中国钢铁工业协会团体标准

**《高炉出铁沟喷补料》编制说明**

团体标准制定工作组

2021年3月

**《高炉出铁沟喷补料》编制说明**

**一、任务来源**

根据钢协[2019]72号《中国钢铁工业协会关于下达2019年第二批团体标准制修订计划的通知》及全国耐标委《关于转发第二批团体标准制修订项目计划的通知》的要求，《高炉出铁沟喷补料》列入团体标准制定计划（计划编号20190035），该标准由浙江锦诚新材料股份有限公司、中钢集团洛阳耐火材料有限公司等负责制定，由全国耐火材料标准化技术委员会归口。

**二、主要工作过程**

本标准牵头单位在接到全国耐标委转发的制修订计划后开始进行相关工作。2019年9月组建了《高炉出铁沟喷补料》标准编制组，除了牵头单位浙江锦诚新材料股份有限公司，成员还有中钢集团洛阳耐火有限公司。主要工作过程如下：

**2.1. 信息收集、汇总、分析**

在产品具体性能要求方面，目前已有成熟的出铁沟浇注料产品行业标准，但还没有与铁沟喷补料相关的行业标准或国家标准。根据高炉出铁沟喷补料的发展趋势及产品现状，标准编制组组织相关人员通过网络、报刊、论著及技术资料等渠道对国内外该产品的相关信息进行了收集，内容包括：产品的市场现状及发展需求、科研开发情况、近年来生产质量控制情况、产品技术指标及产品使用情况等。按照计划要求，编制组制定了标准编制进度计划。按照标准编制计划，编制组人员又着重对国内部分主要生产企业目前的生产现状、产品质量控制情况及用户实际需求进行了调研，并对该产品不同性能实际参数进行了收集、整理。

**2.2标准草案研讨及处理**

为使产品标准技术指标要求符合生产及实际使用需求，使各项指标更加科学、合理，编制组组织相关参与单位专业技术人员进行了专题讨论，综合国内不同企业产品的技术标准及用户需求信息，确定了标准的总体格局和标准轮廓。2020年3月底完成了《高炉出铁沟喷补料》标准草案。

2020年4月份，标准工作组对标准草案进行了讨论，根据讨论结果对标准草案和编制说明进行了修改，主要内容如下：

（1）对化学成分进行调整，适当降低Al2O3含量，为其他成分如SiC、SiO2等的进一步引入提供空间。

（2）高炉出铁沟喷补料根据加水的顺序和用水量大致分为湿法和干法两种，每种方法采用的配比和结合体系也有所差别，这也直接决定了喷补料的性能不同，因此，根据施工方式对性能指标进行了调整区分，从而兼顾到不同施工方法的应用。

（3）采用喷补方式施工相比于浇注方式，材料需水量相对较大，而且对于干法喷补加水量难以精确控制，可能会造成其中的气孔率较高，而气孔率对抗折强度的影响更为显著，在相近气孔率条件下不同型号产品之间的抗折强度波动变化范围缩小，难以真正体现性能差别。另一方面行业标准《YB/T 4126—2012 高炉出铁沟浇注料》中对抗折强度也没有做出要求，因此对高炉出铁沟喷补料的抗折强度不进行指标设定。

（4）对高炉出铁沟喷补料的抗爆裂温度进行限定，是为了能够使喷补料满足出铁沟内衬在具有一定温度条件下进行施工应用的要求，从而为出铁沟抢修创造条件，此项指标能够更好地体现产品的性能优势，因此有必要进行设定。

