ICS 25.220.20
A 29

中华人民共和国国家标准

GB/T 19824—2005

热喷涂　热喷涂操作人员考核要求

Thermal spraying—Approval testing of thermal sprayers

(ISO 14918:1998,MOD)

2005-06-23 发布　　2005-12-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

前　言

本标准修改采用 ISO 14918:1998《热喷涂　热喷涂操作人员考核要求》(英文版)。

本标准根据 ISO 14918:1998 重新起草。本标准对 ISO 14918:1998 作了下列修改:

——取消了 ISO 14918 的前言;

——取消了 ISO 14918 的附录 ZA(资料性附录)“与参考的欧洲标准相对应的国际标准”;

——用“本标准”代替“本国际标准”;

——引用了部分采用国际标准的我国国家标准。

本标准附录 A、附录 B 均是规范性附录,附录 C 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国金属与非金属覆盖层标准化技术委员会归口。

本标准负责起草单位:武汉材料保护研究所。

本标准主要起草人:李秉忠、张海成、董志红、胡有权、周新制、胡箭星。

引　言

本标准给出了热喷涂操作人员资格考核要点。

热喷涂产品的质量取决于热喷涂操作人员的操作技能和业务知识。

热喷涂操作人员遵循口头和书面说明的能力及技能考核是保证热喷涂产品质量的重要因素。

本标准的目的在于为考核机构提供考核热喷涂操作人员对各应用领域的胜任能力的基本认识。除非有关应用标准规定了更严格的考核，否则应按本标准规定进行考核。

只有热喷涂操作人员持续从事资格范围内的热喷涂工作，其技能和业务知识才能继续得以认可。

自本标准发布之日起，所有新资格审核均需按本标准进行。

热喷涂　热喷涂操作人员考核要求

1　范围

本标准提出了热喷涂操作人员资格考核的程序。规定了热喷涂操作人员资格考核的基本要求、考核范围、考核条件、认可要求和资格证书。

资格考核中，要求热喷涂操作人员对热喷涂工艺、材料及安全性具备一定的实践经验和专业知识，相关资料见附录A。

当标准、厂家、检验当局或其他组织要求审查热喷涂人员操作资格时采用本标准。

本标准涉及的热喷涂工艺涵盖手工操作和机械化施工。

由于热喷涂自动化装置的多样性与专业化，在那些热喷涂操作人员对热喷涂过程没有直接影响的场合，本标准不适用。

资格证书由专职的考官或考核机构颁发。

2　规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 230.1～230.3　金属洛氏硬度试验(ISO 6508，MOD)

GB/T 4340.1　金属维氏硬度试验　第1部分：试验方法(eqv ISO 6507-1)

GB/T 8642　热喷涂　抗拉结合强度的测定(ISO 14916，MOD)

GB/T 8923　涂装前钢材表面锈蚀等级和除锈等级(eqv ISO 8501-1)

GB/T 9793　金属和其他无机覆盖层　热喷涂　锌、铝及其合金(eqv ISO 2063)

GB/T 18719　热喷涂　术语、分类(ISO 14917，MOD)

GB/T 19356　热喷涂　粉末　成分和供货技术条件(ISO 14232，MOD)

