



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 115537497 B

(45) 授权公告日 2023. 03. 10

(21) 申请号 202211286429.2

(22) 申请日 2022.10.20

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 115537497 A

(43) 申请公布日 2022.12.30

(73) 专利权人 营口理工学院
地址 115000 辽宁省营口市博文路46号
专利权人 辽宁富城耐火材料(集团)有限公司

(72) 发明人 聂波华 戴晨晨 付金永 赫丽杰
黄启国 王晓民 陶春兰 侯文生

(74) 专利代理机构 沈阳杰克知识产权代理有限公司 21207
专利代理师 孙玲

(51) Int. Cl.

G21C 5/52 (2006.01)

C04B 35/103 (2006.01)

C04B 35/622 (2006.01)

审查员 李志鹏

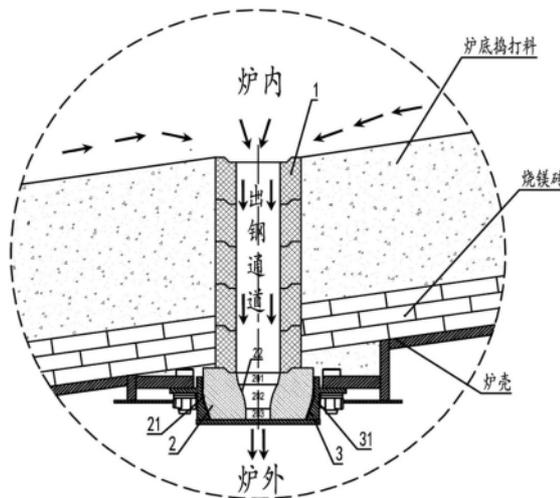
权利要求书2页 说明书9页 附图4页

(54) 发明名称

抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖及其制备方法和应用

(57) 摘要

本发明涉及一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖及其制备方法和应用,结构为:尾砖的内孔设计成具有不同形状特征的三段,分别为入口段、减速缓冲段和出口段;其中,入口段呈上大下小的圆台形;减速缓冲段呈上大下小的类圆台形,其横截面直径呈非线性减小,母线为弧形线段;出口段呈圆柱形,其横截面直径维持不变;尾砖的外圆周的下半部为缩颈结构,在缩颈拐点处设有圆弧过渡形状。本申请的电炉用EBT出钢口尾砖采用三段式内孔结构和拐点圆弧结构,提高尾砖抵抗钢水涡流冲刷的能力,有效增加出钢通道内壁对钢水流的粘滞减速效应,对改善钢水流状态、降低涡流冲刷效能具有显著效果。



1. 一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖,其特征在于:尾砖(2)的内孔设计成具有不同形状特征的三段,分别为入口段(201)、减速缓冲段(202)和出口段(203);其中,入口段(201)呈上大下小的圆台形;减速缓冲段(202)呈上大下小的类圆台形,其横截面直径呈非线性减小,母线为弧形线段;出口段(203)呈圆柱形,其横截面直径维持不变;尾砖(2)的外圆周的下半部为缩颈结构,在缩颈拐点(21)处设有圆弧过渡形状。

2. 如权利要求1所述的EBT出钢口尾砖,其特征在于:所述的入口段(201)的圆台形高 H_1 占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的24%~26%,上部直径 D_1 应与流钢砖内径保持一致,为100~250mm;入口段(201)下部直径 $D_2 = D_1 - T$,其中 T 最佳取值为 $(0.4 \sim 0.6)H_1$ 。

3. 如权利要求1所述的EBT出钢口尾砖,其特征在于:所述的减速缓冲段(202)内孔高 H_2 占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的50%~55%,其上部直径与入口段(201)下部直径 D_2 一致,下部直径 $D_3 = D_2 - M$ 得出,其中 M 最佳取值为 $(0.2 \sim 0.4)H_2$;减速缓冲段(202)的弧形母线(22)中心角 θ 在 $10^\circ \sim 20^\circ$ 范围内取值,弧形母线(22)的半径 $R_{内}$ 计算公式如下:

$$R_{内} = \frac{\sqrt{4H_2^2 + \frac{M^2}{4}}}{4 \sin \frac{\theta}{2}}。$$

4. 如权利要求1所述的EBT出钢口尾砖,其特征在于:所述的出口段直径与减速缓冲段(202)的下部直径 D_3 一致,其高度 H_3 按照占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的19%~26%取值。

5. 如权利要求1所述的EBT出钢口尾砖,其特征在于:所述的尾砖(2)的外圆周缩颈拐点(21)处过渡圆弧半径 $R_{拐}$ 为100~400mm、中心角 β 在 $10^\circ \sim 45^\circ$ 。

6. 如权利要求1所述的EBT出钢口尾砖,其特征在于由如下原料按重量份数比制成:

- 刚玉料5~3mm 15~20份、
- 刚玉料3~1mm 25~32份、
- 刚玉料1~0mm 15~20份、
- 刚玉料 ≤ 0.088 mm 6~12份、
- 活性碳化硅微粉 6~8份、
- 石墨 10~14份、
- 多功能助剂 2~4份、
- 氮化硼 1~3份、
- 热固性酚醛树脂 3~5份。

7. 如权利要求6所述的EBT出钢口尾砖,其特征在于:所述刚玉料为白刚玉、亚白刚玉、板状刚玉或棕刚玉中的一种或几种,是配方体系中 Al_2O_3 的主要来源,其 Al_2O_3 含量不低于95wt%;所述的多功能助剂是一种以碳酸镧和优质天然菱镁矿按重量比1:2配制的复合粉剂;所述的氮化硼为六方晶型(HBN),且要求其BN含量 ≥ 98 wt%,细度 ≤ 325 目;所述的热固性酚醛树脂25℃时的粘度 ≥ 100 P,固化物 ≥ 77 wt%,残碳 ≥ 46 wt%。

8. 如权利要求6所述的EBT出钢口尾砖的制备方法,其特征在于:将各组成原料按比例混合,并利用高速混练机将其混合均匀获得泥料,然后将泥料在大吨位压砖机上进行压制成型制得砖坯,最后将砖坯置于 $250^\circ C \pm 10^\circ C$ 下保温10h热处理后便制得了EBT出钢口尾砖。

