钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法

编

制

说

明

（送审稿）

西安汉唐分析检测有限公司

2019年9月7日

**钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法**

**编制说明（送审稿）**

一、 工作简况

1.1 项目背景

钛钢爆炸复合双金属板是近二十年发展起来的制备金属材料的新工艺方法。这种复合板综合地发挥了基材和复材的各自独特性能；它既有钛的优异的抗腐蚀性能，又保证了足够的强度和低廉的成本。目前，复合板被广泛应用在电厂建设、石油化工、医药工程、轻工业生产、及汽车等行业，尤其在压力容器的制造中。复合板发展至今已形成多种产品。如钛及钛合金复合材料、不锈钢/钢复合材料、有色金属及其合金复合材料、三层甚至多层复合材料等，复合的方法通常有爆炸复合、轧制复合等。爆炸复合多层金属材料在国内外正被推广应用，有着广阔的市场和巨大的潜力。爆炸焊合的基本原因是接触面上生成薄溶化凝固层。在冲击波作用下，界面处金属在超过屈服应力数十倍的应力作用下，其再结晶规律也是特殊的，爆炸能传递到界面，其微观上是不均匀的。局部地区使金属溶化，非溶化区中，由于热作用也发生了扩散，爆炸焊是溶化和扩散共同作用的结果。爆炸焊合的界面在抗剪切，抗疲劳裂纹扩展和抗剪切疲劳性能方面超过了基体。但如复合前板材表面不洁净会造成复合界面上存在缺陷，或者不适当的工艺下过分强烈的冲击，造成界面附件微裂纹，钛钢复合界面常常表现为脆性和高强度。

由于钛钢复合板界面组织的特殊性，常分为波形结合区、连续溶化型结合区、混合型结合区、直接接触的平面结合区、溶化块、溶化层等。而钛钢复合板界面硬度对于复合板后期的加工工艺具有非常重要的指导意义。因无相关国家标准及行业标准规范复合钢板界面硬度的测量计算过程，对复合钢板实际工艺操作者造成困扰。

本标准旨在确定一种准确可靠的检测方法分析钛-钢爆炸复合板界面硬度。为使本标准具有相对普遍的指导意义，我们在标准的适用性、科学性及合理性方面做了大量的工作，起草小组人员收集和查询了目前国内外关于钛-钢爆炸复合板界面硬度测试的资料，结合国内爆炸复合板生产现状，并参考国内多家相关企业已建立的钛-钢爆炸复合板界面硬度测试的企业标准，并通过实验分析，编写了本标准，希望本标准能满足国内生产企业和使用单位的需求。

1.2 任务来源

根据《工业和信息化部办公厅关于印发2018年第一批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科〔2018〕33号）精神，由西安汉唐分析检测有限公司负责起草《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》行业标准，宝钛集团有限公司、西部新锆核材料科技有限公司、西安天力金属复合材料股份有限公司、广东省工业分析检测中心、南京宝色股份公司、中国船舶重工集团公司第十二研究所参加起草，计划编号为2018-0606T-YS，项目完成年限为2020年。

1.3 标准项目编制组情况

1.3.1 标准项目编制组企业名单

本部分起草单位：西安汉唐分析检测有限公司、宝钛集团有限公司、西部新锆核材料科技有限公司、西安天力金属复合材料股份有限公司、广东省工业分析检测中心、南京宝色股份公司、中国船舶重工集团公司第十二研究所。

本部分主要起草人：武晶晶、石科学、史文、何伟、梁伟、张浩、王礼营、黄增鑫、武超群、燕辉、赵教育、李笑、张涛、黄显芝、刘鸿彦、袁满。

1.3.2 西安汉唐分析检测有限公司

西安汉唐分析检测有限公司是西北有色金属研究院（集团）下属的第三方检测机构。1965年成立至今，公司已在西安宝鸡两地三区建成标准化实验室，检测面积10000余平方米，设备200余台（套），设备资产上亿元。现有员工124名，其中技术人员70余名（教授8名，高级工程师32名，注册计量师10名）。公司是国内最大的钛合金检测机构、国内最全面的金属复合材料检测机构、国内唯一核电堆芯材料的检测机构、金属材料全领域检测机构。

