

ASME 锅炉及压力容器规范 新材料的批准要求

宁冬, 姚伟达

(上海核工程设计研究院, 上海 200233)

摘要: 本文依据 ASME-BPV 规范, 对新材料批准的方针、新材料申请的力学性能及其他性能要求、新材料申请和批准的流程、认可的国家或机构要求及新材料批准的规范案例等方面要求进行了说明和论述, 同时对我国材料制造业普遍关心的 ASME-BPV 规范的核电材料制造取证也进行了简要阐述。

关键词: ASME 规范; 新材料; 力学性能; ASME 取证

1 前言

美国机械工程师学会锅炉与压力容器规范 (ASME-BPV) 由美国机械工程师学会 (ASME) 编制。1914 年首次出版, 之后每年在用户的反馈意见基础上并吸收最新的技术成果, 对相应章节进行修订, 定期 (7 月 1 日) 发放“增补”版, 即对内容的修订版本。ASME-BPV 规范每三年升版一次。

ASME-BPV 规范是目前国际上关于核电厂部件的设计、制作、检测、试验、在役检查等方面比较通用和代表性的规范之一, 是世界上最早颁布和使用的核电厂和其他核设施设计建造规范; 后被一些国家参照和采纳, 并在其基础上发展成具有自己国家特色的标准规范体系。ASME-BPV 规范也可作为建立我国核电规范标准体系的重要参照范本。

ASME-BPV 规范中考虑到随着工业和科学技术水平的不断发展, 具有更高性能的新材料会不断开发出来, 并且新材料的出现不仅限于美国本土, 也会在其他国家或国际机构; 另外, 其他国家也会在锅炉、压力容器及核电部件设计、制作中采用本国的成熟材料。我国核

电工业界正在积极推动核电材料国产化以及自主知识产权的核电新材料研发。未来会有更多的国产化和新核电材料被开发出来。

在 ASME-BPV 规范第 II 卷中规定了新材料批准的指南, 它是一种强制性要求。

本文依据 ASME-BPV 规范, 对新材料批准的方针、新材料申请的力学性能及其他性能要求、新材料申请和批准的流程、认可的国家或机构要求及新材料批准的规范案例等方面要求进行了说明和论述, 同时就我国材料制造业普遍关心和遇到问题的 ASME-BPV 规范的核电材料制造的取证也进行了简要阐述。

ASME-BPV 规范第 II 卷及第 III 卷, 包括对新材料的批准要求, 整套的锅炉、压力容器及核电设备材料的设计、制作、检测等要求。这对我国引进、消化、吸收和掌握第三代核电技术以及自主建立我国核电规范标准体系具有借鉴意义和参考价值。

2 新材料申请和批准的方针

ASME-BPV 规范对新材料申请和批准的方针是:

(1) 第 II 卷所包括的材料标准只是已被

美国材料与试验学会 (ASTM) 和美国焊接学会 (AWS) 所采用的标准以及其他认可的国家或国际机构所采用的标准。通常情况是已有认可的国家或国际机构标准的材料才能获得 ASME 规范的批准。

(2) 申请者应同时通知材料标准制定机构, 其向 ASME 委员会提出了申请并需该机构授权 ASME 委员会翻印申请的标准。对于没有认可机构标准的材料, 申请者应向相关机构申请制定能向 ASME 规范委员会提交的材料标准。

(3) ASME-BPV 规范委员会只考虑由锅炉、压力容器和核设施部件生产商或最终用户提出的采用新材料的申请。

另外, 在新材料申请时, 申请者应向委员会明确: 新材料应编入规范的哪一卷或哪些卷和分册; 新材料的使用条件, 如使用温度范围、是否考虑循环运行, 是否考虑承受外压的运行; 以及新材料所有产品型式、尺寸范围及引用的标准。

3 新材料申请的力学性能要求

除向 ASME-BPV 委员会提供材料的标准外, 申请者还应向委员会提供足够的材料相关数据, 用于确定相关表中所列的设计值的基础。表 1 给出了新材料申请时需提供的对力学性能要求的数据。