9. 如权利要求1或6所述的EBT出钢口尾砖在炼钢电炉出钢口中的应用。

10. 如权利要求9所述的EBT出钢口尾砖在炼钢电炉出钢口中的应用,其特征在于:EBT出钢口尾砖落座在EBT铁槽(3)内,EBT铁槽(3)与炉壳连接,EBT出钢口尾砖的顶部依次安装若干块流钢砖(1)。

抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖及其制备方法和应用

技术领域

[0001] 本发明涉及一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖及其制备方法和应用,属于炼钢电弧炉用耐火材料的技术领域。

背景技术

[0002] 近年来,随着国家对冶金行业环保要求的逐渐提高,一批批小容量高炉、转炉等长流程、高能耗、技术落后的炼钢装备被不断淘汰。因综合能耗和耐材单耗低、冶炼质量好、原料结构可调性强且可100%采用废钢等优点,以电弧炉为炼钢核心装备的短流程生产线如雨后春笋般相继在我国组建和投产,尤其以超高功率电炉广为行业企业所追捧。

[0003] 一般地,炼钢电炉出钢方式有两种,一种是槽式出钢,另一种为EBT(偏心底)出钢。因钢水二次氧化严重、流钢通道耐材寿命低、维修周期长等缺点,槽式出钢方式已基本被淘汰,仅在30吨以下容量电炉中偶有采纳。而EBT出钢方式因安全性好、金属收得率高、使用寿命长等优点,目前在国内外被广泛应用于不同功率、不同容量电炉中。

[0004] 采用EBT出钢方式的流钢通道耐火材料,通常被称为出钢口砖。如附图1所示,传统电炉EBT出钢口由若干块流钢砖1(Tapping Hole Brock)和一块尾砖2(Ending Brock)组成,其内孔通常设计成半径D为100~250mm的圆柱形,它是钢水从炉内至炉外的流出通道。另外,在出钢口砖的材质设计方面,传统电炉EBT出钢口流钢砖1和尾砖2均选用MgO-C质不烧砖。近年来,随着社会高质量发展对钢铁材料品质需求的持续提高,再加上国家环保政策的逐步落地,迫使越来越多的钢铁企业开发并采取了诸多适合当前形势的高效化、净化电炉冶炼新技术,促使传统EBT出钢口耐材与之不相适应的矛盾变得愈加不可调和,主要体现在:(1)由于传统尾砖2采用MgO-C材质设计,其热膨胀系数大、高温抗折强度低,在当前终点温度高、钢水过氧化电炉冶炼条件下,于出钢过程中频繁遭受大幅度的冷热交替冲击,使得尾砖2在外轮廓变径拐点处21易产生热应力集中,从而出现裂纹、断裂、劈裂等现象,严重威胁电炉冶炼安全;(2)由于出钢口通道为圆柱形,出钢过程中钢水流呈现强烈涡流状态,而镁碳质材料高温抗折强度较低、抗涡流冲刷能力弱,使得传统EBT出钢口在尾砖处较早出现“喇叭口”状冲刷扩径损毁(见附图2所示A处),大幅降低了使用寿命,制约了电炉炉衬整体寿命的提高和高效冶炼技术的发展,亟待解决。

发明内容

[0005] 本发明要解决的技术问题是提供一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖及其制备方法和应用,本申请的电炉用EBT出钢口尾砖采用三段式内孔结构和拐点圆弧结构,提高尾砖抵抗钢水涡流冲刷的能力,有效增加出钢通道内壁对钢水流的粘滞减速效应,对改善钢水流动状态、降低涡流冲刷效能具有显著效果。

[0006] 为解决以上问题,本发明的具体技术方案如下:一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖及其制备方法和应用,结构为:尾砖的内孔设计成具有不同形状特征的三段,分别为入口段、减速缓冲段和出口段;其中,入口段呈上大下小的圆台形;减速缓冲段呈上大下小

的类圆台形,其横截面直径呈非线性减小,母线为弧形线段;出口段呈圆柱形,其横截面直径维持不变;尾砖的外圆周的下半部为缩颈结构,在缩颈拐点处设有圆弧过渡形状。

[0007] 所述的入口段的圆台形高 H_1 占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的24%~26%,上部直径 D_1 应与流钢砖内径保持一致,为100~250mm;入口段下部直径 $D_2=D_1-T$,其中 T 最佳取值为 $(0.4\sim 0.6)H_1$ 。

[0008] 所述的减速缓冲段内孔高 H_2 约占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的50%~55%,其上部直径与入口段下部直径 D_2 一致,下部直径 $D_3=D_2-M$ 得出,其中 M 最佳取值为 $(0.2\sim 0.4)H_2$;减速缓冲段的弧形母线中心角 θ 在 $10\sim 20^\circ$ 范围内取值,母线弧的半径 $R_{内}$ 计算公式如下:

$$[0009] \quad R_{内} = \frac{\sqrt{4H_2^2 + \frac{M^2}{4}}}{4 \sin \frac{\theta}{2}}。$$

[0010] 所述的出口段直径与减速缓冲段的下部直径 D_3 一致,其高度 H_3 按照约占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的19%~26%取值。

[0011] 所述的尾砖的外圆周缩颈拐点处过渡圆弧半径 $R_{外}$ 为100~400mm、中心角 β 在 $10^\circ\sim 45^\circ$ 。

[0012] 上述EBT出钢口尾砖由如下原料按重量份数比制成:

[0013] 刚玉料5~3mm 15~20份、

[0014] 刚玉料3~1mm 25~32份、

[0015] 刚玉料1~0mm 15~20份、

[0016] 刚玉料 ≤ 0.088 mm 6~12份、

[0017] 活性碳化硅微粉 6~8份、

[0018] 石墨 10~14份、

[0019] 多功能助剂 2~4份、

[0020] 氮化硼 1~3份、

[0021] 热固性酚醛树脂 3~5份。

[0022] 所述刚玉料为白刚玉、亚白刚玉、板状刚玉或棕刚玉中的一种或几种,是配方体系中 Al_2O_3 的主要来源,其 Al_2O_3 含量不低于95wt%;所述的多功能助剂是一种以碳酸镧和优质天然菱镁矿按重量比1:2配制的复合粉剂;所述的氮化硼为六方晶型(HBN),且要求其BN含量 ≥ 98 wt%,细度 ≤ 325 目;所述的热固性酚醛树脂粘度($25^\circ C$) ≥ 100 P,固化物 ≥ 77 wt%,残碳 ≥ 46 wt%。