公司是中国有色金属工业西北质量监督检验中心、陕西省有色金属产品质量监督检验站、陕西省有色金属材料分析检测与评价中心、陕西省核工业用金属材料检测与评价服务平台、稀有金属检测信息化管理及共享平台、稀有金属材料安全评估与失效分析中心、工业（稀有金属）产品质量控制和技术评价实验室的主体单位，同时被国家质量监督检验检疫总局确定为钛及钛合金加工产品、铜及铜合金管材生产许可证检验机构实施单位，先后通过国家认证认可监督委员会（CMA）、中国合格评定国家认可委员会（CNAS）和国防科技工业实验室认可委员会（DILAC）认证，是由政府部门授权、具有法定第三方公正地位的产品质量检验机构。

1.3.3 宝钛集团有限公司

宝钛集团有限公司是我国“三五”期间为满足国防军工和尖端科技发展需要，以“902”为工程代号投资兴建的国家重点企业。现拥有“宝鸡钛业股份有限公司”、“南京钛业股份有限公司”和“上海远东公司”等10多个控股公司、5个全资子公司和宽厚板、复合板、装备设计制造等10多个二级单位。可生产钛、锆、铪、钨、钼、钽、铌、镍等有色金属及其合金达110多个牌号，产品类型包括：板、管、棒、丝、箔、铸件、锻件及复合材料共6000多种产品。经过四十多年的发展，目前已成为国内最大的以钛为主导产品的稀有金属材料专业化生产和科研基地，被誉为“中国钛城”。1999年，被国家科技部和中国科学院认定为“高新技术企业”。2001年首批获得国防科工委颁发的军工生产科研资格许可证。现隶属于陕西有色金属控股集团有限责任公司。

宝鸡钛业股份有限公司位于陕西省宝鸡市钛城路1号，成立于1999年7月21日。是由宝钛集团有限公司作为主发起人和控股股东设立的股份有限公司。是中国钛及钛合金生产和科研基地，是目前世界第四大钛加工企业和中国钛工业的龙头企业。公司拥有先进、完善的钛材生产体系和一批高素质专家队伍，从德、日、美、奥等国家引进的先进的主体装备，完善的产品质量保证体系，完备的生产体系、国际领先的工艺技术、稳定的产品质量、高效的管理以及超前的营销理念。公司的主导产品类型有钛及钛合金铸锭、铸件、管材、棒材、饼环材、锻件、板材、带材、箔材和丝材等。公司自成立以来一致注重产品的技术研发，承担了国内大部分钛加工材的科研和生产任务，引领着中国钛工业的发展和进步。

1.3.4 西部新锆核材料科技有限公司

西部新锆核材料科技有限公司（以下简称西部新锆）成立于2013年4月，是以发改委、工信部、财政部三部委批准的“自主化先进压水堆燃料组件用锆合金结构材料产业化”项目为推动成立的独立法人公司。公司的首要目标是建设核用锆、铪材自主化科研生产基地，搭建世界一流的国家级核用特种金属材料研发、评价、性能分析、检测、中试和工业化生产为一体的创新平台，整合核用材料优势资源，推进重大科技成果的产业化和产业聚集发展。具有雄厚的锆及锆合金研发实力，曾获得过国家科学技术进步奖等国家级奖项3项，省部级奖项9项，主持或参与制、修订国家标准、行业标准十余项，现行2007版GB/T 21183标准的主要制定人目前均在本公司任职，公司在国内、国际锆、铪等稀有难熔金属及其合金的研发方面拥有较高的知名度。目前拥有各项发明专利16项，拥有自主知识产权的合金牌号如N36、N18、C7等，并掌握其全部金属压力加工技术，所研制、生产的合金性能优异，达到了国外M5、Zirlo锆合金水平，产品广泛应用于国防、核工业和民用领域。2018年11月我国首次实现自主品牌N36锆合金工业化规模生产，西部新锆公司顺利交付20个组件的N36锆合金管材，这些锆管将应用于我国首座“华龙一号”核电站，意味着我国开始向核大国迈向核强国。

