

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2024年6月20日 (20.06.2024)



(10) 国际公布号  
WO 2024/125562 A1

- (51) 国际专利分类号:  
C21B 3/06 (2006.01) C21B 3/08 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/138507
- (22) 国际申请日: 2023年12月13日 (13.12.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
- |                |                          |    |
|----------------|--------------------------|----|
| 202211604588.2 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |
| 202211604457.4 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |
| 202223367914.0 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |
| 202223349130.5 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |
| 202223349128.8 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |
| 202211603925.6 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |
| 202223349142.8 | 2022年12月13日 (13.12.2022) | CN |

- (71) 申请人: 宝山钢铁股份有限公司 (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。
- (72) 发明人: 肖永力 (XIAO, Yongli); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。李永谦 (LI, Yongqian); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。谢梦芹 (XIE, Mengqin); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。张友平 (ZHANG, Youping); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。王英杰 (WANG, Yingjie); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。关运泽 (GUAN, Yunze); 中国上海市宝山区富锦路885号, Shanghai 201900 (CN)。
- (74) 代理人: 上海华诚知识产权代理有限公司 (WATSON & BAND INTELLECTUAL

(54) Title: SLAG GRANULATION METHOD AND APPARATUS

(54) 发明名称: 熔渣粒化方法及装置

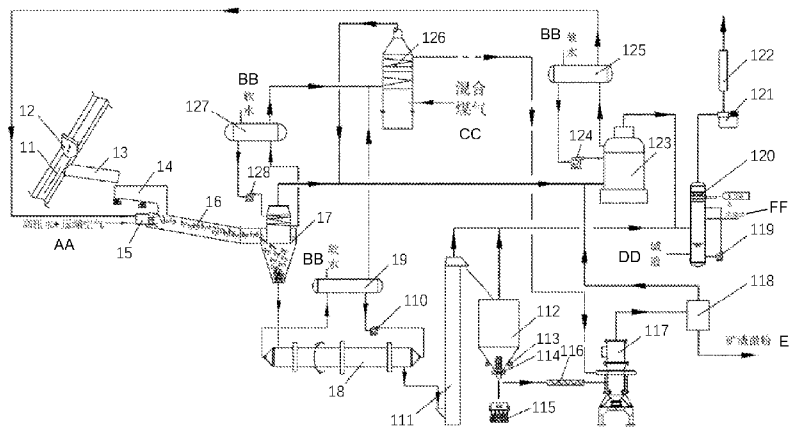


图 1

- AA High pressure water + compressed air
- BB Soft water
- CC Mixed coal gas
- DD Alkali liquor
- EE Slag micropowder
- FF Concentrated slag

(57) Abstract: A slag granulation method, comprising: crushing slag to obtain slag granules, then cooling the slag granules to obtain granulated slag, and collecting the granulated slag. Also provided is a slag granulation apparatus for implementing the corresponding slag granulation method, comprising: a granulation mechanism used for granulating slag to obtain crushed slag granules; and a cooling mechanism used for cooling the slag granules to obtain granulated slag.

(57) 摘要: 熔渣粒化方法, 包括破碎熔渣得到熔渣颗粒, 然后对熔渣颗粒进行冷却, 并收集由此获得的粒化渣。以及实施相应熔渣粒化方法的熔渣粒化装置, 包括: 粒化机构, 用于粒化熔渣获得破碎的熔渣颗粒; 以及冷却机构, 用于冷却熔渣颗粒获得粒化渣。



WO 2024/125562 A1

**PROPERTY AGENT LTD.;** 中国上海市徐汇区  
区长乐路 989 号世纪商贸广场 27 楼,  
Shanghai 200031 (CN)。

- (81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

## 熔渣粒化方法及装置

### 技术领域

本申请涉及钢铁冶炼技术领域，特别涉及熔渣粒化方法及装置。

### 背景技术

高炉熔渣是冶炼生铁时从高炉中排出的一种熔融状态的废渣，其成分主要为 CaO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO，其产量庞大，是冶金行业中产生数量最多的一种副产物。每生产 1 吨铁产生 350 公斤左右的高炉熔渣。出炉温度高可达 1450~1650°C。每吨渣含  $(1260-1880) \times 10^3$  kJ 的显热，相当于 60kg 标准煤的发热量，在余热回收的方面存在着较大的潜力、济性与可行性，在这种现状下，对高炉渣余热回收利用的研究成为近年来企业关注的焦点。

目前高炉熔渣的处理多采用水淬工艺，熔渣被高压水冲制成水渣，高品位的显热随之转移到 80°C 左右的水渣和废水中，失去回收利用价值，且每处理 1 吨高炉熔渣需要消耗 0.4~0.5 吨水、同时排放大量富含 H<sub>2</sub>S、SO<sub>2</sub> 等污染物的废蒸汽。在后续资源化利用（如微粉化）时，还需要将水渣中 15~20% 的水分烘干，每吨高炉熔渣又需要消耗大约 1000m<sup>3</sup> 的 500°C 的热风。

由于高炉熔渣导热系数低、粘度具有随温度降低而急剧升高的特性，造成高炉熔渣的换热慢，余热回收难度高。将高炉熔渣快速微粒化，增加换热面积，提高传热效率，可以快速、高效地回收高炉熔渣显热。熔渣颗粒的快速冷却不仅为回收热量创造条件，同时可以保持冷却后渣粒的玻璃体含量和活性能够达到矿渣微粉原料的要求，维持现有炉渣资源化途径的畅通。

到目前为止，能够对熔渣快速干式粒化的工艺主要有风碎法和离心粒化法。风碎法因噪音大、易产生渣棉而未能在高炉熔渣的处理领域推广应用，只有个别钢厂利用该方法用于处理流动性好的钢渣。离心粒化主要采用转碟或转杯为粒化器，利用离心力将熔渣分散、碎裂成细小的熔滴以便快速冷却，保持冷却后渣粒的玻璃体含量和活性能够达到矿渣微粉原料的要求，但离心粒化工艺还处于实验室探索阶段，尚存在炉渣结壳、粒化渣粒度不均匀、易产生渣棉等问题，有待进一步研究改进。

中国专利申请 CN201410755689.9 名称为“高温熔渣余热回收系统及方法”，公开了利用转盘来粒化熔渣的方法及装置，通过余热锅炉回收高温粒渣的热量。

中国专利申请 CN201010566938.1 名称为“冶金熔渣干式粒化及热能回收系统”，提出了一种冶金熔渣干式粒化及热能回收系统。其中，液态熔渣采用离心旋转和气流脉冲的方式进行干式粒化，通过脉冲气流和流化气体将熔渣中显热转移到热空气中，利用余热锅炉回收热空气中的热量，形成中低压蒸汽，用于汽轮机发电。

中国专利 CN101736101B 名称为“半湿法炉渣处理余热回收发电系统及方法”以及中国专利 CN102433401B 名称为“熔融炉渣急冷干式粒化及显热回收发电系统及其方法”，提供了在风碎的基础上引入水雾的方案，利用高压水-空气雾化装置将熔融炉渣急冷粒化，使其迅速冷却为玻璃体态小颗粒，再通过流化床或振动床实现高温粒渣的余热回收。

目前高炉熔渣的粒化主要是水淬工艺，单纯的风碎工艺不太适合，离心粒化工艺尚在开发中；高炉熔渣的余热利用局限在通过热空气/氮气转化成蒸汽及发电，效率低下。

## 发明内容

为了克服现有技术中存在的问题，本发明提供了多种熔渣粒化方法及装置，可以实现对高炉熔渣的、安全粒化，并可选地回收粒化过程中产生的热量并同时进行利用或待后续利用。

本发明的第一方面提供一种熔渣粒化方法，破碎熔渣得到熔渣颗粒，然后对所述熔渣颗粒进行冷却，并收集由此获得的粒化渣。

具体地，上述熔渣粒化方法可通过以下方式进行。

熔渣通过射流粒化获得表面固化的颗粒和蒸汽，随后所述表面固化的颗粒在旋流场中进行冷却，获得固态渣粒。

在本发明中，如无特殊说明，射流是指高速气雾流体，为气水混合物，水与压缩空气一起喷出形成高速运动的气体和粒径在 0.01-0.20 mm 之间的水滴的混合物。气水混合物运动速度的下限为 20m/s，优选 50m/s，更优选 70m/s，最优选 90m/s。水滴运动速度的上限通常不作限定，出于设备功耗考虑，水滴运动速度的上限可为 150m/s，优选 120m/s。

如无特殊说明，本发明中的熔渣指高炉熔渣，其出炉后温度在 1300~1500℃。在本发明的熔渣粒化过程中，熔渣先被射流破碎粒化，在与射流（高速气水混合物）接触后，热量会部分转移给水滴，熔渣表面在细密的水滴中固化，形成表面固化的颗粒，此时颗粒的温度约在 800~1000℃ 之间，因此颗粒芯部仍是熔融态，而高速水滴吸收热量后形成水蒸气。

随后，表面固化的颗粒进入旋流场中，在旋流场的作用下进行高速公转和自转。颗粒在旋流场中的公转速度为 5~25rad/s，公转半径为 80-120mm，自转速度为 100~400rad/s。随着颗粒高速公转和自转，加速颗粒表面边界层的分离和剥落，边界层厚度减薄，换热界面快速更新，从而减小热阻，提高换热效率，在此过程中被环境气氛冷却，形成固态渣粒。

在本发明中，旋流场由旋流器提供，旋流场增加了熔渣的运动路径，增强了熔渣颗粒与环境气氛的换热效率，因此与现有技术中的其他冷却方式相比，冷却效果更佳。

根据本发明的一种实施方式提供一种熔渣余热回收耦合利用方法，包括如下步骤：

1) 熔渣进入导流罩内，被从粒化器喷出的气雾流体冲击、破碎、粒化成粒径在 5mm 以内的颗粒熔滴，所述颗粒熔滴随气雾流体沿着导流罩定向飞行，颗粒熔滴在形成和飞行过程中与气雾流体换热得到冷却固化，生成 1000℃ 以下的粒化渣（渣粒的形态取决于其温度，此时的粒化渣是仅表面固化的颗粒，未被完全冷却为固态渣粒）和 300~600℃ 的气流，实现对所述熔渣的粒化和冷却固化；

2) 所述粒化渣和所述气流从导流罩内流出后直接进入旋流器内，在离心力和重力共同作用下实现渣、气分离，分离后的粒化渣温度下降到 700~800℃，从所述旋流器的底部流出；

分离后的气流流经旋流器和溢流管，经溢流管内的螺旋换热管的冷却水换热后温度降到 150~300℃，从旋流器和溢流管排出后进入余热回收装置，与余热回收装置内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 130~150℃ 的尾气；

所述余热回收装置的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过汽水分离获得压强在 0.4~0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器作为流体用于粒化所述熔渣；

螺旋换热管内的冷却水吸收热量汽化，随后经过汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201℃ 的饱和蒸汽，所述饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度为 250~350℃ 的过热蒸汽；

3) 自旋流器的底部流出的粒化渣进入滚筒床，在滚筒床内与通有冷却水的换热管道接触换热，温度降至 150~300℃，随后排出进入渣仓储存；

滚筒床的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，经过汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201℃ 饱和蒸汽，所述饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度在 250~350℃ 的过热蒸汽；

4) 渣仓内的粒化渣输送进入气流磨，利用步骤 2) 和步骤 3) 获得的过热蒸汽冲击、研磨成超细微粉；

过热蒸汽的压强降为常压，温度降至 150~250℃，随后进入余热回收装置，与余热回收装置内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 130~150℃的尾气；

所述余热回收装置的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过汽水分离获得压强为 0.4~0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器作为流体用于粒化所述熔渣。

优选地，所述尾气经尾气净化装置除尘、脱硫后排放。

优选地，在上述步骤 1) 中，所述气雾流体选自压强为 0.5-0.8MPa 的压缩空气、压强为 0.4-0.5MPa 的高压水雾、压强为 0.4-0.8MPa 的低压蒸汽，以及它们的混合物中的一种以上。

优选地，在上述在步骤 1) 中，所述颗粒熔滴冷却固化后粒径为 2mm 以内的颗粒的凝固率在 80%以上。

优选地，在上述步骤 3) 中，在所述过热蒸汽发生器中利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气对所述饱和蒸汽进行补热。

优选地，在上述步骤 3) 中，将进入渣仓的粒化渣运送至矿渣微粉生产线，直接研磨成比表面积为 420~440m<sup>2</sup>/kg 的矿渣微粉。

优选地，在上述步骤 4) 中，所述超细微粉的比表面积为 450-750m<sup>2</sup>/kg。

当然，本发明的熔渣余热回收耦合利用方法还可以按如下实施。具体地，根据本发明的另一实施方式提供的熔渣余热回收耦合利用方法，包括如下步骤：

1) 熔渣进入导流罩内，被从粒化器喷出的气雾流体冲击、破碎、粒化成粒径在 5mm 以内的颗粒熔滴，所述颗粒熔滴随气雾流体沿着导流罩定向飞行，颗粒熔滴在形成和飞行过程中与气雾流体换热得到冷却固化，生成表面固化（约 1250℃左右）的粒化渣和 100℃左右的气流，实现对所述熔渣的粒化和冷却固化；

2) 所述粒化渣和所述气流从导流罩内流出后直接进入旋流器内，在离心力和重力共同作用下实现渣、气换热和分离，分离后的粒化渣温度下降到 650~850℃，从所述旋流器的底部流出；

所述气流在旋流器内被渣粒加热到 200-600℃后，经溢流管进入余热锅炉。

3) 所述气流经过余热锅炉换热后温度降到 150~300℃后进入余热回收装置，与余热回收装置内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，气流温度降为 130~150℃；

所述余热回收装置的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过汽水分离获得压强在 0.4~0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器作为流体用于粒化所述熔渣；

余热锅炉内的冷却水吸收热量汽化，随后经过汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201℃的饱和蒸汽，所述饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度为 250~350℃的过热蒸汽；

4) 自旋流器的底部流出的粒化渣进入滚筒床，在滚筒床内与通有冷却水的换热管道接触换热，温度降至 150~300℃，随后排出进入渣仓储存；

滚筒床的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，经过汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201℃饱和蒸汽，所述饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度在 250~350℃的过热蒸汽；

5) 渣仓内的粒化渣输送进入气流磨，利用步骤 2) 和步骤 3) 获得的过热蒸汽冲击、研磨成超细微粉；

过热蒸汽压强降为常压，温度降至 150~250℃，随后进入余热回收装置，与余热回收装置内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 130~150℃的尾气；

所述余热回收装置的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过汽水分离获得压强为 0.4~0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器作为流体用于粒化所述熔渣。

根据本发明的另一实施方式提供一种带有高速蒸汽喷嘴的高炉熔渣粒化装置的高炉熔渣粒化方法，通过水泵给进入管道的水加压，然后进入换热器内，来自余热回收管道的热源使换热器内的水温度升高，水处于高于大气压且高于常压下沸点温度的高温高压状态，经过喷嘴喷出后在常压下瞬间气化，形成含有蒸汽的高速射流(例如喷射速度为 90~110m/s)冲击从渣流槽流出的熔渣，高速射流将熔渣冷却，并破碎成小颗粒落入熔渣粒化本体的底部；喷嘴喷出的混合射流冲击熔渣后全部变成蒸汽从所述装置上方流出作为余热资源待后续利用。

优选地，通过水泵给进入管道的水加压，管道内压强升至 0.1~1MPa；来自余热回收管道的热能使换热器内的水温度升高至 100~182℃。

本发明的又一实施方式提供一种气水混合的卧式熔渣粒化工艺，其特征是，采用由气体喷嘴组成的空气喷嘴阵列组件提供的高速气流对下落的熔渣进行破碎，得到熔渣颗粒；同时，采用成排的气液双流体喷嘴对所述熔渣颗粒进行水雾喷吹，使所述熔渣颗粒快速降温，并给所述熔渣颗粒施加一个辅助推动力，使其更准确地落入后部的渣粒收集段。

优选地，上述高速气流的速度为 90~110m/s。

本发明的第二方面提供一种熔渣粒化装置，包括：

粒化机构，用于粒化熔渣获得破碎的熔渣颗粒；

冷却机构，用于冷却所述熔渣颗粒获得粒化渣。

具体地，上述熔渣粒化装置可以以下方式设置。

根据本发明的一种实施方式提供一种实施熔渣余热回收耦合利用方法的装置。具体地，本实施方式提供用于高炉熔渣余热回收耦合利用方法的装置，包括：

导流罩，其为一筒体结构；优选其横截面呈矩形，长宽比为 2:1~5:1；更优选，所述导流罩的进口端安装有在线称量装置；

粒化器，其出口端连接导流罩的进口端；

旋流器，其侧壁设有物料进口，底部设有物料出口；所述物料进口与所述导流罩的出口端相连，

溢流管，其下部竖直插置于旋流器内，溢流管内设置螺旋换热管；

第一汽水分离器，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；所述冷却水进口连接冷却水管路，所述冷却水出口通过管道及水泵连接所述溢流管内的螺旋换热管的进口端，所述蒸汽进口与所述溢流管内的螺旋换热管的出口端连接，

余热回收装置，其壳体上设有进气口及出气口，内部设有换热管道，该进气口与所述溢流管的出口端相连；

第二汽水分离器，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；该冷却水进口连接冷却水管路，冷却水出口通过管道及水泵与所述余热回收装置内换热管道的进口端连接，蒸汽进口通过管道与所述余热回收装置的换热管道的出口端连接，蒸汽出口通过管道与所述粒化器的进口端连接；

滚筒床，其为一筒体结构，内部设有换热管道，所述滚筒床的进口端与所述旋流器的物料出口相连，所述滚筒床的出口端与渣仓相连，所述滚筒床上设有一可带动其转动的驱动装置；

第三汽水分离器，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；该冷却水进口连接冷却水管路，冷却水出口通过管道及水泵与所述滚筒床的换热管道的进口端连接，蒸汽进口与所述滚筒床的换热管道的出口端连接；

气流磨，其壳体上设有进料管、进气管和出气管，所述气流磨的进料管与渣仓相连，所述气流磨的出气管与所述余热回收装置的进气口相连；

过热蒸汽发生器，其壳体上设有进气管道和出气管道，所述过热蒸汽发生器的进气管道与所述第一汽水分离器的蒸汽出口及所述第三汽水分离器的蒸汽出口相连，所述过热蒸汽发生器的出气管道与所述气流磨的进气管相连。

优选地，上述渣仓上设有振动器。

根据本发明的另一实施方式，提供一种带有高速蒸汽喷嘴的高炉熔渣粒化装置，包括：熔渣粒化本体，为一箱体结构，其上部一侧设供熔渣进入的渣流槽，熔渣粒化本体顶部设有蒸汽流出通道；

蒸汽喷雾机构，包括沿管道依次设置的第一控制阀、水泵、第二控制阀、压力表、换热器、温度计和喷嘴；所述管道的进口端接水源；所述喷嘴设置于所述熔渣粒化本体设有渣流槽一侧的侧壁，且所述喷嘴的轴向与渣流槽的轴向成一夹角，喷嘴的出口方向正对渣流槽流出的熔渣；

所述换热器上设余热回收管道和换热流体流出管道；其中，所述余热回收管道上安装有阀门。

优选地，所述喷嘴的轴向与所述渣流槽的轴向成 $30^{\circ}$ ~ $60^{\circ}$ 夹角。

本实施方式的带有高速蒸汽喷嘴的高炉熔渣粒化装置的高炉熔渣处理工艺，通过水泵给进入管道的水加压，然后进入换热器内，来自余热资源回收管道的热源使换热器内的水温度升高，水处于高于外界大气压且高于常压下沸点温度的高温高压状态，然后再经过喷嘴喷出，高温高压的水喷出后在常压下瞬间气化形成蒸汽，经喷嘴喷出后形成含有蒸汽的高速射流冲击（例如喷射速度为 $90\sim 110\text{m/s}$ ）从渣流槽流出的高温熔融液态熔渣，高流速的射流将液态熔渣冷却，并破碎成小颗粒落入熔渣粒化本体底部；喷嘴喷出的混合射流经过冲击高温熔渣全部生成蒸汽从装置上方流出作为余热回收资源。

优选地，所述第一控制阀为电液闸阀。

优选地，通过水泵给进入管道的水加压，管内压强达 $0.1\sim 1\text{MPa}$ ；来自余热资源回收管道的热源使换热器内的水温度升高，水温为 $100\sim 182^{\circ}\text{C}$ 。

根据本发明的又一实施方式提供一种用于上述气水混合的卧式熔渣粒化工艺的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设有渣流入口；

高速空气喷射机构，包括：

压缩机、储气罐、连接储气罐的输气管道及连接输气管道一端的空气喷嘴阵列组件；与储气罐的出口端相连的输气管道上依次设置第一控制阀及流量计；

所述储气罐上设有压力表、进气管道及进气阀；

所述空气喷嘴阵列组件包括多个气流喷嘴及相应的支流管道，所述支流管道与所述输气管道相连；所述气流喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上部；