[0023] 将各组成原料按比例混合,并利用高速混练机将其混合均匀获得泥料,然后将泥料在大吨位压砖机上进行压制成型制得砖坯,最后将砖坯置于 $250^\circ C \pm 10^\circ C$ 下保温10h热处理后便制得了EBT出钢口尾砖。

[0024] 上述EBT出钢口尾砖在炼钢电炉出钢口中的应用。

[0025] 上述EBT出钢口尾砖在炼钢电炉中的应用, BT出钢口尾砖落座在EBT铁槽内,EBT铁槽与炉壳连接,EBT出钢口尾砖的顶部依次安装若干块流钢砖。

[0026] 本申请采用上述技术方案具有以下有益效果:

[0027] (1) 本申请的抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖采用三段式内孔结构,具有减轻钢水涡流冲刷的功效和抵抗钢水涡流冲刷的能力,而外圆周设置圆弧缩颈拐点可有效减小

热结构耦合应力,解决热应力集中问题,从而起到延长电炉EBT出钢口整体使用寿命的作用。彻底解决了传统电炉EBT出钢口尾砖在使用过程中出现的裂纹、断裂、劈裂等问题,大幅减少了“漏钢”、“渗钢”、“穿钢”等恶性事故,有效提升了炉前冶炼操作的安全性。

[0028] (2) 该EBT出钢口尾砖采用 Al_2O_3 -SiC-C配方体系代替MgO-C质配料来制备尾砖,同时本发明还创新加入了多种功能型添加剂,不仅直接提升了高温抗折强度、高温耐磨性,降低了高温下热膨胀系数,还能有效增加出钢通道内壁对钢水流的粘滞减速效应,对改善钢水流动状态、降低涡流冲刷效能具有显著效果。延长出钢口整体使用寿命50%以上。

[0029] (3) 本发明技术方案可优化出钢时钢水流动形态,有效减轻了钢水二次氧化和非金属夹杂,提高金属收得率3%以上,对提升钢水洁净度和钢材品质具有重要作用。

附图说明

[0030] 附图1为传统电炉EBT出钢口砖安装示意图。

[0031] 附图2为传统尾砖出现“喇叭口”状冲刷损毁现象示意图。

[0032] 附图3为抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口砖安装示意图。

[0033] 附图4A为抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖砖型主视图。

[0034] 附图4B为抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖砖型俯视图。

[0035] 附图5为实施例1采用的EBT出钢口尾砖关键尺寸图。

[0036] 附图6为实施例2采用的EBT出钢口尾砖关键尺寸图。

[0037] 附图7为实施例3采用的EBT出钢口尾砖关键尺寸图。

具体实施方式

[0038] 电炉EBT出钢口尾砖砖型和出钢通道优化设计

[0039] 如图3式所示,与传统方案一样,本发明提供的抗涡流冲刷的电炉用电炉出钢口砖也由若干块流钢砖1和一块尾砖2组成,但为了改善尾砖2在出钢过程中热应力分布和减轻钢水涡流冲刷,本发明对其外轮廓及内孔形状做了如下创新与优化设计:

[0040] 如附图4A和图4B所示,为解决热应力集中问题,本发明在尾砖的缩颈拐点21处设计成圆弧过渡形状,该圆弧可巧妙降低缩径速度,杜绝突变和应力尖端,另外还可有效分解铁槽3对其产生的热膨胀反向约束力,从而起到减小热结构耦合应力的作用。通过采用ANSYS Workbench软件对不同外型轮廓形状的尾砖进行多次热结构耦合应力场分析计算,优选的,过渡圆弧半径 $R_{拐}$ 为100~400mm、中心角 β 在 $10^\circ \sim 45^\circ$ 范围内可彻底解决热应力集中问题。

[0041] 为减轻上述涡流冲刷效能,本发明将尾砖2的内孔设计成具有不同形状特征的三段,分别为入口段201、减速缓冲段202和出口段203。

[0042] 所述入口段201呈上大下小的圆台形,其横截面直径呈线性均匀减小,可有效对靠近通道侧壁的钢水流进行首次收紧和减速,从而实现初次降涡效能。为了获得适宜降涡效能,优选地,圆台形高 H_1 约占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的24%~26%,上部直径 D_1 应与流钢砖内径保持一致,通常为100~250mm,具体数值取决于电炉出钢量和出钢时间;入口段(201)下部直径 $D_2 = D_1 - T$,其中 T 最佳取值为 $(0.4 \sim 0.6)H_1$ 。

[0043] 所述减速缓冲段202呈上大下小的类圆台形,其横截面直径呈非线性减小,母线22

为弧形线段。本段弧形收口设计,可发挥如下三方面效果:一是进一步对靠近通道侧壁的钢水流进行再收紧和减速,实现二次降涡功效;二是有效增加了钢水涡流冲刷点耐材厚度,为提高尾砖2在涡流冲刷条件下的使用寿命;三是弧形母线22与尾砖的变径拐点21在同一水平高度范围,可进一步对铁槽3产生的反向结构热耦合应力进行分解和释放,实现钢水通道内壁热应力分布均匀。为达到上述预期效果,优选地,所述减速缓冲段202高 H_2 约占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的50%~55%,其上部直径与入口段201下部直径 D_2 一致,而下部直径 $D_3=D_2-M$ 得出,其中 M 最佳取值为 $(0.2\sim 0.4)H_2$ 。所述弧形母线22中心角 θ 应在 $10\sim 20^\circ$ 范围内取值,具体数值需综合考虑电炉出钢量、出钢通道总长等因素择优确定。上述尺寸设计出来后,将它们代入(式一)可计算出母线弧22的半径 $R_{内}$:

$$[0044] \quad R_{内} = \frac{\sqrt{4H_2^2 + \frac{M^2}{4}}}{4 \sin \frac{\theta}{2}} \quad (\text{式一})。$$

[0045] 所述出口段203呈圆柱形,其横截面直径维持不变,可有效稳定靠近通道侧壁的钢水流流速,使其呈现压实和聚集型流束状态,对降低钢水二次氧化、提高金属收得率具有促进作用。为此,优选地,所述出口段直径与减速缓冲段202的下部直径一致,其高度 H_3 按照约占尾砖内孔总高 $H_{内}$ 的19%~26%原则选取。