3　术语和定义

GB/T 18719中确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

热喷涂操作人员　thermal sprayer

用手工或机械化装置进行热喷涂作业的人员。

3.1.1

手工热喷涂　manual thermal spraying

手工操作喷枪或焊炬。

3.1.2

机械化热喷涂　mechanized thermal spraying

工艺的一些过程采用机械化，喷枪或焊炬不用手工操作。

3.1.3

自动化热喷涂　automatic thermal spraying

热喷涂工艺的所有典型操作全部采用机械化装置并实现程序化控制，其中包括工件的转运和装卸。

手工、机械化、自动化热喷涂术语简列于表1。

表 1 热喷涂术语

术语	喷枪移动	工件移动	工件装/卸
手工	手工	手工/机械化	手工/机械化
机械化	机械化	机械化	手工
自动化	机械化	机械化	机械化

3.2

考官或考核机构 examiner or examining body

检查验证是否符合标准规定的个人或机构。

3.3

认可标准细则 specific acceptance criteria

特定热喷涂技术或应用领域的热喷涂操作人员资格考核的详细文件。

3.4

试件 test piece

在本标准中，是指用于资格考试的热喷涂工件。

3.5

试样 test specimen

在本标准中，是指为进行指定的分析试验而从试件上切取的部分。

3.6

测验 test

在本标准中，是指一系列的操作，包括热喷涂试件的制备、其后的破坏性或非破坏性试验及其结果的评价。

4 资格考试基本要求

4.1 通则

为鉴定热喷涂操作人员在这些领域的能力，应按本章细则进行考核。

热喷涂操作人员资格考试在试件上进行，且与结构类型无关。

所有热喷涂操作人员都应进行与热喷涂工艺和操作相关的基础业务知识和专业知识的考核，见附录 A。

4.2 设备操作

应考核确定热喷涂操作人员具备的设备知识，详见附录 A 中 A.4.3。

4.3 遮蔽工序

应考核确定热喷涂操作人员在表面预处理和喷涂中合理遮蔽方面所具备的知识。

4.4 表面预处理

热喷涂操作人员应能判断用于资格考试的热喷涂试样表面是否合格，他还应能在资格考试过程中对已进行适当表面处理后的试样表面进行维护。

4.5 环境条件

热喷涂操作人员应能判断试件喷涂的环境条件是否合适，如：温度、湿度、露点。

4.6 应用的设备

用于热喷涂操作人员考核的试验结果，应采样于那些用实际生产设备或考核机构认可并与实际生产设备性能指标一致的相似设备所制备的试件。

5 资格考试范围

5.1 通则

热喷涂操作人员应按照特定的涂层制备工艺和应用方式进行资格考核，某一资格考核仅对特定的涂层制备工艺和应用方式有效。本标准涵盖的热喷涂工艺和应用方式见5.2。

5.2 热喷涂工艺

5.2.1 热喷涂工艺类别

根据GB/T 18719所述，本标准包括以下热喷涂工艺：

——火焰喷涂；

——电弧喷涂；

——等离子喷涂；

——高速火焰喷涂；

——粉末喷涂；

——线材喷涂/棒材喷涂/芯材喷涂。

5.2.2 应用方式

——手工；

——机械化。

5.2.3 材料

附录B给出的材料是资格考试的专用材料。以下给出每种工艺所适用的材料，仅作为参考。

a) 火焰喷涂/电弧喷涂：

——金属及合金(工程用)；

——锌、铝及其合金(防腐用)。

b) 火焰喷涂：

——自熔合金。

c) 等离子喷涂：

——金属及合金；

——陶瓷；

——金属陶瓷/碳化物。

d) 高速火焰喷涂：

——金属及合金；

——金属陶瓷。

5.3 资格审查范围

热喷涂操作人员首次资格考核要求的分类与以上5.2中的分类有所不同。获得某种类型(工艺及应用方法)的资格并不代表具有其他专业类型的热喷涂操作技能或经验。

热喷涂操作人员资格等级标示方法为：热喷涂工艺-应用方法，如手工操作等离子喷涂设备应写为“等离子-手工”。另外还包括那些源自本标准的资格审查用喷涂材料类型(5.2.3)资料。

5.4 监督

对试件进行热喷涂和试验时均应有审核机构的人员在场。

5.5 试件的形状和尺寸

试件和试样的形状和尺寸详见每种热喷涂工艺的认可标准细则(见附录B)。

5.6 试验方法

详见认可标准细则。进行金相检查的试样应与同时用同种方法镶嵌和抛光的符合要求的标准试件进行比较，以避免金相制备上的差异。

5.7 试件验收要求

试件验收要求详见认可标准细则。试件应按认可标准细则中每种喷涂工艺及材料所规定的验收要求进行评估打分。

5.8 考核用喷涂材料

对于5.2.1所列的每种工艺设备，5.2.3都详细给出了不同种类的耗材。热喷涂操作人员可从中任选一种类型的材料进行考核，但具体使用哪一种则必须是认可标准中指定的材料。

例如一等离子喷涂操作人员可以选择考核喷陶瓷操作，在这类材料里认可标准细则规定使用Al_2O_3/TiO_2(87/13)(喷涂粉末 GB/T 19356-12.3-45/22-混合粉)作为实际考查材料。

