



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115772624 A

(43) 申请公布日 2023. 03. 10

(21) 申请号 202211505276.6

(22) 申请日 2022.11.29

(71) 申请人 冯良荣

地址 610016 四川省成都市龙泉驿区十陵
街道明蜀新村C区

(72) 发明人 冯良荣 甘亚

(51) Int. Cl.

C22C 29/16 (2006.01)

F27B 7/02 (2006.01)

F27B 7/22 (2006.01)

F27B 7/33 (2006.01)

C22C 1/10 (2023.01)

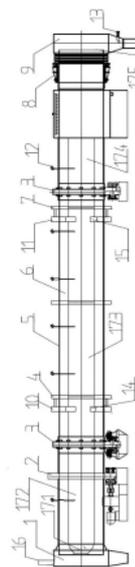
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

一种生产钒氮合金的方法

(57) 摘要

一种生产钒氮合金的方法,其为将钒氧化合物和碳质还原剂混合、压制成型、然后在直热式回转窑中经高温反应得到钒氮合金产品。所述的压制成型的料球的料堆的安息角 $<25^\circ$ 。直热式回转窑窑膛的加热段的两端设置有正负电极,通过该电极向料球堆通电,利用料球堆本身的电阻发热进行加热。本发明的优点是提高了料球的流动性,简化了回转窑回转管的转速、回转管倾斜率、物料填充率、挡料板或者挡料环高度之间的协调控制,使得窑膛内部物料的填充率提高,降低了加热电源的电压,降低了窑膛中粉料量和扬尘,设备产能提高、能耗降低。



1. 一种生产钒氮合金的方法,其过程为将钒氧化合物和碳质还原剂混合、压球机压制成型、然后在直热式回转窑中经高温反应得到钒氮合金产品,其特征在于:所述的压制成型的料球堆积成的静态料堆的安息角小于 25° ;

所述的直热式回转窑包括回转管、回转管内部的耐材、窑头箱和窑尾箱;耐材围成的长条形的内腔为窑膛;窑膛分为预热段、加热段和降温段;在加热段的两端设置有正负电极,加热电源在正极和负极上外接加热电源,通过电极与回转窑内部被加热的物料接触,电流经由正极流经物料再到负极,使得物料自身作为电阻发热,以完成对物料的加热;在所述的窑膛内壁上设有高度1cm 以上的凸起,形成炒料槽或挡料环,或者形成炒料槽和挡料环;回转管与窑头箱和窑尾箱之间转动密封连接;在窑尾箱上设置有进气口;

所述的料球经过直热式回转窑的窑头箱进入窑膛、依次经过预热段、加热段和降温段,然后从窑膛出料口掉落到窑尾箱中;料球在加热段被加热到 1200°C 以上;

在窑尾箱上设置有进气口,氮气从该进气口进入窑尾箱,依次经过窑膛降温段、加热段和预热段,然后撤出窑膛。

2. 根据权利要求1所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:所述的压球机为对辊压球机,其具有水平方向相对安装的两个旋转方向相反的轧辊,每个轧辊外圆周面上排布有半球窝模具,所述的半球窝模具的半球窝形状位置有一部分或者全部为弹性材料。

3. 根据权利要求2所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:所述的弹性材料为橡胶。

4. 根据权利要求3所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:所述的橡胶为聚氨酯橡胶。

5. 根据权利要求1所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:所述的压球机为对辊压球机,其具有水平方向相对安装的两个旋转方向相反的轧辊,每个轧辊外圆周面上排布有半球窝模具,所述的半球窝模具的半球窝开口面为六边形或在角上有倒角的六边形。

6. 根据权利要求1~5中任意一项所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:在所述的窑膛出料口设置有挡料板;经过窑膛降温段的料球从窑膛出料口越过挡料板后掉落到窑尾箱中暂存。

7. 根据权利要求1~5中任意一项所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:所述的加热电源为可调直流电源,其最大输出电压为 U_{max} 伏特,最大输出电流为 I_{max} 安培;有电压值 U_1 在 $0 \sim U_{\text{max}}$ 伏特之间,有电流值 I_1 在 $0 \sim I_{\text{max}}$ 安培之间;所述的直热式回转窑在工作时,加热电源在保持装机功率不变的前提下,其输出可在两档电压电流范围之间切换;两档电压电流范围分别为高电压低电流档和低电压大电流档;在高电压低电流档时,输出电压可调范围为 $0 \sim U_{\text{max}}$ 伏特,输出电流可调范围在 $0 \sim I_1$ 安培;在低电压大电流档时,输出电压可调范围为 $0 \sim U_1$ 伏特,输出电流可调范围为 $0 \sim I_{\text{max}}$ 安培。