1.3.5 西安天力金属复合材料股份有限公司

西安天力金属复合材料股份有限公司是西北有色金属研究院集团产业化上市公司“西部材料”（股票代码：002149）控股的独立法人资格高科技公司，公司已从事金属复合材料科研及商业化生产五十多年，拥有多项成果和自主知识产权的核心技术。西安天力以稀有难熔金属复合板（如钛钢、锆钢、钽钢）为主导产品，同时拥有耐腐蚀金属复合材料及过渡接头两翼齐飞的产品结构，年生产能力25000吨，是国家层状金属复合材料高新技术产业化示范企业及国家唯一的工程研究中心，是钛/不锈钢复合板GB8546、钛/钢复合板GB8547和国军标卫星过渡接头GJB3797的主要起草单位，也是航天用过渡材料的国内唯一供应商。

公司产品广泛应用于化工、电力、冶金、环保、航天和舰船等领域。于90年代中期在同行业率先实现产业化升级并与国际市场接轨。产品批量出口以色列、印度、日本、韩国、欧洲等国，并获得多家国际知名公司的合格供应商认证，如英国BP，德国西门子，法国Ziemex，印度BHEL公司，韩国三星等，是国际市场上具有一定影响力的爆炸复合材料制造企业之一。多年来公司在一系列的国内重大技术装备用复合材料国产化方面成绩显著，并在国际竞争中屡创佳绩。我们将以不懈的努力，不断提高企业生产技术水平，以不断提升的管理水平和产品质量，更好的为各界用户服务。

1.3.6 广东省工业分析检测中心

广东省工业分析检测中心始建于1971 年，先后隶属于广州有色金属研究院、广东省工业技术研究院（广州有色金属研究院），2015年12月经广东省机构编制委员会批准成为广东省科学院属下的独立二级事业法人单位。是我国从事矿产品、金属材料、冶金产品、化工产品、再生资源质量检测和性能评价，欧盟环保（RoHS）指令的有害物质检测、金属材料综合利用检测以及分析测试技术研究与技术咨询的专业机构。中心现有高、中、初级专业技术和管理人员100余人，其中教授有15人，高级工程师24人，硕博士20人，具有中级职称以上科技人员占80%。近十年来获得省部级科技进步奖20项。累计申请专利19件，其中授权发明专利8件、授权实用新型专利2件。承担国家、省级各类项目50余项，主持和参与国家、行业标准200余项，发表专著5部，发表论文300余篇。

1.3.7 南京宝色股份公司

南京宝色股份公司位于南京江宁滨江开发区，是专业从事钛、锆、镍、高级不锈钢等特材压力容器和管道管件研发、设计、制造、安装的高新技术企业，也是钛制、锆制等压力容器行业标准的主要起草单位，拥有专利47项，其中发明专利18项。主要产品包括：大型PTA（精对苯二甲酸）、MMA( 甲基丙烯酸甲酯)、煤化工、醋酸、煤电等成套装置的各种设备；大型船体结构件、船用压力容器、深潜器及附属件以及各种特殊用途的管道、管件等，产品广泛应用于石油、化工、冶金、环保、核电、军工、海洋工程等领域。

南京宝色股份公司于2014年10月在深交所上市，是国内首个特材非标装备制造上市公司。依托多年来形成的技术优势、研发优势、品牌优势、装备优势，地域优势，形成了突出的大型、特大型特材装备制造能力，尤其是在“高、精、尖”产品领域，实现了产品的“特材化、大型化、精品化、国际化”，并在我国特材装备制造领域取得了多项“零的突破”，填补40余项国内技术、装备空白，不仅打破了国外对特材装备设计、制造关键技术的垄断，把多项PTA大型关键设备实现了国产化，而且不断刷新国内外大型特材装备制造记录，并率先将其出口国外，产品远销美国、加拿大、巴西、德国、法国、英国、埃及、南非、新加坡、澳大利亚等国家和地区。公司不仅是中石化、拜耳、BP、杜邦、克瓦纳、德固赛等国内外知名企业的高端供应商，也是我国高端特材装备制造业的技术引领者，并已成为中国在国际市场上特材大型非标装备制造业的代表。