喷雾机构，包括：沿输水管道依次设置的第二控制阀、水泵、第三控制阀、压力表、流量计和多个气液双流体喷嘴；所述输水管道的进口端与水源相连；所述气液双流体喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的内上部及底部，且，所述气液双流体喷嘴通过连接管道与所述输气管道及输水管道相连。

优选地，所述空气喷嘴阵列组件的轴向与水平方向成  $0\sim 20^\circ$  夹角。

优选地，所述空气喷嘴阵列组件的宽度大于所述渣流入口的宽度。

优选地，所述第二控制阀为电液闸阀。

优选地，所述熔渣粒化本体为半封闭的，其后部设有渣粒收集段。

优选地，所述气流喷嘴为超音速喷嘴。

在上述的气水混合的卧式熔渣粒化工艺的装置中：

高速空气喷射机构提供熔渣破碎粒化的主要动力，雾化机构提供熔渣破碎粒化的主要换热介质，熔渣粒化过程在熔渣粒化本体内进行。

压缩机给气体加压将气体送入储气罐，通过储气罐提供稳定压强的气体给空气喷嘴阵列组件，然后将高速气流（例如喷射速度为  $90\sim 110\text{m/s}$ ）射入熔渣粒化本体内对熔渣进行破碎；同时，水泵给输水管道内水加压，然后与气体管道喷出的气流共同经气液双流体喷嘴喷出，喷出后雾滴颗粒冲击粒化后的熔渣颗粒，将熔渣颗粒快速降温并冷却成稳定小颗粒。

根据本发明的又一实施方式提供一种利用气体喷嘴阵列将高炉熔渣粒化的装置，包括：熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设渣流入口、蒸汽流出通道；

高速空气喷射机构，包括：

压缩机、储气罐、连接储气罐的输气管道及连接输气管道一端的喷嘴阵列；储气罐出口端的输气管道中依次设置第一控制阀及流量计；所述储气罐上设压力表、进气管道及进气阀；

所述喷嘴阵列包括多个喷嘴及相应的支流管道，各支流管道分别与所述输气管道相连；所述喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上。

优选地，上述装置还包括：

喷嘴雾化机构，包括沿输水管道依次设置的第二控制阀、水泵、第三控制阀、压力表、流量计和多个雾化喷嘴；所述输水管道进口端与水源相连；所述雾化喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的内底部，且至少排布为两排，水雾喷出方向正对自所述渣流入口流入的熔渣。

优选地，上述装置还包括余热回收系统，其包括：

换热箱体，其一侧壁上部设有与所述熔渣粒化本体的出料口相连的进料口；所述换热箱体的顶部设有换热气流出口；换热箱体内沿高度方向设有多个开孔床板；所述换热箱体的底部设有熔渣颗粒出口；

气体喷嘴阵列，设置于所述换热箱体的内底部、开孔床板的下方，所述气体喷嘴阵列中的气体喷嘴与所述开孔床板相对设置；或者，

所述余热回收系统采用旋风分离器。

优选地，所述开孔床板在换热箱体内沿垂直方向呈 Z 字形布置。

优选地，所述旋风分离器包括分离器本体，所述分离器本体的上部一侧设有与所述熔渣粒化本体的出料口连通的气固介质入口；所述分离器本体的顶部设有空气出口，所述分离器本体的底部设有灰斗。

优选地，所述喷嘴阵列中的喷嘴为选自超音速喷嘴、雾化喷嘴或气液双流体喷嘴中的一种以上；优选地，所述喷嘴阵列中喷嘴的轴向与所述熔渣粒化本体的侧壁互相垂直。

优选地，所述喷嘴阵列中喷嘴的排布方式为多行多列，或呈弧形排列；优选地，相邻两行的喷嘴在垂直方向上错开；更优选地，喷嘴数量沿垂直方向逐步减少或增加。

优选地，所述喷嘴阵列中的喷嘴为气液双流体喷嘴；相应地，所述装置还设有喷嘴供水机构，所述喷嘴供水机构包括沿输水管道依次设置的第四控制阀、水泵、第五控制阀、压力表、流量计；所述输水管道的进口端与水源相连，出口端与气液双流体喷嘴的进口端相连。

压缩机将空气加压后送入储气罐，由储气罐将空气通过管道和（超音速）喷嘴喷射到熔渣粒化本体内进行粒化，液态熔渣在粒化本体内粒化；超音速喷嘴喷出的高速气流（例如喷射速度为 90~110m/s 或以上）冲击液态熔渣将其破碎，并对所粒化的渣粒迅速换热降温，便于其快速成渣。

本实施方式中的装置相比于传统风淬和水淬工艺，采用超音速喷嘴阵列的方式使渣处理能力进一步提高，雾滴的喷射提升渣粒换热效果，减少了水资源的浪费。

根据本发明的又一实施方式，提供一种可清理落渣的气雾熔渣粒化的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设有渣流入口，其尾部设有渣粒收集段；

气体喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上；

雾化喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的内底部，气雾喷出方向对应从所述渣流入口流入的熔渣；

清理落渣喷嘴，设置于所述熔渣粒化本体的内底部，所述清理落渣喷嘴的出口对着所述熔渣粒化本体的内底部及所述渣粒收集段方向。

优选地，所述气体喷嘴阵列的轴向与熔渣粒化本体的侧壁相互垂直。

优选地，所述气体喷嘴阵列的出口两侧分别设有挡板，所述挡板的外侧分别安装有液体/雾化喷嘴。

优选地，所述清理落渣喷嘴为选自水雾化喷嘴、蒸汽雾化喷嘴、高速气流喷嘴或气液双流体喷嘴中的一种以上。

优选地，上述装置还设有：

高速空气喷射机构，其包括，压缩机、储气罐、连接储气罐的输气管道及连接输气管道一端的气体喷嘴阵列；储气罐的出口端的输气管道上依次设置第一控制阀及流量计；所述储气罐上设有压力表、进气管道及进气阀；所述喷嘴阵列包括若干喷嘴及相应的支流管道，支流管道接入输气管道；所述清理落渣喷嘴通过连接管道及一阀门连接至所述输气管道；

喷嘴雾化机构，包括沿输水管道依次设置的第二控制阀、水泵、第三控制阀、压力表、流量计；所述输水管道的进口端与水源相连，其出口端连接至所述雾化喷嘴阵列。

优选地，所述雾化喷嘴阵列中的喷嘴为气液双流体喷嘴，其进口端分别连接输气管道和输水管道。

优选地，所述熔渣粒化本体的顶部设有至少两个渣流入口。

本实施方式的可清理落渣的气雾熔渣粒化的装置，包括熔渣粒化系统和渣粒收集系统。

熔渣粒化系统分为两部分，一部分为气体喷嘴阵列组件，其喷射出高速气流（例如喷射速度为90~110m/s）用于粒化，另一部分为雾化喷嘴阵列，其喷出的雾滴颗粒在熔渣粒化装置内用于粒化。气体喷嘴阵列喷出的高速气流冲击液态熔渣将其破碎，雾化喷嘴阵列喷出的高密度雾滴颗粒使破碎的熔渣迅速换热降温，便于其快速成渣。

在熔渣粒化本体的底部设置清理落渣喷嘴，其可将落到底部的渣粒进行降温 and 吹扫到尾部渣粒收集段，以防止熔渣颗粒粘壁并迅速落入渣粒收集段。

相比于传统风淬和水淬工艺，本发明采用气体喷嘴阵列使渣处理能力进一步提高，同时采用雾化喷嘴阵列喷射气雾，提升了渣粒换热效果，减少了水资源的浪费，并且底部吹扫落渣的喷嘴可使熔渣颗粒防止粘壁迅速落入收集段。

根据本发明的又一实施方式提供一种利用雾化喷嘴将熔渣快速冷却的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设有渣流入口；

气体喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上，所述气体喷嘴阵列中气体喷嘴的轴向与所述熔渣粒化本体的侧壁相互垂直；

流场优化喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的内上部，近所述渣流入口处；

清渣喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的内下部或底部；

雾化喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体内，在所述熔渣粒化本体的内壁上环绕渣流的径向布置，所述雾化喷嘴阵列中雾化喷嘴的轴向与所述气体喷嘴的轴向相互垂直。

优选地，所述熔渣粒化本体的尾部设有渣粒收集段。

优选地，所述流场优化喷嘴阵列的喷嘴为气体喷嘴或气液双流体喷嘴。

优选地，所述清渣喷嘴阵列的喷嘴为气体喷嘴。

优选地，所述雾化喷嘴阵列的喷嘴为水雾化喷嘴。

本实施方式的装置相比于传统风淬和水淬工艺，采用喷嘴阵列的方式使渣处理能力进一步提高，雾滴的喷射提升了渣粒换热效果，减少了水资源的浪费，使熔渣余热得到充分回收。

根据本发明的又一实施方式提供一种用于高炉熔渣粒化的水雾粒化装置，包括：

机架，为框架结构；

水喷嘴阵列组件，包括，

本体，为箱体结构，设置于所述机架中部；其内依次间隔设置有均流板、导流板；所述本体的后端与水源相连；

水喷嘴阵列，均布于所述本体的前端面；

气液双流体喷嘴组件，包括，

气液双流体喷嘴，平行设置于所述水喷嘴阵列的两侧，并固定于所述机架上；

气体管道、输水管道，固定于机架上，并与所述气液双流体喷嘴相连。

优选地，所述气液双流体喷嘴平行设置于所述水喷嘴阵列的两侧。

## 附图说明

图 1 示出本发明一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；

图 2 示出本发明另一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；

图 3 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；

图 4 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；

图 5 示出本发明又一实施例中气体喷嘴阵列组件的结构示意图；

图 6 示出图 4 中的装置采用不同气体喷嘴阵列组件在不同倾角时渣粒的飞行轨迹；  
图 7 示出图 4 中的装置采用的气体喷嘴阵列组件倾角过大时渣粒的飞行轨迹；  
图 8 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 9 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中喷嘴阵列的排布示意图；  
图 10 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中喷嘴阵列的排布示意图；  
图 11 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中喷嘴阵列的排布示意图；  
图 12 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 13 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中喷嘴阵列的俯视图；  
图 14 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 15 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 16 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 17 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 18 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中清理落渣喷嘴的排布示意图；  
图 19 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 20 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 21 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中气体喷嘴阵列的俯视图；  
图 22 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的气体喷嘴阵列中喷嘴的结构示意图；  
图 23 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置中气体喷嘴阵列的另一结构示意图；  
图 24 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 25 示出图 24 中雾化喷嘴的排布示意图；  
图 26 示出本发明又一实施例的熔渣粒化装置的结构示意图；  
图 27 示出图 26 中熔渣粒化装置的侧视图。

### 具体实施方式

以下由特定的具体实施例说明本发明的实施方式，本领域技术人员可由本说明书所揭示的内容轻易地了解本发明的其他优点及功效。虽然本发明的描述将结合较佳实施例一起介绍，但这并不代表此发明的特征仅限于该实施方式。恰恰相反，结合实施方式作发明介绍的目的是为了覆盖基于本发明的权利要求而有可能延伸出的其它选择或改造。为了提供对本发明的深度了解，以下描述中将包含许多具体的细节。本发明也可以不使用这些细节

实施。此外，为了避免混乱或模糊本发明的重点，有些具体细节将在描述中被省略。需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

应注意的是，在本说明书中，相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项，因此，一旦某一项在一个附图中被定义，则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

在本实施例的描述中，需要说明的是，术语“上”、“下”、“内”、“底”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，或者是该发明产品使用时惯常摆放的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述，而不能理解为指示或暗示相对重要性。

在本实施例的描述中，还需要说明的是，除非另有明确的规定和限定，术语“设置”、“相连”、“连接”应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或一体地连接；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本实施例中的具体含义。

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明的实施方式作进一步地详细描述。

首先，本发明提供熔渣粒化方法，包括破碎熔渣得到熔渣颗粒，然后对熔渣颗粒进行冷却，并收集由此获得的粒化渣。

其次，本发明提供熔渣粒化装置，包括：粒化机构，用于粒化熔渣获得破碎的熔渣颗粒；以及冷却机构，用于冷却熔渣颗粒获得粒化渣。

根据本发明的一种实施方式提供一种熔渣余热回收耦合利用的方法，其中，熔渣通过射流粒化获得表面固化的颗粒和蒸汽，随后表面固化的颗粒在旋流场中进行冷却，获得固态渣粒。采用本实施方式提供的方法，在实现高炉熔渣的快速、安全粒化的同时，也实现高炉熔渣显热的多级回收和同级利用，从而大大提高了高温熔渣余热回收利用率。通过回收蒸汽作动力，直接将粒化渣磨成超细矿渣微粉，实现高炉熔渣的高值产品化。

参见图 1，其显示了实施根据本实施方式的熔渣粒化方法的装置。具体地，本实施方式提供了一种用于上述熔渣余热回收耦合利用方法的装置，包括：

导流罩 16，其为一筒体结构；优选其横截面呈矩形，长宽比为 2:1~5:1；更优选，所述导流罩 16 的进口端安装有在线称量装置 14；

粒化器 15，其出口端连接导流罩 16 的进口端；

旋流器 17，其侧壁设有物料进口，底部设有物料出口；所述物料进口与所述导流罩 16 的出口端相连，

溢流管，其下部竖直插置于旋流器 17 内，溢流管内设置螺旋换热管；

第一汽水分离器 127，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；所述冷却水进口连接冷却水管路，所述冷却水出口通过管道及水泵 128 连接所述溢流管内的螺旋换热管的进口端，所述蒸汽进口与所述溢流管内的螺旋换热管的出口端连接，

余热回收装置 123，其壳体上设有进气口及出气口，内部设有换热管道，该进气口与所述溢流管的出口端相连；

第二汽水分离器 125，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；该冷却水进口连接冷却水管路，冷却水出口通过管道及水泵 124 与余热回收装置 123 的换热管道的进口端连接，蒸汽进口通过管道与余热回收装置 123 的换热管道的出口端连接，蒸汽出口通过管道与粒化器 17 的进口端连接；

滚筒床 18，其为一筒体结构，内部设有换热管道，所述滚筒床 18 的进口端与所述旋流器 17 的物料出口相连，所述滚筒床 18 的出口端与渣仓 112 相连，所述滚筒床上设有一可带动其转动的驱动装置；

第三汽水分离器 19，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；该冷却水进口连接冷却水管路，冷却水出口通过管道及水泵 110 与所述滚筒床的换热管道的进口端连接，蒸汽进口与所述滚筒床的换热管道的出口端连接；

气流磨 117，其壳体上设有进料管、进气管和出气管，所述气流磨 117 进料管与渣仓 112 相连，所述气流磨 117 的出气管与余热回收装置的 123 进气口相连；

过热蒸汽发生器 126，其壳体上设有进气管道和出气管道，过热蒸汽发生器 126 的进气管道与第一汽水分离器 127 的蒸汽出口及第三汽水分离器 19 的蒸汽出口相连，过热蒸汽发生器 126 的出气管道与气流磨 117 的进气管相连。

优选地，渣仓 112 上设有振动器 113。

继续参考图 1，上述熔渣余热回收耦合利用方法可按如下进行。具体地，熔渣余热回收耦合利用的方法包括如下步骤：

1)某钢厂一座容积为  $1250\text{m}^3$  的高炉，出铁时，温度在  $1500^\circ\text{C}$  左右的熔渣以平均约  $2.5\text{t}/\text{min}$ （最大出渣量  $5\text{t}/\text{min}$ ）的出渣量进入主渣沟 11，利用取渣器 12 将主渣沟 11 内的熔渣放入取渣沟 13 内，之后经过在线称量装置 14 流入导流罩 16 内，其中导流罩 16 的横截面为矩形，长  $300\text{mm}$ ，宽  $100\text{mm}$ ；进入导流罩 16 内的熔渣被从粒化器 15 喷出的气雾流

体冲击、破碎、粒化成粒径在 5mm 以内的颗粒熔滴，颗粒熔滴随气雾流体沿着导流罩 16 定向高速飞行，颗粒熔滴在形成和飞行过程中与气雾流体换热并得到快速冷却固化，例如冷却速率为 20°C/秒以上，生成 1000°C 以下 800°C 以上的粒化渣（此时为仅表面固化的颗粒，芯部为熔融态）和约 300°C（环境温度）的气流，此时粒径在 2mm 以内的颗粒的凝固率约为 80%，实现了对熔渣的粒化和冷却固化；

## 2)渣气分离

上述粒化渣和气流从导流罩 16 内流出后直接进入旋流器 17 内，在离心力和重力共同作用下实现渣、气分离，分离后的粒化渣温度下降到 700~800°C，从旋流器 17 的底部流出；

分离后的气流流经旋流器 17 和溢流管，经溢流管内的螺旋换热管的冷却水换热后温度降到 150°C 以下，从旋流器 17 和溢流管排出后进入余热回收装置 123，与余热回收装置 123 内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 130°C 以下的尾气；

余热回收装置 123 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过第二汽水分离器 125 汽水分离获得压强在约 0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器 15 作为气雾流体用于粒化上述熔渣；

螺旋换热管内的冷却水吸收热量汽化，随后经过第一汽水分离器 127 汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201°C 的饱和蒸汽，该饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器 126，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度在 250~350°C 的过热蒸汽；在上述过程中，利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气对进入过热蒸汽发生器 126 中的饱和蒸汽进行补热；

3)自旋流器 17 的底部流出的粒化渣进入滚筒床 18，在滚筒床 18 内与通有冷却水的换热管道接触换热，滚筒床 18 在驱动机构的作用下沿设定方向低速旋转，转速控制在 3rpm，粒化渣随滚筒床 18 的转动被筒内推进机构缓慢推进，温度降到 180°C 以下后排出滚筒床 18，依次经过溜槽及斗提机 111 送入渣仓 112 储存；渣仓 112 上安装有振动器 113 对渣仓 112 进行振动，防止粒化渣在渣仓内堵塞渣仓出口、架桥、起拱；

滚筒床 8 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，经过第三汽水分离器 19 汽水分离后生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201°C 饱和蒸汽，饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器 126，利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气进行补热，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度在 250~350°C 的过热蒸汽；

4)渣仓 112 内的粒化渣经过出渣阀 114、输送机构 116 输送进入气流磨 117，利用步骤 2) 和步骤 3) 获得的过热蒸汽冲击、研磨成超细微粉，超细微粉经过收粉装置 118 收集后作为高品质产品直接销售；

过热蒸汽压强降为常压，温度降至 150℃ 以下，随后进入余热回收装置 123，与余热回收装置 123 内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为约 130℃ 的尾气；

所述余热回收装置 123 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过第二汽水分离器 125 汽水分离获得压强为约 0.4MPa 的饱和水蒸汽，返回粒化器 15 作为气雾流体用于粒化熔渣。

或者，渣仓 112 内粒化渣由卡车 115 运送至矿渣微粉生产线，直接研磨成比表面积为约 420m<sup>2</sup>/kg 的矿渣微粉。

生产过程中产生的废气一并送入尾气净化装置 120，经过除尘、脱硫处理达到相关排放标准后由风机 121 抽出，经烟囱 122 排放。循环泵 119 将脱硫除尘液循环泵入尾气净化装置 120 内，当循环液浓度达到一定值（取决于实际处理场景）时，部分外排，从外部补充新鲜碱液，以维持正常、高效的脱硫、除尘效果。

根据本发明的另一实施方式，利用图 1 所示的装置进行的熔渣余热回收耦合利用方法可按如下进行。熔渣余热回收耦合利用的方法包括如下步骤：

1)某钢厂一座容积为 2500m<sup>3</sup> 的高炉，出铁时，温度在约 1500℃ 的熔渣以平均约 3.0t/min（最大出渣量 6t/min）的出渣量进入主渣沟 11，利用取渣器 12 将主渣沟 11 内的熔渣放入取渣沟内，之后经过在线称量装置流入导流罩内，其中导流罩 16 的横截面为矩形，长 400mm，宽 100mm；进入导流罩 16 内的熔渣被从粒化器 15 喷出的气雾流体冲击、破碎、粒化成粒径在 5mm 以内的颗粒熔滴，颗粒熔滴随气雾流体沿着导流罩 16 定向高速飞行，颗粒熔滴在形成和飞行过程中与气雾流体换热并得到快速冷却固化，生成 1000℃ 以下 750℃ 以上的粒化渣（此时为仅表面固化的颗粒，芯部为熔融态）和约 300℃（环境温度）的气流，此时粒径在 2mm 以内的颗粒的凝固率约为 90%，实现了对熔渣的粒化和冷却固化；

## 2)渣气分离

上述粒化渣和气流从导流罩 16 内流出后直接进入旋流器 17 内，在离心力和重力共同作用下实现渣、气分离，分离后的粒化渣温度下降到 750℃ 以下，从旋流器 17 的底部流出；