3.1 常规力学性能要求

常规力学性能包括抗拉强度、屈服强度、断面收缩率和伸长率。试验温度范围为从室温到比最高预计使用温度高 50℃, 温度间隔为 50℃。并应说明达到该力学性能的所有热处理要求。

对用于规范的韧性规则材料, 还要提供申请材料的缺口韧性的数据。数据为在预计最低金属使用温度下和材料厚度范围内的试验结果。对焊接结构, 则应包括用预定焊接方法焊制的焊缝金属和热影响区的缺口韧性试验

结果。

若材料在低于室温条件下使用或设计在较低温度下增加强度, 材料申请者还应提供 50℃ 温度间隔至预计最低金属使用温度不随时间变化的性能数据。

表 1 新材料申请的力学性能数据

力学性能	性能数据	说明
常规力学性能	抗拉强度	室温到比最高设计温度高 50℃; 50℃ 温度间隔
	屈服强度	
	断面收缩率	
	伸长率	
	缺口韧性	最低使用温度和材料全厚度
	同上述各项	低于室温下使用; 50℃ 温度间隔至预计最低金属使用温度
随时间变化力学性能	断裂应力数据	比性能随时间变化时的温度低 25℃ 的温度至比最高预计使用温度高 50℃ 的温度
	蠕变速率	
外压和应力循环下力学性能	应力-应变曲线	预计使用温度; 50℃ 温度间隔
	疲劳性能	设计温度范围

3.2 随时间变化力学性能要求

若随时间变化的力学性能控制材料的设计值, 则应提供随时间变化的力学性能数据, 数据温度范围从低于性能随时间变化温度约 25℃ 的温度到比最高预计使用温度高 50℃ 的温度。这些数据包括测定断裂应力和蠕变速率数据。

断裂应力数据为对数坐标时间间隔, 在每一试验温度下正常时间间隔为 100h、300h、800h、2200h 和 6000h。在对数坐标时间间隔相等的断裂时间的应力下至少 3 个附加试验。若时间更长和附加试验更多则会得到更好的试验结果。两个连续试验温度的间隔应选择为对 2 个相邻温度在任何给定应力作用下断裂寿命相差应不大于约 10 倍。通常最大试验时间不超过 6000h, 试验温度间隔为 25℃。

与断裂应力数据相同温度范围内在每一选定温度下最小应力下使最小蠕变速率达到

论
坛

$1.0 \times 10^{-4} \% / h \sim 2.0 \times 10^{-4} \% / h$ 或更小时的最小蠕变速率数据。接受并鼓励提交评价蠕变速率特性的蠕变曲线。

该试验的目标是获得应力-断裂和蠕变速率曲线可推测对每一确定设计应力温度 100000h 断裂及平均蠕变速率为 $10^{-5} \% / h$ 的平均和最小应力。

对于焊接用途的材料, 同样要求提供焊接件和填充金属的充分的随时间变化的性能数据。在力学性能随时间变化范围内, 提供在每一温度下和对每一焊接方法的焊接试样超过 6000h 试验的断裂应力数据; 以及填充金属在蠕变速率小于 $1.0 \times 10^{-4} \% / h \sim 2.0 \times 10^{-4} \% / h$ 下的最小蠕变速率数据。

3.3 外压和应力循环工况下使用的力学性能要求

外压下使用的部件材料, 在预计使用的设计温度范围内按 50°C 温度间隔提供应力-应变曲线(拉伸或压缩)。以图表和数字化形式提供的应力-应变曲线应至少最高达 1% 应变。但在曲线斜率变化急剧区域, 超过比例极限的部位可采用更小的取值间隔, 数字化应力-应变数据应不大于 0.1% 应变。另外, 在这种情况下, 必须验证屈服强度、弹性模量和比例极限。