6 考试和测验

热喷涂操作人员考试分两步进行，首先应通过业务知识考试以确定其工艺知识，随后进行操作实践测试以验证其在相应领域的技能。

6.1 业务知识考试

热喷涂操作人员应较好地完成涵盖适当涂层工艺、应用方法和材料的考试，笔试卷应由发证机构负责准备，考试具体内容见附录A。

6.2 操作实践考试

应考核确定热喷涂操作人员是否具备热喷涂工序所需要的技能，详细内容见认可标准细则(参见附录A和附录B)。

7 复试

7.1 通则

如果热喷涂操作人员未能通过本标准的考核要求，可由考官按认可细则酌情安排复试，但是未经再培训或离上次考试超过3个月者不得参加复试。

7.2 追加测试

如果在喷涂过程中，由于外在原因使得操作人员无法喷涂合格试样，故障排除后可重新测试一次。

8 有效期

8.1 初审认定

热喷涂操作人员资格认定从所有规定考试均合格之日起开始生效，这个日期可能与证书上的发布日期有所不同。

热喷涂操作人员资格认定的有效期为3年，其间雇主/协调人每隔6个月需提供一份相关证明，同时满足下列所述条件。

8.2 延长期限

8.2.1 期限

热喷涂操作人员资格需每3年复审一次。

8.2.2 热喷涂操作人员和喷涂生产

热喷涂操作人员从事热喷涂生产离岗间隔时间不得达到或超过6个月。

8.2.3 热喷涂工作的中断期限

6个月未从事热喷涂作业的热喷涂操作人员应按首次资格考核程序重新进行资格认定。

8.3 要求

资格正常到期后，重新申请考核要求制备合格的热喷涂试样，如果在重新申请资格后6个月内达到上述要求，则不需进行业务知识考试。

8.4 时间安排

热喷涂操作人员和雇主有责任保证按期进行资格复审。

8.5 热喷涂资格的期满或注销

热喷涂操作人员资格期满或注销后，将不允许从事本标准涵盖的热喷涂作业。

9 证书

9.1 终审认定

热喷涂操作人员资格最终审定取决于其是否具有正确熟练地操作设备和喷涂合格试件的能力。

9.2 记录

合格证记录和考试结果应由发证机构保存 10 年。

10 标示

热喷涂操作人员资格考试标示应包括以下内容：

——标准号；

——热喷涂工艺；

——应用方式。

示例：热喷涂操作人员考核要求 GB/T 19824 火焰喷涂-手工。

附 录 A
（规范性附录）
业务知识

A.1 通则

首次申请热喷涂操作资格的人员必须参加业务知识考核。

本附录概述了热喷涂操作人员应掌握的业务知识，这些都是保证工序顺利进行及正常操作所必须遵守的规程。

热喷涂操作人员业务知识实际考核可采取下列方法的任何一种或几种方法同时进行：

——笔试；

——口试；

——计算机考试；

——表演/观察考试。

业务知识考核仅限于考核中所用的热喷涂工艺方面的内容。

A.2 要求

热喷涂操作人员业务知识应注重考核下述内容。

A.2.1 热喷涂设备

要点：包括热喷涂操作人员将进行资格考试的具体工艺所用的气/电能量供应设备、基本构件、冷却系统。

A.2.2 热喷涂工艺

要点：包括工件的表面预处理、几何形状、遮蔽、喷涂中的测量方法、参数控制、工件存放和后处理。

A.2.3 基体材料和耗材

包括鉴别、存放、管理。

A.2.4 安全和事故预防

要点：欲取资格相应工艺中安全装置的开启与关闭程序和步骤、个人防护、火灾危害、粉尘爆炸、电气危害、回火、泄漏检测、辐射、噪音。

A.2.5 热喷涂涂层试验方法

目视检测；结合强度、涂层结构和涂层缺陷的基本知识。

A.3 资格考试中的表面预处理

热喷涂操作人员应证明其对清洗、除脂、各种表面机械毛化方法、预热和存放的作用有所了解，这样他就能对基体表面的预处理质量进行评价。

热喷涂操作人员应能判断表面状况是否适应设计的涂层体系。

热喷涂操作人员应证明其知道喷砂清洁度和轮廓的影响以及不同类型的涂层对表面预处理等级的要求。

考试中，应将如下不适当的、适当的及较好的试件表面提交给热喷涂操作人员：

a) 抛丸制备的清洁但没有尖锐轮廓的表面；

b) 喷砂时间太短，脏污过多的表面；

c) 喷砂时间太长，轮廓被打平的表面；

d) 被油或灰尘污染的表面；

e) 正确的喷砂制备的具有较好的尖锐轮廓、适于喷涂的清洁金属表面。喷砂处理后的表面应远离其他喷涂操作产生的灰尘、破碎的砂粒等。

热喷涂操作人员应被询问哪一种试件合格及为什么，也应询问不合格的原因，如污染等的影响。热喷涂操作人员还应了解可能造成喷涂表面质量等级降低的其他因素。

A.4 资格考试中应考的其他要点

A.4.1 材料存放

热喷涂操作人员须证明其具有喷涂材料(耗材)贮存条件和管理及其对涂层质量的影响方面的知识。

A.4.2 遮蔽工序

应考核确定热喷涂操作人员在表面预处理和喷涂两工序中是否具有适当遮蔽方法方面的知识。一个工件的某一区域不喷涂，通常将之遮蔽起来，可采用不同的方法，根据工件的几何形状和待喷涂层的类型确定哪一种方法是最适宜的。例如：纸带能用于喷锌时的遮蔽，但不能用于高熔点材料或喷砂遮蔽保护。