分离后的气流流经旋流器 17 和溢流管，经溢流管内的螺旋换热管的冷却水换热后温度降到 200℃ 以下，从旋流器 17 和溢流管排出后进入余热回收装置 123，与余热回收装置 123 内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 140℃ 以下的尾气；

余热回收装置 123 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过第二汽水分离器汽水分离获得压强为约 0.45MPa 的饱和水蒸汽，返回粒化器 15 作为气雾流体用于粒化上述熔渣；

螺旋换热管内的冷却水吸收热量汽化，随后经过第一汽水分离器汽水分离生成压强为约 1.4MPa、温度为约 190℃ 的饱和蒸汽，该饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器 126，补热后获得压强为约 1.4MPa、温度为约 300℃ 的过热蒸汽；在上述过程中，利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气对进入过热蒸汽发生器 126 中的饱和蒸汽进行补热；

3) 自旋流器 17 的底部流出的粒化渣进入滚筒床 18，在滚筒床 18 内与通有冷却水的换热管道接触换热，滚筒床 18 在驱动机构的作用下沿设定方向低速旋转，转速控制在 3rpm，粒化渣随滚筒床 18 的转动被筒内推进机构缓慢推进，温度降到 180℃ 以下后排出滚筒床 18，依次经过溜槽及斗提机 111 送入渣仓 112 储存；渣仓 112 上安装有振动器 113 对渣仓 112 进行振动，防止粒化渣在渣仓 112 内堵塞渣仓出口、架桥、起拱；

滚筒床 18 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，冷却水利用增压泵强制循环，经过第三汽水分离器 19 汽水分离后生成压强为约 1.4MPa、温度为约 190℃ 的饱和蒸汽，该饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器 126，利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气进行补热，补热后获得压强为约 1.4MPa、温度为约 300℃ 的过热蒸汽；

4) 渣仓 112 内的粒化渣经过出渣阀 114、输送机构 116 输送进入气流磨 117，利用步骤 2) 和步骤 3) 获得的过热蒸汽冲击、研磨成超细微粉，超细微粉经过收粉装置 118 收集后作为高品质产品直接销售；

过热蒸汽压强降为常压，温度降至 200℃ 以下，随后进入余热回收装置 123，与余热回收装置 123 内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为约 140℃ 的尾气；

所述余热回收装置 123 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过第二汽水分离器汽水分离获得压强为约 0.45MPa 的饱和水蒸汽，返回粒化器 15 作为气雾流体用于粒化熔渣。

或者，渣仓 112 内粒化渣由卡车 115 运送至矿渣微粉生产线，直接研磨成比表面积为约 420m<sup>2</sup>/kg 的矿渣微粉。

生产过程中产生的废气一并送入尾气净化装置 120，经过除尘、脱硫处理达到相关排放标准后由风机 121 抽出，经烟囱 122 排放。循环泵 119 将脱硫除尘液循环泵入尾气净化

装置 120 内，当循环液浓度达到一定值（取决于实际处理场景）时，部分外排，从外部补充新鲜碱液，以维持正常、高效的脱硫、除尘效果。

根据本发明的又一实施方式，利用图 1 所示的装置进行的熔渣余热回收耦合利用方法可按如下进行。熔渣余热回收耦合利用的方法包括如下步骤：

1)某钢厂一座容积为  $1250\text{m}^3$  的高炉，出铁时，温度在约  $1500^\circ\text{C}$  的熔渣以平均约  $3.0\text{t}/\text{min}$ （最大出渣量  $6\text{t}/\text{min}$ ）的出渣量进入主渣沟 11，利用取渣器 12 将主渣沟 11 内的熔渣放入取渣沟 13 内，之后经过在线称量装置 14 流入导流罩 16 内，其中导流罩 16 的横截面为矩形，长  $400\text{mm}$ ，宽  $100\text{mm}$ ；进入导流罩 16 内的熔渣被从粒化器 15 喷出的气雾流体冲击、破碎、粒化成粒径在  $5\text{mm}$  以内的颗粒熔滴，颗粒熔滴随气雾流体沿着导流罩 16 定向高速飞行（例如飞行速度为  $10\text{m}/\text{s}$  以上，根据实际情况测定），颗粒熔滴在形成和飞行过程中与气雾流体换热并得到快速冷却固化，生成  $1000^\circ\text{C}$  以下  $800^\circ\text{C}$  以上的粒化渣（此时为仅表面固化的颗粒，芯部为熔融态）和约  $300^\circ\text{C}$ （环境温度）的气流，此时粒径在  $2\text{mm}$  以内的颗粒的凝固率为约  $85\%$ ，实现了对熔渣的粒化和冷却固化；

## 2)渣气分离

上述粒化渣和气流从导流罩 16 内流出后直接进入旋流器 17 内，在离心力和重力共同作用下实现渣、气分离，分离后的粒化渣温度下降到  $800^\circ\text{C}$  以下，从旋流器 17 的底部流出；

分离后的气流流经旋流器 17 和溢流管，经溢流管内的螺旋换热管的冷却水换热后温度降到  $300^\circ\text{C}$  以下，从旋流器 17 和溢流管排出后进入余热回收装置 123，与余热回收装置 123 内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为  $150^\circ\text{C}$  以下的尾气；

余热回收装置 123 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过第二汽水分离器汽水分离获得压强为约  $0.5\text{MPa}$  的饱和水蒸汽，返回粒化器 15 作为气雾流体用于粒化上述熔渣；

螺旋换热管内的冷却水吸收热量汽化，随后经过第一汽水分离器汽水分离生成压强为约  $1.6\text{MPa}$ 、温度为约  $201^\circ\text{C}$  的饱和蒸汽，该饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器 126，补热后获得压强为约  $1.6\text{MPa}$ 、温度为约  $350^\circ\text{C}$  的过热蒸汽；在上述过程中，利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气对进入过热蒸汽发生器 126 中的饱和蒸汽进行补热；

3)自旋流器 17 的底部流出的粒化渣进入滚筒床 18，在滚筒床 18 内与通有冷却水的换热管道接触换热，滚筒床 18 在驱动机构的作用下沿设定方向低速旋转，转速控制在  $3\text{rpm}$ ，粒化渣随滚筒床 18 的转动被筒内推进机构缓慢推进，温度降到  $180^\circ\text{C}$  以下后排出滚筒床

18, 依次经过溜槽及斗提机 111 送入渣仓 112 储存; 渣仓 112 上安装有振动器 113 对渣仓 112 进行振动, 防止粒化渣在渣仓 112 内堵塞渣仓出口、架桥、起拱;

滚筒床 18 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化, 冷却水利用增压泵强制循环, 经过第三汽水分离器 19 汽水分离后生成压强为约 1.6MPa、温度为约 201℃的饱和蒸汽, 该饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器 126, 利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气进行补热, 补热后获得压强为约 1.6MPa、温度为约 350℃的过热蒸汽;

4)渣仓 112 内的粒化渣经过出渣阀 114、输送机构 116 输送进入气流磨 117, 利用步骤 2) 和步骤 3) 获得的过热蒸汽冲击、研磨成超细微粉, 超细微粉经过收粉装置 118 收集后作为高品质产品直接销售;

过热蒸汽压强降为常压, 温度降至 250℃以下, 随后进入余热回收装置 123, 与余热回收装置 123 内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热, 形成温度为约 150℃的尾气;

所述余热回收装置 123 的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化, 之后经过第二汽水分离器汽水分离获得压强为约 0.5MPa 的饱和水蒸汽, 返回粒化器 15 作为气雾流体用于粒化熔渣。

或者, 渣仓 112 内粒化渣由卡车 115 运送至矿渣微粉生产线, 直接研磨成比表面积为约 420m<sup>2</sup>/kg 的矿渣微粉。

生产过程中产生的废气一并送入尾气净化装置 120, 经过除尘、脱硫处理达到相关排放标准后由风机 121 抽出, 经烟囱 122 排放。循环泵 119 将脱硫除尘液循环泵入尾气净化装置 120 内, 当循环液浓度达到一定值 (取决于实际处理场景) 时, 部分外排, 从外部补充新鲜碱液, 以维持正常、高效的脱硫、除尘效果。

本实施方式利用粒化器喷出的高速气雾流体冲击、破碎、粒化高炉熔渣, 高速气雾流体的流量可控, 其流量随在线称量装置所称量的高炉熔渣的多少而变化, 高炉熔渣流量小, 气雾流体流量适当减小, 熔渣流量增大, 气雾流体的流量随之增加。气雾流体的最大流量能够保证高炉熔渣最大量时高炉熔渣的安全粒化。

旋流器和滚筒床盘管内的冷却水吸收热量后形成 1.2-1.6MPa 的饱和蒸汽, 之后被送至过热蒸汽发生器, 利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气进行适当补热, 饱和蒸汽被加热成 1.2-1.6MPa、温度在 250-350℃的过热蒸汽, 形成的过热蒸汽直接送气流磨作为粒渣粉化的动力。过热蒸汽在气流磨内膨胀做功后品质下降, 压强降为常压, 温度降至 150-250℃, 这部分气体进入余热回收装置, 经过管壳式间壁换热, 制备出 0.4-0.5MPa 饱

和水蒸汽，形成的饱和水蒸汽可以直接送回粒化器，作为高炉熔渣粒化的气雾流体。气雾流体与高炉熔渣作用后经渣气分离后进入余热回收装置处理后可以重复利用。本实施方式可以实现高炉熔渣显热的梯度回收，并将回收的热量就近同级利用。

上述熔渣余热回收耦合利用的方法的装置，利用水淬和风淬相结合的气雾粒化方式，将高炉熔渣的显热逐级回收，并将回收的热量就近直接利用在高炉熔渣的处理过程中，不仅能实现高炉熔渣的安全、快速粒化，而且能提高回收后余热的利用率，避免常规方式将高炉熔渣显热回收后利用效率低下的问题。

在本实施方式中，水蒸气可以循环使用，避免了水资源的浪费，降低了高炉熔渣的粒化成本，处理过程对环境友好，实现高炉熔渣安全、快速粒化，获得高品质产品化的粒化渣，能够实现高炉熔渣的高价值资源化和高炉熔渣显热的高效回收利用。

根据本发明的又一实施方式提供一种带有高速蒸汽喷嘴的高炉熔渣粒化装置及工艺，兼具水淬和风淬粒化技术的优点，利用带水雾的高速蒸汽来冷却及粒化熔渣，既可适当减少新水消耗量以降低成本，还能兼顾熔渣冷却速率以利于固态渣的玻璃体形成，并且该装置可充分利用熔渣的余热，以减少能量的损耗；具有冷却速率较快，熔渣破碎效果好，耗能低等优点。

具体地，参见图 2，其显示了实施根据本实施方式的熔渣粒化方法的装置。具体地，本实施方式提供了一种带有高速蒸汽喷嘴的高炉熔渣粒化装置，包括：熔渣粒化本体 21，为一箱体结构，其上部一侧设供熔渣 2100 进入的渣流槽 211，熔渣粒化本体 21 顶部设有蒸汽流出通道 212；

蒸汽喷雾机构 22，包括沿管道 220 依次设置的第一控制阀 F21、水泵 221、第二控制阀 F22、压力表 222、换热器 223、温度计 224 和喷嘴 225；该管道 220 的进口端接水源 2200；喷嘴 225 设置于熔渣粒化本体 21 设有渣流槽 211 一侧的侧壁上，且，喷嘴 225 的轴向与渣流槽 211 的轴向成一角度，喷嘴 225 的出口方向正对从渣流槽 211 流出的熔渣；

换热器 223 上设余热回收管道 23 和换热流体流出管道 24；其中，余热回收管道 23 上安装有阀门 F23。

优选地，第一控制阀 F21 为电液闸阀。

优选地，喷嘴 225 的轴向与渣流槽 211 的轴向成  $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$  夹角。

使用上述带有高速蒸汽喷嘴的熔渣粒化装置的熔渣粒化方法，按如下实施：通过水泵给进入管道的水加压，然后进入换热器内，来自余热资源回收管道的热源使换热器内的水温度升高，水处于高于大气压且高于常压下沸点温度的状态，经过喷嘴喷出后在常压下瞬

间气化形成含有蒸汽的高速射流(例如喷射速度为 90~110m/s)冲击从渣流槽流出的熔渣,高速射流将熔渣冷却,并破碎成小颗粒落入熔渣粒化本体的底部;喷嘴喷出的混合射流冲击熔渣后全部变成蒸汽从上述装置上方流出作为余热资源待后续利用。

优选地,通过水泵给进入管道的水加压,管道内压强升至 0.1~1MPa;来自余热回收管道的热能使换热器内的水温度升高至 100~182℃。

与现有技术相比,采用根据本实施方式的熔渣粒化方法和装置的优点在于:

喷嘴喷出的高速射流破碎高炉熔渣进行换热后全部生成水蒸气,水资源消耗比传统湿法工艺大幅度减少,减少了水污染,同时减少了有害气体的排放,且不需要对冷却后的高炉熔渣进行干燥处理;

熔渣显热经过与喷嘴喷出的射流进行换热,生成的高温水蒸气的热焓要高于传统风淬工艺生成的热空气的热焓,使熔渣显热的回收效率更高,进行余热回收更具有潜力;

相比于风淬工艺,根据本实施方式的装置以较少的能源消耗使管道内流体具有更大的压强,成本低,且噪音污染更小,由于换热介质是水,高温熔渣的冷却速率也比风淬的冷却速率要快,更加有利于玻璃体的形成,玻璃体质量越好、含量越高,高炉渣的回收利用率越高;

采用余热给管道加热的方式,形成蒸汽的能量全部来源于钢厂余热和废热,提高了能量的利用率;

由于管道内流动介质为水,液体相比于气体更容易获得高压,使其具有较大的打击动能。

根据本发明的一种实施方式提供一种气水混合的卧式熔渣粒化工艺及装置,利用气体喷嘴阵列组件喷出的高速气流冲击液态熔渣将其破碎,气液双流体喷嘴喷出的高密度雾滴颗粒对所粒化的渣粒迅速换热降温并辅助粒化,便于其快速成渣;以雾化的形式取代水淬直接喷水的形式,既可适当减少新水消耗量以降低成本,还能兼顾熔渣冷却速率以利于固态渣的玻璃体形成,并且该工艺可充分利用熔渣的余热,以减少能量的损耗;具有冷却速率较快,熔渣破碎效果好,耗能低等优点。

参见图 3,其显示了实施根据本实施方式的熔渣粒化方法的装置。具体地,本实施方式提供了一种气水混合的卧式熔渣粒化工艺,其采用由气体喷嘴组成的空气喷嘴阵列组件提供的高速气流对下落的熔渣进行破碎,得到熔渣颗粒;同时,采用成排的气液双流体喷嘴对熔渣颗粒进行水雾喷吹,使熔渣颗粒快速降温,并给熔渣颗粒施加一个辅助推动力,使其更准确地落入后部的渣粒收集段。

优选地，上述高速气体喷嘴采用超音速喷嘴。

参见图 3-图 5，用于上述气水混合的卧式熔渣粒化工艺的装置，其包括：

熔渣粒化本体 61，为箱体结构，其顶部设渣流入口 611，其上方设渣溜槽 612；

高速空气喷射机构 62，包括：

压缩机 621、储气罐 622、连接储气罐 622 的输气管道 620 及连接输气管道 620 一端的空气喷嘴阵列组件 623；与储气罐 622 的出口端相连的输气管道 620 上依次设置第一控制阀 F61 及流量计 624；空气喷嘴阵列组件 623 包括多个气流喷嘴及相应的支流管道，支流管道与输气管道 620 相连；气流喷嘴设置于熔渣粒化本体 61 的一侧壁上部；所述高速气流喷嘴为超音速喷嘴；

储气罐 622 上设压力表 625、进气管道 626 及进气阀 6261；

空气喷嘴阵列组件 623 接入输气管道 620；

喷雾机构 63，包括：沿输水管道 630 依次设置的第二控制阀 F62、水泵 631、第三控制阀 F63、压力表 632、流量计 633 和多个气液双流体喷嘴 634、634'；该输水管道 630 的进口端与水源 6100 相连；气液双流体喷嘴 634、634' 设置于熔渣粒化本体 61 的内上部及底部，且，气液双流体喷嘴 634、634' 通过连接管道 635 连接输气管道 620 及输水管道 630。

参见图 4，其中上述气液双流体喷嘴 634、634' 成阵列排布。

优选地，空气喷嘴阵列组件 623 的轴向与水平方向成  $0\sim 20^\circ$  夹角；优选地，空气喷嘴阵列组件 623 的宽度大于渣流入口 611 的宽度。

优选地，第二控制阀 F62 为电液闸阀。

优选地，熔渣粒化本体 61 为半封闭的，其后部设熔渣颗粒收集段。

参见图 5，其所示为空气喷嘴阵列组件 623 的出口的一种结构形式，该空气喷嘴阵列组件 623 的出口包含有多个均匀分布的喷孔 6231。

以渣流量 5t/min 为例，针对熔渣颗粒的飞行轨迹进行模拟计算。

如图 6 所示，采用不同喷嘴阵列组件在不同倾角（0 度、10 度、20 度）下进行喷气时渣粒的飞行情况，渣粒的飞行角度会受到气流倾角的影响，但气流倾角不能一味的增大。如图 7 所示，发现在气流倾角超过  $20^\circ$  后，一些渣粒会与熔渣粒化本体的上壁面相撞。

另外通过对熔渣粒化过程进行模拟计算，空气喷嘴阵列组件喷射的高速气流的速度优选为  $90\sim 110\text{m/s}$ 。若气流速度过小，熔渣不能被充分破碎，且熔渣会迅速下落附着在熔渣粒化本体的内壁上；若气流速度过大，则粒化效果和渣粒粒径也可能不会得到明显改善。

与现有技术相比，本实施方式的优点在于：

空气喷嘴阵列组件的气流喷嘴喷出的高速射流破碎高炉熔渣使水资源消耗比传统湿法工艺大幅度减少，减少了水污染，同时减少了有害气体的排放，气体管道不易磨损维护成本较少，且不需要花额外能源对冷却后的高炉熔渣进行干燥处理；

熔渣显热经过与雾化喷嘴喷出的大量雾滴进行换热，生成的高温水蒸气的热焓要高于传统风淬工艺生成的热空气的热焓，使熔渣显热的回收效率更高，进行余热回收更具有潜力；

相比于风淬工艺，根据本实施方式的装置由于换热介质主要是水破碎形成的雾滴颗粒，高温熔渣的冷却速率也比风淬的冷却速率要快，更加有利于玻璃体的形成，玻璃体质量好、含量越高，高炉渣的回收利用率越高；

采用熔渣粒化本体内底部和上部安装多个成排的气液双流体雾化喷嘴的方式，形成均匀分布的雾滴颗粒与熔渣进行换热，与一般的水流冲击相比，均匀的雾滴颗粒与熔渣的换热更为充分，均匀的气流流场使粒化效果更加均匀，成渣效果更好；

雾化喷嘴所喷出的雾滴颗粒对熔渣的粒化及颗粒飞行具有一定的辅助作用，效果较纯气淬要好；

熔渣粒化本体为卧式半封闭装置，其后方设置有渣粒收集段，可以更方便地收集粒化的渣粒，防止熔渣不易收集而发生粘壁现象；

在近渣流入口位置、粒化装置中间位置、粒化装置底部分别设置喷嘴阵列，分段对渣流进行冲击、削薄、粒化，防止因渣流量过大而使粒化不充分的问题发生。

根据本发明的又一实施方式提供一种利用气体喷嘴阵列将高炉熔渣粒化的装置，利用高速气体喷嘴喷出的高速气流冲击液态熔渣将其破碎，并对所粒化的渣粒迅速降温，便于其快速成渣，可适当减少水消耗量以降低成本，还能兼顾熔渣冷却速率以利于固态渣的玻璃体形成，并且该装置可充分利用熔渣的余热，以减少能量的损耗，兼具水淬和风淬粒化技术的优点；冷却速率较快，熔渣破碎效果好，耗能低。

参见图 8，根据本实施方式的利用气体喷嘴阵列将高炉熔渣粒化的装置，其包括：

熔渣粒化本体 31，为箱体结构，其顶部设渣流入口 311、蒸汽流出通道 312，高炉熔渣 3100 通过渣溜槽 313 经渣流入口 311 进入熔渣粒化本体 31 内；

高速空气喷射机构 32，包括：

压缩机 321、储气罐 322、连接储气罐 322 的输气管道 323 及连接输气管道 323 一端的喷嘴阵列 324；与储气罐 322 的出口端相连的输气管道 323 上依次设置有第一控制阀 F31 及流量计 325；

储气罐 322 上设有压力表 326、进气管道 327 及进气阀 F32；

喷嘴阵列 324 包括多个喷嘴 3241 及相应的支流管道 3242，各支流管道 3242 分别与输气管道 323 相连；喷嘴 3241 设置于所述熔渣粒化本体 31 的一侧壁上。