1.3.8 中国船舶重工集团公司第十二研究所

中国船舶重工集团公司第十二研究所，主要从事新材料的应用研究和技术开发，是我国船舶行业唯一的热加工工艺研究所，是特种材料及工艺技术专业研究机构。标准物质及理化检测中心主要从事铸造金属材料标准物质研制生产及理化测试技术服务工作。理化检测中心于2006年取得了中国合格评定国家认可委员会实验室认可证书（注册号：CNAS L2784）、国防科技工业实验室认可证书（注册号：DL176）；依据CNAS-CL01《检测和校准实验室能力认可准则》、DILAC/AC01：2004国防科技工业《检测实验室和校准实验室认可准则》等规定，建立了完善的质量管理体系，拥有化学分析、力学性能、物理性能、金相组织、光谱分析、无损探伤、疲劳及应力测试、表面涂层测试、金属高温性能测试等专业检测实验室，可进行上述各项性能的检测服务工作。

1.4 主要工作过程

1. 西安汉唐分析检测有限公司在接到标准制订任务后，成立了标准编制组，并召开了标准项目编制启动会议，对标准编写工作进行了部署和分工，主要工作过程经历了以下几个阶段。

1.4.1 起草阶段

（1）2018年7月，接到《工业和信息化部办公厅关于印发2018年第一批行业标准制修订计划的通知》（工信厅科〔2018〕33号）。

（2）2018年7月25日～27日，在哈尔滨有色金属标准工作会议上，形成《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》标准任务落实会会议纪要，确定了由宝钛集团有限公司为第一验证单位，西部新锆核材料科技有限公司、西安天力金属复合材料股份有限公司、广东省工业分析检测中心、南京宝色股份公司、中船重工725所为第二验证单位。

（3）2018年9月，组建《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》起草小组：撰写开题报告，落实课题组长及课题成员的任务，确定标准编审原则。

（4）2019年1月，完成相应分析方法样品的收集和相关研究工作，形成讨论稿、研究报告、征求意见表等，交西部新锆核材料科技有限公司、西安天力金属复合材料股份有限公司、广东省工业分析检测中心、南京宝色股份公司、中船重工725所，并连同验证样品一起分别寄往各验证单位。

（5）2019年3日，参加全国稀有金属标准化技术委员会在株洲召开的标准讨论会；会上宝钛集团有限公、朝阳金达钛业股份有限公司、西部新锆核材料科技有限公司、广东省工业分析检测中心、宁夏东方钽业股份有限公司、国核宝钛锆业股份公司、北矿检测技术有限公司、西部金属材料股份有限公司等单位的二十余位专家代表对本标准（讨论稿）提出了修改意见。

（6）株洲会议结束之后，标准编制组根据讨论结果，对讨论稿进行进一步的修改完善，形成了《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》（征求意见稿）。

1.4.2 征求意见阶段

编制组通过发函、中国有色金属标准质量信息网上公开和会议等形式对《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》征求意见稿征询意见。

（1）共向15家单位发送了《航空用钛合金薄板高温拉伸蠕变试验方法》（征求意见稿），收到回函的单位数为15个，回函并有建议或意见的单位数为4个，详见征求意见稿意见汇总处理表。

（2）2019年7月，参加全国稀有金属标准化技术委员会在云南大理召开的标准预审会。会上广州有色金属研究院、西部新锆核材料科技有限公司、国核宝钛锆业股份公司、宝钛集团有限公司、新疆湘晟新材料科技有限公司、西部金属材料股份有限公司等单位的三十余位专家代表，对本标准征求意见稿、编制说明和试验报告进行了细致的讨论。

在整个征求意见阶段，征求意见范围广泛且具代表性。编制组根据意见对征求意见稿进行修改完善，于2019年9月形成了《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》（送审稿）。

二、 标准编制原则

2.1 符合性：该标准按照GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》、GB/T 20001.4—2015《标准编写规则 第4部分：试验方法标准》的要求进行了编写。

2.2 合理性：反映当前国内各生产企业的技术水平，宜于应用，经济上合理，兼顾现有资源的合理配置。

2.3 先进性：本方法操作简便，测定结果准确、稳定，重现性好；能很好的满足钛-钢爆炸复合板界面硬度测试的要求；本标准涉及的内容，整体达到国内先进水平。

三、 标准主要内容的确定依据

为使本标准具有相对普遍的指导意义，我们在标准的适用性、科学性及合理性方面做了大量的工作，起草小组人员收集和查询了目前国内外关于钛-钢爆炸复合板界面硬度测试的资料，结合国内爆炸复合板生产现状，并参考国内多家相关企业已建立的钛-钢爆炸复合板界面硬度测试的企业标准，并通过实验分析，编写了本标准。本标准能满足国内生产企业和使用单位的需求。