（5）不推荐不同容积高炉使用部位项目，各个厂家可以根据需要自主选择合适型号产品，比较符合目前大多数生产厂家采用的吨铁总承包模式。

**2.3征求意见及处理阶段**

**三、高炉出铁沟喷补料概述及制定本标准原则**

**3.1高炉出铁沟喷补料的概述**

高炉出铁沟是引导高炉内高温铁水和熔渣流出的通道。为了延长出铁沟的使用寿命，维持高炉的正常运行，一般在出铁沟使用间歇周期内，对其内衬进行维护和修补。出铁沟修补主要有套浇和喷补两种方式，相对于套浇修补，喷补具有施工方便、节省时间、节省材料（喷补施工时无需拆除旧衬）等优点，通过采用喷补技术对局部侵蚀较严重部位及时修补，能够使沟衬达到均匀侵蚀的效果，从而提高整体沟衬的利用率，同时也有助于降低工人的劳动强度，有利于改善工作环境。应用高炉出铁沟喷补料是缩短修沟时间、延长出铁沟使用寿命和降低出铁沟耐火材料消耗的一项有效技术措施，特别在当前采用吨铁承包的商业模式下具有巨大的发展潜力和良好的应用前景，受到了国内外研究人员及生产应用厂家的普遍重视。目前国内外主沟内衬大多采用Al2O3-SiC-C系材料，喷补料同样需要采用Al2O3-SiC-C系材料才能够保证喷补料与基体的热膨胀特性相近，防止二者因热膨胀系数不同造成的剥落现象;另外与铁沟料保持相似的化学特性，也可避免材料在高温下发生反应生成低熔物。但由于施工方式不同，喷补料在所采用的结合体系方面与铁沟浇注料差别较大，这也直接导致了产品性能的不同。另一方面，根据加水方式的不同，喷补料可以分为干法和湿法，干法是在喷枪处加水，湿法是将喷补料先与水混合均匀后通过管道输送到喷枪再进行喷涂，不同种类喷补料的性能也有一定差别。为保证高炉出铁沟持久的耐用性, 其喷补料需要具有较高的高温力学强度,优良的高温耐铁水和熔渣的冲刷性，良好的抗熔渣侵蚀性和渗透性，优异的抗热震性和体积稳定性，在使用温度下需要与原有工作衬能够牢固结合为一体。从出铁沟施工和使用角度看, 出铁沟喷补料还必须具有良好的施工性能, 可进行快速施工，能够在热态条件下施工或快速烘烤而不炸裂，具有在施工和使用中不产生有害气体、不污染环境、不粘渣铁等性能要求。

高炉出铁沟喷补料是针对高炉出铁沟使用后期维护，采用机械喷射方式施工应用的一种不定形耐火材料。出铁沟喷补料在使用过程中不需要支模，只需要一台喷涂设备就可以完成施工，相当于把搅拌、运输、浇注或捣固合为一个工序，使用方便，作业效率高，具有广泛的适应性。而且能够在沟衬具有一定温度条件下就可以应用，使用方式简便，实现了高炉出铁沟的热态维护修补，产品的此种施工方式具有广阔的市场应用发展前景。与铁沟浇注料相比，出铁沟喷补料是一种可供选择的、使用量不太大的材料，市场容量比较有限，但从实际使用效果来看，出铁沟喷补料确实能够延长主沟使用寿命和降低吨铁耐火材料消耗，具有较好的经济效益和社会效益。

**3.2制定本标准原则**

在对高炉出铁沟喷补料产品目前生产状况和产品质量控制情况进行调研的基础上，确定如下标准制定原则。

1. 以高炉出铁沟喷补料的生产、使用和技术现状为基础制定的。
2. 本标准中的高炉出铁沟喷补料的施工应用方式包括干法和湿法。
3. 根据高炉出铁沟喷补料的发展趋势，提出相应指标，以推动行业的发展，同时考虑到现有的技术水平，确保技术指标符合产品实际生产质量控制水平和用户实际要求。
4. 在产品具体性能方面，高炉出铁沟喷补料与铁沟浇注料因施工方式的差异而要求有所不同，必须在广泛征求意见的基础上，进行有针对性的进行项目设置才能够保证使用效果。

**3.3 制定本标准的目的和意义**

随着耐火材料技术的不断进步，不定形耐火材料的使用越来越广泛，国家或行业产品标准在提升产品档次、推进新产品开发与普及等方面发挥了重要作用。目前国内喷涂料系列产品的技术工艺已基本达到成熟稳定阶段，产品的应用也比较广泛，但目前已有的一些喷涂料标准都是针对具体的应用领域而制定的，例如刚刚制定或修订的YB/T 0997钢包喷注料、YB/T 0998高炉基建用耐火喷涂料、YB/T 4194高炉内衬维修用喷涂料、YB/T 1006热风炉基建用耐火喷涂料、YB/T 4672铝硅系轻质喷涂料，在产品性能、材质、具体应用领域和条件等方面都不能够完全满足高炉出铁沟应用的要求。目前已有的铁沟用不定形耐火材料的相关产品标准都是针对铁沟浇注料而制定的，采用喷涂方法对铁沟进行修补的喷补料统一标准尚处于空白阶段。为了正确指导及规范市场，提高出铁沟喷补料产品质量整体水平，使之更符合目前市场进一步扩大的形势，更好地满足产品实际使用和安全可靠性要求，延长出铁沟的整体使用寿命，并为生产单位和用户提供科学的性能指标与验收依据，迫切需要制定高炉出铁沟喷补料的标准。本次将高炉出铁沟喷补料的各项性能指标及相应的试验方法做统一归纳，并提出制定“高炉出铁沟喷补料”的团体标准，标准制定贯彻执行了国家有关方针政策，有利于促进产品质量的提高，降低产品成本和推动产品的国内外市场贸易，丰富我国不定形耐火材料产品的标准体系。将来根据标准贯彻和需求情况，可以适时上升为行业标准或国家标准。