优选地，喷嘴阵列 324 中的喷嘴 3241 为选自超音速喷嘴、雾化喷嘴或气液双流体喷嘴中的一种以上；喷嘴阵列 324 中的喷嘴 3241 的轴向与熔渣粒化本体 31 的侧壁相互垂直。

参见图 9~图 11，所述喷嘴阵列 324 中的喷嘴 3241 的排布方式为多行多列。

优选地，如图 10 和图 11 所示，喷嘴阵列 324 中的喷嘴 3241 的排布方式为多行多列，且相邻两行的喷嘴在竖直方向上错开。

优选地，如图 11 所示，喷嘴阵列 324 中的喷嘴 3241 的排布方式为多行多列，喷嘴数量沿竖直方向逐步减少或增加。

高速气体喷嘴喷出的高速射流（例如喷射速度为 90~110m/s）破碎高炉熔渣使水资源消耗减少，减少了水污染，同时减少了有害气体的排放，因而气体管道不易磨损维护成本较少，且不需要花费额外能源对冷却后的高炉熔渣进行干燥处理。相比于风淬工艺，根据本实施方式的装置通过布置高速气体喷嘴以较少的能源消耗使管内气体在相同的压强下可以达到更高的速度，成本低，且噪音污染更小，高温熔渣的冷却速率也比传统风淬的冷却速率要快，更加有利于玻璃体的形成，玻璃体质量越好、含量越高，高炉渣的回收利用率越高。采用底部安装多个高速气体喷嘴的方式，形成均匀分布的高速气流与熔渣进行换热，喷嘴阵列的布置与熔渣的换热更为充分。阵列所形成的气体流域可以均匀而充分的覆盖渣流流动的范围，使得粒化效果更加均匀，成渣效果更好。

参见图 12、图 13，根据本实施方式的熔渣粒化装置还包括：喷嘴雾化机构 33，其包括沿输水管道 330 依次设置的第二控制阀 F32、水泵 331、第三控制阀 F33、压力表 332、流量计 333 和多个雾化喷嘴 334；输水管道 330 的进口端与水源 3200 相连；雾化喷嘴设置于熔渣粒化本体 31 的内底部，且至少排布为两排，水雾喷出方向正对自渣流入口 311 流入的熔渣。

参见图 14，其为根据本发明的又一实施方式中熔渣粒化装置的结构示意图，其中，喷嘴阵列 324 中的喷嘴为气液双流体喷嘴；相应地，熔渣粒化装置还设有喷嘴供水机构 36，其包括沿输水管道 360 依次设置的第四控制阀 F34、水泵 361、第五控制阀 F35、压力表

362、流量计 363：输水管道 360 的进口端与水源 3200 相连，出口端与气液双流体喷嘴的进口端相连。

参见图 15，其为根据本发明的又一实施方式中熔渣粒化装置的结构示意图，其中，熔渣粒化装置还包括余热回收系统 34，其包括：

换热箱体 341，其一侧壁上部设有与所述熔渣粒化本体 31 的出料口相连的进料口 3411；换热箱体 341 的顶部设有换热气流出口 3412；换热箱体 341 内沿高度方向设有多个开孔床板 342；换热箱体 341 的底部设有熔渣颗粒出口 3413；

气体喷嘴阵列 343，设置于换热箱体 341 的内底部、开孔床板 342 的下方，气体喷嘴阵列中的气体喷嘴与开孔床板 342 相对设置，喷出的气体可对沿开孔床板 342 下落的渣粒进行进一步冷却。

优选地，所述开孔床板 342 在换热箱体 341 内沿垂直方向呈 Z 字形布置，如图 15 所示，可延长渣粒下落的路径，有利于对渣粒的有效冷却。

熔渣粒化过程在熔渣粒化本体内进行，高速空气喷射机构、雾化喷嘴机构提供了对熔渣进行破碎粒化的主要动力和进行一次换热，余热回收系统将渣粒和气体分离并进行二次换热。

其工作过程如下：

高速空气喷射机构中的喷嘴阵列提供均匀高速气流将下落的高炉熔渣均匀破碎，得到了呈抛物线运动的高温熔渣颗粒；喷嘴雾化机构中的雾化喷嘴在熔渣粒化本体的底部对呈抛物线运动的熔渣颗粒进行水雾喷吹，一方面增加换热效率使熔渣颗粒快速降温，另一方面给熔渣施加一个推动力。在熔渣粒化本体的尾部设有渣粒收集段，其将渣粒和对熔渣降温形成的高温气流进入余热回收系统的换热箱体内进行气固分离，渣粒途经多个开孔床板与下方气体喷嘴阵列的气体喷嘴喷出的冷空气进行充分换热，换热空气从上方出口流出，冷渣从换热箱体的下方出口落下。

使用时，开启压缩机，压缩机给气体加压将气体送入储气罐，通过储气罐提供稳定压强的气体给（超音速气体）喷嘴阵列，喷嘴将高速气流射入熔渣粒化本体内对自渣流入口进入的熔渣进行破碎；同时，开启水泵，水泵给输水管道内的水加压，然后再经过雾化喷嘴喷出，喷出后雾滴颗粒冲击粒化后的熔渣颗粒，将熔渣颗粒快速降温并冷却成稳定小颗粒；喷嘴阵列中的喷嘴和喷嘴雾化机构中的雾化喷嘴喷出的混合射流冲击高温熔渣全部变成高温空气和水蒸汽的混合物从熔渣粒化本体的上方流出作为余热资源待后续回收利用。

参见图 16，其为根据本发明的又一实施方式中熔渣粒化装置的结构示意图，其中，余热回收系统 34 采用旋风分离器 35。

所述旋风分离器 35 包括分离器本体 351，其上部一侧设与所述熔渣粒化本体 31 的出料口 314 连通的气固介质入口 3511；分离器本体 351 的顶部设有空气出口 3512，分离器本体 351 的底部设灰斗 352。

渣粒和高温气流进入旋风分离器 35 内进行气固分离。旋风分离器 35 可以分离出干净的高温气流，能使熔渣粒化过程中产生的余热得到充分回收供后续利用。

与现有技术相比，本实施方式的优点在于：

高速气体喷嘴喷出的高速射流破碎高炉熔渣使水资源消耗减少，减少了水污染，同时减少了有害气体的排放，气体管道不易磨损维护成本较少，且不需要花费额外能源对冷却后的高炉熔渣进行干燥处理；

相比于风淬工艺，该装置通过布置高速气体喷嘴以较少的能源消耗使管内气体在相同的压强下可以达到更高的速度，成本低，且噪音污染更小，高温熔渣的冷却速率也比传统风淬的冷却速率要快，更加有利于玻璃体的形成，玻璃体质量越好、含量越高，高炉渣的回收利用率越高；

采用底部安装多个高速气体喷嘴的方式，形成均匀分布的高速气流（例如喷射速度为 90~110m/s）与熔渣进行换热，喷嘴阵列的布置与熔渣的换热更为充分。阵列所形成的气体流域可以均匀而充分的覆盖渣流流动的范围，使得粒化效果更加均匀，成渣效果更好；

采用熔渣粒化本体内底部安装多个雾化喷嘴的方式，形成均匀分布的雾滴颗粒与熔渣进行换热，与一般的水流冲击相比，雾滴颗粒与熔渣的换热更为充分；且雾滴颗粒的喷射给气淬后的熔渣颗粒提供一个推动力，使其避免过早落入装置底部发生粘结现象；

优选地，高速气体以（超音速）喷嘴阵列的形式进行排布，阵列所形成的气体流域可以均匀而充分的覆盖渣流流动的范围，使得粒化效果更加均匀，成渣效果更好；

本实施方式通过余热回收段设计多层布置，渣粒和高温气流进入换热箱体内进行二次余热气体回收、换热和气固分离，大大提高了余热回收效率，且在底部成阵列的气体喷嘴可以使熔渣颗粒迅速降温，并且分离出高温的气流，使熔渣余热得到充分回收。

根据本发明的又一实施方式提供一种可清理落渣的气雾熔渣粒化的装置，利用高速喷嘴阵列组件喷出的高速气流冲击液态熔渣将其破碎，雾化喷嘴喷出的高密度雾滴颗粒对所粒化的渣粒迅速降温，便于其快速成渣，以雾化的形式取代水淬直接喷水的形式，既可适当减少新水消耗量以降低成本，还能兼顾熔渣冷却速率以利于固态渣的玻璃体形成，并且

该装置可充分利用熔渣的余热，以减少能量的损耗；具有冷却速率较快，熔渣破碎效果好，耗能低等优点。

参见图 17、图 18，本实施方式中可清理落渣的气雾熔渣粒化的装置，其包括：

熔渣粒化本体 41，为箱体结构，其顶部设有渣流入口 411，其尾部设有渣粒收集段 412；熔渣 4100 通过渣溜槽 413 自渣流入口 411 进入熔渣粒化本体 41 内；

气体喷嘴阵列 42，设置于熔渣粒化本体 41 的一侧壁上；

雾化喷嘴阵列 43，设置于熔渣粒化本体 41 的内底部，气雾喷出方向对应从渣流入口 411 流入的熔渣；

清理落渣喷嘴 44，设置于熔渣粒化本体 41 内底部，清理落渣喷嘴的出口对着熔渣粒化本体 41 内底部及渣粒收集段 412 方向。

优选地，气体喷嘴阵列 42 的轴向与熔渣粒化本体 41 的侧壁相互垂直。

优选地，清理落渣喷嘴 44 为选自水雾化喷嘴、蒸汽雾化喷嘴、高速气流喷嘴或气液双流体喷嘴中的一种以上。

气体喷嘴阵列提供均匀高速气流（例如喷射速度为 90~110m/s），将下落的高炉熔渣均匀破碎，得到了呈抛物线运动的破碎熔渣颗粒；雾化喷嘴在熔渣粒化本体的内底部对着呈抛物线运动的熔渣颗粒进行水雾喷吹，一方面增加换热效率使破碎的熔渣颗粒快速降温，另一方面给熔渣施加一个推动力。熔渣粒化本体尾部的设置有渣粒收集段，并用清理落渣喷嘴（雾化喷嘴）对落到熔渣粒化本体的内底部的渣粒进行换热及吹扫，防止渣粒粘壁。

参见图 19 和图 20，其本发明又一实施方式的熔渣粒化装置的结构示意图，其中上述装置还设有：

高速空气喷射机构 420，包括：

压缩机 421、储气罐 422、连接储气罐 422 的输气管道 423 以及连接输气管道 423 一端的气体喷嘴阵列 42；储气罐 422 的出口端的输气管道 423 上依次设置第一控制阀 F41 及流量计 424；

所述储气罐 422 上设有压力表 426、进气管道 427 及进气阀 F42；

所述气体喷嘴阵列 42 包括喷嘴及相应的支流管道 4231、4232，支流管道接入输气管道 423；清理落渣喷嘴 44 通过连接管道 441 及一阀门连接至所述输气管道 423；

喷嘴雾化机构 430，包括沿输水管道 431 依次设置的第二控制阀 F42、水泵 432、第三控制阀 F43、压力表 433、流量计 434；该输水管道 431 进口端接水源 4200，其出口端连接所述雾化喷嘴阵列 43。

参见图 19，所述雾化喷嘴阵列 43 的喷嘴为气液双流体喷嘴，其进口端分别与输气管道 423 和输水管道 431 相连。

参见图 20，发明另一实施方式的熔渣粒化装置的结构示意图，其中，熔渣粒化本体 41 的顶部设多个渣流入口 411、411'。

参见图 21，其示出图 20 中熔渣粒化本体 41 的俯视图中渣流入口的其中一种排布方式，在本实施方式中，熔渣粒化本体 41 的顶部设多个渣流入口 411、411'、411''。

参见图 22，其示出本实施方式中气体喷嘴阵列 42 中喷嘴的结构示意图，其中心位置排布有均匀的数量较多的气流喷射孔 4201，孔的数量和排数可根据实际情况进行调整。

参见图 23，其示出本实施方式中气体喷嘴阵列 42 的另一种结构设计，所述气体喷嘴阵列 42 的出口位置两侧分别设置有挡板 428，挡板 428 的外侧分别安装液体/雾化喷嘴 429，利用气体喷嘴阵列 42 的喷出的高速空气将液体/雾化喷嘴 429 喷出的水进行破碎雾化。

与现有技术相比，本实施方式的优点在于：

气体喷嘴阵列喷出的高速射流破碎熔渣使水资源消耗比传统湿法工艺大幅度减少，减少了水污染，同时减少了有害气体的排放，气体管道不易磨损维护成本较少，且不需要花费额外能源对冷却后的高炉熔渣进行干燥处理；

熔渣显热经过与雾化喷嘴阵列喷出的大量雾滴进行换热，生成的高温水蒸气的热焓要高于传统风淬工艺生成的热空气的热焓，使熔渣显热的回收效率更高，进行余热回收利用更具有潜力；

相比于风淬工艺，本实施方式中换热介质由于采用水破碎形成的雾滴颗粒，熔渣的冷却速率也比风淬的冷却速率要快，更加有利于玻璃体的形成，玻璃体质量越好、含量越高，高炉渣的回收利用率越高；

采用底部安装多个雾化喷嘴的方式，形成均匀分布的雾滴颗粒与熔渣进行换热，与一般的水流冲击相比，雾滴颗粒与熔渣的换热更为充分。且雾滴颗粒的喷射给气淬后的熔渣颗粒提供一个推动力，使其避免过早落入装置底部发生粘结现象；

以气体喷嘴阵列的形式进行气体喷嘴排布，阵列所形成的气体流域可以均匀而充分的覆盖渣流流动的范围，使得粒化效果更加均匀，成渣效果更好；

在熔渣粒化本体的底部设置有用于清理落渣的雾化喷嘴，可以清扫落到粒化装置底部的熔渣，防止落渣粘壁；

熔渣粒化本体的顶部设置多个熔渣入口，将熔渣分流成小流量渣流，使喷嘴的熔渣处理能力和熔渣的粒化效率大大提高。

根据本发明的又一实施方式提供一种利用雾化喷嘴将熔渣快速冷却的装置，利用高速气体喷嘴喷出的高速气流冲击液态熔渣将其破碎，雾化喷嘴喷出的高密度雾滴颗粒对所粒化的渣粒迅速降温，便于其快速成渣，以雾化的形式取代水淬直接喷水的形式，既可适当减少新水消耗量以降低成本，还能兼顾熔渣冷却速率以利于固态渣的玻璃体形成，并且该装置可充分利用熔渣的余热，以减少能量的损耗；具有冷却速率较快，熔渣破碎效果好，耗能低等优点。

参见图 24、图 25，根据本实施方式的利用雾化喷嘴将熔渣快速冷却的装置，其包括：

熔渣粒化本体 71，为箱体结构，其顶部设有渣流入口 711；

气体喷嘴阵列 72，气体喷嘴设置于熔渣粒化本体 71 的一侧壁上，气体喷嘴阵列中气体喷嘴的轴向与熔渣粒化本体的侧壁相互垂直；

流场优化喷嘴阵列 73，设置于熔渣粒化本体 71 的内上部，近渣流入口 711 处；

清渣喷嘴阵列 74，设置于熔渣粒化本体 71 的内下部或底部；

雾化喷嘴阵列 75，设置于熔渣粒化本体 71 内，在熔渣粒化本体 71 的内壁上环绕渣流 7100 的径向布置，雾化喷嘴阵列中雾化喷嘴的轴向与气体喷嘴的轴向相互垂直。

优选地，熔渣粒化本体 71 的尾部设有渣粒收集段 76。

优选地，所述流场优化喷嘴阵列 73 的喷嘴为气体喷嘴或气液双流体喷嘴。

优选地，所述清渣喷嘴阵列 74 的喷嘴为气体喷嘴。

优选地，所述雾化喷嘴阵列 75 的喷嘴为水雾化喷嘴。

采用气体喷嘴阵列 72 提供的均匀高速气流（例如喷射速度为 90~110m/s）将自渣容器 77 下落至熔渣粒化本体 71 内的熔渣均匀破碎，得到了呈抛物线运动的熔渣颗粒；流场优化喷嘴阵列 73 在熔渣粒化本体 71 的上部对着呈抛物线运动的熔渣颗粒进行进一步喷吹，一方面增大熔渣的飞行速度以增强换热，另一方面防止熔渣落壁粘结损坏装置设备；在熔渣粒化本体 71 的内壁外围设置了多层雾化喷嘴，雾化喷嘴均匀围绕熔渣粒化本体 71 的内壁排布，使熔渣颗粒迅速降温，由在熔渣粒化本体 71 尾部的渣粒收集段收集渣粒和换热产生的高温气体。

本实施方式与现有技术相比，其优点为：

高速气体喷嘴喷出的高速射流破碎高炉熔渣使水资源消耗比传统湿法工艺大幅度减少，减少了水污染，同时减少了有害气体的排放，气体管道不易磨损维护成本较少，且不需要花费额外能源对冷却后的高炉熔渣进行干燥处理；

熔渣显热经过与雾化喷嘴喷出的大量雾滴进行换热，生成的高温水蒸气的热焓要高于传统风淬工艺生成的热空气的热焓，使熔渣显热的回收效率更高，进行余热回收更具有潜力；

相比于风淬工艺，由于换热介质是水破碎形成的雾滴颗粒，高温熔渣的冷却速率也比风淬的冷却速率要快，更加有利于玻璃体的形成，玻璃体质量越好、含量越高，高炉渣的回收利用率越高；

采用熔渣粒化本体内壁均匀环绕安装多个雾化喷嘴的方式，形成均匀分布的雾滴颗粒与熔渣进行换热，与一般的水流冲击相比，雾滴颗粒与熔渣的换热更为充分；

利用优化喷嘴阵列优化的方式给初步破碎的熔渣颗粒再次提供一个推动力，使其避免过早落入装置底部发生粘结现象；

高速气体以喷嘴阵列的形式进行排布，阵列所形成的气体流域可以均匀而充分的覆盖渣流流动的范围，使得粒化效果更加均匀，成渣效果更好。

根据本发明的又一实施方式提供一种用于高炉熔渣粒化的水雾粒化装置，利用水喷嘴阵列组件喷出的高速水流（例如喷射速度为 90~110m/s）和气液双流体喷嘴喷出的水雾（例如喷射速度为 90~110m/s）冲击液态熔渣将其破碎，雾化喷嘴喷出的高密度雾滴颗粒对破碎的渣粒进行迅速换热降温并辅助粒化，便于其快速成渣。以雾化的形式取代水淬直接喷水的形式，既可适当减少新水消耗量以降低成本，还能兼顾熔渣冷却速率以利于固态渣的玻璃体形成，并且该装置可充分利用熔渣的余热，以减少能量的损耗；具有冷却速率较快，熔渣破碎效果好，耗能低等优点。

参见图 26、图 27，本实施方式提供一种用于高炉熔渣粒化的水雾粒化装置，其包括：机架 51，为框架结构；

水喷嘴阵列组件 52，包括，

本体 521，为箱体结构，设置于所述机架 51 中部；其内依次间隔设置有均流板 522、导流板 523；本体 521 的后端与水源相连；

水喷嘴阵列 524，均布于所述本体 521 的前端面；

气液双流体喷嘴组件 53，包括，

气液双流体喷嘴 531，平行设置于所述水喷嘴阵列 524 的两侧，并固定于机架 51 上；

气体管道 532、输水管道 533，固定于机架 51 上，并与气液双流体喷嘴 531 相连。优选地，所述气液双流体喷嘴 53、53' 平行设置于水喷嘴阵列 524 的两侧。

水喷嘴阵列组件 52 的本体 521 的后端通过法兰与水源相连，水进入本体 521 内后经过均流板 522、导流板 523，使水压分布均匀进入水喷嘴阵列 524 将水喷出；同时，气体和液体分别从气体管道 532、输水管道 533 进入气液双流体喷嘴 531 进行雾化。

与现有技术相比，本实施方式的优点在于：

水喷嘴阵列组件喷出的高速射流破碎高炉熔渣使水资源消耗比传统湿法工艺大幅度减少，减少了水污染，同时减少了有害气体的排放；

熔渣显热经过与雾化喷嘴喷出的大量雾滴进行换热，生成的高温水蒸气的热焓要高于传统风淬工艺生成的热空气的热焓，使熔渣显热的回收效率更高，进行余热回收更具有潜力；

相比于风淬工艺，该装置由于换热介质主要是水破碎形成的雾滴颗粒，高温熔渣的冷却速率也比风淬的冷却速率要快，更加有利于玻璃体的形成，玻璃体质量越好、含量越高，高炉渣的回收利用率越高；