[0046] 新型电炉EBT出钢口尾砖配方设计

[0047] 本发明独创性地采用 Al_2O_3 -SiC-C配方体系代替传统MgO-C质尾砖,具体方案如下:所述的一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖,按重量份配比,由如下具体原料组成:

[0048] 刚玉料5~3mm 15~20份、

[0049] 刚玉料3~1mm 25~32份、

[0050] 刚玉料1~0mm 15~20份、

[0051] 刚玉料 ≤ 0.088 mm 6~12份、

[0052] 活性碳化硅微粉 6~8份、

[0053] 石墨 10~14份、

[0054] 多功能助剂 2~4份、

[0055] 氮化硼 1~3份、

[0056] 热固性酚醛树脂 3~5份。

[0057] 所述刚玉料为白刚玉、亚白刚玉、板状刚玉、棕刚玉的一种或几种,是配方体系中 Al_2O_3 的主要来源,为确保本发明获得良好的耐高温性、高温抗折强度及热震稳定性,要求其 Al_2O_3 含量不低于95wt%。

[0058] 所述活性碳化硅微粉是一种黑碳化硅,因其硬度高、化学性能稳定、导热系数高、热膨胀系数小、韧性和耐磨性能好,本发明以其作为主体成分之一,与刚玉料细粉、石墨等在热固性酚醛树脂参与下共同形成结合能力强、热膨胀性能均匀的基质结构,使得本发明具有优良的抗涡流冲刷性能、热震稳定性。为发挥上述最佳效果,要求所述活性碳化硅微粉中SiC含量不低于95wt%,平均粒径(D50)要求在 $50\sim 100\mu m$ 范围内。

[0059] 所述石墨为本配方体系的主要C源,为获得优异的抵抗钢渣渗透性、抗氧化性和高温化学稳定性,优选地,本发明要求采用-100目的大鳞片石墨,且规定其C含量大于94%为

佳。

[0060] $MgO + Al_2O_3 \rightarrow MgAl_2O_4$ (式二)。

[0061] 所述多功能助剂是一种以碳酸镧和优质天然菱镁矿按1:2(重量比)配制的复合粉剂。本发明直接利用碳酸镧和优质天然菱镁矿(主要化学为 $MgCO_3$)作组分,巧妙利用它们在600~900℃范围内开始进行的分解反应,可对本发明带来如下显著影响:(a)上述分解反应产生适量 CO_2 气体,可提高尾砖基质部分气氛压力,能有效阻止钢水和熔渣渗入,同时也能大幅减轻钢水涡流对砖体表面气孔的冲刷和磨损,更为重要的是, CO_2 气体的产生与逸出,将在尾砖基质部分形成一定数量的逸出孔洞,当强烈热冲击导致尾砖内部形成损伤裂纹时,这些孔洞将成为阻碍裂纹进一步扩展的有利调控手段,从而起到提升热震稳定性的作用;(b)天然菱镁矿分解形成大量高活性 MgO ,将与体系中的 Al_2O_3 发生如(式二)所示的原位尖晶石反应,该反应将产生约7%的体积膨胀,可有效堵塞基质内气孔,实现分解逸出孔产生后的再次致密化,另外,原位形成的 $MgAl_2O_4$ 尖晶石除具有热膨胀系数小、耐火度高的特点外,它还因独特的尖状晶体形貌而具有提高材料高温抗折强度和韧性的特点。而碳酸镧分解形成的活性 La_2O_3 因固溶关系可对 $MgAl_2O_4$ 尖晶石晶体表面造成许多结构缺陷,加速了尖晶石反应的进行,并能诱发 $MgAl_2O_4$ 尖晶石按照“台阶式”生长,使晶体表面尖状形貌更丰富,可进一步提高原位尖晶石反应的增强增韧效应;(c)无论是 $MgAl_2O_4$ 尖晶石还是 La_2O_3 ,均能明显提高 Al_2O_3 -SiC-C质耐火材料对高温钢水或碱性钢渣的粘附效应,从而有效增强出钢通道内壁对钢水流的粘滞减速效果,对降低钢水涡流冲刷动能十分有利。可见,所述多功能助剂只有在碳酸镧和优质天然菱镁矿相互配合下,且满足如下具体技术要求时才能发挥出最佳效果:碳酸镧中 $La_2(CO_3)_3$ 含量 $\geq 98wt\%$,细度 ≤ 325 目;优质天然菱镁矿 MgO 含量(折算) $\geq 47wt\%$,细度 ≤ 325 目。

[0062] 所述氮化硼为本发明采用的高效抗氧化剂,在出钢温度下,遇到氧化气氛时,氮化硼首先氧化生成 B_2O_3 和 NO_2 ,其中 B_2O_3 可与配方体系中的 MgO 、 CaO 等氧化物生成成分与结构均较为复杂的复合硼酸盐相,该复合硼酸盐相在1400℃左右便开始形成高粘度液相,在 NO_2 、 CO_2 等气相推动下,高粘度液相快速填充材料内部气孔,起到封闭作用,有效阻隔氧化气氛的再次侵入,另外,由于高温下固相材料的膨胀效应,极易将上述高粘度液相排挤在石墨C和SiC颗粒周围,形成包裹效应,从而起到防止碳素成分氧化的作用。同时,氮化硼的引入,还可显著提升尾砖的耐磨性和抵抗钢水冲刷能力。因此,为发挥最佳抗氧化效果,所述氮化硼为六方晶型(HBN),且要求其BN含量 $\geq 98wt\%$,细度 ≤ 325 目。

[0063] 所述热固性酚醛树脂粘度(25℃) $\geq 100P$,固化物 $\geq 77wt\%$,残碳 $\geq 46wt\%$ 。

[0064] 下面将结合不同炼钢电炉,通过具体实施例来设计不同的抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖技术方案,来对本发明进行详细阐述。但值得注意的是,这些实施例只是对某一特定应用场合的最佳实施方案,并不对本发明的范围进行限制。

[0065] 实施例1一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖

[0066] (一)尾砖砖型设计

[0067] 本实施例是针对国内某钢铁公司90吨超高功率顶装式电弧炉的实际冶炼情况进行的,该电炉采用的金属原料全部为优质废钢,其中重废比例占10%~20%,主要输出产品为方钢、光圆钢筋、盘螺钢筋、线材、角钢、槽钢、工字钢、H型钢等。因全程采用留钢操作,实际