8. 根据权利要求1~5中任意一项所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:在所述的窑膛加热段有一根或多根热电偶,其沿回转管径向方向穿过回转管并插入耐材中或者穿过耐材,并靠近窑膛壁;热电偶测得的温度数据模拟量被固定在回转管圆周面外面的温度变送器进行模数变换后无线传送到所述的加热电源的控制柜,用于温度的显示和对加热电源输出功率的控制。

9. 根据权利要求1~5中任意一项所述的一种生产钒氮合金的方法,其特征在于:在钒氧

化合物和碳质还原剂原料中加入氧化铁和/或铁粉,加入的铁元素的量不超过钒元素量的120%,制备得到含铁的钒氮合金或氮化钒铁。

一种生产钒氮合金的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高温碳热还原氮化的制备钒氮合金的方法,属于冶金炉料技术领域。

背景技术

[0002] 钒氮合金是一种炼钢炉料,现行的钒氮合金国家标准对钒氮合金产品的粒度有要求,要求产品中粒度在10mm以下的颗粒不超过总量的5%。

[0003] 回转窑是化工、材料、甚至医药行业重要的加热煅烧设备,应用非常广泛。本发明人提交的中国专利CN112880389A披露了一种用于碳热还原氮化反应的直热式回转窑,为一种将电源通过电极直接馈入回转窑内的被加热的固体物料(也即回转窑所处理的物料,以下简称物料),电流从加热电源经正极流经物料、返回负极再回到加热电源,利用物料的电阻使得物料自身直接发热的电加热回转窑(下称直热式回转窑)。窑膛(紧靠回转管内壁的耐材构成的近似圆柱形的内腔,即回转管内物料所能到达的地方)内的物料一般随着回转管的旋转而旋转和/或翻滚,并且由于回转窑的回转管一般与水平面有一个倾角,物料也会在旋转过程中沿回转管轴向前进,也即回转窑内的物料是螺旋前进的。窑膛进料端与窑头箱密封连接,窑膛出料端与窑尾箱密封连接。回转窑窑膛沿回转管轴向方向被分为预热段(或升温段)、加热段(或高温段)、降温段(或冷却段),物料依次经过预热段、加热段、降温段然后,从窑膛出料口掉落到窑尾箱箱中暂存,然后间歇性撤出窑尾箱。一般说来,回转窑在制作过程中,处于回转管内部的正负电极之间的距离已经固定,进一步就固定了作为发热电阻的加热段物料的长度。加热段物料的横截面积则会随着窑膛中物料的填充率的增加而增加(回转窑填充率一般定义为回转窑内物料体积与回转窑窑膛体积之比),提高直热式回转窑的填充率,或者说提高加热段的填充率,就可以提高直热式回转窑的产能(即单位时间的产量)。

[0004] 一般的非直热式的回转窑,受传热限制的影响,其物料填充率,特别是加热段的填充率很少有大于20%的。而作为直热式回转窑,窑膛内的物料自身直接发热,省却了热量从回转管内壁或者窑膛内气氛传递到物料的过程,可以在保持物料流量增加时增加加热段物料填充率,提高回转窑产能,降低单位产品的能耗(因为无论产能大小,只要温度相同,同一回转窑通过回转管向周围环境的散热量基本上是一定的,产能大,则单位产品分摊的这个热损失就小),当然也提高了生产效率。一般直热式回转窑在运转过程中,填充率都控制在25%以上,最好控制在50%左右,对流动性好、结块不严重的物料,可以控制在70%甚至更高,提高设备产能至少一倍以上。

[0005] 在采用钒氧化物和碳质还原剂作为原料生产钒氮合金的过程中,反应过程中固体原料中大量的氧和碳生成一氧化碳气体排出,固体物料由于质量减少,且伴随后续的高温收缩密度变大,体积缩小到原始料球的25%左右。而采用直热式回转窑作为碳热还原反应的反应器时,回转窑在安装完成后,其窑膛结构也即窑型也随即固定,窑膛长度和回转管的倾斜率(回转管轴线与水平面的夹角)也都固定了,其对物料在其中的前进速度的影响也固