采用上部和底部安装多个成排的雾化喷嘴的方式，形成均匀分布的雾滴颗粒与熔渣进行换热，与一般的水流冲击相比，雾滴颗粒与熔渣的换热更为充分；

阵列所形成的射流流域可以均匀而充分的覆盖渣流流动的范围，使得粒化效果更加均匀，成渣效果更好。

虽然通过参照本发明的某些优选实施方式，已经对本发明进行了图示和描述，但本领域的普通技术人员应该明白，以上内容是结合具体的实施方式对本发明所作的进一步详细说明，不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。本领域技术人员可以在形式上和细节上对其作各种改变，包括做出若干简单推演或替换，而不偏离本发明的精神和范围。

## 权利要求书

1. 熔渣粒化方法，包括破碎熔渣得到熔渣颗粒，然后对所述熔渣颗粒进行冷却，并收集由此获得的粒化渣。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其中，

熔渣通过射流粒化获得表面固化的颗粒和蒸汽，随后所述表面固化的颗粒在旋流场中进行冷却，获得固态渣粒。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的方法，其中，所述方法包括如下步骤：

1) 熔渣进入导流罩内，被从粒化器喷出的气雾流体冲击、破碎、粒化成粒径在 5mm 以内的颗粒熔滴，所述颗粒熔滴随气雾流体沿着导流罩定向飞行，颗粒熔滴在形成和飞行过程中与气雾流体换热得到冷却固化，生成 1000℃ 以下的粒化渣和 300~600℃ 的气流，实现对所述熔渣的粒化和冷却固化；

2) 所述粒化渣和所述气流从导流罩内流出后直接进入旋流器内，在离心力和重力共同作用下实现渣、气分离，分离后的粒化渣温度下降到 700~800℃，从所述旋流器的底部流出；

分离后的气流流经旋流器和溢流管，经溢流管内的螺旋换热管的冷却水换热后温度降到 150~300℃，从旋流器和溢流管排出后进入余热回收装置，与余热回收装置内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 130~150℃ 的尾气；

所述余热回收装置的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过汽水分离获得压强在 0.4~0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器作为流体用于粒化所述熔渣；

螺旋换热管内的冷却水吸收热量汽化，随后经过汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201℃ 的饱和蒸汽，所述饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度为 250~350℃ 的过热蒸汽；

3) 自旋流器的底部流出的粒化渣进入滚筒床，在滚筒床内与通有冷却水的换热管道接触换热，温度降至 150~300℃，随后排出进入渣仓储存；

滚筒床的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，经过汽水分离生成压强为 1.2~1.6MPa、温度在 188~201℃ 饱和蒸汽，所述饱和蒸汽进入过热蒸汽发生器，补热后获得压强为 1.2~1.6MPa、温度在 250~350℃ 的过热蒸汽；

4) 渣仓内的粒化渣输送进入气流磨，利用步骤 2) 和步骤 3) 获得的过热蒸汽冲击、研磨成超细微粉；

过热蒸汽压强降为常压，温度降至 150~250℃，随后进入余热回收装置，与余热回收装置内通有冷却水的换热管道接触换热进一步回收余热，形成温度为 130~150℃的尾气；

所述余热回收装置的换热管道内的冷却水吸收热量后汽化，之后经过汽水分离获得压强为 0.4~0.5MPa 的饱和水蒸汽，返回所述粒化器作为流体用于粒化所述熔渣。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，所述尾气经净化装置除尘、脱硫后排放。

5. 如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，在步骤（1）中，所述气雾流体为选自压强为 0.5-0.8MPa 的压缩空气、压强为 0.4-0.5MPa 的水雾、压强为 0.4-0.8MPa 的蒸汽，以及它们的混合物中的一种以上。

6. 如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，在步骤（1）中，所述颗粒熔滴冷却固化后粒径为 2mm 以内的颗粒的凝固率在 80%以上。

7. 如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，在步骤（3）中，在所述过热蒸汽发生器中利用天然气或钢铁冶炼过程中产生的混合煤气对所述饱和蒸汽进行补热。

8. 如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，在步骤（3）中，将进入渣仓的粒化渣运送至矿渣粉末生产线，直接研磨成比表面积为 420~440m<sup>2</sup>/kg 的矿渣微粉。

9. 如权利要求 2 或 3 所述的方法，其中，在步骤（4）中，所述超细微粉的比表面积为 450-750m<sup>2</sup>/kg。

10. 如权利要求 1 所述的方法，所述粒化通过带有高速蒸汽喷嘴的熔渣粒化装置实施，其中，通过水泵给进入管道的水加压，然后进入换热器内，来自余热回收管道的热源使换热器内的水温度升高，水处于高于大气压且高于常压下沸点温度的高温高压状态，经过喷嘴喷出后在常压下瞬间气化，形成含有蒸汽的高速射流冲击从渣流槽流出的熔渣，高速射流将熔渣冷却，并破碎成小颗粒落入熔渣粒化本体的底部；喷嘴喷出的混合射流冲击熔渣后全部变成蒸汽从所述装置上方流出作为余热资源待后续利用。

11. 如权利要求 10 所述的方法，其中，通过水泵给进入管道的水加压，管道内压强升至 0.1~1MPa；来自余热回收管道的热能使换热器内的水温度升高至 100~182℃。

12. 如权利要求 1 所述的方法，所述粒化通过气水混合的卧式熔渣粒化工艺进行，其中，采用由气体喷嘴组成的空气喷嘴阵列组件提供的高速气流对下落的熔渣进行破碎，得到熔渣颗粒；同时，采用成排的气液双流体喷嘴对所述熔渣颗粒进行水雾喷吹，使所述熔渣颗粒快速降温，并给所述熔渣颗粒施加一个辅助推动力，使其更准确地落入后部的渣粒收集段。

13. 如权利要求 12 所述的方法，其中，所述高速气流的速度为 90~110m/s。

14. 熔渣粒化装置，包括：

粒化机构，用于粒化熔渣获得破碎的熔渣颗粒；

冷却机构，用于冷却所述熔渣颗粒获得粒化渣。

15. 如权利要求 14 所述的装置，包括：

导流罩，其为一筒体结构；优选其横截面呈矩形，长宽比为 2:1~5:1；更优选，所述导流罩的进口端安装有在线称量装置；

粒化器，其出口端连接导流罩的进口端；

旋流器，其侧壁设有物料进口，底部设有物料出口；所述物料进口与所述导流罩的出口端相连，

溢流管，其下部竖直插置于旋流器内，溢流管内设置螺旋换热管；

第一汽水分离器，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；所述冷却水进口连接冷却水管路，所述冷却水出口通过管道及水泵连接所述溢流管内的螺旋换热管的进口端，所述蒸汽进口与所述溢流管内的螺旋换热管的出口端连接，

余热回收装置，其壳体上设有进气口及出气口，内部设有换热管道，该进气口与所述溢流管的出口端相连；

第二汽水分离器，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；该冷却水进口连接冷却水管路，冷却水出口通过管道及水泵与所述余热回收装置内换热管道的进口端连接，蒸汽进口通过管道与所述余热回收装置的换热管道的出口端连接，蒸汽出口通过管道与所述粒化器的进口端连接；

滚筒床，其为一筒体结构，内部设有换热管道，所述滚筒床的进口端与所述旋流器的物料出口相连，所述滚筒床的出口端与渣仓相连，所述滚筒床上设有一可带动其转动的驱动装置；

第三汽水分离器，其上设冷却水进口、冷却水出口、蒸汽进口及蒸汽出口；该冷却水进口连接冷却水管路，冷却水出口通过管道及水泵与所述滚筒床的换热管道的进口端连接，蒸汽进口与所述滚筒床的换热管道的出口端连接；

气流磨，其壳体上设有进料管、进气管和出气管，所述气流磨的进料管与渣仓相连，所述气流磨的出气管与所述余热回收装置的进气口相连；

过热蒸汽发生器，其壳体上设有进气管道和出气管道，所述过热蒸汽发生器的进气管道与所述第一汽水分离器的蒸汽出口及所述第三汽水分离器的蒸汽出口相连，所述过热蒸汽发生器的出气管道与所述气流磨的进气管相连。

16. 如权利要求 15 所述的装置，其中，所述渣仓上设有振动器。

17. 如权利要求 14 所述的装置，其中，所述装置为采用高速蒸汽喷嘴的熔渣粒化装置，包括：

熔渣粒化本体，为一箱体结构，其上部一侧设供熔渣进入的渣流槽，熔渣粒化本体顶部设有蒸汽流出通道；

蒸汽喷雾机构，包括沿管道依次设置的第一控制阀、水泵、第二控制阀、压力表、换热器、温度计和喷嘴；所述管道的进口端接水源；所述喷嘴设置于所述熔渣粒化本体设有渣流槽一侧的侧壁，且所述喷嘴的轴向与渣流槽的轴向成一夹角，喷嘴的出口方向正对渣流槽流出的熔渣；

所述换热器上设余热回收管道和换热流体流出管道；其中，所述余热回收管道上安装有阀门。

18. 如权利要求 17 所述的装置，其中，所述喷嘴的轴向与所述渣流槽的轴向成 30~60° 夹角。

19. 如权利要求 17 所述的装置，其中，所述第一控制阀为电液闸阀。

20. 如权利要求 14 所述的装置，其中，所述装置为用于气水混合的卧式熔渣粒化工艺的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设渣流入口；

高速空气喷射机构，包括：

压缩机、储气罐、连接储气罐的输气管道及连接输气管道一端的空气喷嘴阵列组件；与储气罐的出口端相连的输气管道上依次设置第一控制阀及流量计；

所述储气罐上设压力表、进气管道及进气阀；

所述空气喷嘴阵列组件包括多个气流喷嘴及相应的支流管道，所述支流管道与所述输气管道相连；所述气流喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上部；

喷雾机构，包括：沿输水管道依次设置的第二控制阀、水泵、第三控制阀、压力表、流量计和多个气液双流体喷嘴；所述输水管道的进口端与水源相连；所述气液双流体喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的内上部及底部，且，所述气液双流体喷嘴通过连接管道与所述输气管道及输水管道相连。

21. 如权利要求 20 所述的装置，其中，所述空气喷嘴阵列组件的轴向与水平方向成 0~20°夹角。

22. 如权利要求 20 或 21 所述的装置，其中，所述空气喷嘴阵列组件的宽度大于所述渣流入口的宽度。

23. 如权利要求 20 所述的装置，其中，所述第二控制阀为电液闸阀。

24. 如权利要求 20 所述的装置，其中，所述熔渣粒化本体是半封闭的，其后部设有熔渣颗粒收集段。

25. 如权利要求 20 所述的装置，其中，所述气流喷嘴为超音速喷嘴。

26. 如权利要求 14 所述的装置，其中，所述装置为利用气体喷嘴阵列将熔渣粒化的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设渣流入口、蒸汽流出通道；

高速空气喷射机构，包括：

压缩机、储气罐、连接储气罐的输气管道及连接输气管道一端的喷嘴阵列；储气罐出口端的输气管道中依次设置第一控制阀及流量计；所述储气罐上设压力表、进气管道及进气阀；

所述喷嘴阵列包括多个喷嘴及相应的支流管道，各支流管道分别与所述输气管道相连；所述喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上。

27. 如权利要求 26 所述的装置，其中，所述装置还包括：

喷嘴雾化机构，包括沿输水管道依次设置的第二控制阀、水泵、第三控制阀、压力表、流量计和多个雾化喷嘴；所述输水管道进口端与水源相连；所述雾化喷嘴设置于所述熔渣粒化本体的内底部，且至少排布为两排，水雾喷出方向正对自所述渣流入口流入的熔渣。

28. 如权利要求 26 或 27 所述的装置，其中，所述装置还包括余热回收系统，所述余热回收系统包括：

换热箱体，其一侧壁上部设有与所述熔渣粒化本体的出料口相连的进料口；所述换热箱体的顶部设有换热气流出口；换热箱体内沿高度方向设有多个开孔床板；所述换热箱体的底部设有熔渣颗粒出口；

气体喷嘴阵列，设置于所述换热箱体的内底部、开孔床板的下方，所述气体喷嘴阵列中的气体喷嘴与所述开孔床板相对设置；或者，

所述余热回收系统采用旋风分离器。

29. 如权利要求 28 所述的装置，其中，所述开孔床板在换热箱体内沿竖直方向呈 Z 字形布置。

30. 如权利要求 29 所述的装置，其中，所述旋风分离器包括分离器本体，所述分离器本体的上部一侧设有与所述熔渣粒化本体的出料口连通的气固介质入口；所述分离器本体的顶部设有空气出口，所述分离器本体的底部设有灰斗。

31. 如权利要求 26 所述的装置，其中，所述喷嘴阵列中的喷嘴为选自超音速喷嘴、雾化喷嘴或气液双流体喷嘴中的一种以上；优选地，所述喷嘴阵列中喷嘴的轴向与熔渣粒化本体的侧壁互相垂直。

32. 如权利要求 26 或 31 所述的装置，其中，所述喷嘴阵列中喷嘴的排布方式为多行多列，或呈弧形排列；优选地，相邻两行的喷嘴在竖直方向上错开；更优选地，喷嘴数量沿竖直方向逐步减少或增加。

33. 如权利要求 26 所述的装置，其中，所述喷嘴阵列中的喷嘴为气液双流体喷嘴；相应地，所述装置还设有喷嘴供水机构，所述喷嘴供水机构包括沿输水管道依次设置的第四控制阀、水泵、第五控制阀、压力表、流量计；所述输水管道的进口端与水源相连，出口端与气液双流体喷嘴的进口端相连。

34. 如权利要求 14 所述的装置，其中，所述装置为可清理落渣的气雾熔渣粒化的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设有渣流入口，其尾部设有渣粒收集段；

气体喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上；

雾化喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的内底部，气雾喷出方向对应从所述渣流入口流入的熔渣；

清理落渣喷嘴，设置于所述熔渣粒化本体的内底部，所述清理落渣喷嘴的出口对着所述熔渣粒化本体的内底部及所述渣粒收集段方向。

35. 如权利要求 34 所述的装置，其中，所述气体喷嘴阵列的轴向与所述熔渣粒化本体的侧壁相互垂直。

36. 如权利要求 34 或 35 所述的装置，其中，所述气体喷嘴阵列的出口两侧分别设有挡板，所述挡板的外侧分别安装有液体/雾化喷嘴。

37. 如权利要求 34 所述的装置，其中，所述清理落渣喷嘴为选自水雾化喷嘴、蒸汽雾化喷嘴、高速气流喷嘴或气液双流体喷嘴中的一种以上。

38. 如权利要求 34 所述的装置，其中，所述装置还设有：

高速空气喷射机构，其包括，压缩机、储气罐、连接储气罐的输气管道及连接输气管道一端的气体喷嘴阵列；储气罐的出口端的输气管道上依次设置第一控制阀及流量计；所述储气罐上设有压力表、进气管道及进气阀；所述喷嘴阵列包括若干喷嘴及相应的支流管道，支流管道接入输气管道；所述清理落渣喷嘴通过连接管道及一阀门连接至所述输气管道；

喷嘴雾化机构，包括沿输水管道依次设置的第二控制阀、水泵、第三控制阀、压力表、流量计；所述输水管道的进口端与水源相连，其出口端连接至所述雾化喷嘴阵列。

39. 如权利要求 34 或 38 所述的装置，其中，所述雾化喷嘴阵列中的喷嘴为气液双流体喷嘴，其进口端分别连接输气管道和输水管道。

40. 如权利要求 34 或 35 或 38 所述的装置，其中，所述熔渣粒化本体的顶部设有至少两个渣流入口。

41. 如权利要求 14 所述的装置，其中，所述装置为利用雾化喷嘴将熔渣快速冷却的装置，包括：

熔渣粒化本体，为箱体结构，其顶部设有渣流入口；

气体喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的一侧壁上，所述气体喷嘴阵列中气体喷嘴的轴向与所述熔渣粒化本体的侧壁相互垂直；

