

《立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套 及磨盘衬板》

编制说明 (征求意见稿)

《立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套及磨盘衬板》标准编
制组

2023 年 8 月

目 录

1. 工作简况	2
1.1 任务来源	2
1.2 起草单位	2
1.3 任务分工	2
2. 市场调研	3
2.1 发展历史	3
2.2 市场应用情况	5
3. 标准制定的必要性及意义	5
4 主要工作过程	6
4.1 立项阶段	6
4.2 标准调研阶段	6
4.3 标准草案	7
4.4 研讨阶段	7
4.5 征求意见阶段	8
4.6 送审阶段	8
4.7 报批阶段	8
5 标准编制的原则和主要内容	8
5.1 制定原则	8
5.2 主要内容	8
6 主要试验验证情况分析	19
7 主要验证试验样品	19
8 知识产权说明	20
9 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况	20
10 采用国际标准和国外先进标准的情况	21
11 与现行相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）的协调	21
12 重大意见分歧的处理依据和结果	21
13 标准性质的建议说明	21
14 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过度办法、实施日期等） ..	21
15 废止现行有关标准的建议	22
16 其它说明	22

T/CBMF XXXX-202X《立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套及磨盘衬板》中国建材联合会团体标准编制说明

1. 工作简况

1.1 任务来源

《立式辊磨机用耐磨陶瓷金属复合铸造磨辊辊套》是中国建筑材料联合会关于下达《2021 年第五批协会标准制定计划》的通知（中建材联标发[2020]104号）批准的标准制定任务，计划编号：2021-55-xbjh。本标准项目由中国建筑材料联合会归口并管理，由建筑材料工业技术监督研究中心主要负责起草，计划2022年8月完成的项目。

1.2 起草单位

本标准由建筑材料工业技术监督研究中心、南通高欣耐磨科技股份有限公司、重庆罗曼新材料科技有限公司、合肥水泥研究设计院有限公司、唐山曹妃甸冀东装备机械热加工有限公司、唐山迁西大方科技有限公司、河北奥木森陶瓷辊套有限公司、安徽省凤形新材料科技有限公司、江苏鹏飞集团股份有限公司、湖南精城特种陶瓷有限公司、天津（中材）粉体技术装备有限公司、合肥中亚建材装备有限责任公司、武汉理工大学、盐城工学院、合肥学院共同起草。

1.3 任务分工

本次标准起草单位任务分工见下表1。

起草单位	起草人	承担主要工作
建筑材料工业技术监督研究中心	邹积玉	负责标准编制过程的全面协调,把握标准工作的整体进度及方向
	刘佳卿	负责验证试验协调和技术支持
	李楠	负责验证试验及标准文本编制和资料收集
南通高欣耐磨科技股份有限公司	钱兵	负责验证样品的提供和验证数据的分析
重庆罗曼新材料科技有限公司	黄东风	负责验证样品的提供和验证数据的分析
合肥水泥研究设计	许涛、谢	负责验证样品的提供和验证数据的分析

院有限公司	志勇	
唐山曹妃甸冀东装备机械热加工有限公司	宋东君	负责验证样品的提供和验证数据的分析
唐山迁西大方科技有限公司	李贺军	负责验证样品的提供和验证数据的分析
河北奥木森陶瓷辊套有限公司	王少雷	负责验证样品的提供和验证数据的分析
安徽省凤形新材料科技有限公司	陈维新	负责验证样品的提供和验证数据的分析
江苏鹏飞集团股份有限公司	丁浩	负责辊套尺寸和重量公差数据的提供和分析
天津（中材）粉体技术装备有限公司	申占民	负责辊套尺寸和重量公差数据的提供和分析
合肥中亚建材装备有限责任公司	叶卫东	负责辊套尺寸和重量公差数据的提供和分析
湖南精城特种陶瓷有限公司	杨政	负责陶瓷材料样品的提供及其验证数据分析
武汉理工大学	陈作炳	负责验证方法的确定和国内外资料收集工作
盐城工学院	刘平成	负责验证方法的确定和国内外资料收集工作
合肥学院	秦广超	负责验证方法的确定和国内外资料收集工作

2. 市场调研

2.1 发展历史

早期立辊磨主要用于水泥行业的生料和煤粉制备，磨机规格也较小，辊套和衬板采用铸钢材质，后期为了提高耐磨性，一般选择高铬铸铁，在铸铁中掺入部分 Cr 和 Ni 等元素，相比铸钢大大提高了硬度和强度，经过热处理， 辊套和衬板表面硬度可以达到 58-62HRC 甚至更高，但高铬铸铁韧性差，脆性大，遇到剧烈碰撞和变化较大的温差容易开裂，焊补时不容易掌控，温度控制不好就容易裂开。