3.1 检测范围

由于钛-钢爆炸复合板生产过程的特殊性决定界面硬度对于爆炸复合板具有非常重要的意义，因此，本标准适用于所有尺寸的钛-钢爆炸复合板。

3.2 一般要求

按目前国内标准编写的规范，并参考国内其它标准内容，确定了术语和定义，规定了设备的要求，试样的要求，具体的试验方法和数值修约的要求。

3.3 原理

钛-钢爆炸复合板在爆炸复合过程中，钛板和钢板的结合界面由于高温高压导致彼此间原子向另一方扩散，在冲击波作用下，界面处金属在超过屈服应力数十倍的应力作用下，其再结晶规律也是特殊的，爆炸能传递到界面，其微观上是不均匀的。局部地区使金属溶化，非溶化区中，由于热作用也发生了扩散，因此就在结合界面两侧产生了波峰波谷交替出现的结合层，结合层的硬度值会明显高于金属基体的硬度值。

而布氏硬度和洛氏硬度压头较大，很难准确测量结合界面处的硬度值，因此为了准确表征钛-钢爆炸复合板结合界面的硬度值，采用显微维氏硬度测试在结合界面两侧并紧挨结合界面的位置的波峰波谷出进行测试。

3.4 设备

3.4.1 数显显微维氏硬度计应符合GB/T 4340.2《金属材料 维氏硬度试验第 2 部分 硬度计的检验与校准》中的规定，在要求的试验力范围内施加规定的试验力。

3.4.2 数显显微维氏硬度计压痕测量装置应符合GB/T 4340.2《金属材料 维氏硬度试验第 2 部分硬度计的检验与校准》中的相应要求。

3.5 样品

3.5.1 由于钛-钢爆炸复合板钛材厚度通常小于15 mm，而钢材通常较厚，因此，为了在试样待测面包含足够多的波界面波形，则规定试样钛材保留原厚度，钢材材保留5 mm，长和宽均为15 mm的长方体试样，硬度测试面应为金属复合材料的纵向面；

3.5.2 由于本试验为显微硬度试验，因此对试样待测面的粗糙度和水平要求较高，因此样品的测试面与其相对面应平行。建议将锯切加工后的样品毛坯料用刨床进行精加工。试样制备必须避免机加工步骤中产生的任何损伤，例如由于过热或冷加工引起。

3.5.3 为了保证测试结果准确，不允许在结合界面出现台阶，必须保证复合板基、复层在同一个水平面上，结合界线的宽度和深度不能影响对硬度压痕的形状。

3.5.4 在试验中，压痕周长，特别是压痕顶端应在显微镜视场内能清晰的分辨出来。

3.5.5 由于钛-钢爆炸复合板钢材通常不耐腐蚀，如腐蚀过浅则不能清晰显示结合界线，而腐蚀过深则会导致钛侧界面和钢侧界面不在同一水平面上，因此，为了获得最佳的测量结果，在检测前需要对样品的基材进行浅腐蚀，腐蚀深度应能清晰显示钛-钢爆炸复合板结合界线且保证钛侧界面和钢侧界面在同一水平面上。