出钢量为70吨,冶炼周期缩短至40min以内,平均出钢温度为1642℃,可见,该电炉EBT出钢口尾砖工作温度较高,冶炼周期内遭受热冲击程度较大。为加快废钢熔化速度,向熔池内补充更多热量,该电炉设有3组侧壁碳氧枪和1支炉门定点超音速氧枪,使得冶炼终点常常发生钢水过氧化现象,加速了炉衬及出钢口砖的氧化脱碳蚀损。在采用本发明技术方案前,该电炉出钢时钢水呈现剧烈的旋涡形态,对传统尾砖内壁产生了严重的涡流冲刷动能,使其过早形成“喇叭口”状冲刷损毁现象。在上述问题共同作用下,该电炉出钢口平均使用寿命仅为165炉左右,严重制约了炉衬整体使用寿命的提高,对钢厂吨钢冶炼成本控制造成极大压力。

[0068] 为解决上述问题,实施例1采用本发明技术方案对尾砖砖型进行了创新优化,见附图5,结合该图对关键尺寸设计作简要介绍:将尾砖外轮廓变径拐角处21设计成 $R_{外}$ 为200mm、中心角 β 为18°的圆弧倒角形貌;尾砖内孔总高 $H_{内}$ 为160mm,包括入口段、减速缓冲段和出口段三段;为不过分延长出钢时间,入口段上部直径 D_1 与原有设计保持一致,即选为160mm。入口段高 H_1 设为40mm,占总高 $H_{内}$ 的25%。以 $0.4H_1$ 作为缩径值 T ,即 $T=16$ mm,可计算出入口段下部直径 D_2 为 $160-16=144$ mm;减速缓冲段高 H_2 设为80mm,占总高 $H_{内}$ 的50%。上部直径与入口段下部直径一致,为144mm,以 $0.25H_2$ 作本段缩径值,即 $M=20$ mm,则下部直径 D_3 为 $144-20=124$ mm。综合考虑电炉出钢量、出钢通道总长等,本段母线弧中心角 θ 选为10°,按照(式一)可计算出该弧半径 $R_{内}$ 为459.8mm;出口段 H_3 高40mm,占总高 $H_{内}$ 的25%,本段横截面直径保持不变,均为124mm。

[0069] (二)尾砖配方组成设计

[0070] 针对上述冶炼条件,本实施例采用如下重量份配比设计一种抗涡流冲刷的电炉用EBT尾砖原料组成:

[0071] 棕刚玉5~3mm 16份、

[0072] 棕刚玉3~1mm 30份、

[0073] 棕刚玉1~0mm 18份、

[0074] 棕刚玉 ≤ 0.088 mm 10份、

[0075] 95碳化硅微粉 6份、

[0076] -194鳞片石墨 13份、

[0077] 多功能助剂 2份、

[0078] 氮化硼 2份、

[0079] 热固性酚醛树脂 3份。

[0080] 以上原料合计100份。需要特别说明的是,所述棕刚玉中 Al_2O_3 要求达到95wt%以上;所述95碳化硅微粉是SiC含量高达95%以上的微米级活性黑碳化硅;所述-194鳞片石墨固定碳 $\geq 94\%$,粒度为-100目。

[0081] 将上述配料混合均匀,并在大吨位压砖机上按照附图5所示砖型图压制成尾砖砖坯,然后将砖坯置于 $250^\circ C \pm 10^\circ C$ 温度下保温10h热处理后制得抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖,经检测合格后,将其安装在电炉EBT出钢口中投入应用。应用结果表明,与传统尾砖相比,本实施例各项性能得到显著提升:①高温抗折强度提高102%,高达26.2MPa;②热膨胀系数降低31%,低至 $7.588(10^{-6}/^\circ C)$ (20~1450℃),热震稳定性得到显著改善,使用过程中未发现任何断裂、劈裂、渗钢、漏钢等安全事故;③钢水涡流冲刷效能降低30%以上,全程未

现任何旋转冲蚀沟和“喇叭口”状冲刷损毁,出口端始终保持钢流收紧状态,有效降低了钢水二次氧化风险,经钢厂统计,平均金属收得率提高近3.2%;④平均使用寿命提高53.3%,高达253炉。

[0082] 实施例2一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖

[0083] (一)尾砖砖型设计

[0084] 本实施例是针对国内某大型钢铁公司150吨超高功率康斯迪电弧炉的实际冶炼情况进行的。该钢铁公司现有2000立高炉2座,电炉冶炼采用的金属原料中除优质废钢外,还配有40%~60%高炉铁水。主要冶炼钢种有Q195、45#、80#、Q235B,还有部分高合金钢,主要输出产品为中小型型钢、钢筋、高速线材、金属丝绳及其制品等。因全程采用铁水助熔,实际冶炼周期缩短至30min左右,平均出钢温度较低,为1620℃,但该电炉出钢倾角可控范围小,出钢时间长,出钢口遭受强烈热冲击,频繁出现尾砖断裂现象。为强化冶金反应速度、均化熔池温度和钢水成分,该电炉设有4支侧壁氧枪和1支炉门定点超音速氧枪,炉底布置了3支超强底吹氩系统,不仅使得冶炼终点常常发生钢水过氧化现象,还加剧了钢水流对炉衬及出钢口砖的翻滚冲刷和熔损,加速耐材的脱碳、磨损、侵蚀损毁。在采用本发明技术方案前,该电炉出钢时钢水呈现剧烈的旋涡形态,对传统尾砖内壁产生了严重的涡流冲刷动能,使其过早形成“喇叭口”状冲刷损毁现象。在上述问题共同作用下,该电炉出钢口平均使用寿命仅为150炉左右,严重制约了炉衬整体使用寿命的提高,对钢厂吨钢冶炼成本控制造成极大压力。