上世纪 90 年代以后，立辊磨逐渐进入矿渣领域，高炉粒化矿渣含有 0.3%~0.5%左右的单质铁，磨损较生料大数倍，粉磨压力也较生料的 400~600kN/m² 提高至 800~1000kN/m²，普通的高铬铸铁使用寿命<1000h，且几乎不可再修复，寿命短，成本高，无法满足客户的需求，因此对耐磨材料提出了更高的要求。以日本栗本公司 (KURIMOTO) 为代表发明了硬面层再生补焊技术和工艺，采用此技术的辊套和衬板由母材和耐磨层组成，母材一般为铸钢，如 ZG20SiMn，耐磨层采用特种高铬合金钢焊丝进行熔焊，焊丝化学成分含有 C、Si、Mn、Cr 等，耐磨层硬度>60HRC，具有良好的耐磨性能，而母材又具有良好的韧性，几乎不会发生开裂的情况，可以对耐磨层进行多次补焊修复，采用铸钢+堆焊的辊套和衬板粉磨普通生料和原煤的修复周期可以达到 8000h 左右，粉磨矿渣修复周期可以达到 1500~2000h，并且可以在线修复。2005 年，由台湾上庆栗本钢铁工业公司引进日本栗本公司技术投资成立苏州优露耐磨复合材料有限公司，由于质量可靠，该修复技术得到了广泛的应用。同期，郑州机械研究所焊接工程技术中心也利用自身的优势进行了这方面的研究，其开发的焊丝也达到了类似的效果。铸钢+堆焊技术的成熟极大促进了辊磨在矿渣领域的推广应用。2005 年以后在国内矿渣、生料、煤辊磨上得到了全面的应用，由于其具有较高的性价比，替代了大部分的铸造辊套和衬板，一度占据了 80%以上的市场份额。

比利时的 Magotteaux 公司作为一家专业的耐磨材料供应商，从 1990 年开始进行金属基复合陶瓷材料的研究，最终成功将耐磨性能优越的陶瓷材料浇铸镶嵌在高铬铸铁中，制作出了金属复合陶瓷辊套。初期采用高铬合金材料浇铸耐磨陶瓷网格体制备出陶瓷金属复合预制件，然后再对其进行二次浇铸制备出复合磨辊，行业内称其为“一代复合技术”。其所选择的陶瓷材料颗粒硬度可以达到 2100Hv，耐磨强度是高铬铸铁的 3~4 倍，由于母材为球墨铸铁，具有良好的韧性，陶瓷颗粒又具有良好的耐磨性，这种组合将陶瓷材料的耐磨性和金属材料的机械性能有机地结合起来，使辊套和衬板在辊磨运行期间具有足够的抗磨损强度，特别适合于粉磨磨蚀性大的物料。印度的 VEGA 公司和 Magotteaux 公司技术同源，但具备更大的产能优势，于 2007 年正式进入我国，逐渐在国内占据了一定的市场份额。该工艺解决了整体高合金磨辊寿命短、价格高难题，但整个辊面每块预制件之间存在球磨铸铁不耐磨缺陷，一旦磨损严重将会加速陶瓷合金衬板磨损，此

外, 整个磨辊报废后将不能修复。针对此问题, 比利时 Magotteaux 公司又研发了“二代复合技术”: 采用高铬合金材料一次浇铸而成, 解决了上述问题, 满足了的使用寿命。但该技术与“一代技术”相比, 技术难度较大, 成品率较低。金属复合陶瓷辊套和衬板由于其优越的耐磨性能, 随着生产成本的降低, 得到越来越多客户的认可。

2.2 市场应用情况

立式辊磨机具有产量大、效率高, 能耗低的优点, 在建材、电力和冶金等领域得到广泛的应用, 水泥行业粉磨生料、煤(包括石油焦)和水泥, 电力行业粉磨原煤和脱硫用的石灰石粉, 冶金行业粉磨矿渣、钢渣和其他固废如粉煤灰、铅锌尾矿、镍渣等, 国内市场保有量上千台。磨辊辊套和磨盘衬板是立式辊磨机的关键易损件, 其质量、耐磨性直接影响立式辊磨机的寿命、可靠性。

目前, 国内立磨辊套多采用高铬铸铁和堆焊材料, 磨熟料时, 一般使用寿命为 2500h; 磨生料时, 一般使用寿命为 7000h。致使频繁多次更换辊套, 从而加大了立磨的检修维护成本。采用陶瓷金属复合材料的使用寿命是高铬铸铁和堆焊材料的 2-3.5 倍。目前所使用的绝大多数高铬铸铁和堆焊材料的硬度为 HRC58, 而耐磨陶瓷金属复合磨辊辊套的硬度为 HRA80-90(约为 HRC57~76))。利用高硬度的陶瓷对粉磨的硬质相产生碾磨, 在较长时间内使其表面磨损程度保持一致, 使磨机出力更加稳定。因此, 改善磨辊辊套的耐磨性以满足建材、电力和冶金行业长周期检修的要求是建材、电力和冶金行业亟待解决的问题。

国外已大量运用在水泥和火电等行业中, 显著延长了立磨的运行时间, 从而避免了立磨的非正常检修, 减少了检修次数和时间, 使用期内可节约多次立磨检修费用。然而, 进口陶瓷辊套价格高且供货周期长, 性价比不高, 在国内很难推广。国内陶瓷金属复合辊套、衬板生产企业数量有 10 家左右, 经过多年的经验积累, 国产技术已经成熟。