定了。而体积未缩小的物料(下称左端物料)和体积部分或者完全缩小的物料(下称右端物料)的体积流速相差不大,物料流速的速控步骤必然是左端物料的体积流速。也就是左端物料的体积流速即使比右端物料的体积流速大,只要没有超过三倍,左端物料的体积流速就满足不了右端物料体积流速的要求,这导致了右端物料所在的窑膛段填充率大幅降低。实际生产实践中,由于上述右端物料在回转窑中经过高温收缩和更长时间的运动,比左端物料更加光滑和密度更大,更加有利于增加其体积流速。即使在回转窑制造和安装的过程中就提高回转管的倾斜率,因倾斜率的增加,也会同时增加右端物料的倾斜率,因此还是不能解决左端物料体积流速跟不上右端物料体积流速需求的问题。

[0006] 另外,直热式回转窑生产钒氮合金的过程中,加热段温度比较高,一般都在1200℃以上,高温下的挥发性组份会随气相流动到预热段,随着温度降低,其在预热段的某一段形成结圈,就是回转窑中常见的结圈现象,该结圈又会进一步降低左端物料的体积流速。

[0007] 因此,上述左端物料的流速成为阻碍窑膛中物料填充率特别是加热段填充率的限制性控制因素,是一个流速瓶颈。这大大降低了直热式回转窑的物料填充率、限制了回转窑预热段的长度(预热段越长、对物料体积流速的阻力越大)、降低了其设备产能,增加了提高物料填充率的难度。虽然发明人在CN112880389A专利申请中采用了多种技术方案来提高直热式回转窑中加热段物料的填充率和左端物料的前进速度,也遇到控制困难、物料流速和填充率很难兼顾、需要针对不同物料和不同体积收缩比例的物料对直热式回转窑各种结构参数进行研究和调整等问题。特别是在窑膛内径和长度变大的情况下,很难将回转窑的结构参数和回转管转速调整到使得窑膛内物料填充率比较高的水平,并且还有同时兼顾出料速度。这对采用更大的回转窑扩大钒氮合金产能造成非常大困难。

[0008] 也有专利申请提出用推杆推动窑膛进料口端的左端物料的技术方案。但是受到使用温度限制、推杆本身可靠性限制、推杆推动作用有限、推杆造成原料球破碎等问题,始终不能很好的解决上述流速瓶颈问题。

[0009] 现有的钒氮合金主流生产工艺采用推板窑作为碳热还原氮化反应的设备,原料球被装入石墨坩埚中间歇推入推板窑中,其对原料球的流动性或者运动动力学没有要求,因此钒氮合金的生产工艺一致沿用该工艺采用的对辊压球机对原料进行压球成型。常用的对辊压球机,生产能力大、自动化程度高、操作简单、设备价格较低,得到广泛使用。但是由于要兼顾脱模的难易,其轧辊摸具上半球窝的深度或者说半球窝的深度与开口宽度的比例受到限制,如果球窝太深,则不易脱模,半球窝开口面呈正方形或者倒角的圆角正方形形状。因此一般球窝的深度都做得比较浅,压出的料球圆整度很差,甚至接近为圆饼形状或者双四棱锥形状。这样形状的料球的料堆安息角比较大,在回转窑中流动困难,前进的速度较低。

[0010] 综上所述,虽然直热式回转窑用于碳热还原氮化反应生产钒氮合金具有巨大的优势,但是只靠直热式回转窑的改进来提高其窑膛中物料的填充率、并且兼顾提高物料的体积流速非常困难,需要在直热式回转窑以外的工艺上寻求改进来达到兼顾提高填充率和提高物料体积流速的目的。

发明内容

[0011] 发明的目的:在直热式回转窑工艺钒氮合金生产过程中,在窑膛内物料高温反应

运转状态下,提高窑膛中前述左端物料的体积流速,使其能达到所述完全收缩的右端物料的体积流速的三倍以上,消除前述左端物料体积流速对窑膛填充率的限制;提高固体物料流动性、兼顾窑膛中固体物料足够高的填充率、降低运转时回转管的转速、降低转速与产量的关联调节难度。通过以上目的最终达到进一步提高直热式回转窑的电热效率、简化回转窑设备结构调整、降低回转窑运行控制难度、提高回转窑运行稳定性、提高设备产能、降低粉尘产生量的目的。

[0012] 本发明的目的是这样实现的:本发明在总结本发明人之前制造和使用直热式回转窑进行钒氮合金生产经验的基础上,对钒氮合金生产中原料的压球工艺进行改进,提高其成型的原料球的圆整度,降低对直热式回转窑的各种结构参数的调整难度,提高其运行稳定性。

[0013] 本发明的具体技术方案如下:

一种生产钒氮合金的方法,其过程为将钒氧化合物和碳质还原剂混合、压球机压制成型、然后在直热式回转窑中经高温反应得到钒氮合金产品。钒氧化合物一般为各个价态的氧化钒、偏钒酸铵、多钒酸铵或红钒中的一种或者多种。碳质还原剂一般为石墨粉、煅烧焦或者有机高分子中的一种或者多种。本发明的特征在于:所述的压制成型的料球堆积成的料堆的安息角小于 25° 。

[0014] 所述的直热式回转窑包括回转管、回转管内部的耐材、窑头箱和窑尾箱;耐材围成的长条形的内腔为窑膛;窑膛分为预热段、加热段和降温段;在加热段的两端设置有正负电极,加热电源在正极和负极上外接加热电源,通过电极与回转窑内部被加热的物料接触,电流经由正极流经物料再到负极,使得物料自身作为电阻发热,以完成对物料的加热;在所述的窑膛内壁上设有高度1cm 以上的凸起,形成炒料槽或挡料环,或者形成炒料槽和挡料环;回转管与窑头箱和窑尾箱之间转动密封连接;在窑尾箱上设置有进气口。

[0015] 所述的料球经过直热式回转窑的窑头箱进入窑膛、依次经过预热段、加热段和降温段,然后从窑膛出料口掉落到窑尾箱中暂存,间歇性的撤出窑尾箱;料球在加热段被加热到 1200°C 以上。

[0016] 在窑尾箱上设置有进气口,氮气从该进气口进入窑尾箱,依次经过窑膛降温段、加热段和预热段,然后撤出窑膛。

[0017] 进一步的是,所述的压球机为对辊压球机,其具有水平方向肩并肩相对安装的两个旋转方向相反的轧辊,每个轧辊外圆周面上排布有半球窝模具,所述的半球窝模具上排布有多个半球窝模,半球窝形状位置有一部分或者全部为弹性材料。

[0018] 进一步的是,所述的弹性材料为橡胶。

[0019] 进一步的是,所述的橡胶为聚氨酯橡胶。在半球窝底部的橡胶材料比较厚,压球时在压力的挤压下,较厚处的橡胶向较薄处运动,使得半球窝的深度增加,从而压制的料球圆整度更高。随着两个轧辊在挤压料球处向下转动,半球窝受到的压力减小和消失,橡胶材料回弹,回弹形变和弹力使得成型好的料球脱模掉落。橡胶模具或者部分橡胶材质的模具,压制成型的料球,静态料堆的安息角小于 15° 。

[0020] 所述的压球机为对辊压球机轧辊上的模具液可以是刚性材料模具或者钢制模具。钢制半球窝模具上排布有多个半球窝模,所述的半球窝模的半球窝开口面为六边形或在角上有倒角的圆角六边形。这样的模具压制成型的料球,静态料堆的安息角小于 25° 。

[0021] 与上述两种压球工艺相比,现有钒氮合金生产线使用的对辊压球机轧辊模具的半球窝开口为四边形或者圆角四边形,整个模具为钢制的刚性材料。其压制的料球近似为十二棱边的八面体结构,只是边和角经过倒角处理。这样的料球流动性非常差,安息角 $\sim 35^\circ$ 角,接近多数粉体材料的安息角。

[0022] 进一步的是,在所述的窑膛出料口设置有挡料板;经过窑膛降温段的料球从窑膛出料口越过挡料板后掉落到窑尾箱中暂存。在提高料球圆整度,降低料球料堆静态时的安息角的情况下,即使前述左端物料的体积流速也高于物料填充率和回转窑最大生产能力的要求。这样在窑膛出料口处设置挡料板,或者在窑膛降温段设置挡料环,降低该处料球的体积流速,使其成为窑膛出料速度的控制瓶颈。经过这些改进之后,回转窑钒氮合金的产量几乎与回转管的转速线性正相关,即使在达到回转窑最大产能时,窑膛中物料填充率也能够保持足够大。

[0023] 进一步的是,在钒氧化物和碳质还原剂原料中加入氧化铁和/或铁粉,加入的铁元素的量不超过钒元素量的120%,制备得到含铁的钒氮合金或氮化钒铁。

[0024] 与现有技术相比,采用本发明具有如下的优点:

1) 通过将原料压制成圆整度较好的料球,在生产钒氮合金的高温碳热还原反应中,即使在反应过程中物料体积大幅缩小的情况下,其提高了原料球在直热式回转窑窑膛中的体积流速,使得前述左端物料的体积流速跟得上右端物料体积流速的需要。提高了窑膛中的物料的填充率,并可使回转管在较低的转速下运行。