**四、标准主要内容的确定**

本标准规定了高炉出铁沟喷补料的术语和定义、基本要求、技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输和存储、质量承诺等内容。本标准适用于以刚玉、铝矾土、碳化硅等为主要原料，以机械喷射方法在高炉出铁沟上施工应用的喷补料。高炉出铁沟喷补料的产品检测项目，是根据最近几年部分科研单位和生产企业的喷补料产品检测项目进行统计和总结后，结合实际应用需要确定的。为使高炉出铁沟喷补料的技术指标要求更加符合生产及实际使用需求，使各项指标更加科学、合理，编制组根据所收集的高炉出铁沟喷补料的信息汇总分析结果，将体积密度、耐压强度、加热永久线变化等定为该产品的检验验收项目，并对具体数值进行了设置和限定。

**4.1产品的分类及牌号**

不同容积高炉的出铁时间和铁水流速有所差别，对铁沟材料的性能要求也不相同，而原料和配比对喷补料的性能有直接相关性。通过喷补料中Al2O3含量的变化可以反映出其所采用的原料种类、品位及配比，而且成分作为评价指标属于比较稳定可靠的因素，受制样过程的影响较小。高炉出铁沟在首次施工或大修时通常采用铁沟浇注料进行施工，出铁沟喷补料作为一种对出铁沟进行局部维修的产品，为了与行业标准《YB/T 4126—2012 高炉出铁沟浇注料》中的部分内容保持一致，在制定高炉出铁沟喷补料的牌号时，选择以施工方式和Al2O3含量的不同进行分类。干法喷补料按三氧化二铝含量的不同分为TGP-70、TGP-60、TGP-50三个牌号，湿法喷补料按三氧化二铝含量的不同分为TSP-70、TSP-60、TSP-50三个牌号。其中，T、G、S、P分别是铁、干、湿、喷的汉语拼音首字母，其后的数字分别代表三氧化二铝质量百分含量，如：“TGP-60”，代表喷补料中Al2O3含量不小于60%的高炉出铁沟干法喷补料。

**4.2检测项目的确定**

**4.2.1化学成分**

耐火材料的物相组成、特定性质首先取决于其化学组成，高炉出铁沟喷补料的性能通常是通过改变原料的种类和配比来进行调整的，通过不同原料的复合使用，可在一定范围内灵活地调整产品的化学成分。高炉出铁沟喷补料属于Al2O3-SiC-C系材料，可以使用的主要原材料包括致密刚玉、棕刚玉、白刚玉、板状刚玉、高铝矾土、碳化硅、石墨、沥青等，在化学成分方面限定了以Al2O3、SiC、C为主，从而能够保证与出铁沟原有浇注料衬体的材质基本一致。不同型号的喷补料以化学成分为基础，区分产品的基本性能与适用范围，用户可根据使用要求选用相应牌号，以达到最佳使用效果，更加合理地利用资源。干法和湿法虽然施工方式不同，但在主体材料上基本相近。根据不同型号产品的成分差别，并参考适用范围等其他指标要求，将不同牌号的高炉出铁沟喷补料的化学成分制定见表1。

**表1高炉出铁沟喷补料的化学成分**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 指标 | | | | | |
| TGP-70 | TGP-60 | TGP-50 | TSP-70 | TSP-60 | TSP-50 |
| 化学成分/%≥ | *w*(Al2O3) | 70 | 60 | 50 | 70 | 60 | 50 |
| *w*(SiC+C) | 15 | 18 | 16 | 15 | 18 | 16 |

**4.2.3 体积密度**

高炉出铁沟喷补料的体积密度是一项比较重要的表征其综合性能的指标，与原料种类、配比、加水量等都有密切关系，同时也在一定程度上反映了喷补料的致密性，并且体积密度指标的变化，与产品其他指标的变化具有一定的比例关系，例如在110℃条件下，当喷补料的加水量在一定范围内增加时，其体积密度降低，相应的强度等指标也随之下降。采用喷涂方式施工相比于浇注施工方式，材料需水量较大，会造成其中的气孔率较高，对体积密度的要求提高也就相当于提高了喷补料的致密度，使其具有良好的抗侵蚀性能和抗冲刷性能。经1450℃处理后，喷补料中的物相反应，产生膨胀或收缩的体积变化效应，部分挥发组分产生的影响要强于烧结产生的致密化过程，因而要求在1450℃条件下的体积密度低于110℃条件下的体积密度。在实际应用过程中，喷补料的体积密度对于工程中的材料用量十分关键。不同牌号的高炉出铁沟喷补料的体积密度见表2。

**表2高炉出铁沟喷补料的体积密度**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 指标 | | | | | |
| TGP-70 | TGP-60 | TGP-50 | TSP-70 | TSP-60 | TSP-50 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24h | 2.60 | 2.50 | 2.45 | 2.80 | 2.60 | 2.50 |
| 1450℃×3h | 2.50 | 2.40 | 2.35 | 2.70 | 2.50 | 2.40 |