3. 标准制定的必要性及意义

制定本标准, 旨在规范耐磨陶瓷金属复合磨辊辊套的通用基础技术要求, 引导企业朝着先进、优质的方向发展, 填补行业陶瓷金属复合磨辊辊套及衬板标准体系的空白, 用于指导和规范耐磨陶瓷复合磨辊辊套的设计、制造、使用以及维护, 同时也有利于促进行业“碳达峰”节能减排目标的实现。

4 主要工作过程

4.1 立项阶段

2021 年 4 月立项申请，中国建筑材料联合会 2021 年 8 月下达团体标准制定计划。项目任务下达后，由建筑材料工业技术监督研究中心主要负责起草标准草案。

4.2 标准调研阶段

标准计划正式下达后，由建筑材料工业技术监督研究中心对陶瓷金属复合耐磨材料行业开展了广泛调研，先后走访南通高欣耐磨科技股份有限公司、重庆罗曼新材料科技有限公司、合肥水泥研究设计院有限公司、唐山曹妃甸冀东装备机械热加工有限公司、唐山迁西大方科技有限公司、湖北秦鸿新材料股份有限公司、湖南精城特种陶瓷有限公司等多家该产品的生产企业和应用企业，对生产工艺和实际应用情况进行考察。收集了关于陶瓷金属复合耐磨材料中的陶瓷材料性能、基体材料性能、探伤方法等相关信息。调研期间，有企业反馈辊套与衬板为配套使用的耐磨产品，材料和制作工艺相近，应将衬板要求加入标准。



图 1 陶瓷金属复合磨辊辊套（主要有胎形辊套和锥形辊套两种）

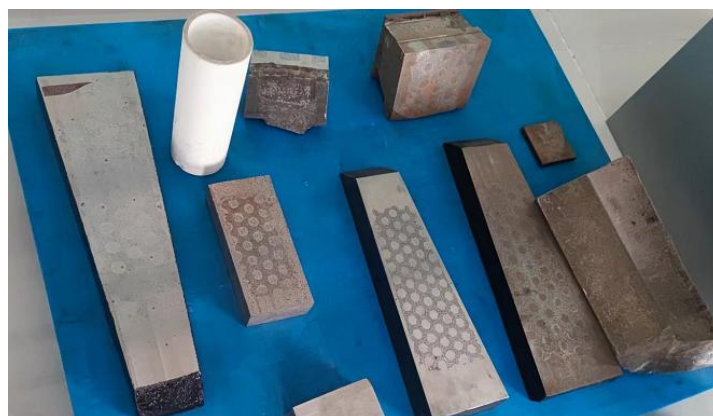


图 2 陶瓷金属复合磨盘衬板



图 3 ZTA 陶瓷

4.3 标准草案

在起草标准草案初期，编制组查阅了 GB/T 1348-2019《球墨铸铁件》、GB/T 5680-2010《奥氏体锰钢铸件》、GB/T 8263-2010《抗磨白口铸铁件》、GB/T 27979-2011《氧化铝耐磨陶瓷复合衬板》、GB/T 35167-2017《水泥立式辊磨机》、GB/T 33935-2017《立磨 磨盘、磨辊衬板(辊套)修复规范》、GB/T 33939-2017《立式辊磨机 磨辊与磨盘铸造衬板 技术条件》、JC/T 844-2007《水泥工业用立式辊磨机》、JC/T 2209-2014《氧化铝陶瓷衬板耐磨管件》、JB/T 10997-2018《矿渣水泥立磨》、DL/T681.2-2020《燃煤电厂煤磨机耐磨件技术条件 第2部分：中速磨 磨辊辊套 磨盘衬板 磨环和空心磨球》等相关标准和资料。编制组成员经多次修改、补充和完善形成了标准草案和编制说明初稿。

4.4 研讨阶段

原计划 2021 年 12 月，召开《立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套及磨盘衬板》第一次工作会，由于全国疫情等原因，影响到标准调研工作进度。2022 年 4 月以视频会议形式组织召开了《立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套及磨盘衬板》第一次工作会，对讨论稿进行了详细讨论并提出相关意见，并建议将标准名称“立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套”更改为“立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套及磨盘衬板”。

4.5 征求意见阶段

2023年8月，起草工作小组根据工作会中提出的相关意见，进行有针对性的资料收集、调研和技术研究，修改完善后形成《立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套及磨盘衬板》团体标准征求意见稿。

4.6 送审阶段

预计在标准公示结束后，整理行业反馈的意见，根据实际情况对征求意见稿进行修改，形成送审稿，并向建材联合会上报，申请召开审查会。

4.7 报批阶段

审查会通过，根据专家提出的问题进行修改，最终形成报批稿。

5 标准编制的原则和主要内容

5.1 制定原则

本标准按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。遵从以下规则：贯彻执行国家的政策、法规，与现行其他国家标准协调一致的原则；技术指标制定先进可行、规范合理的原则；标准制定突出产品特性，促进行业健康发展和产品推广的原则。标准制定过程中参考了国内相关标准和各生产企业标准。试验方法尽量采用现行的国家标准和行业标准，以保证标准中技术指标的准确性、科学性与可操作性，各项指标值兼顾目前现状和发展需求。