流场优化喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的内上部，近所述渣流入口处；

清渣喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体的内下部或底部；

雾化喷嘴阵列，设置于所述熔渣粒化本体内，在所述熔渣粒化本体的内壁上环绕渣流的径向布置，所述雾化喷嘴阵列中雾化喷嘴的轴向与所述气体喷嘴的轴向相互垂直。

42. 如权利要求 41 所述的装置，其中，所述熔渣粒化本体的尾部设有渣粒收集段。

43. 如权利要求 41 所述的装置，其中，所述流场优化喷嘴阵列的喷嘴为气体喷嘴或气液双流体喷嘴。

44. 如权利要求 41 所述的装置，其中，所述清渣喷嘴阵列的喷嘴为气体喷嘴。

45. 如权利要求 41 所述的装置，其中，所述雾化喷嘴阵列的喷嘴为水雾化喷嘴。

46. 如权利要求 14 所述的装置，其中，所述装置为用于熔渣粒化的水雾粒化装置，包括：

机架，为框架结构；

水喷嘴阵列组件，包括，

本体，为箱体结构，设置于所述机架中部；其内依次间隔设置有均流板、导流板；所述本体的后端与水源相连；

水喷嘴阵列，均布于所述本体的前端面；

气液双流体喷嘴组件，包括，

气液双流体喷嘴，平行设置于所述水喷嘴阵列的两侧，并固定于所述机架上；

气体管道、输水管道，固定于机架上，并与所述气液双流体喷嘴相连。

47. 如权利要求 46 所述的装置，其中，所述气液双流体喷嘴平行设置于所述水喷嘴阵列的两侧。

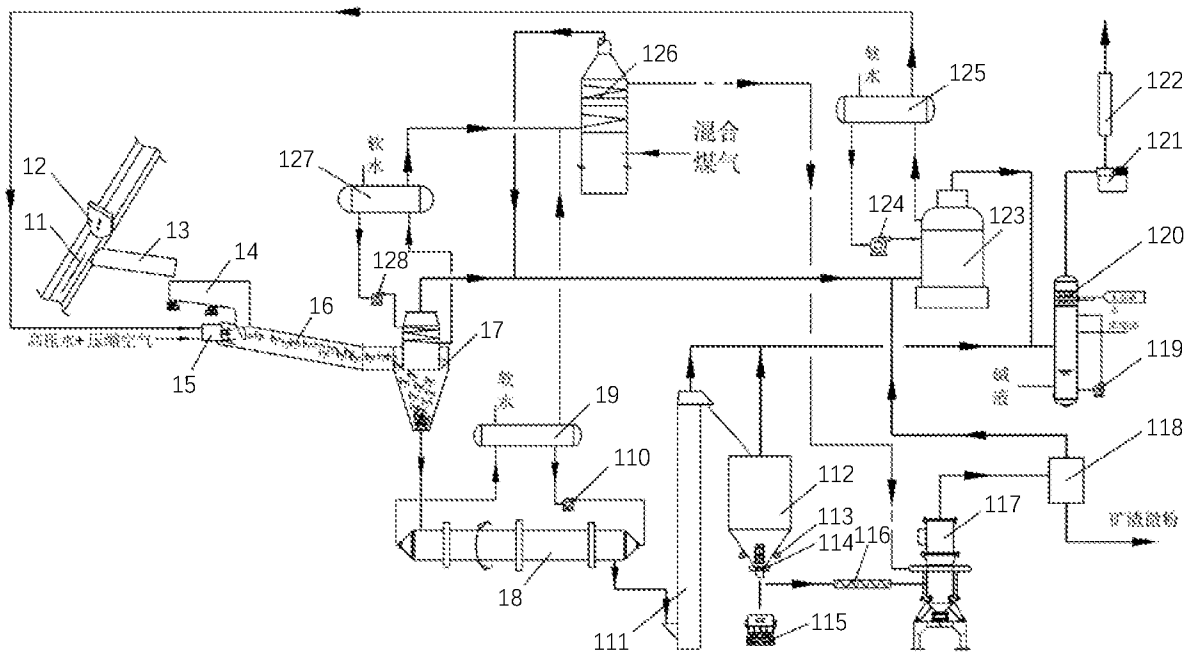


图 1

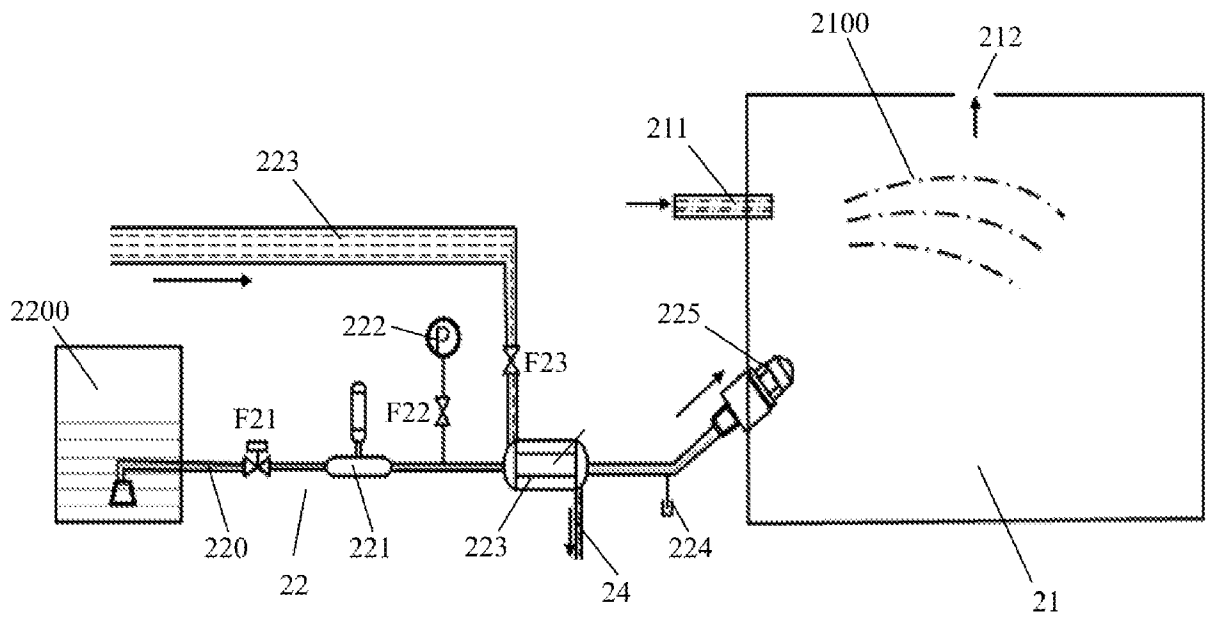


图 2

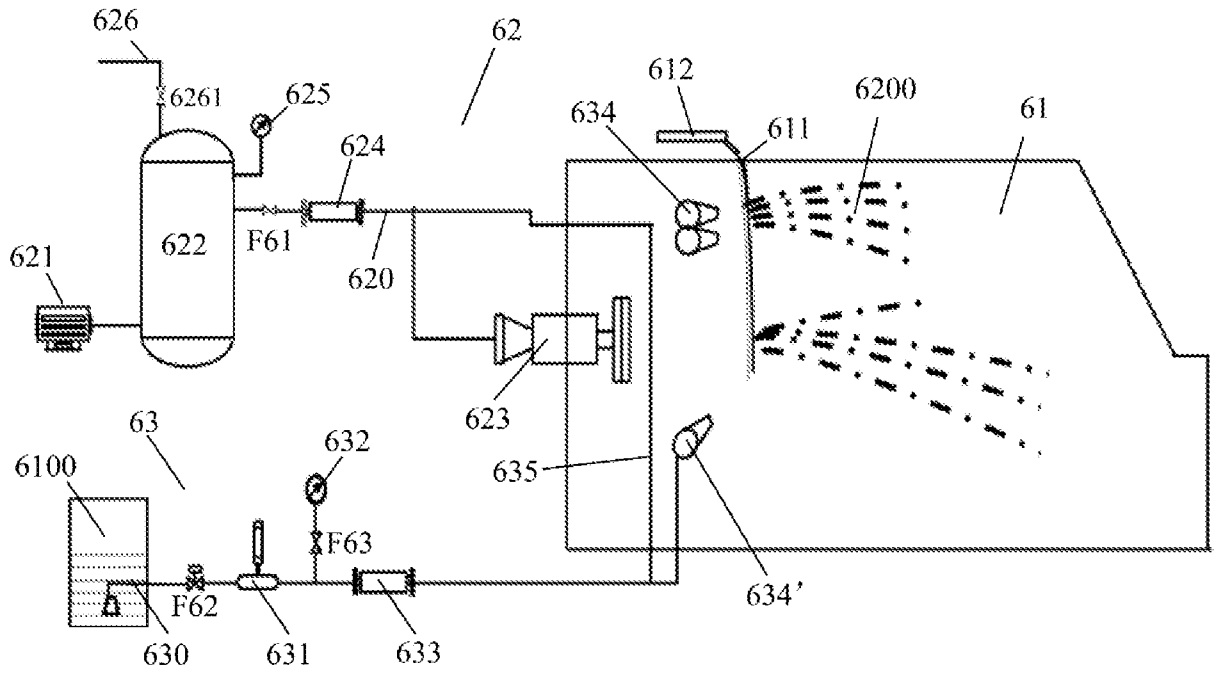


图 3

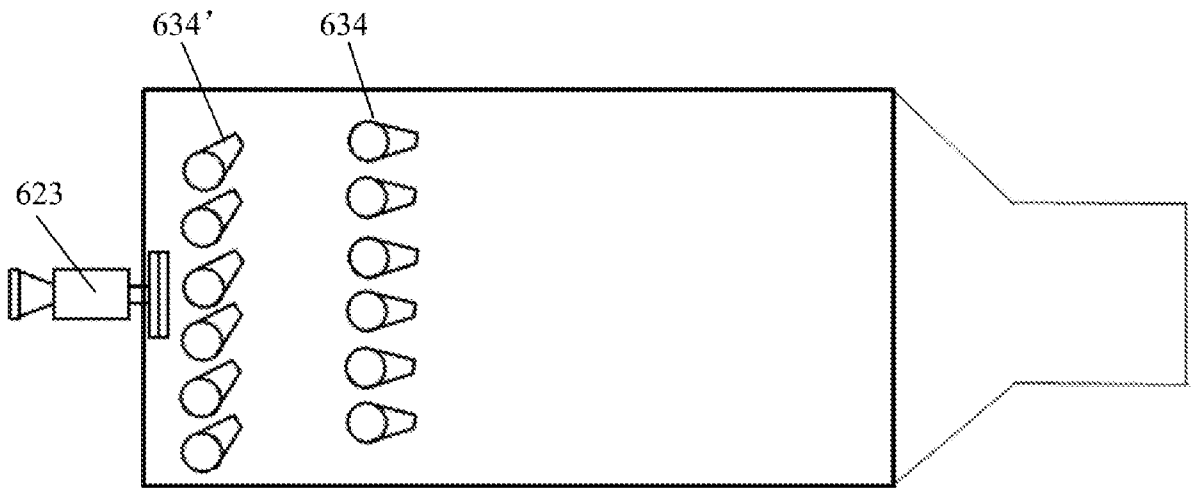


图 4

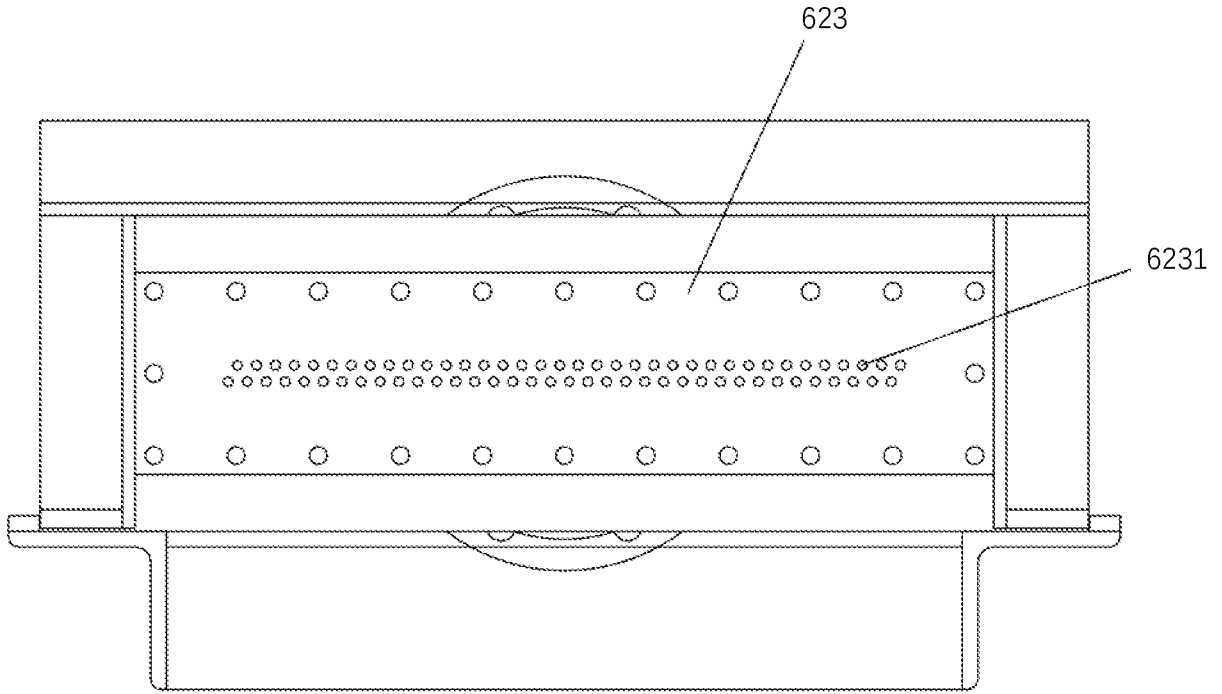


图 5

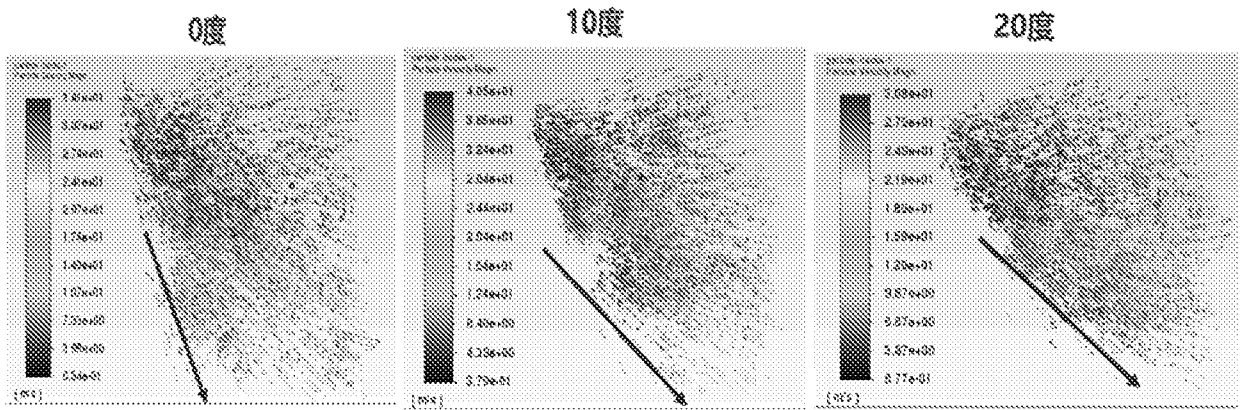


图 6

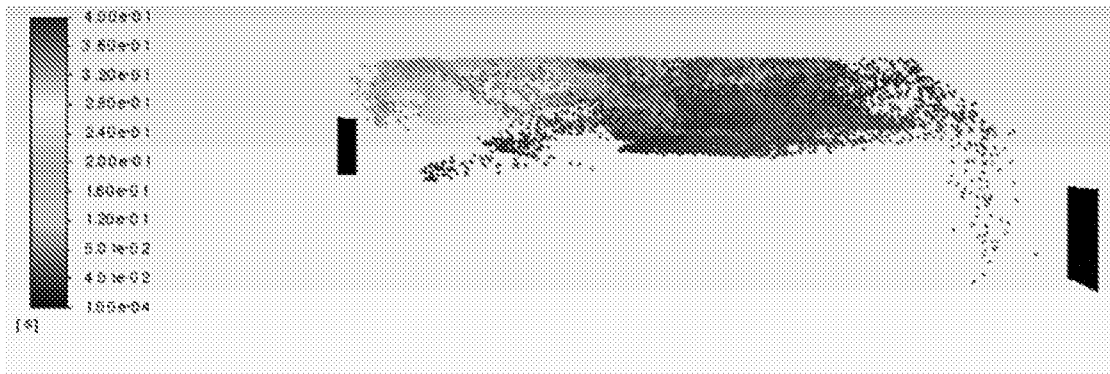


图 7

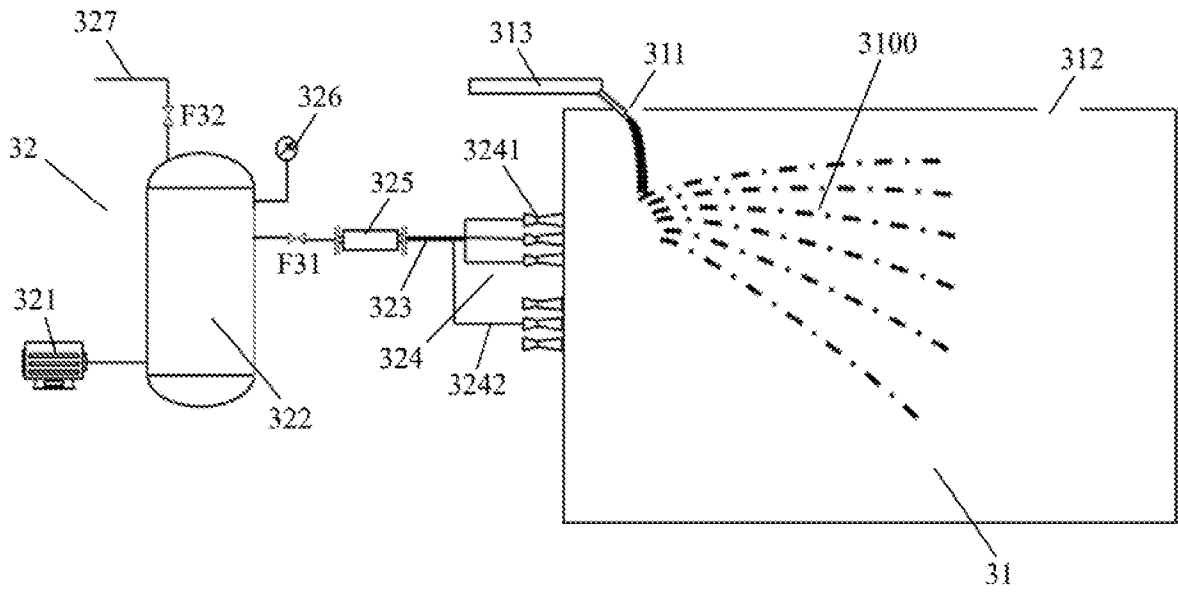


图 8

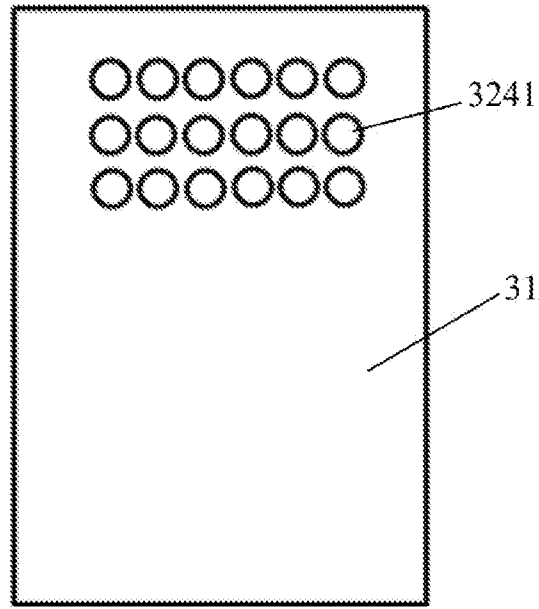


图 9

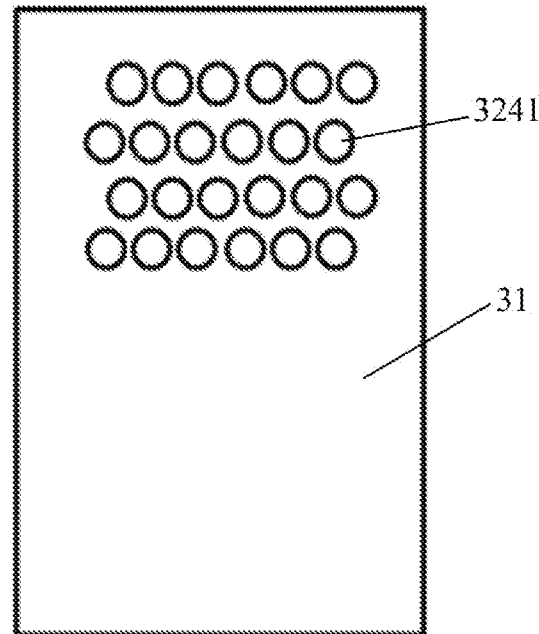


图 10

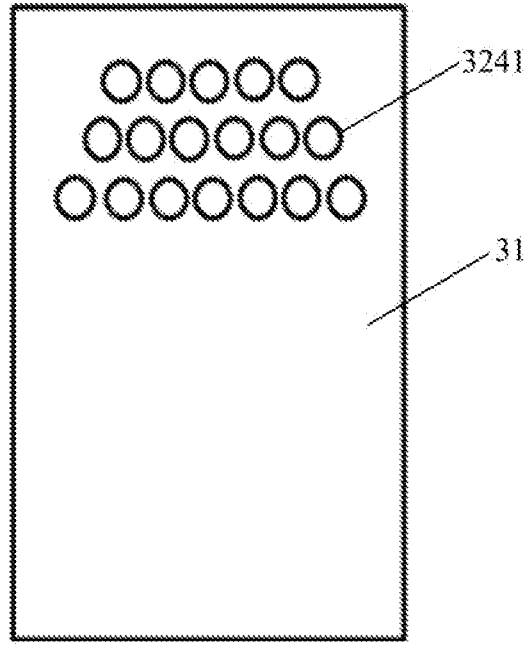


图 11

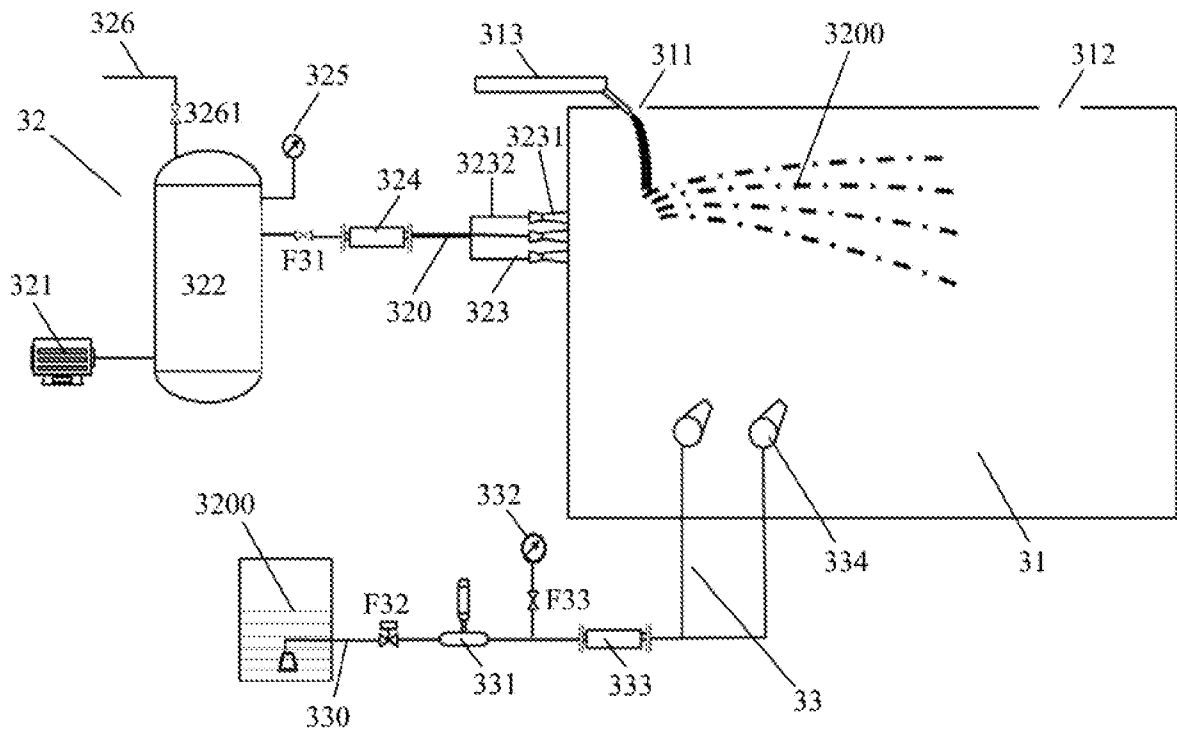


图 12

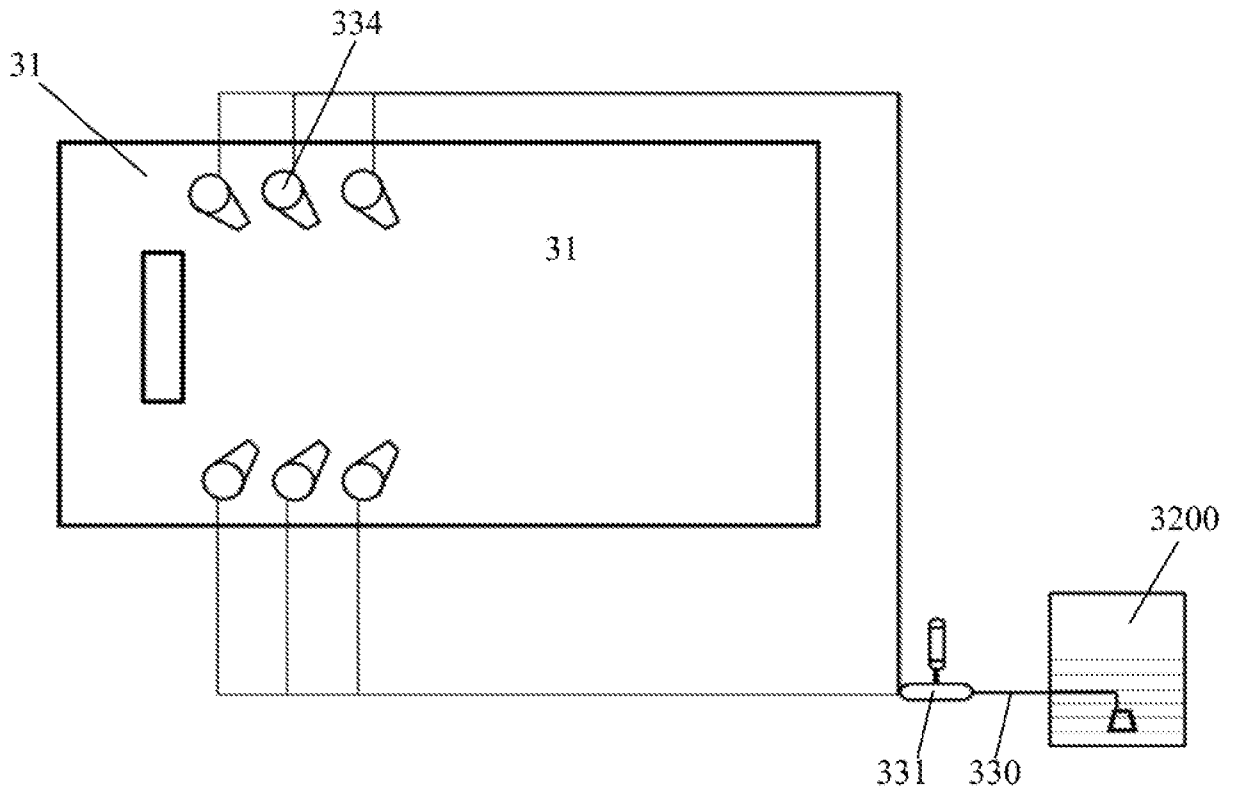


图 13

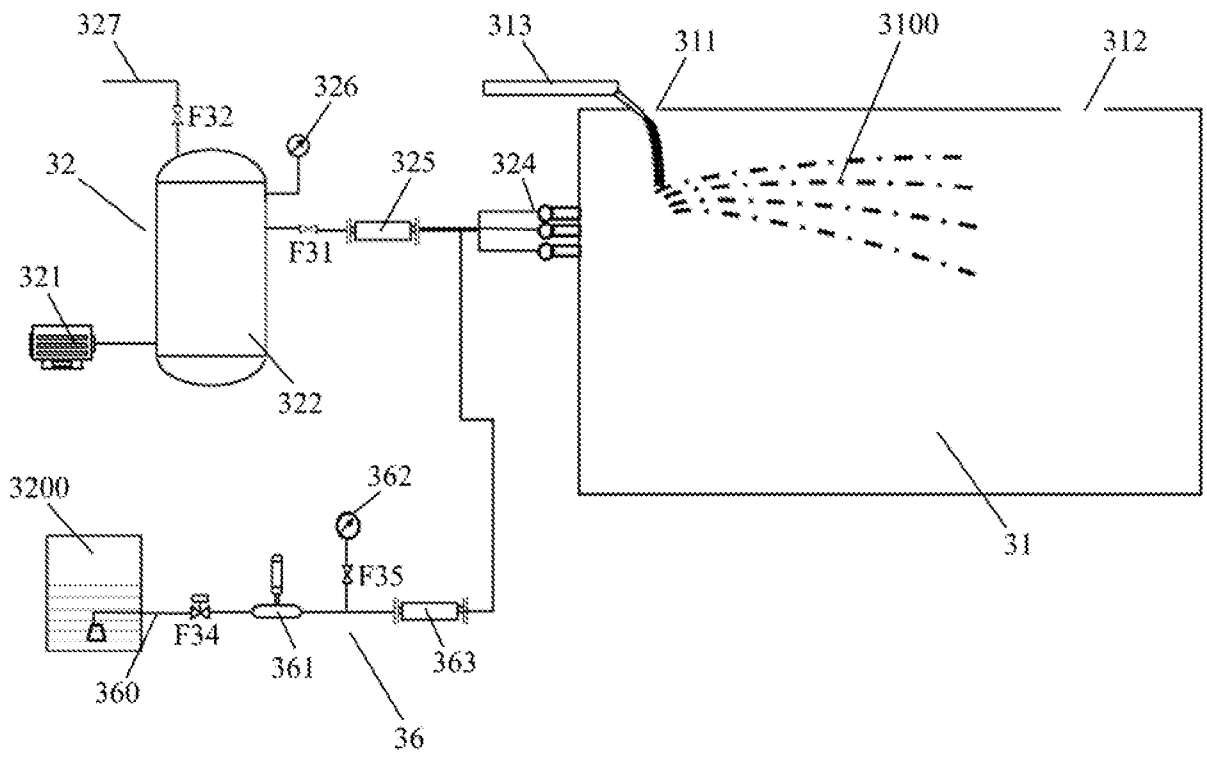


图 14

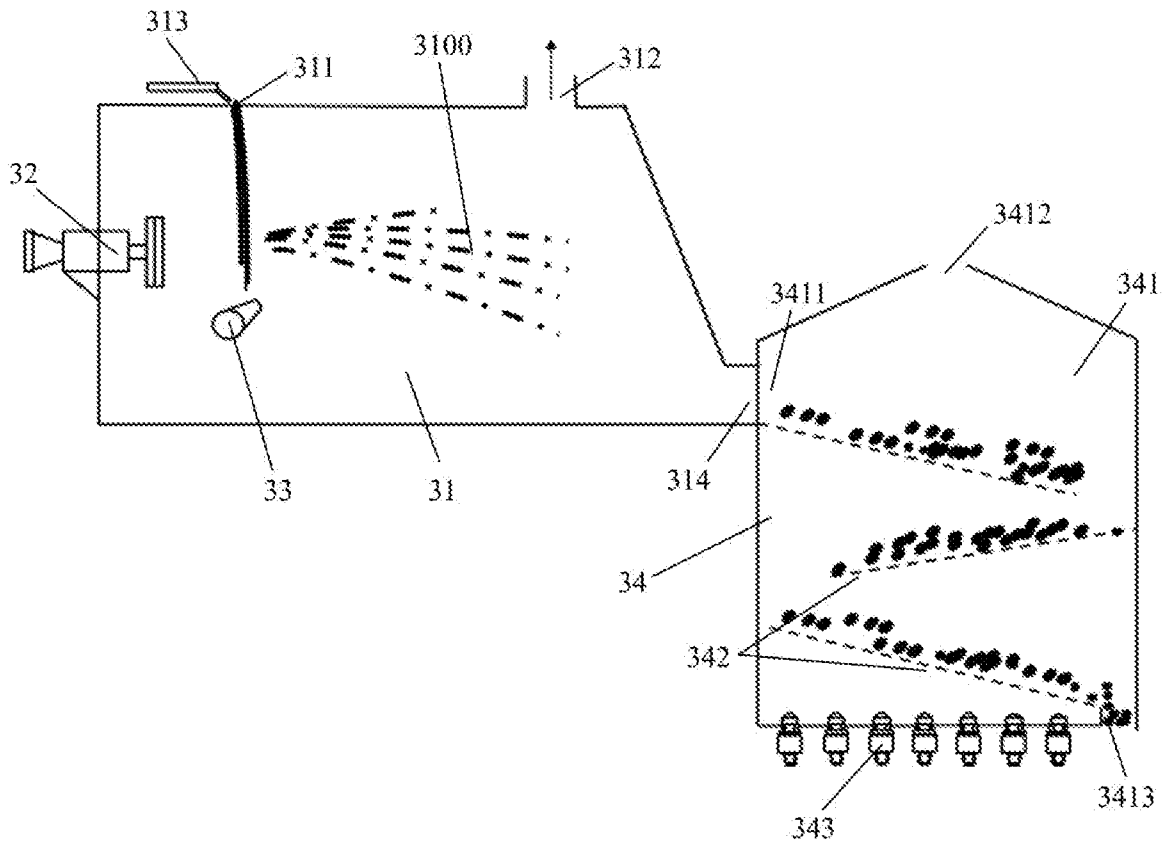


图 15

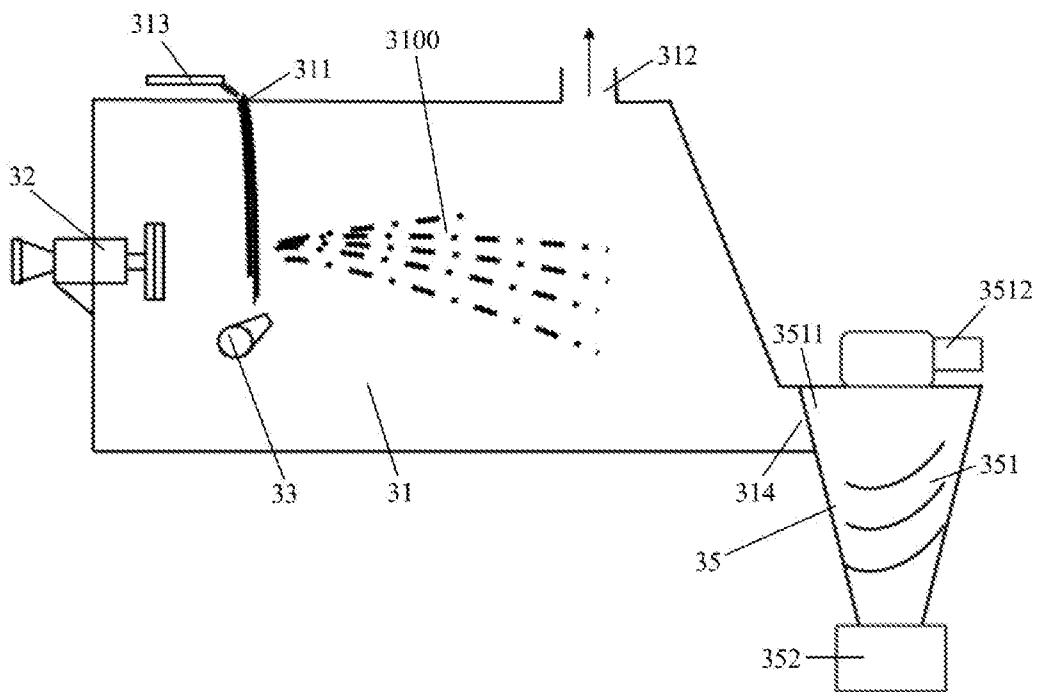


图 16

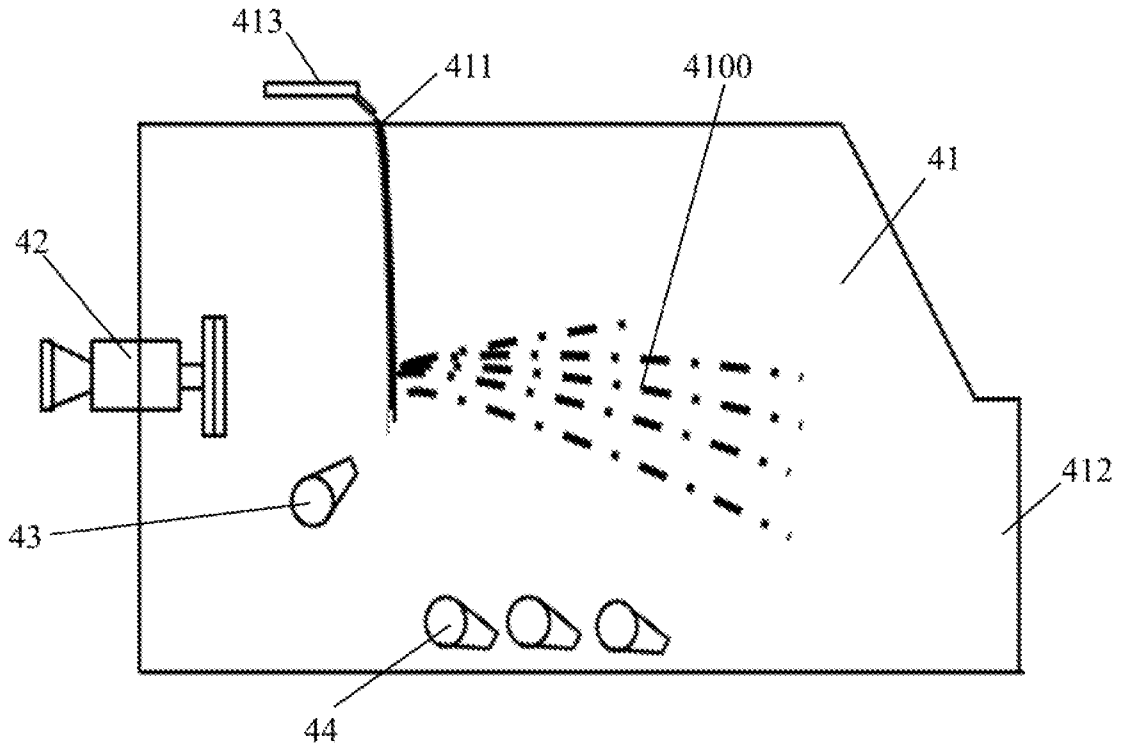


图 17

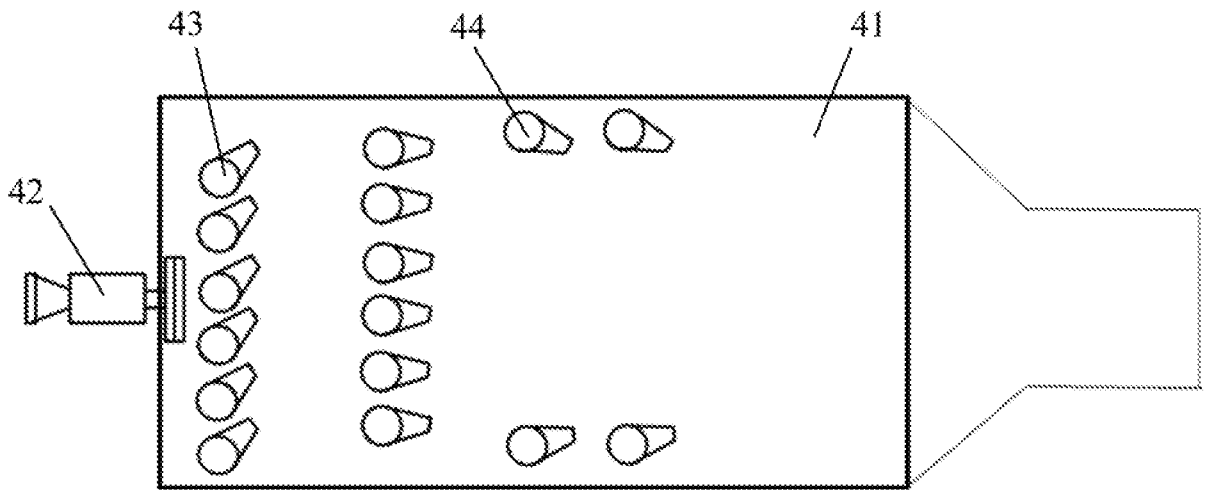


图 18

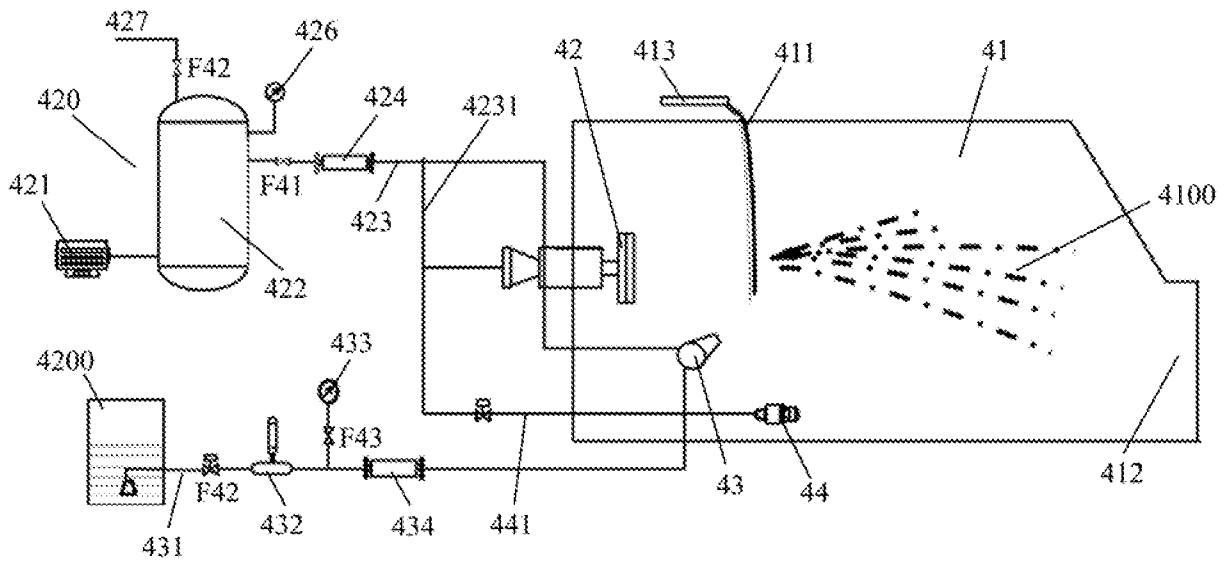


图 19

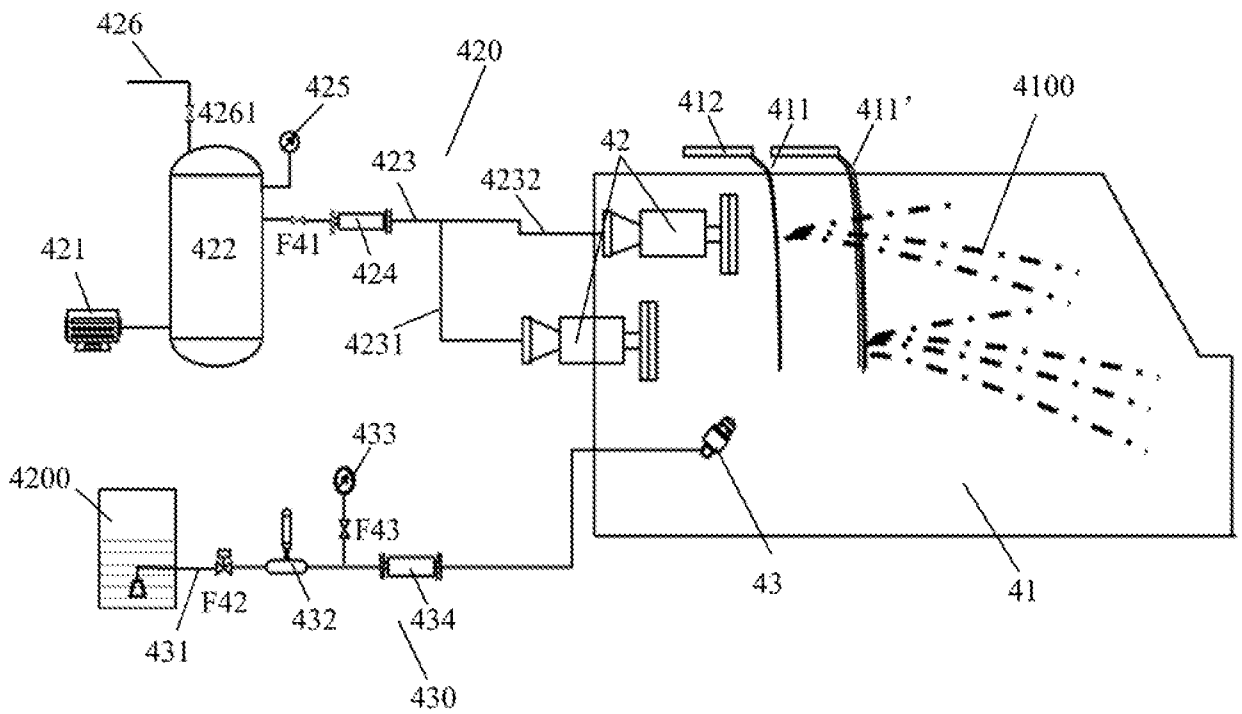


图 20

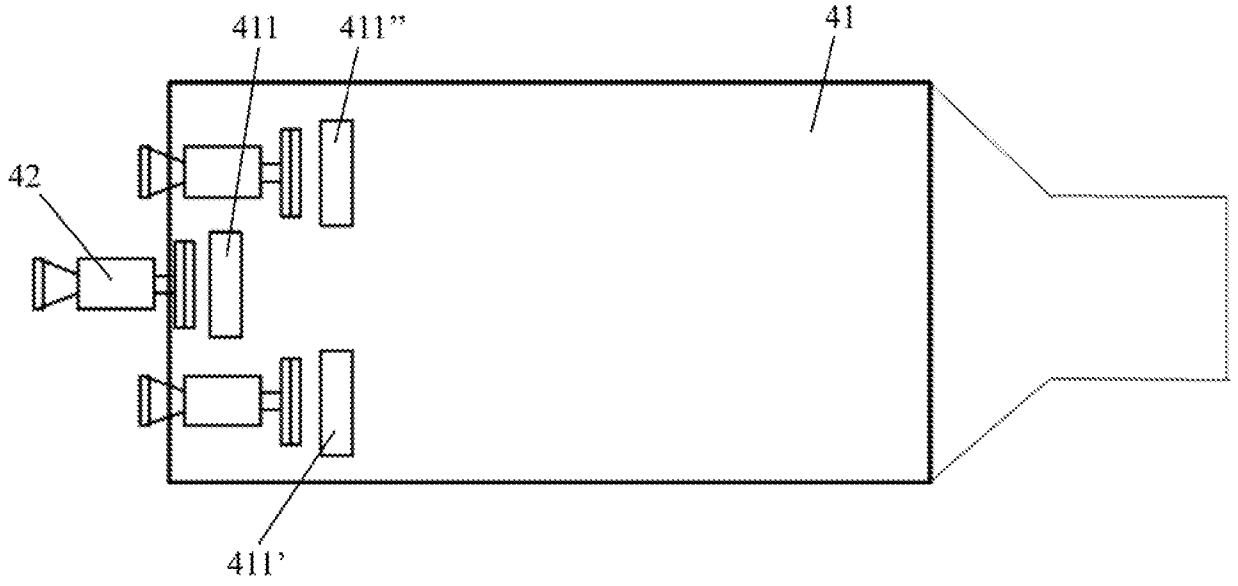


图 21

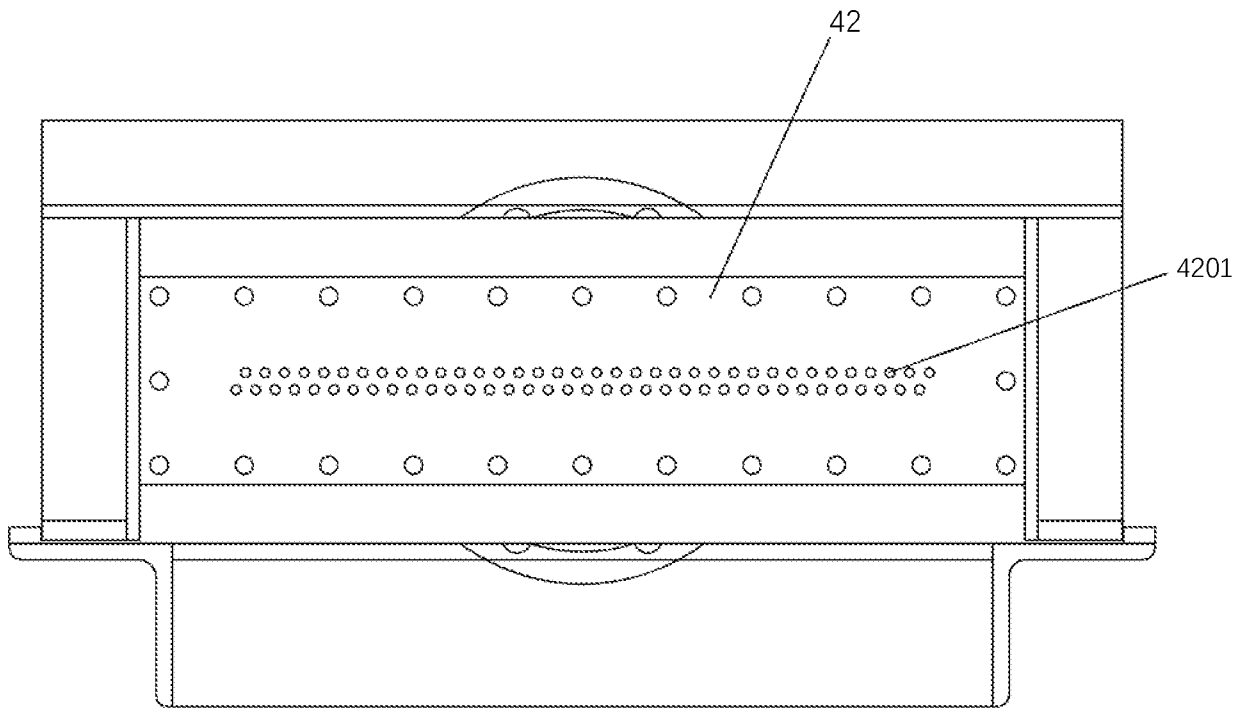


图 22

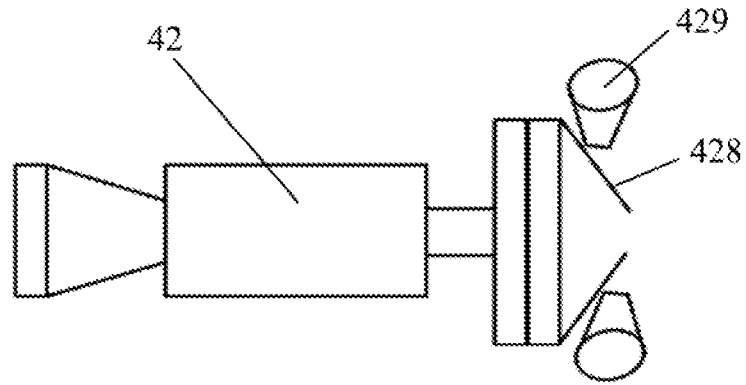


图 23

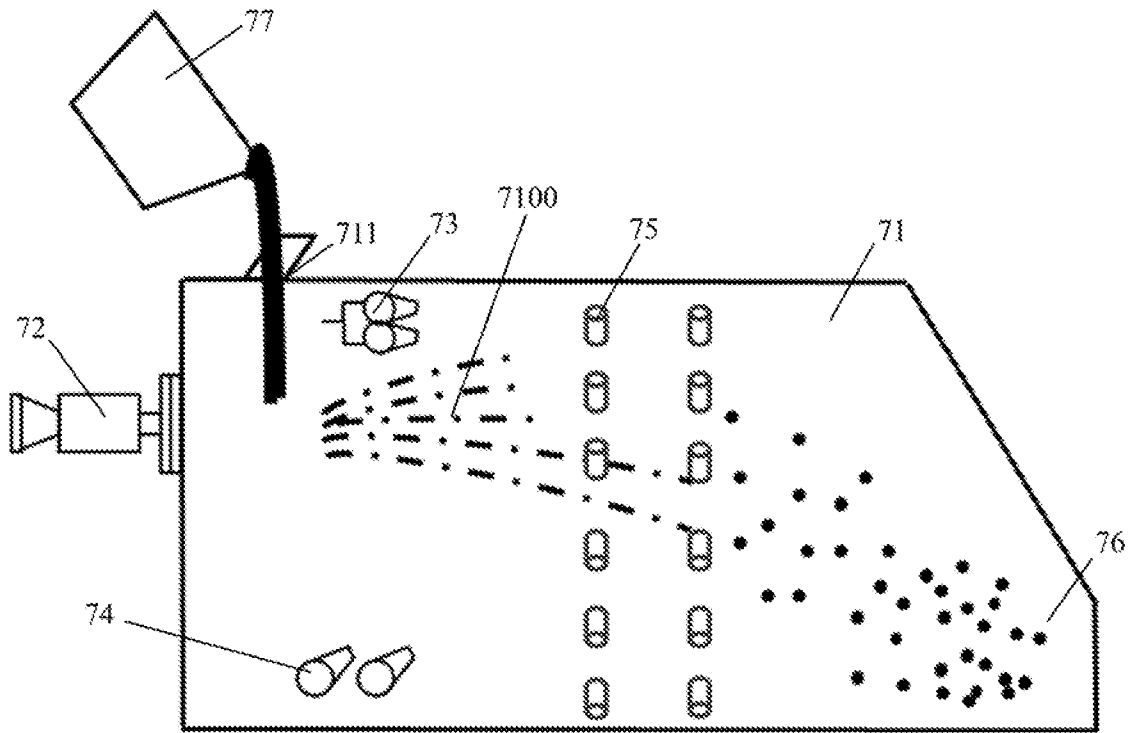


图 24

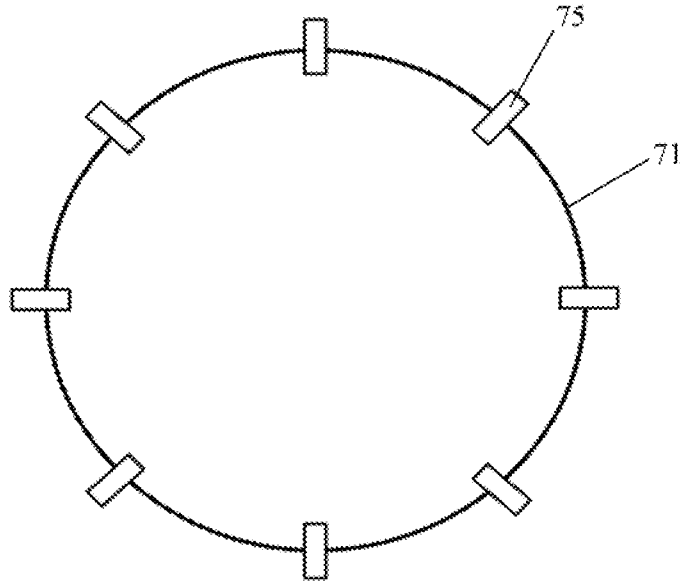


图 25

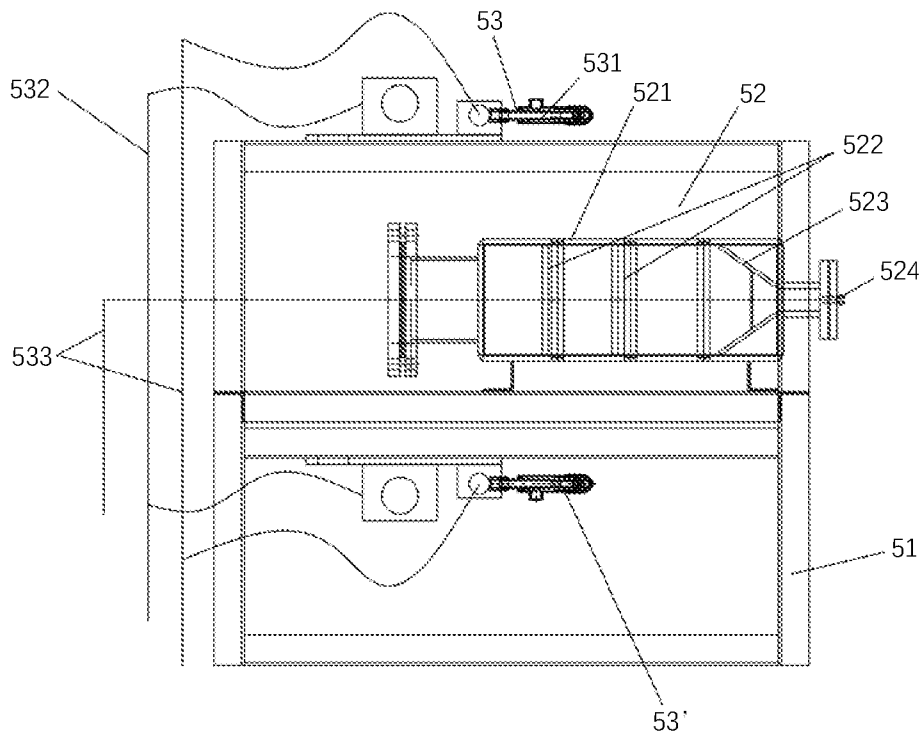


图 26

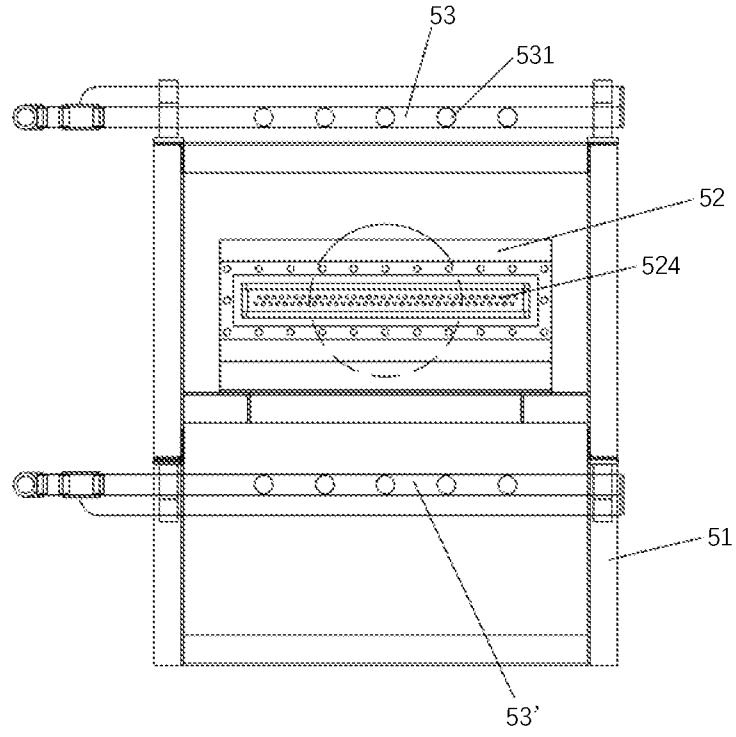


图 27

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/138507

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
C21B3/06(2006.01)i; C21B3/08(2006.01)i		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
C21B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
CNTXT, ENTXTC, WPABSC, ENTXT, WPABS, CJFD, ISI web of science, 读秀, DUXIU: 宝钢, 北京科技大学, 渣, 粒化, 喷嘴, 喷射, 雾化, 水, 换热, 热交换, 余热, 回收, 离心, 旋风, 旋流, slag, granular+, nozzle, jet, inject, atomiz+, water, heat exchange, recycl+, centrifugal, cyclone		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 219174525 U (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. et al.) 13 June 2023 (2023-06-13) claims 1-12	1-2, 14, 26-33
PX	CN 219174522 U (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. et al.) 13 June 2023 (2023-06-13) claims 1-7	1-2, 14, 34-40
PX	CN 219174524 U (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. et al.) 13 June 2023 (2023-06-13) claims 1-5	1-2, 14, 41-45
PX	CN 219174523 U (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. et al.) 13 June 2023 (2023-06-13) claims 1-2	1-2, 14, 46-47