[0025] 2) 由于原料球圆整度的提高,在窑膛预热段结圈的情况下,原料球在结圈处也能够保持足够的体积流速满足前述右端物料体积流速的要求。保持了回转窑运行稳定性,延长了因此导致的回转窑的检修间隔时间。

[0026] 3) 由于原料球圆整度的提高,提高了前述左端物料的体积流速,使得整体物料的体积流速瓶颈移动到挡料环或者挡料板处,从而简化了窑膛中物料的填充率的控制、简化了回转管转速与窑膛出料口固体物料体积流速的对应关系。在加热能力足够和保持最低反应时间要求的情况下,可以直接用回转管的转速控制回转窑的产量。

[0027] 4) 由于原料球圆整度的提高,回转管在较低的转速下也能够提供足够的固体物料的体积流速,因此降低了物料的磨损程度,降低了窑膛中粉尘的产生和扬尘,降低了粉尘回收和扬尘治理的压力。

[0028] 5) 由于原料球圆整度的提高,提高了前述左端物料的体积流速,较长的窑膛预热段长度对左端物料的体积流速影响较小,可以设置较长的预热段长度,提高预热段热交换效果,降低撤出预热段的气体温度,提高从预热段进入加热段的固体物料的温度,提高进入加热段的固体物料的预还原程度。

[0029] 6) 由于原料球圆整度的提高,提高了前述左端物料的体积流速,可以降低回转管的倾斜率,提高回转窑运行安全性和寿命。

[0030] 7) 由于原料球圆整度的提高,减少了料球的边缘和棱角,降低了在窑膛中原料球边缘和棱角的磨损率,降低了细粒度料的比例,降低了回返细粒度料的比例,提高了生产效率。

[0031] 8) 由于原料球圆整度的提高,兼顾调整回转窑结构参数、窑膛物料填充率、回转管转速、进出料速度变得相对简单,使得制造更大规模的直热式回转窑,扩大生产规模,在技

术上变得相对简单。

[0032] 采用本发明的技术方案进行所述的钒氮合金,生产稳定可靠,提高了所述的碳热还原反应的产量,使得工艺过程环保、高效、节能、自动化程度高,生产成本和劳动强度降低。

附图说明

[0033] 图1是实施例1直热式回转窑示意图图。

[0034] 图2是实施例1直热式回转窑的回转管由出料端到进料端方向的正视图示意图,左上部分局部剖视。

[0035] 图3是实施例1对辊压球机的半球窝模具示意图。

[0036] 图4是实施例2对辊压球机的半球窝模具示意图。

[0037] 实施例1

图1和图2为实施例1的示意图。如图1所示,所述的直热式回转窑,其用作金属氧化物等原料碳热还原和/或氮化反应的反应器,包括窑头箱1、窑头箱尾气出口16、驱动轮2、承重轮3、一组两个正极14、回转管5、耐材6、一组两个负极15、6支k分度热电偶12、窑尾箱与回转管之间的转动密封连接8、窑尾箱9和窑尾箱上的进气口13。耐材6同时起到耐火、保温和绝缘的作用,要求加热段与物料接触的耐材的电阻比物料大。耐材6围成的一个近似圆形、与回转管接近等长的内腔称为窑膛17。窑膛17按照物料经过的先后顺序,依次分为窑膛进料口171、预热段172、加热段173、降温段174、窑膛出料口175。其余细节未示出。

[0038] 如图2所示,直热式回转窑的耐材6由高低两个规格的耐材602和601组成。在回转管径向方向上,耐材602比601更加突出于窑膛内,突出高度为3cm,形成炒料槽。在回转窑转动时,其可以防止物料在窑膛壁上滑动,抬高物料的料位。在窑膛出料口处设置一块挡料板19,或者在窑膛出料口处连接一段筛孔管25、在筛孔管的出料口处设置一块挡料板19。挡料板19在图2中的右上边缘与水平面的夹角设置为 20° 。由图2中还可以看到,环状的负极15比周围的耐材601和602在面向回转管中心轴的方向上都高,形成挡料环。