5.2 主要内容

本标准规定了立式辊磨机用陶瓷金属复合磨辊辊套（简称复合辊套）及磨盘衬板（简称复合衬板）的术语和定义、分类和标记、一般要求、技术要求、试验方法、检验规则以及包装、标志、运输和贮存。

5.2.1 标准的名称

立项时本标准的名称为《立式辊磨机用耐磨陶瓷金属复合铸造磨辊辊套》，调研期间，有企业反馈应将衬板一起纳入标准。理由如下：

- 1、辊套与衬板是立磨上使用的配套易损件；
- 2、辊套与衬板的制作工艺相同，目前都有三种技术：高铬铸铁、堆焊以及陶瓷金属复合；
- 3、陶瓷金属复合辊套和衬板都是由高铬铸铁与陶瓷颗粒复合铸造，并进行热处理。

经工作组研究讨论，确实应将衬板要求加入该标准中，建议本标准名称更改为《立式辊磨机用耐磨陶瓷金属复合铸造磨辊辊套及磨盘衬板》。

5.2.2 标准的适用范围

本文件适用于建材工业用 ZTA 陶瓷颗粒与金属复合的磨辊辊套及磨盘衬板。根据调研情况，常见用于制备颗粒增强金属基复合材料的颗粒有 WC、TiC、 Al_2O_3 、ZTA（氧化锆增韧氧化铝）陶瓷颗粒。在这几种颗粒中 WC、TiC 价格太贵，工业生产成本太高。 Al_2O_3 陶瓷颗粒韧性太差，在冲击工况下自身容易破裂。相比之下 ZTA 陶瓷颗粒硬度、韧性、成本都有着极大的优势陶瓷颗粒主要分为氧化铝陶瓷颗粒和 ZTA 陶瓷颗粒（氧化锆增韧氧化铝陶瓷），经调研目前行业中均使用 ZTA 陶瓷颗粒。

5.2.3 术语和定义

目前陶瓷金属复合工艺主要有两种，为了行业规范统一，避免市场出现歧义，给出如下术语定义：

（1）一次复合

陶瓷金属复合辊套有两种生产工艺，一种是陶瓷颗粒与高铬铸铁金属基体一次复合成型的生产工艺。

（2）二次复合

陶瓷颗粒与高铬铸铁金属基体复合成预制件，然后再与球墨铸铁金属基体二次铸造成型的生产工艺。

5.2.4 分类和标记

5.2.4.1 分类

依据辊套和衬板的成型方式、结构型式对其进行了分类。

复合辊套成型方式分为一次复合、二次复合。

复合辊套结构型式分为整体式、分体式。市场上使用较多的辊套为整体式结构，分体式结构主要配套非凡、史密斯立磨和沈重辊套结构较大的立磨。

衬板成型方式为一次复合、结构型式为分体式。

5.2.4.2 标记

依据成型方式和结构形式对复合辊套及复合衬板两种产品进行了标记。

5.2.5 要求

5.2.5.1 基本要求

5.2.5.1.1 陶瓷颗粒的分布

采用陶瓷颗粒弥散均匀分布时，制备的复合层厚度偏小，在应用过程中，易产生断裂或者整层剥落，不适于强冲击、高应力等恶劣条件下。将陶瓷颗粒制备成多孔蜂窝状预制体，形成蜂窝状复合层结构，可以一定程度上改善整层复合存在的断裂或剥落问题。经过调研多家企业，陶瓷颗粒均为蜂窝状的、均匀分布的。



图 4 陶瓷颗粒分布照片

5.2.5.1.2 复合层厚度

复合层在复合辊套及复合衬板中是起耐磨作用的关键部位，其厚度指标直接影响到其使用寿命。

经过对不同生产厂家的复合层厚度进行调研，其厚度详细情况见表 1。

表 1 复合层厚度

样品编号	厚度要求 $\geq 30\text{mm}$
企业 1	35mm
企业 2	40mm
企业 3	30mm
企业 4	37mm
企业 5	32mm
企业 6	36mm

复合层厚度偏差调研情况见表 2。

表 2 复合层厚度偏差

样品编号	厚度偏差 $\pm 3\text{mm}$
------	-----------------------

企业 1	+3mm
企业 2	+2mm
企业 3	-2mm
企业 4	-3mm
企业 5	+2mm
企业 6	-1mm

经调研，行业内产品复合层厚度没有低于 30mm 的，厚度偏差均在 $\pm 3\text{mm}$ 以内，3 个样品均可以满足指标。

5.2.5.1.3 预制件间隙

预制件间隙的大小对复合辊套和复合衬板的寿命及制作工艺有影响。经过对不同生产厂家的预制件间隙进行调研，详细情况见表 3。

表 3 预制件间隙

样品编号	预制件间隙 2-15mm
企业 1	2mm
企业 2	12mm
企业 3	8mm
企业 4	3mm
企业 5	14mm
企业 6	15mm

经调研，各家产品预制件间隙不同，根据各家生产工艺不同，间隙大小均在 2~15mm，由此规定间隙范围值。

5.2.5.1.4 预制件与基体的结合型式

经调研，行业中所有企业预制件与基体的结合型式均为燕尾槽固定，防止预制件掉落。

5.2.5.1.5 预制件与基体的结合处

预制件与基体的结合是将加热的预制件与球墨铸铁基体铸造融合，融合过程中可能因铸造工艺问题导致产生影响性能的缺陷。因此我们规定了在预制件与基体结合处不应有空隙、冷隔和夹渣等缺陷，保证结合处的融合质量。