若材料在循环应力下运行或采用的建造规范要求考虑循环性能, 则申请的新材料需要提供在设计温度范围内的疲劳性能数据。

3.4 力学性能试验的取样和试验方法要求

对所有力学性能, 应是对一种制品型式至少三个炉号的材料, 在每一试验温度下每种力学性能试验所获得的数据。

对于铸造和锻造制品型式, 需提供铸造或锻造制品型式的至少三个炉号的数据。

对于性能与尺寸有关的制品型式, 需提供不同尺寸包括想要采用的最大尺寸制品的数据。

力学性能试验所采用的试验方法应是申请

的该材料标准中的方法或在该材料标准中引用的试验方法; 或者采用适用的 ASTM 试验方法。

4 新材料申请的其他性能要求

新材料的申请者在向 ASME-BPV 规范委员会提供相应的力学性能数据的同时, 还需要向委员会提供足够的其他性能数据。

4.1 物理性能要求

新材料的申请者应向委员会提供以下物理性能数据: 热膨胀系数、导热系数、热扩散系数、杨氏模量、剪切模量、泊松比值。

在建造规范明确要求这些性能数据时, 应提供预计温度范围内以上物理性能数据。

4.2 焊接性能要求

对预计要进行焊接的新材料, 申请者需提供关于材料焊接性能的完整数据。内容包括: 按照 ASME-BPV 规范第 IX 卷要求的工艺评定试验数据。如要求: 焊后热处理、对空气淬硬的敏感性、焊接工艺对热影响区和焊缝金属缺口韧性的影响、以及焊接工艺焊接材料时的大量经验。

并应注意焊接试验在材料用到的全部厚度范围内进行。

4.3 特定条件下的组织稳定性

对于申请批准的新材料, 了解组织稳定性和暴露在工作温度下性能的稳定程度是很重要的。还要了解加工操作, 例如成形、焊接和热加工时, 特别是在出现性能下降时对材料的力学性能、塑性和显微组织的影响。

在工作或热处理的特定温度范围、冷却速率、机械加工和热加工联合进行, 加工操作及暴露在特定环境等引起力学性能、显微组织、抗脆性破坏性能等明显变化时, 须特别注意在运行中或由材料制造零件或容器时避免上述情况。必要时提供关于力学性能、显微组织、抗脆性破坏的资料。

表 2 总结了新材料申请时对于除力学性能

外的其他性能要求。

表2 新材料申请的其他性能要求

新材料申请	性能数据
物理性能	热膨胀系数
	导热系数
	热扩散系数
	杨氏模量
	剪切模量
	泊松比值
焊接性能	按 ASME-BPV 规范第 IX 要求的工艺评定试验
	焊后热处理
	对空气淬硬的敏感性
	焊接工艺对热影响区缺口韧性的影响
	焊接工艺对焊缝金属缺口韧性的影响
	焊接工艺焊接材料时的大量经验
特定条件下的组织稳定性	加工操作及暴露在特定温度下对力学性能、显微组织、抗脆性破坏的影响

5 新材料申请和批准的核对清单及流程

5.1 补充数据要求

在新材料申请过程中, ASME-BPV 规范委员会可能要求补充数据。这些补充数据包括拟采用的建造规范中未明确论述到的性能或材料特性数据。

5.2 新材料申请的核对清单

新材料申请时, 以下是规范委员会要求申请者提交的项目清单:

- (1) 是否已提交了合格申请者的申请?
- (2) 是否已确定是作为对现有规范要求的修改, 还是作为规范案例的申请?
- (3) 申请把新材料包括在标准中的函件是否已送交 ASTM 或 AWS 协会? 其复印件是否已送交规范委员会? 或者该材料是否已被认可的国家或国际机构颁布的标准所覆盖, 并且已经提供了英文版本?
- (4) 是否已标明包括在哪一卷、哪一册的建造规范中?
- (5) 是否已确定作为铁基材料还是非铁基材料, 以及是否已确定如何应用(制品型

式、尺寸范围和标准)?