热喷涂操作人员应显示出对手头的工作有正确的认识方法。

A.4.3 设备操作

应考核确定热喷涂操作人员设备方面的知识。他应按热喷涂设备制造商提供的步骤和操作指南操作设备。热喷涂操作人员的知识不应只局限于正常操作，相反，当设备运行不正常时他应能足够熟练地辨析。

A.4.4 涂层应用

热喷涂操作人员应能评价待喷零件的表面预处理状况，考虑像孔、扣件等几何因素，能够安装操作设备、制备涂层及评价涂层质量的好坏。

A.4.5 安全方面：有关个人健康、全部设备的安全操作及环境安全要求

热喷涂操作人员在实际考核期间须显示出具有这些领域的知识，尤其应该注意电、燃气、空气的所有连接处理是否适当，因为历史上绝大多数事故(包括金属喷涂设备)都因这些连接不当而引起。

附 录 B
（规范性附录）
认可标准细则

B.1 火焰或电弧喷涂：防腐用锌、铝及其合金材料

B.1.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。特别需要注意的是：喷枪与基体表面间的距离应遵循厂家的建议，且尽可能垂直于基体表面，制备的涂层无大颗粒、灰尘粘附，涂层表观细密，厚度均匀。

B.1.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.1 所示。它是由轧制低碳钢等边角钢制备，角钢尺寸为 8 mm(厚)×500 mm(长)×150 mm(单边宽)。喷涂之前，应对其进行喷砂预处理，如果表面预处理未达到 GB/T 8923 中规定的要求以及环境条件不符合要求，不允许进行热喷涂。预处理合格后的试件两内表面喷涂 Al 涂层，涂层厚度≥0.15 mm。

B.1.3 涂层检测

B.1.3.1 涂层厚度

应向热喷涂操作人员提供测厚仪，他有不超过 3 次机会来测量涂层厚度。随后评审人员再使用同一台仪器按 GB/T 9793 规定全面检测板材的涂层厚度及厚度均匀性。如果所有测试点的涂层厚度都在 0.15 mm～0.25 mm 之间，则认为该热喷涂操作人员通过了该项考核。

B.1.3.2 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附、夹杂和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.1.3.3 涂层结合力

结合力试验应按 GB/T 9793 进行。

B.2 火焰或电弧喷涂：工程用金属及合金材料

B.2.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。特别需要注意的是：喷枪与基体表面间的距离应遵循厂家的建议，且尽可能垂直于基体表面，制备的涂层无大颗粒、灰尘粘附，涂层表观细密，厚度均匀。

B.2.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.2。它是由低碳钢圆棒制备，圆棒尺寸为 ϕ75 mm×250 mm(长)，在其中部下切 0.5 mm(深)×150 mm(长)的环槽。热喷涂操作人员在环槽中喷涂留有足够厚度加工余量的不锈钢(喷涂粉末 GB/T 19356-6.5-45/22 雾化粉或相同材质的线材)涂层，然后采用适当的机加工方式，将其加工至 ϕ75 mm 尺寸。

B.2.3 涂层检测

B.2.3.1 涂层厚度

确定涂层应该达到的厚度是热喷涂操作人员的职责，但无论如何涂层厚度都不应超过 1.0 mm，借助机械旋转获得的涂层厚度应不超过 0.8 mm，至少应沿棒材轴向检测 4 个位置的涂层厚度。

B.2.3.2 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附和夹杂、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺

陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.2.3.3 机械加工

目视检查后，应将试棒加工至 ϕ75 mm 以进一步检查涂层厚度是否满足要求。如果按规定尺寸加工后未超过涂层范围，且所有涂层表面都被加工，则认为该热喷涂操作人员已通过了厚度考查。

应检查机加工面是否有过热、过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.2.3.4 涂层结合力

每次结合力试验应按 GB/T 8642 规定采用 6 个试件进行，检测结果最大误差应小于 20%。

B.3 火焰喷涂：工程用自熔性合金材料

B.3.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。特别需要注意的是：喷枪与基体表面间隔为 100 mm～150 mm，且尽可能与基体保持垂直，制备的涂层无大颗粒、灰尘粘附，涂层表观细密，厚度均匀。