5.2.5.1.6 使用寿命

复合辊套和复合衬板在水泥行业中常用于粉磨煤、生料以及熟料。我们对其三种工况下的使用寿命做了调研，详见表 4。

表 4 使用寿命实际情况

样品编号	用途	使用时间 h
1	磨煤	21200
2	磨煤	21420
3	磨煤	20800
4	磨生料	15640
5	磨生料	12680
6	磨生料	13600
7	磨熟料	8750
8	磨熟料	9100
9	磨熟料	8300

根据上表，产品根据料的易磨性不同，会直接影响辊套和衬板的使用寿命，所以对用途不同的情况，规定了相应的使用寿命值：复合辊套、复合衬板用于磨煤时使用寿命不低于 20 000h，用于磨生料时使用寿命不低于 12 000h，用于磨熟料时使用寿命不低于 8 000h。

5.2.5.2 材料要求

5.2.5.2.1 陶瓷材料

陶瓷材料生产方法有电熔法、粉末冶金法、粘合液浸渍法、直接氧化法、自蔓延高温合成法、凝胶法、压滤法等多种方法，根据工艺、质量、生产成本等综合因素，目前行业内使用的陶瓷通常为电熔法和粉末冶金法两种方法。

5.2.5.2.2 陶瓷材料性能

陶瓷材料性能见表 5。

表 5 陶瓷材料性能

样品编号	ZrO2（质量分数）%	Al2O3（质量分数）%	体积密度 g/cm ³	断裂韧性 K _I pbMpa·m ^{1/2}	常温抗弯强度 MPa	维氏硬度 HV	颗粒尺寸 mm
1	15	15	4	5	340	1250	0.5
2	17	17	4.5	7	580	1500	3.5

3	16	16	5.2	6	470	1560	4.7
---	----	----	-----	---	-----	------	-----

经调研，各家使用的陶瓷材料性能相近，根据各家提供的性能指标规定了陶瓷材料性能的范围值。

5.2.5.2.3 基体材料

a) 一次复合、二次复合预制件基体材料应为高铬铸铁，经调研常用 Cr15 以上的牌号。从 GB/T 8263-2010 中选取 Cr15、Cr20 及 Cr16 三种牌号直接引用，详见表 6 的规定。

表 6 相关标准的技术要求

相关标准	牌号	化学成分(质量分数)/%	
GB/T 8263-2010《抗磨白口铸铁件》	BTMCr15	C	2.0-3.6
		Si	≤1.2
		Mn	≤2.0
		Cr	14.0-18.0
	BTMCr20	C	2.0-3.3
		Si	≤1.2
		Mn	≤2.0
		Cr	18.0-23.0
	BRMCr26	C	2.0-3.3
		Si	≤1.2
		Mn	≤2.0
		Cr	23.0-30.0

b) 由于球墨铸铁的球状石墨微观结构，在减弱振动能力方面，球墨铸铁优于铸钢，因此更加有利于降低应力且球墨铸铁具有更高的屈服强度和更低的成本。因此球磨铸铁是合适的二次复合基体材料。经调研市场上二次复合基体材料均采用球墨铸铁，为保证性能采用不低于 QT450 的牌号，应符合表 7 的规定。

表 7 相关标准的技术要求

相关标准	牌号	铸件壁厚 /mm	屈服强度 $R_{p0.2}$ (min.) MPa	抗拉强度 R_m (min.) MPa	断后伸长率 A^a (min.) %
GB/T	QT450	$t \leq 30$	310	450	10

1348-2019《球墨铸铁件》		30 < t ≤ 60	供需双方商定		
		60 < t ≤ 200			
	QT500	t ≤ 30	320	500	7
		30 < t ≤ 60	300	450	7
		60 < t ≤ 200	290	420	5
	QT550	t ≤ 30	350	550	5
		30 < t ≤ 60	330	520	4
		60 < t ≤ 200	320	500	3
	QT600	t ≤ 30	370	600	3
		30 < t ≤ 60	360	600	2
		60 < t ≤ 200	340	550	1
	QT700	t ≤ 30	420	700	2
		30 < t ≤ 60	400	700	2
		60 < t ≤ 200	380	650	1
	QT800	t ≤ 30	480	800	2
		30 < t ≤ 60	供需双方商定		
		60 < t ≤ 200			
	QT900	t ≤ 30	600	900	2
		30 < t ≤ 60	供需双方商定		
		60 < t ≤ 200			

c) 热处理是一项改进金属材料品质的方法，借助热处理可以改变或影响铸铁的组织及性质，同时还可获得更高的强度、硬度和耐磨性等。由于主要起耐磨作用的金属基体是高铬铸铁，本标准直接引用 GB/T 8263-2010 中的两种热处理方式：硬化态和硬化态去应力处理，主要目的都是为了增加基体的硬度，从而提高耐磨性。

