

ICS

点击此处添加中国标准文献分类号

YS

中华人民共和国有色金属行业标准

××/T ×××××—××××

镁冶炼行业技术管理规范

Process specification for magnesium smelting

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

(工作组讨论稿)

2023年10月20日

××××—××—××发布

××××—××—××实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国有色金属标准化技术委员会（SAC/TC243）提出并归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

本标准为首次制定。

镁冶炼行业技术管理规范

1 范围

本文件规定了镁冶炼分类、传统硅热法、联合硅热法和电解法镁冶炼的技术管理。

本文件适用于传统硅热法、联合硅热法和电解法镁冶炼的工艺流程、原材料、装备、过程控制、产品质量、能耗、废弃物排放、安全生产等技术管理。

2 规范性引用文件

下列文件的内容通过文中规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 672 化学试剂 六水合氯化镁
- GB/T 2272 硅铁
- GB/T 5751 中国煤炭分类
- GB/T 5462 工业盐
- GB/T 13612 人工煤气
- GB/T 26520 工业氯化钙
- GB/T 27804 氟化钙
- GB 3095 环境空气质量标准
- GB 4387 工业企业厂内铁路、道路运输安全规程
- GB 5083 生产设备安全卫生设计总则
- GB 12348 工业企业厂界环境噪声排放标准
- GB 21347 镁冶炼企业单位产品能源消耗限额
- GB 25468 镁、钛工业污染物排放
- GB 29742 镁及镁合金冶炼安全生产规范
- GB/Z 2 工作场所有害因素职业接触限值
- YB/T 5217 萤石
- HJ 2022 焦化废水治理工程技术规范
- T/ CNIA 0069 镁冶炼用低阶煤高温热解煤气

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

半焦 semi coke

无黏结性或弱黏结性的高挥发分烟煤在高温或中低温条件下热解，得到的较低挥发分的固体炭质产品。

3.2

低阶煤高温热解圆型半焦炉 high temperature pyrolysis process of low rank coal circular semi coke oven

一种采用高温热解工艺的低阶煤热解装置，产出煤气、半焦与煤焦油（黑色），热解温度为900℃～1280℃，碳化室为圆形。

3.3

低阶煤中低温热解方型半焦炉 low middle temperature pyrolysis process of low rank coal insquare semi coke oven