[0039] 如图3所示的对辊压球机的半球窝模具的剖视示意图。子图B为子图A的局部放大图。压球机的轧辊钢模具1为一个圆环结构,其外圆柱面规则排列有一系列的半球窝。驱动钢模具转动的轴装配到其内圆中。在半球窝里面有聚氨酯橡胶材质的模具2。模具2覆盖钢模具1的半球窝的底部,构成半球窝模具的一部分。一台对辊压球机有两个轧辊,每个轧辊分别都有一具钢模具1,其旋转轴在水平面上平行并排排列,其圆柱面彼此分开1到数毫米,并且一个钢模具的半球窝对准另外一个钢模具的半球窝。两个正对的半球窝合成一个近似的球形。两个将要正对的半球窝将其上方的固体物料随着对辊的向下旋转剝入半球窝并在两个半球窝正对时完成挤压过程。此时半球窝底部的橡胶较厚处的橡胶会向四周较薄处扩展,使得球窝底部变深,并且使得两个球窝围成的固体物料更加近似球形。随着对辊继续向下旋转,压力逐步消失,橡胶回弹并将料球弹出,完成压球过程。

[0040] 以五氧化二钒、碳粉、氧化铁粉为原料,按照100:28.5:0.3质量比混合,加入15~25%的水份(以五氧化二钒为基准),将其搅拌、碾压后,用前述对辊压球机压制得到的原料球接近球形,圆整度较好,单个原料球长径大小~4.0cm,短径大小~3.5cm。原料球料堆安息角 $<15^{\circ}$ 。窑膛壁有耐材凸起构成的深度~3cm的炒料槽,在回转管转速为0.2转/分钟时,窑

膛中原料料球的料堆斜面与水平面的夹角小于 20° (测量比较困难,准确的不高,下同)。采用该料球在长度16m,窑膛有效内径58cm的直热式回转窑中进行钒氮合金的生产,发现加热段物料填充率能够很容易的控制到50%左右。回转管倾斜率可(从4.0%)降低到2.0%(回转管旋转轴与水平面夹角的正切值以百分率表示的值),出料中不符合钒氮合金国家标准的细碎料从5%左右降低到2%左右。

[0041] 作为对比,采用现有的对辊压球机压制的原料球,形状近似为底部为正方形的两个四棱锥在正方形的一面扣拢的双四棱锥。原料球安息角约为 35° 。采用这样的料球进入直热式回转窑生产钒氮合金时,回转管的倾斜率需要设置为4.0%、窑膛出料口挡料板19在图2中的右上边缘与水平面的夹角需要设置为 40° 。在其它回转窑结构和工艺参数与本例中前述的回转窑相同的条件下,料堆斜面与水平面的夹角 $>40^{\circ}$ 。实际上,在回转窑结构参数的较大范围内,高温反应状态下,所述左端物料体积流速跟不上右端物料体积流速,致使窑膛加热段和降温段填充率降低,左端物料体积流速成为窑膛填充率和回转窑产能提高的限制性因素。

[0042] 实施例2

如图4所示的对辊压球机的轧辊半球窝模具的剖视示意图。子图B为子图A的局部放大示意图,子图c为半球窝开口面的放大示意图。压球机的轧辊钢模具1为一个圆环结构,其外圆柱面规则排列有一系列的半球窝模2。驱动钢模具转动的轴装配到其内圆中。半球窝的开口面为近似的六边形或者圆角六边形。半球窝内部的棱边都作倒角处理。其压制的料球长径 $\sim 3.6\text{cm}$,短径 $\sim 3.0\text{cm}$ 左右。本实施例中所压制的料球,其料堆的静态安息角为 $20\sim 25^{\circ}$ 。

[0043] 采用与实施例1中相同的直热式回转窑,回转管倾斜率可(从4.0%)降低到3.0%,窑膛中原料料球的料堆斜面与水平面的夹角约为 25° 。加热段物料填充率能够控制到50%左右。出料中不符合钒氮合金国家标准的细碎料从5%左右降低到3%左右。