5.2.5.3 无损探伤检测

5.2.5.3.1 表面探伤

因高铬铸铁表面常出现龟裂、微裂等情况，但不影响使用。但如果存在贯穿性裂纹会导致整个工件断裂。综合考虑高内高铬铸铁的整体铸造水平及调研多家企业的生产及使用情况，规定了贯穿性裂纹长度的允许值：单个轴向裂纹长度不

应大于其公称尺寸的 1/2，单个环向裂纹长度不应大于其公称尺寸的 1/5。二次复合辊套球磨铸铁金属基体渗透探伤时，应符合 GB/T 9443-2019 表 3 中 SP2、表 4 中 LP2 和 AP2 级的规定。

5.2.5.3.2 内部探伤

目前没有对金属复合材料的探伤方法，编制组经过现场试验，特制定了该方法。内部探伤因陶瓷颗粒较大，超声波无法探测，所以对复合层无法进行超声波探伤，只能对金属基体进行超声波探伤，但传统的纯金属产品探伤也有所区别，经过多次试验研究，并参考了 GB/T 1348-2019《球墨铸铁件》、GB/T 7233.1-2009《铸钢件 超声检测 第1部分：一般用途铸钢件》中的参数要求，针对金属基体探伤进行了规定。

辊套、衬板纯金属基体内部应进行超声波探伤检测，加工面应做到 100%超声波探伤检测；对非加工面，因材料较硬，全面打磨探伤成本太高。每隔 90°打磨 250mm² 探测点，对其进行超声波探伤检测，如发现缺陷，增加打磨面积；当探测到金属陶瓷复合面时，反射波被陶瓷层吸收，显示无底波，为合格。缺陷允许值应符合表 8 中的规定。

表 8 缺陷允许值

项目	允许值
边缘区缺陷最大面积	1000mm ²
中心区缺陷最大面积	20000mm ²
平底孔直径	≤8mm
边缘区缺陷最大长度	20mm
中心区最大长度	30mm

5.2.5.4 表面质量

5.2.5.4.1 表面缺陷

参考 GB/T 8263-2010《抗磨白口铸铁件》中 5.6.2 以及 GB/T 37400.4-2019《重型机械通用技术条件：第4部分：铸铁件》中 3.9.1 的规定。

5.2.5.4.2 表面缺陷

参考 GB/T 8263-2010《抗磨白口铸铁件》中 5.6.1 的规定。

5.2.5.4.3 陶瓷颗粒缺陷

陶瓷颗粒溃散性分布易产生断裂或者整层剥落，所以规定不允许有溃散性分布的缺陷。颗粒溃散浮于铸件表面或内浇口处原因一：浇铸温度过高，浇铸温度需要测量并精准控制。原因二：陶瓷颗粒位于内浇口的下方或正前方，陶瓷颗粒的分布位置也会对铸件产生较大影响。

5.2.5.4.4 粗糙度

相关标准中对表面粗糙度的技术要求见表 9。

表 9 相关标准粗糙度值的技术要求

相关标准	粗糙度要求 μm
GB/T 37400.4-2019《重型机械通用技术条件：第 4 部分：铸铁件》	$R_a \leq 50$
GB/T 8263-2010《抗磨白口铸铁件》	$R_a \leq 25$

考虑到国内大部分铸造件表面较为粗糙的现状，编制组经过讨论决定，将粗糙度定为：应达到 GB/T 6060.1-2018 中 $Ra50$ 的规定。

5.2.5.4.5 涂漆防锈

涂漆防锈应符合 JC/T 402 的规定。

5.2.5.5 铸件表面清理

5.2.5.5.1 清理和处理表面缺陷

在清理和处理铸造缺陷过程中，如使用火焰切割、碳弧气刨、电弧切割和焊补，会导致工件产生裂纹，故对清理和处理缺陷过程中做了规定。

5.2.5.5.2 打磨

在对工件打磨时，速度过快会导致工件产生裂纹，故对打磨速度进行了规定。

5.2.5.6 尺寸和重量公差

5.2.5.6.1 未注尺寸公差

为了产品的质量保障和行业的健康发展，未注尺寸公差和未注几何公差均采用了行业中等偏上水平的标准。未注尺寸公差采用 GB/T 6414-2017 中 DCTG 11 级的规定，未注几何公差采用 GB/T 6414-2017 中 GCTG 6 级的规定。

5.2.5.6.2 辊套与辊芯配合尺寸

辊套与辊芯配合处尺寸精度等级也采用了行业中等偏上水平的标准，不应低于 GB/T 1800.2-2020 中 IT8 级的要求。锥角公差在各生产厂家的加工精度不同，表 10 为调研的各厂家锥辊数据，根据调研情况结合我国工业生产水平，并通过