B.3.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.3，它是将一根 ϕ75 mm×250 mm(长)的普通低碳钢圆棒，在其两端 75 mm 处下切至 ϕ50 mm。热喷涂操作人员喷涂硬度为 40HRC 的 Ni 基自熔合金(喷涂粉末 GB/T 19356-2.10-106/53 雾化粉)到适当的厚度后再进行重熔，最后，采取适当的机加工方法将其分别加工至 ϕ77 mm 和 ϕ52 mm 尺寸。热喷涂操作人员应该知道涂层应达到的厚度，并对喷涂层进行重熔。

B.3.3 喷涂和重熔涂层检测

B.3.3.1 喷涂和重熔表观

考官应采用同一喷涂和重熔试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.3.3.2 机械加工

目视检查后，应用单头刀具将试棒分别加工至 ϕ77 mm 和 ϕ52 mm，以进一步检查涂层厚度是否满足要求。如果按规定尺寸加工后未超过涂层厚度范围，且所有涂层表面都被加工，则认为该热喷涂操作人员已通过了厚度考查。

应检查机加工面是否有过热、过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.3.3.3 硬度试验

应按 GB/T 230.1～230.3 规定进行洛氏硬度试验，硬度应在 38 HRC～42 HRC 的范围内。

B.4 等离子喷涂：工程用金属及合金材料

B.4.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。

B.4.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.4。它是由低碳钢圆棒制备，圆棒尺寸为 ϕ50 mm×250 mm(长)，在其中部下切 0.5 mm(深)×150 mm(长)的环槽。热喷涂操作人员在环槽中喷涂留有足够厚度加工余量的 Ni/Cr80/20 合金(喷涂粉末 GB/T 19356-3.1-45/5 雾化粉)涂层，然后采用适当的机加工方式，将其加工至 ϕ50 mm 尺寸。

B.4.3 涂层检测

B.4.3.1 涂层厚度

确定涂层应该达到的厚度是热喷涂操作人员的职责，但无论如何涂层厚度都不应超过 1.0 mm，借

助机械旋转涂层厚度应不超过 0.8 mm，至少应沿棒材轴向检测 4 个位置的涂层厚度。

B.4.3.2 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附、夹杂、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.4.3.3 机械加工

目视检查后，应将试棒加工至 ϕ50 mm 以进一步检查涂层厚度是否满足要求。如果按规定尺寸加工后未超过涂层厚度范围，且所有涂层表面都被加工，则认为该热喷涂操作人员已通过了厚度考查。

应检查机加工面是否有过热、过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.4.3.4 涂层结合力

每次结合力试验应按 GB/T 8642 规定采用 6 个试件进行，检测结果最大误差应小于 20%。

B.5 等离子喷涂：工程用金属陶瓷/碳化物材料

B.5.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。

B.5.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.5。它是一根低碳钢管，尺寸为 ϕ50 mm×5 mm(壁厚)×150 mm(管长)。热喷涂操作人员喷涂留有足够厚度加工余量的 WC/Co 83/17(喷涂粉末 GB/T 19356-11.13-45/10 团聚烧结粉)涂层，涂层厚度最小 0.2 mm，且不大于 0.5 mm。

B.5.3 涂层检测

B.5.3.1 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.5.3.2 机械加工

目视检查后，应将管件磨削消除喷涂纹理，检查磨削面是否有过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.5.3.3 涂层结合力

每次结合力试验应按 GB/T 8642 规定采用 6 个试件进行，检测结果最大误差应小于 20%。

B.5.3.4 显微硬度

显微硬度按 GB/T 4340.1 规定对涂层的断面进行维氏硬度 HV0.3 值的测定，取 10 点(≥900 HV 0.3)平均值为测量值，压痕角处应无裂纹。

B.5.3.5 金相检测

涂层金相检测，应无过多的横向裂纹、分层、基体与涂层界面孔穴。

B.6 等离子喷涂：工程用陶瓷材料

B.6.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。

B.6.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.5。它是一根低碳钢管，尺寸为 ϕ50 mm×5 mm(壁厚)×150 mm(管长)。热喷涂操作人员喷涂留有足够厚度加工余量的 Al_2O_3/TiO_2 87/13(喷涂粉末 GB/T 19356-12.3-45/22 混合粉)涂层，涂层厚度最小 0.3 mm，且不大于 0.5 mm。

B.6.3 涂层检测

B.6.3.1 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样采检查涂层表观，有无大颗粒粘附、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.6.3.2 机械加工

目视检查后，应将管件磨削消除喷涂纹理，检查磨削面是否有过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.6.3.3 涂层结合力