X	CN 113322360 A (BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD.) 31 August 2021 (2021-08-31) description, paragraphs 24-26 and 33	1-2, 10-14, 17-47
A	CN 103014201 A (UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY BEIJING) 03 April 2013 (2013-04-03) entire document	1-47
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "D" document cited by the applicant in the international application "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
17 January 2024		23 January 2024
Name and mailing address of the ISA/CN		Authorized officer
China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		
		Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/CN2023/138507**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102864254 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 09 January 2013 (2013-01-09) entire document	1-47
A	JP H07301496 A (DAIDO STEEL CO., LTD.) 14 November 1995 (1995-11-14) entire document	1-47

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/CN2023/138507**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	219174525	U	13 June 2023	None	
CN	219174522	U	13 June 2023	None	
CN	219174524	U	13 June 2023	None	
CN	219174523	U	13 June 2023	None	
CN	113322360	A	31 August 2021	TW 202132575 A	01 September 2021
				WO 2021169589 A1	02 September 2021
				BR 112022016299 A2	04 October 2022
				KR 20220144816 A	04 October 2022
				VN 91437 A	25 November 2022
				EP 4112749 A1	04 January 2023
				US 2023100959 A1	30 March 2023
				JP 2023515210 A	12 April 2023
CN	103014201	A	03 April 2013	CN 103014201 B	13 May 2015
CN	102864254	A	09 January 2013	CN 102864254 B	02 April 2014
JP	H07301496	A	14 November 1995	JP 3505784 B2	15 March 2004

<p>A. 主题的分类</p> <p>C21B3/06(2006.01)i; C21B3/08(2006.01)i</p> <p>按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类</p>																										
<p>B. 检索领域</p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>C21B</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))</p> <p>CNTEXT,ENTXTC,WPABSC,ENTXT,WPABS,CJFD,ISI web of science,读秀:宝钢, 北京科技大学, 渣, 粒化, 喷嘴, 喷射, 雾化, 水, 换热, 热交换, 余热, 回收, 离心, 旋风, 旋流, slag, granular+, nozzle, jet, inject, atomiz+, water, heat exchange, recycl+, centrifugal, cyclone</p>																										
<p>C. 相关文件</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 219174525 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-12</td> <td>1-2、14、26-33</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 219174522 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-7</td> <td>1-2、14、34-40</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 219174524 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-5</td> <td>1-2、14、41-45</td> </tr> <tr> <td>PX</td> <td>CN 219174523 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-2</td> <td>1-2、14、46-47</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 113322360 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年8月31日 (2021 - 08 - 31) 说明书第24-26、33段</td> <td>1-2、10-14、17-47</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103014201 A (北京科技大学) 2013年4月3日 (2013 - 04 - 03) 全文</td> <td>1-47</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102864254 A (清华大学) 2013年1月9日 (2013 - 01 - 09) 全文</td> <td>1-47</td> </tr> </tbody> </table>			类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 219174525 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-12	1-2、14、26-33	PX	CN 219174522 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-7	1-2、14、34-40	PX	CN 219174524 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-5	1-2、14、41-45	PX	CN 219174523 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-2	1-2、14、46-47	X	CN 113322360 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年8月31日 (2021 - 08 - 31) 说明书第24-26、33段	1-2、10-14、17-47	A	CN 103014201 A (北京科技大学) 2013年4月3日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-47	A	CN 102864254 A (清华大学) 2013年1月9日 (2013 - 01 - 09) 全文	1-47
类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 219174525 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-12	1-2、14、26-33																								
PX	CN 219174522 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-7	1-2、14、34-40																								
PX	CN 219174524 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-5	1-2、14、41-45																								
PX	CN 219174523 U (宝山钢铁股份有限公司等) 2023年6月13日 (2023 - 06 - 13) 权利要求1-2	1-2、14、46-47																								
X	CN 113322360 A (宝山钢铁股份有限公司) 2021年8月31日 (2021 - 08 - 31) 说明书第24-26、33段	1-2、10-14、17-47																								
A	CN 103014201 A (北京科技大学) 2013年4月3日 (2013 - 04 - 03) 全文	1-47																								
A	CN 102864254 A (清华大学) 2013年1月9日 (2013 - 01 - 09) 全文	1-47																								
<p><input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p>																										
<p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>																										
<p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“D” 申请人在国际申请中引证的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件</p> <p>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件</p> <p>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性</p> <p>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>																										
<p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2024年1月17日</p>		<p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2024年1月23日</p>																								
<p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p>		<p>授权官员</p> <p>李志鹏</p> <p>电话号码 (+86) 010-53962801</p>																								

C. 相关文件		
类型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	JP H07301496 A (DAIDO STEEL CO.,LTD.) 1995年11月14日 (1995 - 11 - 14) 全文	1-47

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/138507

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	219174525	U	2023年6月13日	无			
CN	219174522	U	2023年6月13日	无			
CN	219174524	U	2023年6月13日	无			
CN	219174523	U	2023年6月13日	无			
CN	113322360	A	2021年8月31日	TW	202132575	A	2021年9月1日
				WO	2021169589	A1	2021年9月2日
				BR	112022016299	A2	2022年10月4日
				KR	20220144816	A	2022年10月4日
				VN	91437	A	2022年11月25日
				EP	4112749	A1	2023年1月4日
				US	2023100959	A1	2023年3月30日
				JP	2023515210	A	2023年4月12日
CN	103014201	A	2013年4月3日	CN	103014201	B	2015年5月13日
CN	102864254	A	2013年1月9日	CN	102864254	B	2014年4月2日
JP	H07301496	A	1995年11月14日	JP	3505784	B2	2004年3月15日