3.6 试验程序

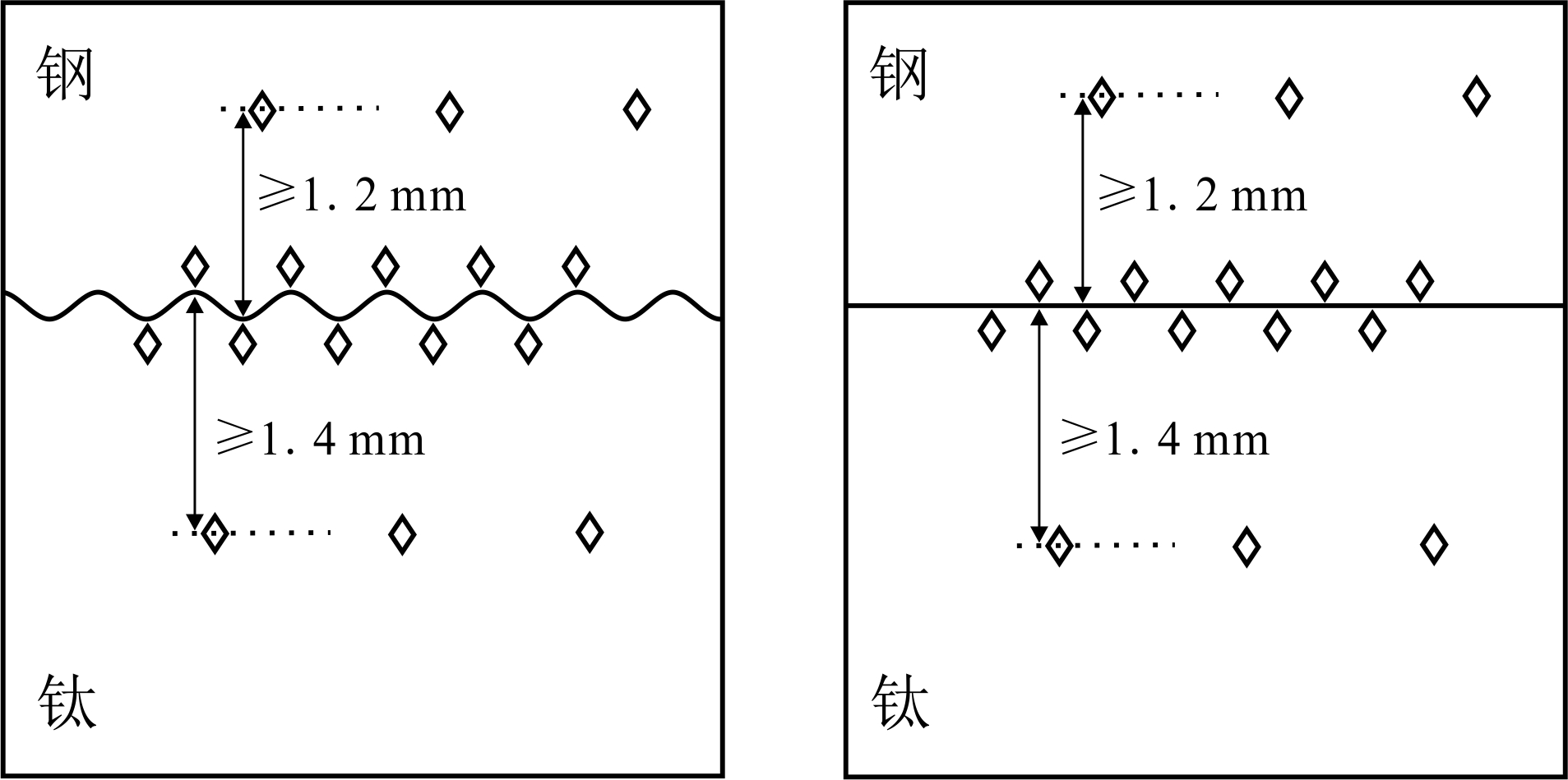
3.6.1 本试验对环境温度没有特殊要求，试验一般在室温下进行。

3.6.2 通过前期试验总结出，使用0.5 kgf试验力进行测试。当试验力太小，压痕太小，容易落在爆炸复合板界面两侧形成的融化块上，导致测量硬度值大大高于实际硬度，而试验力偏大则导致压痕直径偏大，容易超出爆炸复合时形成的结合界面。

3.6.3 根据GB/T 4340.1-2009《金属材料维氏硬度试验 第1部分：试验方法》中的规定，当制备好的试样放置在试验台上时，待测表面应与硬度计压头轴线相垂直，试验力应沿压头轴线方向垂直施加于待测表面，并且从开始施加试验力到试验力加载完毕的时间不应超过10 s。且硬度计压头下降速度应在15 μm/s～70 μm/s。试验力的保持时间应为15 s。

3.6.3 在钛-钢爆炸复合板样品的测试表面上进行测试时压痕的位置应参照图 1 所示：其中界线两侧的压痕应选择结合界线的波峰或波谷处，压痕菱形距离界线最近的的一个端点与界线的距离不应超过10 μm；检查钛材基体硬度值时，压痕中心到结合界线的距离必须大于1.4 mm，而检查钢材基体硬度值时，压痕中心到结合界线的距离必须大于1.2 mm。