[0085] 为解决上述问题,实施例2采用本发明技术方案对尾砖砖型进行了创新优化,见附图6,结合该图对关键尺寸设计作简要介绍:将尾砖外轮廓变径拐角处21设计成 R_{y1} 为300mm、中心角 β 为16°的圆弧倒角形貌;尾砖内孔总高 $H_{内}$ 为200mm,包括入口段、减速缓冲段和出口段三段;为不过分延长出钢时间,入口段上部直径 D_1 与原有设计保持一致,即选为200mm。入口段高 H_1 设为50mm,占总高 $H_{内}$ 的25%。以 $0.5H_1$ 作为缩径值 T ,即 $T=25$ mm,可计算出入口段下部直径 D_2 为 $200-25=175$ mm;减速缓冲段高 H_2 设为106mm,占总高 $H_{内}$ 的53%。上部直径与入口段下部直径一致,为175mm,以 $0.3H_2$ 作本段缩径值,即 $M=31.8$ mm,则下部直径 D_3 为 $175-31.8=143.2$ mm。综合考虑电炉出钢量、出钢通道总长等,本段母线弧中心角 θ 选为16°,按照(式一)可计算出该弧半径 $R_{内}$ 约为381.9mm;出口段段高 H_3 为44mm,占总高 $H_{内}$ 的22%,本段横截面直径保持不变,均为143.2mm。

[0086] (二)尾砖配方组成设计

[0087] 针对上述冶炼条件,本实施例采用如下重量份配比设计一种抗涡流冲刷的电炉用EBT尾砖原料组成:

[0088] 亚白刚玉5~3mm 18份、

[0089] 亚白刚玉3~1mm 32份、

[0090] 白刚玉1~0mm 16份、

[0091] 白刚玉 ≤ 0.088 mm 3份、

[0092] 板状刚玉 ≤ 0.088 mm 6份、

[0093] 97碳化硅微粉 7份、

[0094] -195鳞片石墨 10份、

[0095] 多功能助剂 3份、

[0096] 氮化硼 1份、

[0097] 热固性酚醛树脂 4份。

[0098] 以上原料合计100份。需要特别说明的是,所述亚白刚玉、白刚玉、板状刚玉中 Al_2O_3 含量分别要求达到97wt%、99wt%、99wt%以上;所述97碳化硅微粉是SiC含量高达97%以上的微米级活性黑碳化硅;所述-195鳞片石墨固定碳应 $\geq 95\%$,粒度为-100目。

[0099] 将上述配料混合均匀,并在大吨位压砖机上按照附图6所示砖型图压制尾砖砖坯,然后将砖坯置于 $250^\circ C \pm 10^\circ C$ 温度下保温10h热处理后制得抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖,经检测合格后,将其安装在电炉EBT出钢口中投入应用。应用结果表明,与传统尾砖相比,本实施例各项性能得到显著提升:①高温抗折强度提高104%,高达25.1MPa;②热膨胀系数降低36%,低至 $6.234(10^{-6}/^\circ C)$ (20~1450 $^\circ C$),热震稳定性得到显著改善,彻底解决了尾砖断裂问题,使用过程中未发现任何渗钢、漏钢等安全事故;③钢水涡流冲刷效能降低约40%,全程未现任何旋转冲蚀沟和“喇叭口”状冲刷损毁,出口端始终保持钢流收紧状态,有效降低了钢水二次氧化风险,经钢厂统计,平均金属收得率提高近3.5%;④平均使用寿命提高52%,高达228炉。

[0100] 实施例3一种抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖

[0101] (一)尾砖砖型设计

[0102] 本实施例是针对国内某大型重工装备制造企业220吨超高功率康斯迪电弧炉的实际冶炼情况进行的。该电炉冶炼全部采用优质废钢,因全程采用留钢操作,实际出钢量为180吨,冶炼周期约50min左右。主要冶炼钢种既有Q195、Q235等碳素结构钢,也有20CrMnTi、50BA、38CrMoAl等合金结构钢,主要输出产品为高线、棒材、中厚板及大型装备制造用钢。据统计,该电炉平均出钢温度为1615 $^\circ C$,冶炼周期内遭受着较大的热冲击。另外,为强化冶金反应速度、均化熔池温度和钢水成分,该电炉还设有5组侧壁碳氧枪和1支炉门定点超音速氧枪,炉底布置了4支超强底吹氩系统,不仅使冶炼终点常常发生钢水过氧化现象,还加剧了钢水流对炉衬及出钢口砖的翻滚冲刷和熔损,加速耐材的脱碳、磨损、侵蚀损毁。在采用本发明技术方案前,该电炉出钢时钢水呈现剧烈的旋涡形态,对传统尾砖内壁产生了严重的涡流冲刷动能,使其过早形成“喇叭口”状冲刷损毁现象。在上述问题共同作用下,该电炉出钢口平均使用寿命仅为180炉左右,严重制约了炉衬整体使用寿命的提高,对钢厂吨钢冶炼成本控制造成较大压力。

[0103] 为解决上述问题,实施例3采用本发明技术方案对尾砖砖型进行了创新优化,见附图7,结合该图对关键尺寸设计作简要介绍:将尾砖外轮廓变径拐角处21设计成 $R_{外}$ 为350mm、中心角 β 为 26° 的圆弧倒角形貌;尾砖内孔总高 $H_{内}$ 为230mm,包括入口段、减速缓冲段和出口段三段;为不过分延长出钢时间,入口段上部直径 D_1 与原有设计保持一致,即选为220mm。入口段高 H_1 设为60mm,约占总高 $H_{内}$ 的26%。以 $0.6H_1$ 作为缩径值 T ,即 $T=36mm$,可计算出入口段下部直径 D_2 为 $220-36=184mm$;减速缓冲段高 H_2 设为126mm,约占总高 $H_{内}$ 的55%。上部直径与入口段下部直径一致,为184mm,以 $0.35H_2$ 作本段缩径值,即 $M=44mm$,则下部直径 D_3 为 $184-44=140mm$ 。综合考虑电炉出钢量、出钢通道总长等,本段母线弧中心角 θ 选为 20° ,按照(式一)可计算出该弧半径 $R_{内}$ 约为364.2mm;出口段段高 H_3 为44mm,占总高 $H_{内}$ 的19%,本段横截面直径保持不变,均为140mm。

[0104] (二)尾砖配方组成设计

[0105] 针对上述冶炼条件,本实施例采用如下重量份配比设计一种抗涡流冲刷的电炉用EBT尾砖原料组成:

[0106] 白刚玉5~3mm 18份、

[0107] 白刚玉3~1mm 25份、

[0108] 板状刚玉1~0mm 18份、

[0109] 板状刚玉 $\leq 0.088\text{mm}$ 6份、

[0110] 98碳化硅微粉 8份、

[0111] -196鳞片石墨 14份、

[0112] 多功能助剂 3份、

[0113] 氮化硼 3份、

[0114] 热固性酚醛树脂 5份。

[0115] 以上原料合计100份。需要特别说明的是,所述亚白刚玉、白刚玉中 Al_2O_3 含量分别要求达到97wt%、99wt%、99wt%以上;所述98碳化硅微粉是SiC含量高达98%以上的微米级活性黑碳化硅;所述-196鳞片石墨固定碳应 $\geq 96\%$,粒度为-100目。

[0116] 将上述配料混合均匀,并在大吨位压砖机上按照附图7所示砖型图压制尾砖坯,然后将砖坯置于 $250^\circ\text{C} \pm 10^\circ\text{C}$ 温度下保温10h热处理后制得抗涡流冲刷的电炉用EBT出钢口尾砖,经检测合格后,将其安装在电炉EBT出钢口中投入应用。应用结果表明,与传统尾砖相比,本实施例各项性能得到显著提升:①高温抗折强度提高106%,高达23.9MPa;②热膨胀系数降低33%,低至 $7.219(10^{-6}/^\circ\text{C})$ (20~1450 $^\circ\text{C}$),热震稳定性得到显著改善,使用过程中未发现任何断裂、劈裂、渗钢、漏钢等安全事故;③钢水涡流冲刷效能降低35%以上,全程未现任何旋转冲蚀沟和“喇叭口”状冲刷损毁,出口端始终保持钢流收紧状态,有效降低了钢水二次氧化风险,经钢厂统计,平均金属收得率提高近3.4%;④平均使用寿命提高53.9%,高达277炉。