**4.2.4 常温耐压强度**

根据研究，高炉出铁沟喷补料的常温烘干强度首先与骨料本身的强度、粒度有很大关系；当骨料加入量一定的情况下，常温烘干强度又与结合剂的加入量成正比；另外，外加剂的使用也会对喷涂料的常温烘干强度造成影响。在经过一定温度的热处理之后，不同组分也会对铝硅质喷涂料的烧后强度及性能产生影响。高炉出铁沟喷补料的110℃烘后强度主要靠结合剂提供，结合剂含量的多少对强度有直接影响。随着温度的升高，依靠结合剂水化而产生的结合作用完全消失，而此时喷补料中还未产生明显的烧结作用，因此强度通常较低，只有在高温条件下才能够产生部分液相从而促进烧结。从喷补料使用条件考虑，高炉出铁沟的最高温度可能达到1500℃，因此检测喷补料经过1450℃烧后的性能既结合了喷补料强度随温度变化的规律，又能够反映出材料在使用环境中的性能特征，比较具有科学性。高温烧后强度主要靠反应烧结产生结合作用，因此常温强度的要求也反映了喷涂料所用结合剂的种类、加入量、加水量、使用温度及材料内部反应情况。在综合考虑各项性能的基础上，本标准将不同牌号的高炉出铁沟喷补料的110 ℃烘干耐压强度与烧后耐压强度制定见表3。

**表3高炉出铁沟喷补料的耐压强度**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 指标 | | | | | |
| TGP-70 | TGP-60 | TGP-50 | TSP-70 | TSP-60 | TSP-50 |
| 常温耐压强度/MPa ≥ | 110℃×24h | 25 | 20 | 15 | 30 | 25 | 20 |
| 1450℃×3h | 30 | 25 | 20 | 45 | 40 | 35 |

**4.2.5 加热永久线变化**

加热永久线变化是表征耐火材料高温性能的一个重要指标，是考察喷补料体积稳定性的指标，受到材料中物相反应、高温液相量多少等因素影响，也同时反映了喷补料的耐温性能，能够体现喷补料的使用温度。喷补料在保证足够的强度外，还应具备良好的体积稳定性，这样才能保证不产生剥落。材料收缩过大，在使用过程中易产生开裂甚至脱落，将破坏结构的完整性，降低使用寿命；材料膨胀过大，致密度降低，对衬体的破坏较大，同样对使用寿命不利。湿法喷补料相对于干法补料比较致密，体积变化率较小，因此本次标准制定了高炉出铁沟喷补料在1450℃处理后的加热永久线变化指标，如表4所示。

**表4高炉出铁沟喷补料的加热永久线变化**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指标 | | | | | |
| TGP-70 | TGP-60 | TGP-50 | TSP-70 | TSP-60 | TSP-50 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.5—+0.5 | -0.5—+0.5 | -0.5—+0.5 | -0.3—+0.3 | -0.3—+0.3 | -0.3—+0.3 |

**4.2.6抗爆裂温度**

高炉出铁沟喷补料在施工过程中加入的一定量水分，以游离水、结晶水和化合水等形式存在，水分随着温度的升高迅速气化，形成的水蒸气如果不能及时排出，喷补层内部蒸汽压力急剧增加，当压力超过喷补料的强度时，会产生裂纹甚至爆裂。由于维修时出铁沟衬存在一定的残余温度，而且通常维修时间较短，对喷补料抗爆裂温度进行限定，是为了能够使喷补料满足在一定温度下施工应用的要求，为高炉出铁沟抢修创造条件。因此，为了满足高炉出铁沟喷补料的使用要求，必须通过增加喷补料中内外贯通的开口气孔或微细裂纹来提高透气性和抗爆裂性能。湿法喷补料相对于干法补料比较致密，抗爆裂性有一定差异，抗爆裂性能与喷补料的颗粒级配、微粉、结合剂、防爆剂、加水量等因素有关。本标准制定了高炉出铁沟喷补料的抗爆裂温度指标，具体见表5所示。

**表5高炉出铁沟喷补料的抗爆裂温度**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | 指标 | | | | | |
| TGP-70 | TGP-60 | TGP-50 | TSP-70 | TSP-60 | TSP-50 |
| 抗爆裂温度/℃≥ | 500 | | | 400 | | |