3.6.4 当爆炸复合板钛层厚度小于1.4 mm时，可不测量钛层基体硬度值。



a）有明显波峰波谷样品硬度压痕分布 b）无明显波峰波谷样品硬度压痕分布

图1 界面硬度压痕分布示意图

四、 主要实验（或验证）的分析、综述报告

在完成相关条件试验后，各参编单位对3个复合板样品中钛侧、钛侧界线、钢侧界线、钢侧的硬度进行了测定，结果见表1～表3。

**表1 不同单位TA2+Q235B硬度结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | | 钛材基体 | | | 钛侧界面 | | | | | 钢侧界面 | | | | | 钢材基体 | | |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 |
| 西安汉唐 | 1# | 133 | 135 | 135 | 154 | 157 | 155 | 154 | 157 | 181 | 174 | 173 | 171 | 172 | 177 | 169 | 168 |
| 2# | 135 | 129 | 133 | 151 | 149 | 155 | 153 | 155 | 172 | 177 | 174 | 172 | 175 | 179 | 181 | 185 |
| 宝钛集团 | 1# | 145 | 141 | 141 | 151 | 149 | 151 | 148 | 149 | 170 | 169 | 166 | 169 | 168 | 178 | 183 | 176 |
| 2# | 142 | 142 | 141 | 153 | 155 | 155 | 152 | 151 | 168 | 166 | 171 | 173 | 169 | 175 | 173 | 175 |
| 725所 | 1# | 127 | 135 | 136 | 138 | 137 | 137 | 138 | 136 | 144 | 151 | 152 | 156 | 155 | 157 | 160 | 172 |
| 2# | 124 | 126 | 131 | 126 | 127 | 135 | 133 | 132 | 139 | 137 | 136 | 138 | 151 | 163 | 155 | 153 |
| 广东省工业分析检测中心 | 1# | 141 | 146 | 149 | 136 | 136 | 132 | 133 | 130 | 145 | 154 | 149 | 141 | 147 | 169 | 168 | 166 |
| 南京宝色 | 1# | 137 | 135 | 140 | 152 | 152 | 151 | 154 | 155 | 182 | 182 | 179 | 180 | 179 | 177 | 174 | 167 |
| 2# | 134 | 134 | 136 | 157 | 159 | 154 | 161 | 154 | 181 | 179 | 179 | 176 | 178 | 179 | 168 | 164 |

**表2 不同单位Gr1+Gr70硬度结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | | 钛材基体 | | | 钛侧界面 | | | | | 钢侧界面 | | | | | 钢材基体 | | |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 |
| 西安汉唐 | 1# | 140 | 145 | 147 | 149 | 148 | 151 | 155 | 152 | 289 | 287 | 284 | 278 | 281 | 235 | 237 | 233 |
| 2# | 141 | 142 | 144 | 150 | 154 | 148 | 148 | 143 | 288 | 286 | 279 | 279 | 281 | 226 | 229 | 227 |
| 宝钛集团 | 1# | 137 | 140 | 137 | 151 | 147 | 154 | 148 | 148 | 269 | 268 | 268 | 264 | 268 | 233 | 227 | 221 |
| 2# | 138 | 138 | 136 | 153 | 152 | 155 | 149 | 152 | 271 | 277 | 279 | 283 | 272 | 219 | 222 | 227 |
| 725所 | 1# | 159 | 157 | 156 | 136 | 141 | 155 | 135 | 145 | 301 | 291 | 296 | 302 | 306 | 222 | 222 | 219 |
| 2# | 152 | 152 | 147 | 149 | 148 | 150 | 162 | 152 | 316 | 308 | 315 | 316 | 316 | 230 | 219 | 216 |
| 广东省工业分析检测中心 | 1# | 141 | 151 | 149 | 138 | 143 | 148 | 146 | 139 | 313 | 270 | 290 | 311 | 299 | 208 | 211 | 217 |
| 南京宝色 | 1# | 139 | 141 | 141 | 152 | 151 | 153 | 155 | 153 | 276 | 277 | 279 | 283 | 275 | 236 | 235 | 237 |
| 2# | 134 | 136 | 141 | 151 | 147 | 143 | 141 | 141 | 272 | 268 | 262 | 161 | 259 | 222 | 224 | 226 |