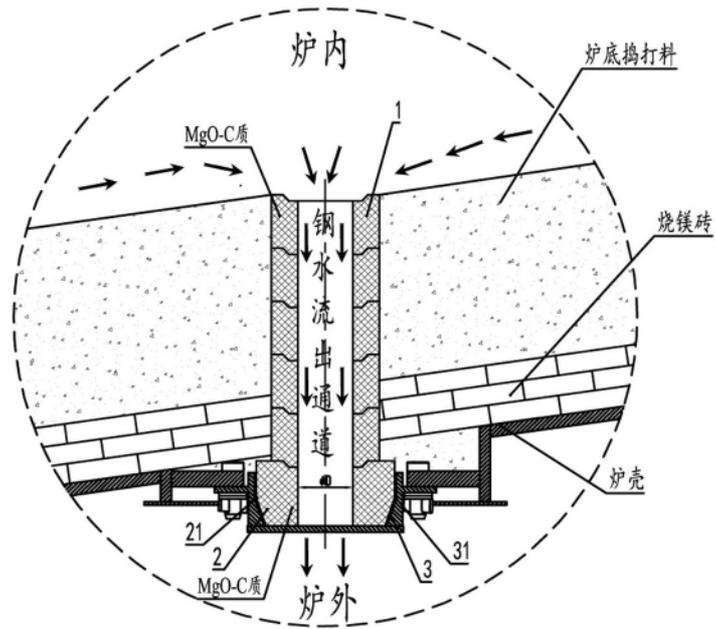


图1

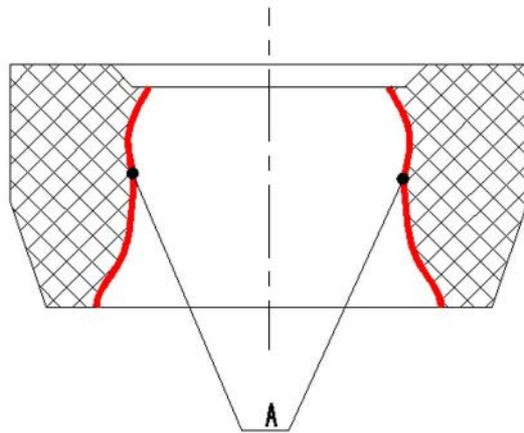


图2

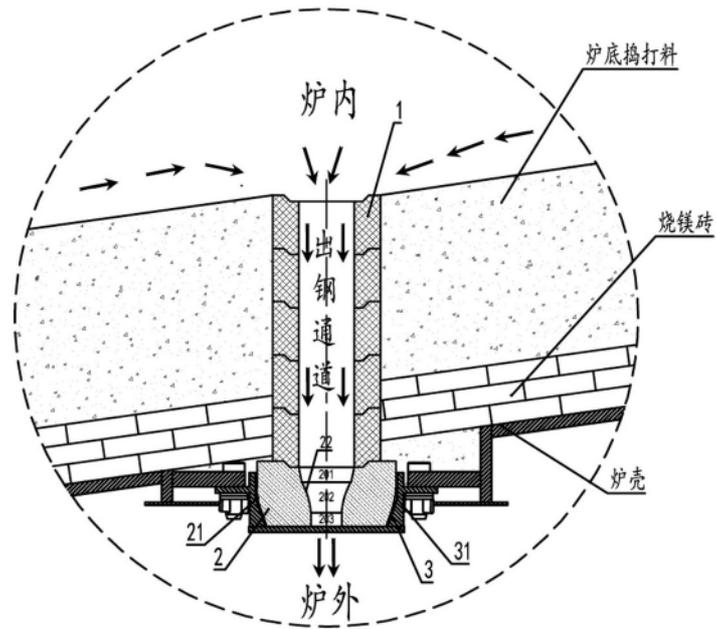


图3

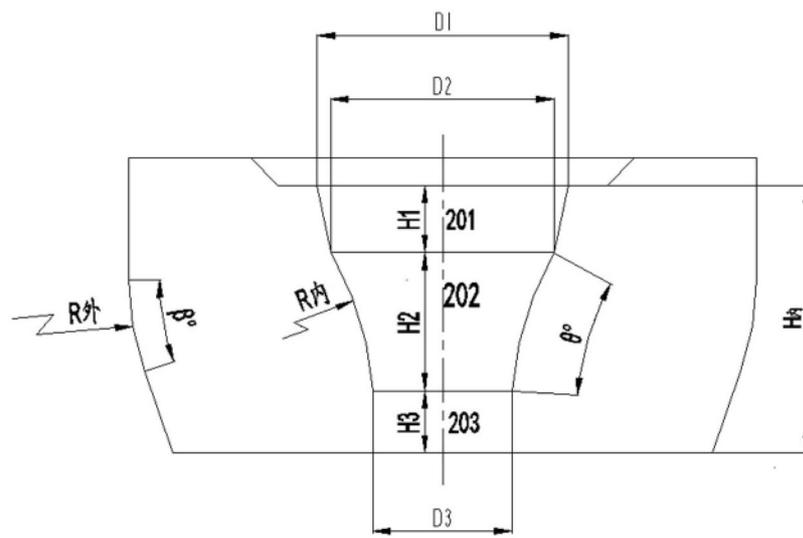


图4A

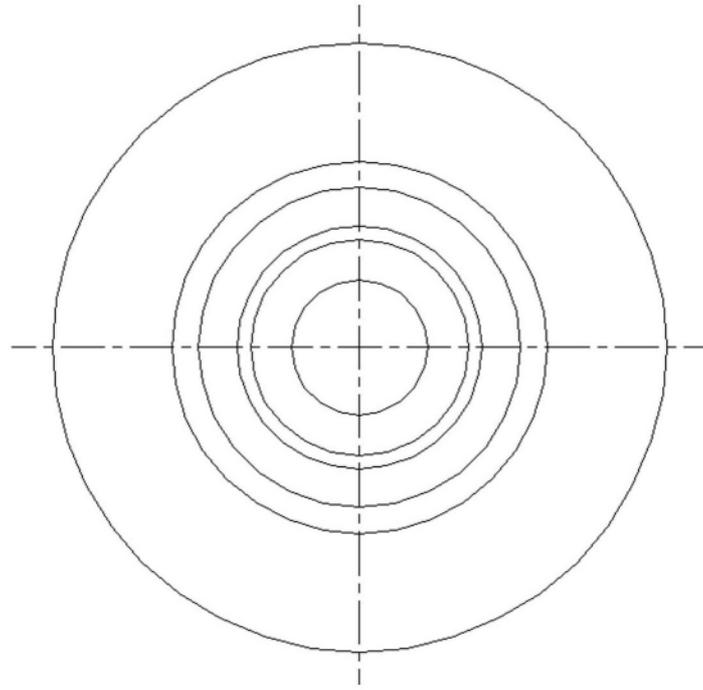


图4B

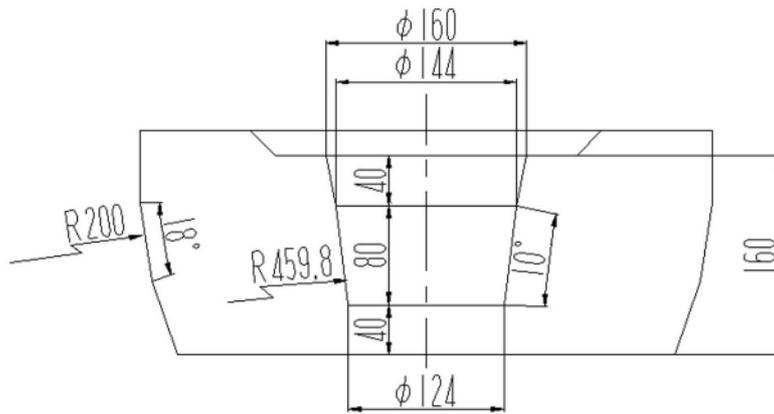


图5

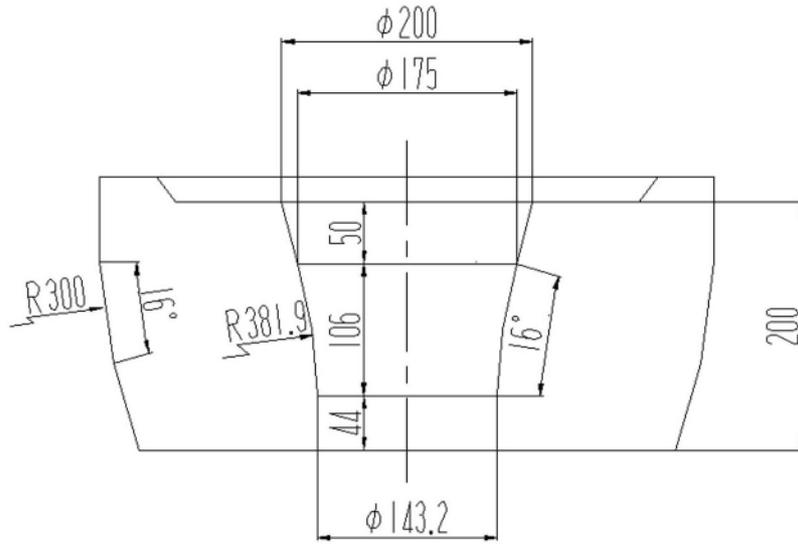


图6

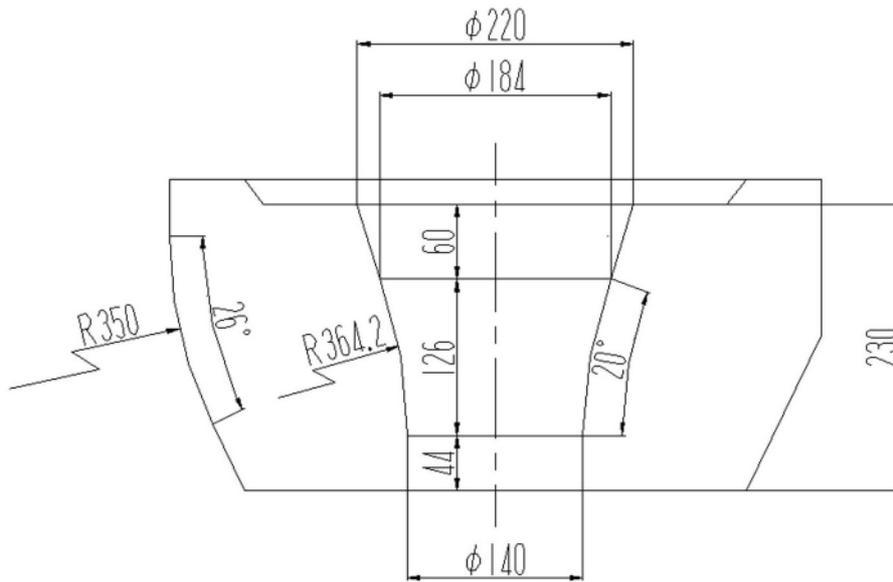


图7