**4.3高炉出铁沟喷补料理化指标的确定**

**4.3.1 国内部分生产厂家的指标见表6~表15。**

**表6 国内A厂家的产品指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | |
| 产品型号 | | XH-GP1 | XH-GP2 |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 55 | 55 |
| *w*(SiC+C） | 20 | 25 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24 h | 2.65 | 2.65 |
| 1450℃×3h | 2.65 | 2.60 |
| 常温抗折强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 5 | 3 |
| 1450℃×3h | 8 | 6 |
| 常温耐压强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 20 | 45 |
| 1450℃×3h | 30 | 75 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | ±0.5 | -01~+0.2 |
| 施工方式 |  | 干法 | 湿法 |

**表7 国内B厂家的产品指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | |
| 产品型号 | | JC-PG | JC-PF |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 55 | 50 |
| *w*(SiC） | 16 | 16 |
| *w*(F.C） | 2 | 2 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24 h | 2.3 | 2.2 |
| 常温耐压强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 10 | 10 |
| 1500℃×3h | 15 | 15 |
| 备注 | | 刚玉基喷补料 | 矾土基喷补料 |
| 施工方式 | | 干法 | 干法 |

**表8 国内C厂家的产品指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | |
| 产品型号 | | GMT | RMT |
| 化学成分/%≥ | *w*(Al2O3） | 68 | 74.1 |
| *w*(SiC+C） | 18 | 18.1 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24 h | 2.52 | 2.76 |
| 常温抗折强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 2.1 | 4.6 |
| 1000℃×3h | 4.3 | 7.0 |
| 1500℃×3h | 5.2 | —— |
| 常温耐压强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 10.4 | 13 |
| 1000℃×3h | 12 | 24 |
| 1500℃×3h | 20 | —— |
| 加热永久线变化/% | 1500℃×3h | +0.4 | —— |
| 抗爆裂温度，℃≥ | | 600 | —— |
| 施工方式 | | 干法 | 湿法 |

**表9 国内D厂家的产品指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 |
| 产品型号 | | YN-RB |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 70 |
| *w*(SiC） | 12 |
| *w*(C） | 3 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 1450℃×3h | 2.7 |
| 常温抗折强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 3 |
| 1000℃×3h | 5 |
| 1450℃×3h | 8 |
| 常温耐压强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 15 |
| 1000℃×3h | 18 |
| 1450℃×3h | 40 |
| 加热永久线变化/% | 1000℃×3h | ±0.2 |
| 1450℃×3h | ±0.3 |
| 施工方式 |  | 湿法 |

**表10 国内E厂家的产品指标**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项目 | | 指标 | | |
| 产品型号 | | RTG-P70 | | RTG-P60 |
| 化学成分/% ≥ | Al2O3 | 70 | 60 | |
| SiC+C | 16 | 12 | |
| 体积密度/(g/cm3)≥ | 200℃×24h | 2.7 | 2.5 | |
| 抗折强度/MPa≥ | 200℃×24h | 4 | 3 | |
| 1000℃×3h | 5 | 4 | |
| 1450℃×3h | 6 | 5 | |
| 耐压强度/MPa≥ | 200℃×24h | 30 | 25 | |
| 1000℃×3h | 35 | 30 | |
| 1450℃×3h | 45 | 45 | |
| 加热永久线变化/% | 1000℃×3h | ±0.3 | ±0.3 | |
| 1450℃×3h | ±0.5 | ±0.5 | |
| 备注 | | 适用于单铁口 | 适用于多铁口 | |
| 施工方式 | | 湿法 | 湿法 | |

**表11 国内F厂家的产品指标实测值**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | | |
| 产品型号 | | YH-TSP1 | YH-TSP2 | YH-TSP3 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | 68.3 | 66.4 | 61.47 |
| *w*(SiC） | 24.5 | 25.8 | 19.68 |
| *w*(C） | 2.7 | 3.1 | 5.21 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | 2.94 | 2.87 | 2.35 |
| 1500℃×3h | —— | —— | 2.15 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | 28.2 | 23.2 | 22.4 |
| 1000℃×3h | 57.3 | 53.9 | —— |
| 1450℃×3h | 66.1 | 62.4 | 1500℃×3h 24.1 |
| 加热永久线变化/% | 1000℃×3h | -0.12 | -0.19 | 1200℃×3h -0.3 |
| 1500℃×3h | 0.08 | 0.11 | -0.1 |
| 施工方式 | | 湿法 | 湿法 | 干法 |

**表12 国内G厂家的产品指标**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | | | |
| 产品型号 | | BC-ZG1 | BC-ZG2 | BC-ZF1 | BC-ZF2 |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 60 | 60 | 55 | 50 |
| *w*(SiC+C） | 18 | 20 | 18 | 16 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24 h | 2.80 | 2.60 | 2.50 | 2.45 |
| 1450℃×3h | 2.65 | 2.60 | 2.50 | 2.45 |
| 常温耐压强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 18 | 30 | 35 | 35 |
| 1450℃×3h | 25 | 40 | 45 | 45 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.2—+0.3 | -0.2—+0.3 | -0.2—+0.3 | -0.2—+0.3 |
| 施工方式 |  | 湿法 | 湿法 | 湿法 | 湿法 |