每次结合力试验应按 GB/T 8642 规定采用 6 个试件进行，检测结果最大误差应小于 20%。

B.6.3.4 显微硬度

显微硬度按 GB/T 4340.1 对涂层断面进行维氏硬度 HV0.3 的测定，取 10 点(≥700 HV0.3)平均值为测量值。

B.6.3.5 金相检测

涂层金相检测，应无横向裂纹、分层、基体与涂层界面孔穴。

B.7 高速火焰喷涂：工程用金属及合金材料

B.7.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。

B.7.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.5。它是一根低碳钢管，尺寸为 ϕ50 mm×5 mm(壁厚)×150 mm(管长)。热喷涂操作人员喷涂留有足够厚度加工余量的 316L(喷涂粉末 GB/T 19356-6.5-45/22 雾化粉)涂层，涂层厚度最小 0.3 mm，且不大于 0.5 mm。

注：如果设备不适于该级粒度粉末，可采用其他粒度替代。

B.7.3 涂层检测

B.7.3.1 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.7.3.2 机械加工

目视检查后，应将管件磨削消除喷涂纹理，检查磨削面是否有过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.7.3.3 涂层结合力

每次结合力试验应按 GB/T 8642 规定采用 6 个试件进行，检测结果最大误差应小于 20%。

B.7.3.4 金相检测

涂层金相检测，应无横向裂纹、分层、基体与涂层界面孔穴。

B.8 高速火焰喷涂：工程用金属陶瓷材料

B.8.1 说明

无论哪种类型的设备，热喷涂操作人员都应按设备说明书的要求安装使用。

B.8.2 试件的制备

试件尺寸如图 B.5。它是一根低碳钢管，尺寸为 ϕ50 mm×5 mm(壁厚)×150 mm(管长)。热喷涂操作人员喷涂留有足够厚度加工余量的 WC/Co 83/17(喷涂粉末 GB/T 19356-11.13-45/10 团聚烧结粉)涂层，涂层厚度最小 0.3 mm，且不大于 0.5 mm。

B.8.3 喷涂涂层测试

B.8.3.1 喷涂表观

考官应采用同一喷涂试样来检查涂层表观，有无大颗粒粘附、裂纹和鼓泡。如果没有这类缺陷，则认为该热喷涂操作人员通过该项考试。

B.8.3.2 机械加工

目视检查后，应将管件磨削消除喷涂纹理，检查磨削面是否有过多的孔隙、裂纹及脱落，注意区分喷涂和机加工对涂层影响的不同之处。

B.8.3.3 涂层结合力

每次结合力试验应按 GB/T 8642 规定采用 6 个试件进行，检测结果最大误差应小于 20%，最小结合强度为 60 MPa。

B.8.3.4 显微硬度

显微硬度按 GB/T 4340.1 规定对涂层断面进行维氏硬度 HV0.3 的测定，取 10 点(≥1 000HV0.3)平均值为测量值，压痕角处应无裂纹。

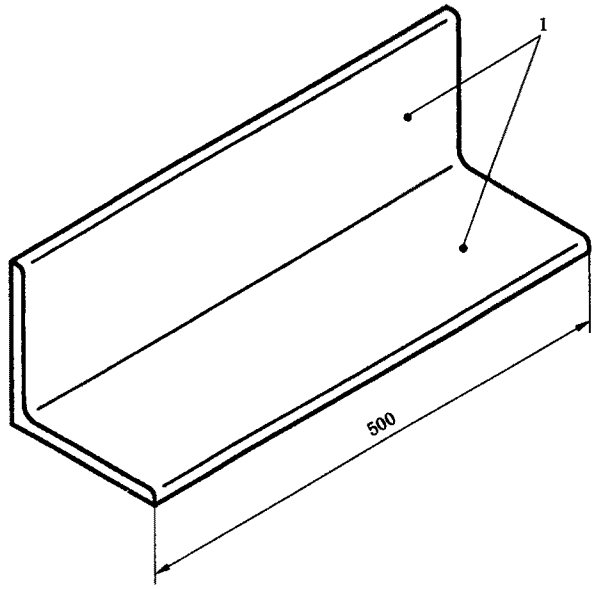
B.8.3.5 金相检测

涂层金相检测，应无横向裂纹、分层、基体与涂层界面孔穴。

B.9 认可标准细则一览表(表 B.1)