**表3 不同单位TA10+Q345R硬度结果**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 单位名称 | | 钛材基体 | | | 钛侧界面 | | | | | 钢侧界面 | | | | | 钢材基体 | | |
| 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 1 | 2 | 3 |
| 西安汉唐 | 1# | 178 | 172 | 178 | 179 | 182 | 188 | 186 | 184 | 200 | 198 | 203 | 207 | 205 | 201 | 196 | 189 |
| 2# | 168 | 177 | 173 | 184 | 181 | 189 | 190 | 192 | 204 | 211 | 210 | 205 | 201 | 200 | 196 | 195 |
| 宝钛集团 | 1# | 172 | 172 | 173 | 173 | 176 | 172 | 173 | 175 | 207 | 207 | 204 | 204 | 205 | 210 | 210 | 208 |
| 2# | 172 | 175 | 174 | 178 | 188 | 185 | 185 | 184 | 201 | 202 | 207 | 203 | 208 | 202 | 201 | 203 |
| 725所 | 1# | 169 | 181 | 181 | 177 | 180 | 176 | 181 | 176 | 188 | 186 | 185 | 182 | 177 | 203 | 197 | 200 |
| 2# | 198 | 201 | 201 | 184 | 177 | 188 | 178 | 183 | 186 | 186 | 186 | 183 | 185 | 198 | 201 | 200 |
| 广东省工业分析检测中心 | 1# | 166 | 165 | 171 | 175 | 177 | 178 | 173 | 174 | 185 | 181 | 185 | 185 | 179 | 188 | 192 | 190 |
| 南京宝色 | 1# | 172 | 175 | 175 | 179 | 178 | 176 | 176 | 175 | 198 | 195 | 197 | 199 | 192 | 200 | 203 | 202 |
| 2# | 173 | 175 | 174 | 181 | 183 | 185 | 183 | 182 | 201 | 203 | 202 | 202 | 208 | 202 | 205 | 201 |

五、 标准水平分析

经查，本标准目前尚无相应的标准测定方法，其技术内容具有国内先进水平。

六、 与现行法律、法规、强制性国家标准及相关标准协调配套情况

本标准与有关的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

本标准与现行标准及制定中的标准无重复交叉情况。

七、 标准中的专利及涉及知识产权

本标准起草过程中，没有检索到专利和知识产权问题。

八、 重大分歧意见的处理经过和依据

编制组严格按既定编制原则进行编写，本标准起草过程中未发生重大的分歧意见。

九、 标准作为强制性或推荐性标准的建议

建议该标准为推荐性行业标准，供相关组织参考采用。

十、 贯彻标准的要求和措施建议

本标准属于钛-钢复合板产品重要的理化检测方法之一，为使标准在行业内更好地发挥作用，建议针对本标准制定切实可行的贯彻措施，做好宣传培训工作，让其在行业内得以广泛推广。同时，对标准的执行情况进行跟踪调查，及时发现标准执行过程中的问题，不断完善，提升标准水平，提高标准的科学性、合理性、协调性和可操作性。

十一、 废止现行有关标准的建议

本标准为新制定标准，无废止其它标准的建议。

十二、 标准实施的预期作用

本标准充分考虑了我国钛钢爆炸复合板生产企业和使用加工企业的生产工艺水平。本标准颁布执行后，可以规范钛-钢爆炸复合板界面硬度的检测工作，满足复合板生产市场的需求，有利于市场公平交易，有较大的社会效益。

十三、 其他应予说明的事项

起草单位变更说明：西安汉唐分析检测有限公司是由西北有色金属研究院和西部材料股份有限公司两家企业的分析检测部门联合成立，成立日期为2018年8月20日。我公司成立后，原有两家单位不保留检测业务和人员设备。本标准的制定人员均已划拨到西安汉唐分析检测有限公司。为更好的完成标准起草工作，便于标准的后续推广以及其他使用单位咨询标准相关内容，特将本标准制订工作单位由西部材料股份有限公司更改为西安汉唐分析检测有限公司。

《钛-钢爆炸复合板界面硬度测试方法》

行业标准编制小组

2019年9月