标准工作会讨论研究，锥角公差应符合表 11 中的规定，以确保加工件的尺寸精度符合应用要求，保证设备产品质量。

表 10 调研锥辊数据

数据来源	大锥直径/mm	长度/mm	角度
天津水泥工业设计研究院有限公司	Φ 1460	139.5	22.5° ±1' 05"
	Φ 1620	155	22.5° ±5'
	Φ 1730	140	22.5° ±6'
	Φ 1810	195	22.5° ±5'
	Φ 1900	200	22.5° ±3'
	Φ 2010	200	22.5° ±3'
	Φ 2220	195	22.5° ±5'
日本川崎数据	Φ 1277	160	22.5° ±1'
	Φ 1371	200	22.5° ±1.2'
江苏鹏飞集团股份有限公司	—	—	±12'
唐山迁西大方科技有限公司	—	—	±2'
合肥水泥研究设计院有限公司	—	—	±12'

表 11 辊套与辊芯配合面的锥角公差

圆锥直径/mm	≤1000	>1000~1500	>1500~2000	>2000~2500	≥2500
锥角公差	±5'	±6'	±7'	±8'	±9'
锥角公差选择时应将表中的数值乘以 100/L，L 为圆锥长度，单位为 mm。 注：表中为圆锥长度等于 100mm 时的数值。					

5.2.5.6.3 底面平面度

衬板与磨盘接触的底面平面度采用了行业中等偏上水平的标准，不低于 GB/T 1184-1996 附录表 B1 中的 10 级。

5.2.5.6.4 辊套、衬板重量公差

辊套、衬板重量公差采用了行业中等偏上水平的标准，应符合 GB/T 11351-2017 中 MT 11 级的规定。

5.2.5.7 金相组织

经调研试验，辊套、衬板复合层的常规金相组织为：硬质相颗粒（陶瓷）+ 马氏体+碳化物+残余奥氏体或硬质相颗粒+碳化物+奥氏体及其转变产物，其中残余奥氏体量不大于 10%。仅供参考，不作为强制要求。

5.2.6 试验方法

按照本标准正文第 6 章给出的试验方法对复合辊套和衬板的各项性能要求

做检测，检测方法基本采用现行国标或行标规定方法进行，以确保试验的准确性和权威性。

5.2.6.1 基本要求

对 5.1.1 陶瓷颗粒分布的检验，在工件上截取试样，采用目测法进行检验。

对 5.1.2、5.1.3、5.1.4 厚度和宽度的检验，采用直尺进行检验。

对 5.1.5 对辊套预制件与基体互渗结合程度的检验，在工件上截取试样，采用目测法进行检验。

5.2.6.2 材料要求

对 5.2.2 陶瓷氧化铝、三氧化二铁成分的检验，按 GB/T 6900 给出的方法进行检验。

对 5.2.2 陶瓷密度的检验，采用 GB/T 25995 给出的方法进行检验。

对 5.2.2 陶瓷断裂韧性的检验，采用 GB/T 23806 给出的方法进行检验。

对 5.2.2 陶瓷抗弯强度的检验，采用 GB/T 6569 给出的方法进行检验。

对 5.2.2 陶瓷维氏硬度的检验，采用 GB/T 16534 给出的方法进行检验。

对 5.2.2 陶瓷颗粒尺寸的检验，采用游标卡尺进行检验。

对 5.2.3 a) 基体材料的检验，按照 GB/T 8263-2010 给出的方法进行检验。

对 5.2.3 b) 基体材料的拉伸性能和最小冲击吸收能量检验，按照 GB/T 1348-2019 给出的方法进行检验。

对 5.2.3 c) 复合层硬度的检验，采用在辊套、衬板表面便携式硬度计进行逐件检验，只对高铬铸铁基体进行硬度检验，其中一次复合辊套圆周均布取 4 点，用算数平均值评定；分体辊套和衬板每件取 2 点，用算数平均值评定；也可采用相同材料相同热处理工艺条件下的附铸试样上进行检验。

对 5.2.3 c) 热处理的检验，采用查阅热处理工艺和热处理曲线方法进行验收。

5.2.6.3 无损探伤检测

对 5.3.1 渗透探伤检验，采用 GB/T 9443-2019 给出的方法进行检验。

对 5.2.2 超声波探伤检验，采用 GB/T 7233.1 和 GB/T 34904 给出的方法进行检验。

5.2.6.4 表面质量

对 5.4.1、5.4.2、5.4.3 表面缺陷的检验，采用目测法进行检验。

对 5.4.5 表面粗糙度的检验，采用 GB/T 6060.1 给出的方法进行检验。

5.2.6.5 铸件表面清理

对 5.5.1 清理的检验，采用目测法进行检验。

5.2.6.6 尺寸和重量公差

对 5.6.1 尺寸的检验，采用通用量检具进行检验。

对 5.6.2 尺寸、角度检验，采用千分尺和万能角度尺进行检验。

对 5.6.3 平面度检验，采用直尺和塞尺进行检验。

对 5.6.4 重量检验，采用台秤或地中衡进行检验。

5.2.6.7 金相组织检验

对 5.7 金相组织检验，采用 GB/T 13298 给出的方法且在同炉附铸试样上检验。

5.2.7 检验规则

辊套和衬板的检验分为出厂检验和型式检验，检验规则按照本标准正文的第 7 章内容进行。

5.2.8 标志、包装、运输和贮存

辊套和衬板的标志、包装、运输和贮存以符合国家相关法律、法规的规定，符合相关国标、行标规定为原则。

辊套和衬板在装卸时，应按指定的位置吊装，且运输过程中防止强烈振动和冲击，在贮存时应确保环境干燥、通风、无日晒、无雨淋、无腐蚀，以保护设备不因恶劣环境因素或意外的外力造成损坏。