表 B.1

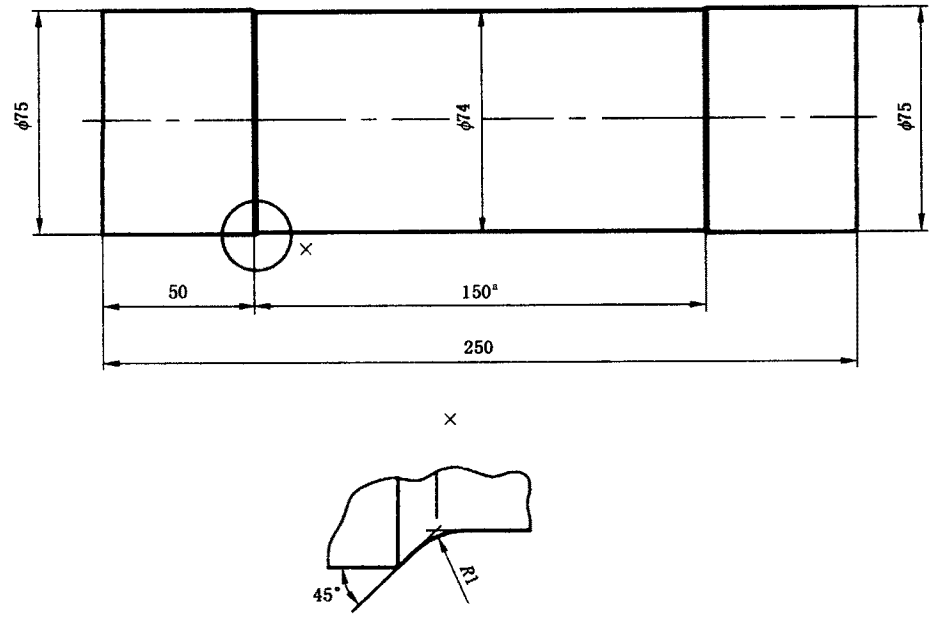
工艺	火焰喷涂/(粉末、线材或棒材)电弧喷涂			等离子喷涂			高速火焰喷涂	
材料种类	锌/铝及合金	金属及合金	自熔性合金	金属及合金	金属陶瓷/碳化物	陶瓷	金属及合金	金属陶瓷
喷涂材料牌号粒径范围(GB/T 19356)	锌、铝及其合金	不锈钢 6.5-45/2 雾化粉 或同种线材	Ni 基合金 40HRC-2.10-106/53 雾化粉	Ni/Cr80/20 3.1-45/5 雾化粉	WC/Co 83/17 11.13-45/10 团聚烧结粉	Al_2O_3/TiO_2 87/13 12.3-45/22 混合粉	316L 6.5-45/22 雾化粉	WC/Co 83/17 11.13-45/10 团聚烧结粉
试件形状	带直角的平板 150 mm × 500 mm×8 mm 图 B.1	直径 75 mm 的圆棒中部下切 图 B.2	直径 75 mm 的圆棒两端下切 图 B.3	直径 50 mm 的圆棒中部下切 图 B.4	管 50 mm × 5 mm ×150 mm 图 B.5	管 50 mm × 5 mm ×150 mm 图 B.5	管 50 mm × 5 mm ×150 mm 图 B.5	管 50 mm × 5 mm ×150 mm 图 B.5
要求的涂层厚度	>0.15 mm 且 ≤0.25 mm	<1.0 mm(手工), <0.8 mm(机械)		<1.0 mm(手工), <0.8 mm(机械)	≥0.2 mm 且 <0.5 mm	≥0.3 mm 且 <0.5 mm	≥0.3 mm 且 <0.5 mm	≥0.3 mm 且 <0.5 mm
目视检查:不得有								
—大熔滴	×	×	×	×	×	×	×	×
—夹尘	×	×	—	×	×	—	—	×
—鼓泡	×	×	×	×	×	×	×	×
—裂纹	—	—	×	×	×	×	×	×
机加工试验	—	×	×	×	×	×	×	×
结合力试验(GB/T 9793)	×	—	—	—	—	—	—	—
结合力试验(GB/T 8642)	—	×	—	×	×		×	≥60 MPa
硬度试验	—	—	38HRC～42HRC	—	≥900 HV0.3	≥700 HV0.3	—	≥1 000HV0.3
金相检查	—	—	—	—	×	×	×	×