**表13国内H厂家的产品指标**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 |
| 产品型号 | | KR-ASC55 |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 56 |
| *w*(SiC） | 16 |
| *w*(C） | 3 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24 h | 2.71 |
| 1500℃×3h | 2.68 |
| 常温抗折强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 6 |
| 1100℃×3h | 9 |
| 1500℃×3h | 12 |
| 加热永久线变化/% | 1500℃×3h | 0.08 |
| 施工方式 |  | 湿法 |

**表14国内I厂家的产品指标**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | |
| 产品型号 | | MT-SP85 | MT-SP55 |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 85 | 55 |
| *w*(SiC） | 10 | 35 |
| *w*(C） | 2 | 2 |
| 体积密度/(g/cm3) ≥ | 110℃×24h | 3.0 | 2.87 |
| 1450℃×3h | 2.98 | 2.85 |
| 常温耐压强度  /MPa ≥ | 110℃×24h | 20 | 20 |
| 1450℃×3h | 60 | 60 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | 0.3 | 0.3 |
| 施工方式 |  | 湿法 | 湿法 |

**4.3.2 国外部分厂家的指标见表15。**

**表15国外J厂家的产品指标实测值**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | |
| 产品型号 | | GF55 | GF60 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | 57.15 | 59.22 |
| *w*(SiC） | 21.32 | 19.01 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | 2.32 | 2.34 |
| 常温抗折强度  /MPa | 110℃×24h | 4.3 | 5.7 |
| 1200℃×3h | 2.1 | 3.7 |
| 1500℃×3h | 3.2 | 3.6 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | 26.2 | 29 |
| 1200℃×3h | 15.6 | 23.2 |
| 1500℃×3h | 22.8 | 25.6 |
| 施工方式 |  | 干法 | 干法 |

从表6~表15可以看出，不同厂家生产的高炉出铁沟喷补料性能指标方面的差别不大，但在产品的检测项目、性能检测条件以及使用方式方面，各个厂家存在一定差异，如果性能检测条件与使用条件不匹配，就不能完全反映出喷补料在使用环境下的性能。出铁沟的工作温度通常在1450℃左右，因此检测喷补料在此温度条件下的性能指标，有利于提高喷补料使用的针对性。高炉出铁沟喷补料作为修补出铁沟浇注内衬的材料，在检测项目和条件方面应尽可能与出铁沟浇注料保持一致，以便于提高两种产品在相同使用条件下的参考和对比意义。在能够满足高炉出铁沟喷补料高温施工应用方面，大多数产品对喷补料的防爆裂温度也都没有进行设置。

高炉出铁沟喷补料产品无论指标数量多少、指标值高低，其最终目的在于应用，因此其使用性能是考察其有效性的关键。而材料的成分、组织结构均匀性、非平衡组织的稳定性等对使用性能的影响很大，加之使用环境复杂，喷补料的使用性能不能仅仅以性能指标来确定，必须综合考虑。只有当喷补料的特性及其形成的衬体结构形式适应于应用环境的状态时，其功能才能最大限度地得到发挥。从喷补料的应用技术角度看，材料的特殊性能和满足应用环境的特殊需求，是提高喷补料使用效果的有效途径和关键。在具体的产品标准指标设置方面，从产品应用领域考虑，除了设置常规的化学成分、体积密度、强度、加热永久线变化等指标要求外，从施工应用角度设置了抗爆裂温度指标要求。对喷补料的抗爆裂温度指标进行了限定，能够满足高炉出铁沟内衬在具有一定残余温度的条件下进行维修的要求，有利于实现热态喷涂施工，从而大大缩短维修时间，而通常在常温条件下使用的喷涂料对此指标不作要求。本标准所提出的产品指标是对目前已有的喷补料产品进行深入系统的研究后，同时结合产品使用环境和成功应用的经验总结，站在引领同类产品技术发展方向的立场上，既体现了产品的实用性，又体现了相关技术的先进性。

**4.3.3高炉出铁沟喷补料理化指标试验室检测数据**

高炉出铁沟喷补料理化指标试验室检测数据见表16~表21。

**表16 TGP-50高炉出铁沟喷补料实际检测数据表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | 检测结果 | | | | | |
| TGP-50 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | ≥ 50 | 53.8 | 54.6 | 57.6 | 56.3 | 57.2 | 58.9 |
| *w*(SiC+C） | ≥ 16 | 19.3 | 18.5 | 20.7 | 19.7 | 21.6 | 22.3 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | ≥ 2.45 | 2.51 | 2.49 | 2.56 | 2.62 | 2.63 | 2.61 |
| 1450℃×3h | ≥ 2.35 | 2.38 | 2.39 | 2.46 | 2.48 | 2.51 | 2.47 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | ≥ 15 | 16.5 | 16.1 | 15.6 | 17.1 | 19.8 | 22.1 |
| 1450℃×3h | ≥ 20 | 23.6 | 22.4 | 25.7 | 29.7 | 32.1 | 31.6 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.5—+0.5 | -0.08 | -0.06 | -0.10 | -0.07 | -0.12 | -0.05 |
| 抗爆裂温度/℃ | | ≥ 500 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 |