(6) 是否已确定温度使用范围(最大和/或最小)?

(7) 是否已提交了力学性能数据(对适用制品型式和尺寸的三个熔炼炉号, 从室温至预计最高使用温度以上, 50℃ 温度间隔时进行的抗拉强度、屈服强度、断面收缩率和伸长率)?

(8) 如果包括的温度高于随时间变化的性能开始控制设计值的温度, 是否已提交了母材、焊缝和焊接件的合适的时间-依赖性能数据?

(9) 如果要求包括低于室温的温度, 是否已提交了合适的的数据?

(10) 是否已确定了建造规范要求的韧性考虑和是否已提交了合适的的数据?

(11) 是否已确定了受外压的考虑和是否已提交了为建立外压线算图用的应力-应变曲线?

(12) 是否已确定了周期运行的考虑及运行范围, 以及是否已提交了合适的疲劳性能数据?

(13) 是否已提交了物理性能数据(热膨胀系数、导热率和热扩散系数、杨氏模量、剪切模量和泊松比值)?

(14) 是否已确定了焊接要求和是否已提交了工艺评定数据?

(15) 是否已确定了加工操作对于材料性能的影响?

同时, 在研究确定对新材料的批准时, ASME-BPV 规范委员会保留要求补充数据和应用资料的权利。

5.3 新材料申请的流程

图1给出了 ASME-BPV 规范委员会在接受新材料申请时的申请、资料接受和批准的流程图。

5.4 新材料批准的规范案例

只要满足下列条件, ASME 规范委员会会考

论

坛

考虑发布有效期为三年的使用新材料的规范案例：

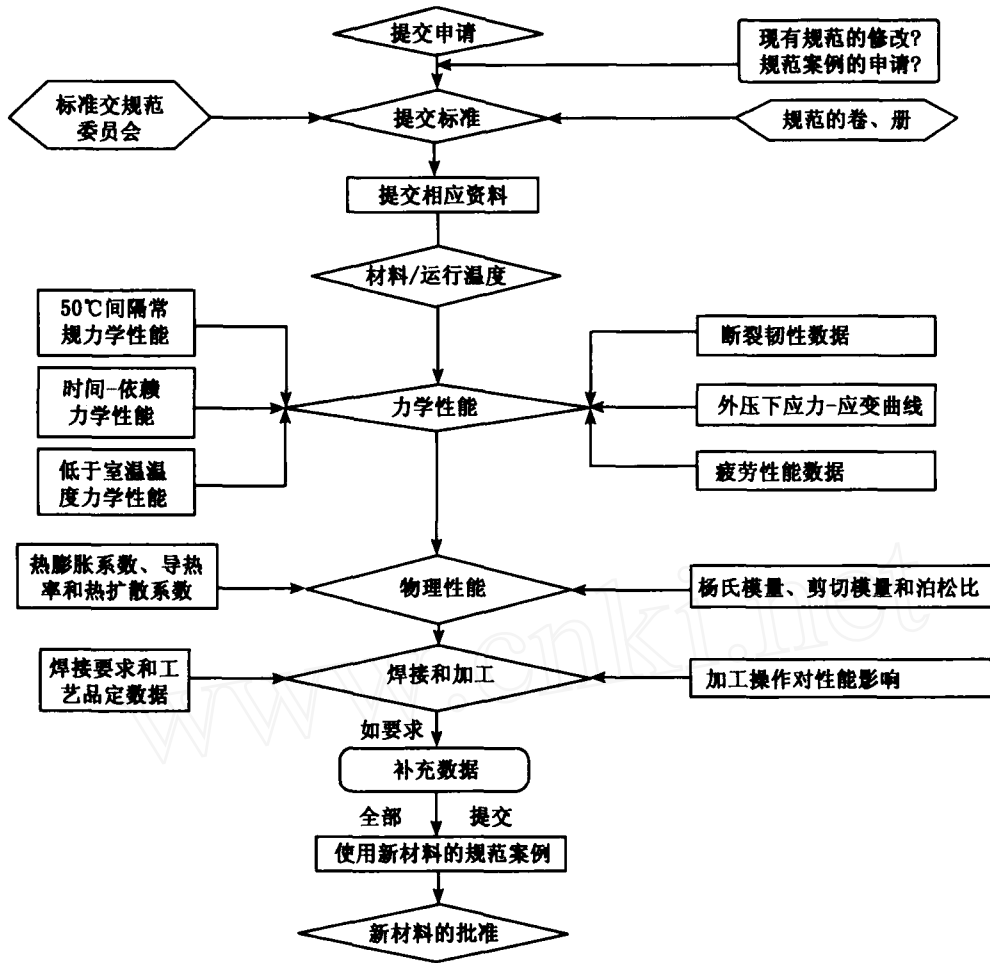


图1 新材料申请的流程图

(1) 申请者提供已向 ASME 或认可的国家或国际机构申请制定材料标准的证明；

(2) 新材料是市场上买得到的和在建议的技术条件要求内能订购到的；

(3) 申请者要指出工业对材料有合理的需求量和存在必须用规范实例的方式批准使用的迫切性；

(4) 批准材料的申请应清楚地写成 ASME 技术条件的格式，包括以下项目内容：适用范围、冶炼方法、制造、交货状态、热处理、化学成分和拉伸性能、成型性能、试验标准和要求、工艺质量、表面修整、标记、检验和拒收。

