	353	206	64
		4	69	91	45	460	226	89
		5	91	114	60	566	236	114
		6	114	140	60	671	246	140
		7	140	165	60	777	254	165
330	89	1	5	25	19	137	137	10
		2	25	51	25	249	178	38
		3	51	76	35	353	206	64
		4	76	102	45	460	226	89
		5	102	127	60	566	236	114
		6	127	152	60	671	246	140
		7	152	178	60	777	254	165
356	102	1	5	25	19	152	152	13
		2	25	51	25	262	193	38
		3	51	79	35	366	221	64
		4	79	107	44	483	241	91
		5	107	135	60	599	254	119
		6	135	163	60	716	262	147
		7	163	190	60	833	269	175

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
钛及钛合金加工产品超声检验方法
GB/T 5193—2020
*
中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲 2 号(100029)
北京市西城区三里河北街 16 号(100045)
网址:www.spc.org.cn
服务热线:400-168-0010
2020 年 2 月第一版
*
书号:155066·1-64270

版权专有 侵权必究

GB/T 5193-2020