**表17 TGP-60高炉出铁沟喷补料实际检测数据表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | 检测结果 | | | | | |
| TGP-60 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | ≥ 60 | 67.2 | 66.8 | 68.7 | 67.1 | 65.4 | 64.5 |
| *w*(SiC+C） | ≥ 18 | 20.2 | 19.6 | 21.4 | 20.6 | 22.7 | 19.5 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | ≥ 2.50 | 2.65 | 2.68 | 2.72 | 2.69 | 2.68 | 2.71 |
| 1450℃×3h | ≥ 2.40 | 2.56 | 2.55 | 2.57 | 2.56 | 2.54 | 2.60 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | ≥ 20 | 23.8 | 24.9 | 26.5 | 26.1 | 25.6 | 24.7 |
| 1450℃×3h | ≥ 25 | 26.9 | 27 | 29.4 | 28.7 | 32.1 | 27.2 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.5—+0.5 | +0.16 | +0.33 | +0.18 | +0.28 | +0.48 | +0.45 |
| 抗爆裂温度/℃ | | ≥ 500 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 |

**表18 TGP-70高炉出铁沟喷补料实际检测数据表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | 检测结果 | | | | | |
| TGP-70 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | ≥ 70 | 71.3 | 72.5 | 70.7 | 71.6 | 70.4 | 70.5 |
| *w*(SiC+C） | ≥ 15 | 17.2 | 16.8 | 17.6 | 19.4 | 17.2 | 18.5 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | ≥ 2.60 | 2.71 | 2.68 | 2.66 | 2.72 | 2.65 | 2.64 |
| 1450℃×3h | ≥ 2.50 | 2.58 | 2.66 | 2.65 | 2.63 | 2.60 | 2.58 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | ≥ 25 | 28.2 | 26.3 | 31.2 | 29.7 | 25.7 | 28.1 |
| 1450℃×3h | ≥ 30 | 33.1 | 31.2 | 34.6 | 33.7 | 37.1 | 35.8 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.5—+0.5 | 0.02 | 0.03 | 0.05 | 0.06 | 0.08 | 0.06 |
| 抗爆裂温度/℃ | | ≥ 500 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 | ≥ 550 |

**表19 TSP-50高炉出铁沟喷补料实际检测数据表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | 检测结果 | | | | | |
| TSP-50 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | ≥ 50 | 55.2 | 56.3 | 55.8 | 58 | 57.4 | 56.9 |
| *w*(SiC+C） | ≥ 16 | 16.8 | 17.2 | 17.0 | 19.2 | 19.8 | 18.9 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | ≥ 2.50 | 2.53 | 2.60 | 2.56 | 2.61 | 2.63 | 2.68 |
| 1450℃×3h | ≥ 2.40 | 2.48 | 2.52 | 2.50 | 2.55 | 2.57 | 2.60 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | ≥ 20 | 26.3 | 28.3 | 27.2 | 25.9 | 27.2 | 26.8 |
| 1450℃×3h | ≥ 35 | 55.1 | 57.4 | 56.2 | 54.2 | 55.3 | 57.2 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.3—+0.3 | -0.08 | -0.04 | -0.06 | -0.04 | -0.05 | -0.01 |
| 抗爆裂温度/℃ | | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 |

**表20 TSP-60高炉出铁沟喷补料实际检测数据表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | 检测结果 | | | | | |
| TSP-60 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | ≥ 60 | 65.0 | 64.8 | 64.2 | 62.1 | 66.7 | 61.7 |
| *w*(SiC+C） | ≥ 18 | 21 | 20.7 | 2.02 | 18.4 | 19.2 | 20.7 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | ≥ 2.60 | 2.86 | 2.88 | 2.85 | 2.79 | 2.78 | 2.76 |
| 1450℃×3h | ≥ 2.50 | 2.81 | 2.82 | 2.79 | 2.67 | 2.65 | 2.62 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | ≥ 25 | 25.5 | 26.1 | 27.2 | 28.4 | 29.6 | 27.1 |
| 1450℃×3h | ≥ 40 | 41.2 | 42.2 | 40.1 | 42.6 | 43.7 | 42.3 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.3—+0.3 | 0.08 | 0.06 | 0.10 | 0.05 | 0.08 | 0.09 |
| 抗爆裂温度/℃ | | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 |