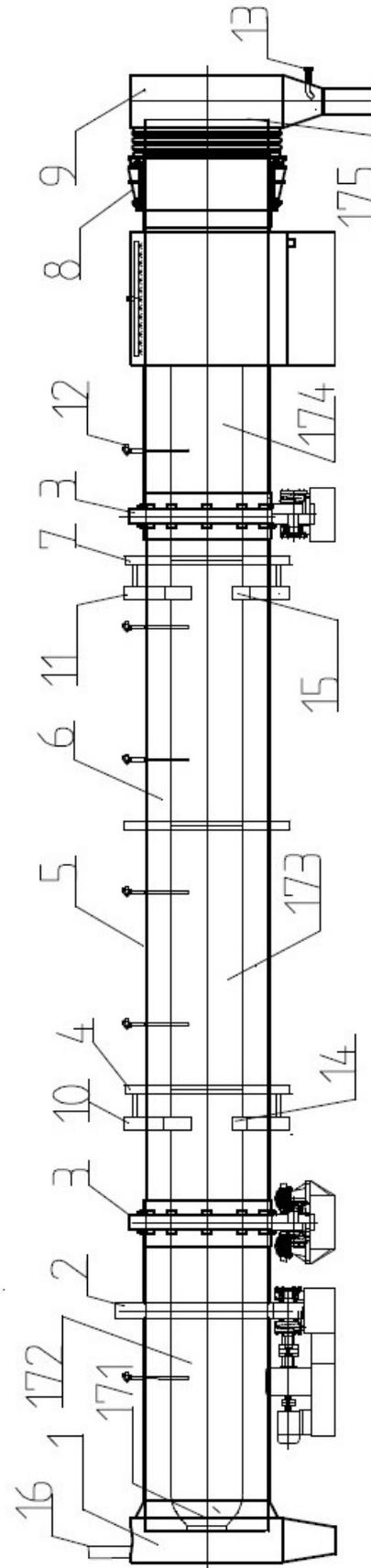


图1

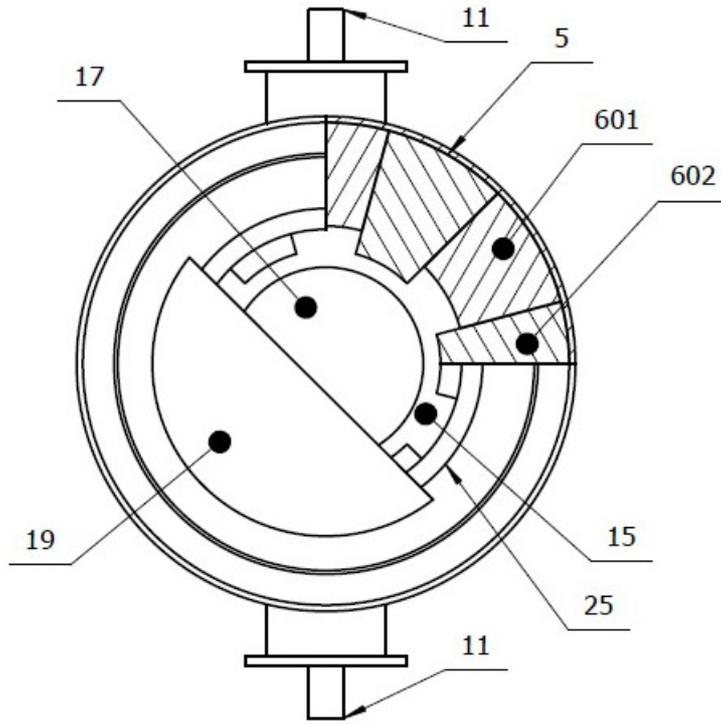


图2