1——内表面喷涂。

尺寸单位：mm；公差：±0.1 mm。

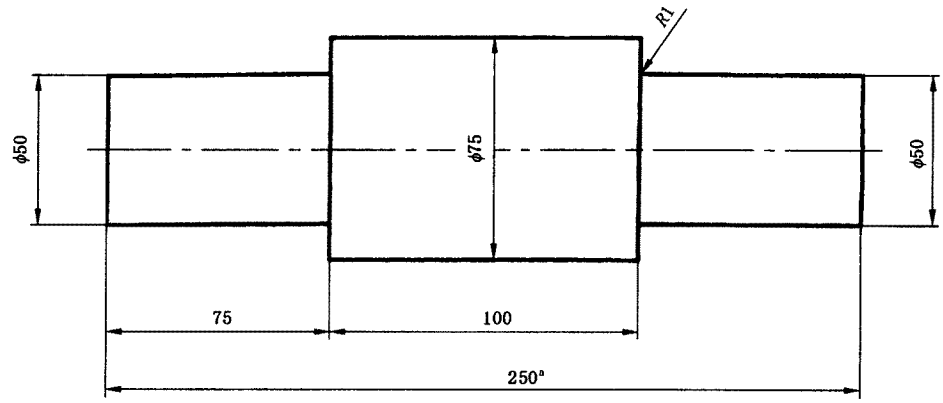
图 B.1　火焰喷涂/电弧喷涂铝、锌及其合金试件



[a] 此区域喷涂。

尺寸单位：mm；公差：±0.05 mm。

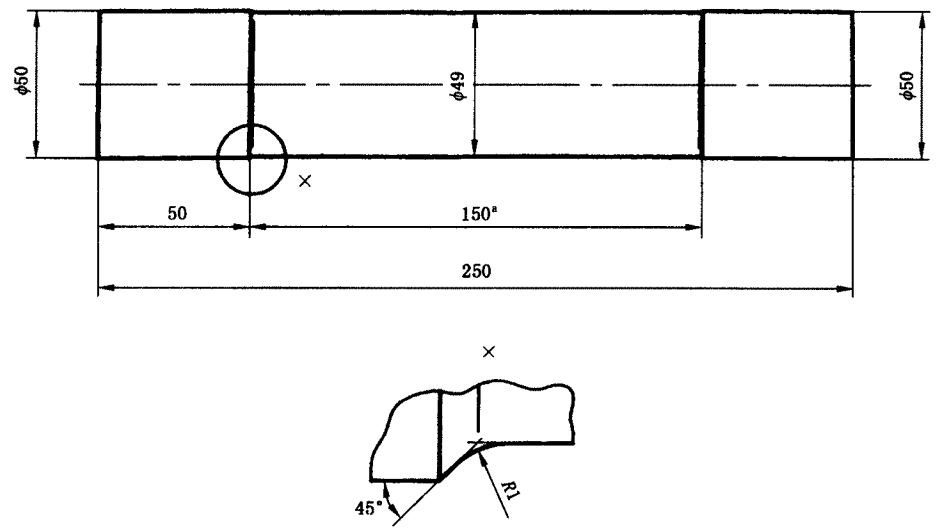
图 B.2　火焰喷涂/电弧喷涂金属及合金试件



a 外圆面全部喷涂。

尺寸单位：mm；公差：±0.05 mm。

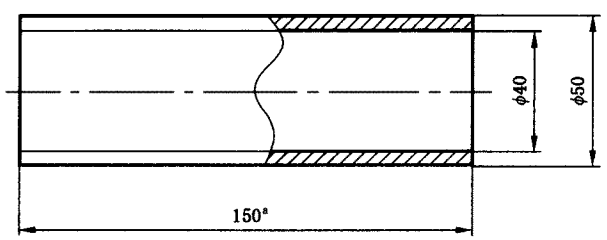
图 B.3 火焰喷涂自熔合金试件



a 此区域喷涂。

尺寸单位：mm；公差：±0.05 mm。

图 B.4 等离子喷涂金属及合金试件



a 此区域喷涂。

尺寸单位：mm；公差：±0.05 mm。

图 B.5 等离子喷涂陶瓷试件，等离子喷涂金属陶瓷/碳化物，高速火焰喷涂金属及合金或高速火焰喷涂金属陶瓷

附 录 C
（资料性附录）
热喷涂操作人员资格考核证书

厂家热喷涂程序规范
参考号(若适用)……

考官或考试机构(盖章)
参考号_____

热喷涂操作人员姓名……
证件类型……
证件号码……
出生日期和出生地……
考核法规/考核标准……

贴照片处
(若需要)

业务知识(只要求初次参加资格考试者):合格/不合格

	热喷涂操作人员编号	热喷涂考核细目
热喷涂工艺		
应用方法		
参考资料		
喷涂材料(类型/牌号)		

适用的附表和/或热喷涂程序规范方面附加资料:

考核类型	不需要	完成和认可情况
目视检查		
机加工试验		
依照 GB/T 9793 进行的结合力试验		
依照 GB/T 8642 进行的结合力试验		
硬度试验		
金相试样		
附加考试(如果需要单独附上表格)		

姓名、日期和签名……
考官或考试机构……
发布日期……
地址……

资格有效期至.....

考官或考试机构3年资格延期如下(参见8.2)：

日期	签名	职务或职称

雇主/协调人6个月的资格延期如下(参见8.1)：

日期	签名	职务或职称