**表21 TSP-70高炉出铁沟喷补料实际检测数据表**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | 检测结果 | | | | | |
| TSP-70 |
| 化学成分/% | *w*(Al2O3） | ≥ 70 | 71.3 | 70.2 | 72.6 | 70.4 | 71.8 | 72.9 |
| *w*(SiC+C） | ≥ 15 | 17.5 | 18.7 | 18.2 | 19.3 | 17.3 | 16.2 |
| 体积密度/(g/cm3) | 110℃×24 h | ≥ 2.80 | 2.87 | 2.86 | 2.84 | 2.84 | 2.85 | 2.88 |
| 1450℃×3h | ≥ 2.70 | 2.76 | 2.74 | 2.72 | 2.71 | 2.73 | 2.78 |
| 常温耐压强度  /MPa | 110℃×24h | ≥ 30 | 43.5 | 44.9 | 46.2 | 47.3 | 39.7 | 50.7 |
| 1450℃×3h | ≥ 45 | 52.6 | 63.1 | 55.6 | 57.1 | 49.8 | 65.3 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.3—+0.3 | -0.04 | -0.06 | -0.07 | -0.02 | 0.03 | 0.04 |
| 抗爆裂温度/℃ | | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 | ≥ 400 |

**4.3.4 高炉出铁沟喷补料产品标准技术指标的确定**

高炉出铁沟喷补料是由耐火骨料、粉料、结合剂（或加外加剂）组成。由于在喷涂过程中粉料与骨料等组成材料反复连续冲击，促使喷射出的物料压实，从而使喷补层具有一定的致密度和力学强度。喷补料现已成为许多工业窑炉炉衬所使用的一种最重要的不定形耐火材料，既可以在冷态下用于构筑和修补炉衬以及涂覆成保护层，也宜于用在热态下修补炉衬。本标准中喷补料的理化指标，是在对最近几年部分科研单位和生产企业相应产品的实际理化性能指标的统计和总结后，根据产品的实际应用要求而进行确定的，在同类产品中具有比较显著的代表性，具体数据见表22所示，所设置的各项内容和技术指标要求全面体现了产品和相关技术的科学性、先进性、合理性和可操作性。

**表22 高炉出铁沟喷补料的理化指标**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 项 目 | | 指 标 | | | | | |
| TGP-70 | TGP-60 | TGP-50 | TSP-70 | TSP-60 | TSP-50 |
| 化学成分/% ≥ | *w*(Al2O3） | 70 | 60 | 50 | 70 | 60 | 50 |
| *w*(SiC+C） | 15 | 18 | 16 | 15 | 18 | 16 |
| 体积密度/(g/cm3)  ≥ | 110℃×24 h | 2.60 | 2.50 | 2.45 | 2.80 | 2.60 | 2.50 |
| 1450℃×3h | 2.50 | 2.40 | 2.35 | 2.70 | 2.50 | 2.40 |
| 常温耐压强度/MPa ≥ | 110℃×24h | 25 | 20 | 15 | 30 | 25 | 20 |
| 1450℃×3h | 30 | 25 | 20 | 45 | 40 | 35 |
| 加热永久线变化/% | 1450℃×3h | -0.5—+0.5 | -0.5—+0.5 | -0.5—+0.5 | -0.3—+0.3 | -0.3—+0.3 | -0.3—+0.3 |
| 抗爆裂温度/℃ ≥ | | 500 | 500 | 500 | 400 | 400 | 400 |

**五、涉及专利情况**

本标准涉及《一种高炉出铁沟喷补料》发明专利，专利申请人为浙江锦诚新材料股份有限公司，申请号CN201410293980.9，公开号为CN104086191B，该专利所属公司是此标准制定参与单位。

### 六、与国家和行业有关的现行的方针、政策、法律、法规和强制性标准的关系

本标准的制定符合国家法律法规。

**七、标准的属性**

根据我国标准性质的划分，建议本标准为推荐性标准。

**八、标准技术水平**

目前国内外均无完整的高炉出铁沟喷补料产品技术标准。本标准综合了该系列产品的生产技术水平现状、产品检测水平和使用条件的要求等因素，对高炉出铁沟喷补料产品进行合理的分类，规范了产品的检验方法、质量评定程序、包装运输等，能够方便、完整地为用户提供参考和应用，可达到国际先进水平。

**九、贯彻要求及建议**

本标准由全国耐火材料标准化技术委员会归口，标准审定、报批后，由中国钢铁工业协会发布并贯彻实施，根据需要，再进一步进行标准的宣贯工作。

**十、废止现行相关标准的建议**

无。

**十一、其它需要说明的问题**

无。