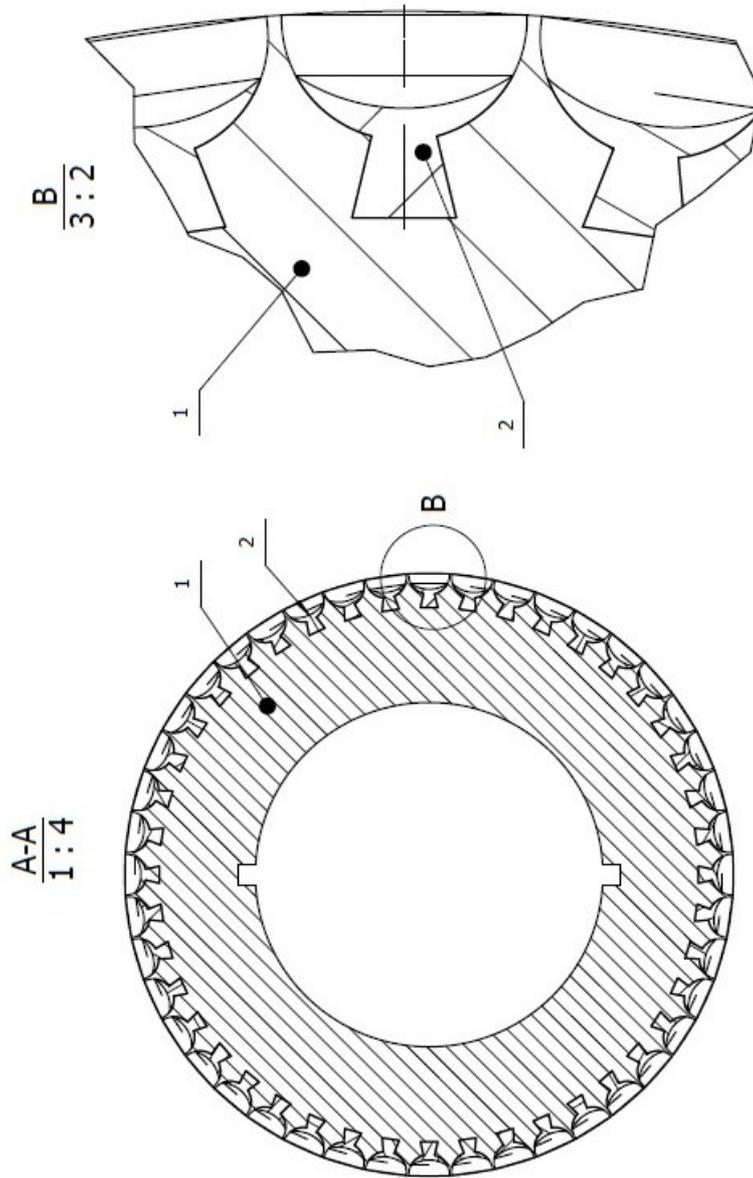


图3

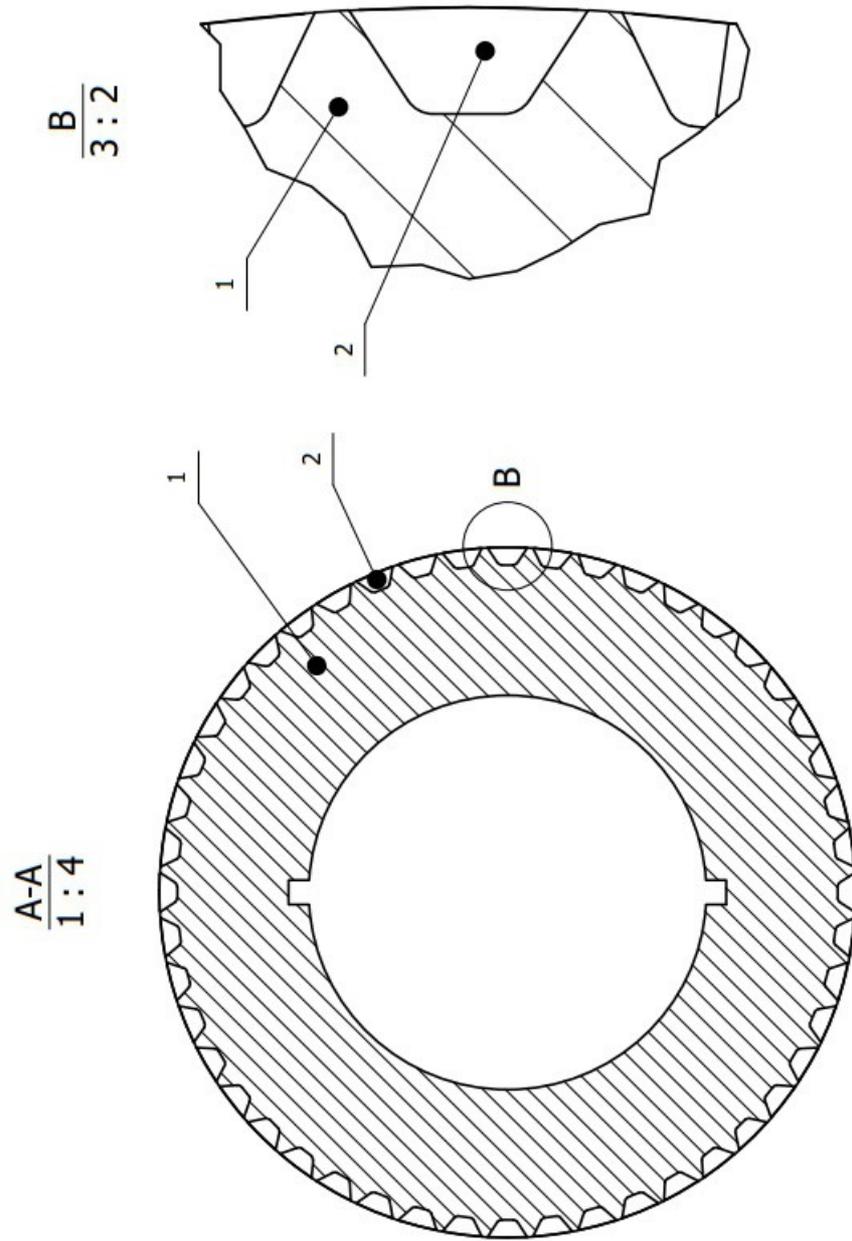


图4