(5) 所有其他要求应与规范方针和所申请用途的先前要求相一致；

(6) 申请者应向规范委员会提供所要求的

所有数据。

6 ASME-BPV 规范对认可的新材料申请的国家或国际机构要求

6.1 对国家或国际机构的要求

规范委员会只考虑英文版标准的申请和采用英制或公制单位标准的申请。规范委员会考虑接纳认可的国家或国际机构，包括但不限于美国石油学会 (API)、ASTM、AWS、加拿大标准协会 (CSA)、欧洲标准委员会 (CEN) 和日本标准协会 (JIS) 等颁布的标准。

注意，ASME-BPV 规范委员会不会考虑接受不属于国家或国际机构材料标准，例如，材料制造商和供应商自己的材料标准。

论
坛

6.2 对认可的国家或国际机构材料标准要求
接受的材料标准以出版日期或版本号识别。批准的新材料标准的版本号会在 ASME-BPV 规范的材料标准副标题上说明。

在申请接受的材料标准中，必须包括的最低要求项目内容见表 3。

表 3 对认可的国家或国际机构材料标准的要求

认可的国家或国际机构标准	标准中最低要求内容
申请接受的材料标准	认可的国家或国际机构名称
	适用范围
	引用标准
	冶炼方法
	制造
	交货状态
	热处理要求
	化学成分
	拉伸性能
	成形性能
	试验方法标准和要求
	工艺质量
	表面修整
	标志
检验要求	
拒收等	

6.3 认可的国家或国际机构标准的出版要求

对于原机构不允许 ASME 规范出版的标准，会在第 II 卷中 A 篇和 B 篇的封面上注明。ASME 规范不出版在被接受的国家或国际机构材料标准中引用的文件。但取得这些文件复印件的信息会保留在第 II 卷中 A 篇和 B 篇中。

对于接受的新材料标准，ASME 规范委员会对其内容的增加或删减，会在采用的材料标准的副标题中注明。

7 ASME 规范委员会对材料机构的取证要求

ASME 规范委员会倡导材料机构取得 ASME 材料生产的认证，也就是材料机构的 ASME 取证。ASME 委员会认为取证的益处在于：
(1) 部件是按照国际通用标准制作的；
(2) 标准的可靠性已得到证明；
(3) 采用的标准是被一致认可的；
(4) 第三方对部件制作进行了监