6 主要试验验证情况分析

在送审稿完成后，由第三方检测机构和参编企业共同出具验证试验报告，最终将根据验证报告情况进行分析。

7 主要验证试验样品

第二次工作会议后，编制组开始征集样品，在各参编企业的大力支持下，收集到验证试验样品共 3 组。

8 知识产权说明

本标准尚未发现涉及专利等知识产权内容。

9 产业化情况、推广应用论证和预期达到的经济效益等情况

目前，复合辊套及复合衬板已经实现了产业化，并广泛应用于水泥、电力、钢铁、冶金等行业。陶瓷金属复合磨辊辊套具有高强度、高耐磨、高耐腐蚀等优点，能够有效提高生产效率、延长使用寿命，被认为是传统辊套的理想替代品。

在国内，一些大型水泥、电力、钢铁企业企业已经开始采用陶瓷金属复合磨辊辊套，取得了良好的应用效果。同时，一些专业生产陶瓷金属复合磨辊辊套的企业也逐渐兴起，推动了相关产业的发展和壮大。

陶瓷金属复合辊套及衬板优点如下：

1) 陶瓷金属复合辊套及衬板工作表面磨损程度比较均匀，表面的特殊凹坑结构减少了它们与物料间的相对滑动，增加了立磨对物料的适应能力。工作面的磨损曲线可以在很长一段时间保持平滑，保证足够的研磨面积，可以使立磨的出力在长时间内稳定在一个较高的水平，稳定立磨的产量；

2) 在正常适用磨料情况下，根据磨料的易磨性不同，陶瓷金属复合辊套及衬板的使用寿命可以达到 8000-20000h 以上，是传统的高铬合金堆焊技术的 2.5 倍以上，每年停机检修次数可以减少 1-2 次。

因此陶瓷金属复合辊套及衬板能够带来的经济效益如下：

1) 直接经济效益，通过提高使用寿命，延长辊套和衬板的使用时间，降低备品备件的使用数量和延长立磨检修周期，减少立磨检修次数所产生的效益；

2) 间接经济效益，通过提高立磨出料，降低能耗，增加产量，提高效率所产生的节能降耗效益。

在相同的使用周期内，使用陶瓷金属复合辊套及衬板过程中无需进行堆焊，既降低了采购成本，又减少了检修次数，降低了检修费用，从而可以大幅降低生产成本，直接经济效益可提高 20% 以上。

陶瓷金属复合辊套及衬板作为一种节能的新技术、新工艺，市场占有率逐步扩大，配件出口逐年增多。目前，生产该部件的企业很多，其产品质量良莠不齐，没有统一的检验验收标准。因此，制定陶瓷金属复合辊套及衬板团标意义重大，以此推广该项先进技术，规范企业质量行为，提高产品质量，统一验收标准。

10 采用国际标准和国外先进标准的情况

目前国外尚无同类型或相关标准。目前国外生产陶瓷金属复合辊套及衬板的国家主要有比利时、印度等，其中以比利时的工艺技术较为先进，其先进性主要体现在产品相对更稳定、品质更好。

11 与现行相关法律、法规、规章及相关标准（包括强制性标准）的协调

本标准中内容均依照国内现行各类相关法律、法规、规章、标准予以要求。与现行相关法律、法规、规章及相关标准的协调一致。

12 重大意见分歧的处理依据和结果

无。

13 标准性质的建议说明

产品标准，建议为推荐性标准发布。

14 贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法、实施日期等）

建议在本标准正式出台后，各生产厂家、科研单位、检测机构以及地方管理部门能够依据本标准中的相关规定对陶瓷金属复合辊套及衬板进行统一的评价和管理。具体实施措施建议如下：

（1）加大标准宣传力度，提高认知度，建立信息公共平台，将有参考价值的案例、好的做法和经验等在行业内部公开发布，引起有关部门领导和相关企业的重视，使相关单位能够积极主动的购买标准和资料、参加培训、结合本单位实际情况学习研究标准并准备贯彻实施标准。

（2）标准归口单位进行贯标指导，组织标准宣贯培训班，由标准制定人员主讲。设立专门的答疑或咨询部门或网站，为贯标企业排忧解难，组织有关人员积极参加行业协会组织的各项活动，培训班等。及时了解标准制、修订信息。

（3）鼓励行业相关企业成立标准贯彻实施小组，组员由标准化技术人员、产品主管设计人员、工艺主管设计人员、检验人员、车间技术人员等工作人员组成，进行明确的分工合作，适时组织标准宣贯会，使有关人员拥有标准、了解标

准、熟悉标准，执行标准。产品主管设计人员、工艺主管设计人员、检验人员、车间技术人员、操作人员均须按照细则要求进行相应工作。

（4）标准化技术人员全面负责贯标实施工作，跟踪服务对贯标中出现的技术问题进行协调处理作好贯标记录，并进行长期监督检查工作。

15 废止现行有关标准的建议

无。

16 其它说明

无