督；
(5) 核电厂部件的评价大纲经过 ASME 评审组的评估。ASME 核认证的取证过程见图 2。

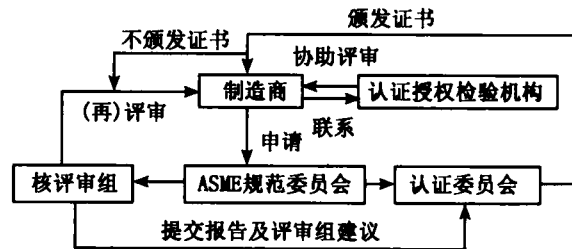


图 2 ASME 核认证取证过程

核评审小组由 1 名组长，2 名组员，1 名授权核检验监理师及 1 名授权核检验师组成。制造商向 ASME 委员会递交申请后大约 6 个月完成认证工作，证书有效期为 3 年。有效期到期前 8 个月制造商申请续证。

取得 ASME 认证的意义在于：进入市场；按照统一的试验或符合性评价要求进行产品/服务验收；具有生产通用规则的稳定性和应对技术革新的灵活性；为竞争提供一致平台的公平性和规则适用于世界各地的公正性；满足全球范围市场和规章要求的全球相关性；良好品牌质量的技术相关性；标准的开放性和透明性。

8 结论

ASME-BPV 规范对不同于第 II 卷材料的新材料的申请的方针、内容和方法表明：它有一套完整的、严格的和系统化的审批程序，包括材料标准的提交、认可；提供 ASME 委员会所要求的所有性能数据；新材料批准及新材料标准的使用和出版等一系列程序与 ASME-BPV 规范第 II 卷、第 III 卷共同有效构成关于核电材料的审批要求。了解 ASME 委员会对于材料机构的核取证要求，有益于我国材料制造业的发展。

参考文献

[1] ASME-BPV 规范，第 II 卷材料附录，2004 版
[2] ASME-BPV 规范，第 III 卷第 1 册，附录，2004 版

[3] Bryan A Rrler. ASME 规范和标准有关反应堆新技术的活
动. 中美 ASME 核电标准报告会, 2007

[4] Welfred LaRochelle. ASME 核取证过程介绍. 中美 ASME
核电标准报告会, 2007

Approval Requirements for New Materials in ASME Boiler and Pressure Vessel Code

NING Dong, YAO Weida

(Shanghai Nuclear Engineering Design and Research Institute,
Shanghai 200233, China)

Abstract: This paper states and addresses requirements for policy of approval for new materials, mechanical properties and other properties for applied new materials, flow of application and approval for new materials, approved national and international organization and code case for approved new materials, etc. according to ASME – BPV code. In the mean time is also simply set forth the ASME nuclear power materials certification that is generally concerned and met with problems in materials manufacture industry in our country in order to provide beneficial reference to our country for introducing, digesting, absorbing and mastering Gen III nuclear power technology and for establishing by ourselves systems of nuclear power codes and standards.

Key words: ASME code; new materials; mechanical property; ASME certification

(上接第 39 页)

Analysis on Disposal Effects of Waste Rock Piles of an Uranium Mine after its Decommissioning

ZHANG Xueli, XU Lechang, DENG Wenhui,

WANG Erqi, WEI Guangzhi, GAO Jie

(Beijing Research Institute of Chemical Engineering and Metallurgy, CNNC,
Beijing 101149, China)

Abstract: Basic status on waste rock piles of an uranium mine in Jiangxi province before its decommissioning is introduced. Disposal methods for uranium waste rock piles bearing sulfide are described. The methods involve soil covering, vegetation restoration, reinforcement and flood control measures concerning high slope stabilization in disposal process of waste rock piles. Disposal effects on the validity of covering layers, stability of waste rock piles, and treatment of acidic effluent are analyzed. The results show that the disposal measures on waste rock piles are effective, which can not only cause radon attenuation but also dispose acid water from uranium waste rock bearing sulfide.

Key words: uranium mine; waste rock pile; decommissioning; disposal

论
坛