一种采用中低温热解工艺的低阶煤热解装置，产出煤气、半焦与煤焦油（褐红色），热解温度为600℃～800℃，碳化室为方形。

3.4

低阶煤高温热解工艺 high temperature pyrolysis process of low-rank coal

低阶煤在圆型半焦炉中经高温（约900℃～1280℃）热解，产出煤气、半焦、煤焦油和回收其他化学产品的过程（以下简称高温热解）。

3.5

低阶煤中低温热解工艺 low-middle temperature pyrolysis process of low-rank coal

低阶煤在方型半焦炉中经中低温（约600℃～800℃）热解，产出煤气、半焦、煤焦油和回收其他化学产品的过程（以下简称中低温热解）。

3.6

煅白 dolime

白云石经高温煅烧后的产物，因其煅烧后为白色，故为煅白，主要成分为氧化钙和氧化镁。

4 分类

镁冶炼按工艺特点可分为传统硅热法、联合硅热法、电解法三类。

5 传统硅热法

5.1 工艺流程

传统硅热法的工艺流程图见图1。

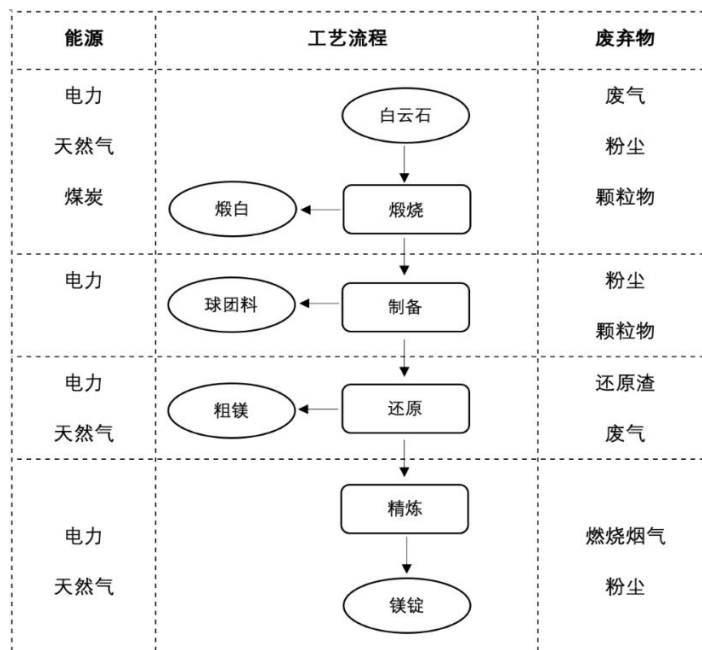


图 1 传统硅热法工艺流程图

5.2 原材料

白云石在矿山破碎到符合要求的粒度，运输进厂内的白云石堆场棚储；硅铁和萤石直接进厂内仓库储存。原料煤采购进厂后棚储，储量均按半个月生产所需用量考虑。

5.2.1 白云石

5.2.1.1 镁冶炼用白云石组分应符合表 1 的规定。

表 1 白云石组分

组分	含量（质量分数） %
MgO	19~21
CaO	30~33
Al ₂ O ₃	<0.5
SiO ₂	<1
Fe ₂ O ₃	0.5
K ₂ O+Na ₂ O	<0.1

5.2.1.2 推荐白云石的 CaO 与 MgO 的质量比控制为 1.394，CaO 与 MgO 摩尔比为 1.0。

5.2.2 煅白

煅白料色微黄、水解速度快、手感细腻、粘性好，煅白活性不小于32%、灼减不大于0.4%。

5.2.3 硅铁

镁冶炼用硅铁应符合GB/T 2272中PG FeSi75Al1.5、PG FeSi75Al2.0、PG FeSi75Al2.5的规定。

5.2.4 萤石

镁冶炼用萤石块应符合YB/T 5217中一级品的规定。

5.3 设备

5.3.1 一般要求

5.3.1.1 企业生产设备应按照 GB 5083 进行设计制造，并符合 GB/Z 2、GB 12348、GB 3095 的要求。

5.3.1.2 生产现场设备设施要按照国家有关规定设置安全防护装置，不应擅自拆除和损坏。

5.3.1.3 生产车辆要遵守 GB 4387 的规定，进入生产现场时要注意周围设备设施的人员情况，要限速行驶，不得争抢道路，非生产车辆不应进入生产现场。

5.3.2 煅烧工序

5.3.2.1 物料传送装置

物料传送装置是用于将生产需要的物料传送至生产装置中的一种机械装置，其传送过程中会造成粉尘等颗粒物影响环境，物料传送装置应进行封闭处理，避免粉尘等颗粒物等外散。煅烧工序主要为白云石输送和煅白输送。

5.3.2.2 预热器

预热器是用于将生产所需的物料进行预热的装置，物料预热后可提升生产效率。预热器宜采用余热回收方式对白云石进行预热，减少能源消耗。

5.3.2.3 回转窑

回转窑是用于白云石煅烧的装置，为大多数镁冶炼企业所采用。回转窑应具有良好的密闭性，避免粉尘等颗粒物外散；制作回转窑的材料应具有良好的保温性能，须配置预热器，减少热量损失，降低能源消耗。

5.3.2.4 立式竖窑

回转窑的一种，仅有少数镁冶炼企业在煅烧白云石时使用，一般有麦尔兹竖窑、套筒竖窑等。

5.3.2.5 冷却器

冷却器根据装机状态分为单冷机和竖式冷却器，推荐采用竖式冷却器。

5.3.2.6 引风机

引风机是燃烧后的尾气引入烟气处理装置，在煅烧等产生烟气的工序应配置引风机，经引风机收集烟气后，送入除尘器排放。烟气外溢率不大于5%。

5.3.2.7 布袋除尘器

煅烧工序布袋除尘器是粉尘等颗粒物的收集装置。煅烧工序必须配备布袋除尘器，除尘器应保持优良的除尘效果，保证粉尘回收率达到95%以上，经布袋除尘器处理后的烟气排放应符合GB 25468的规定。

5.3.3 制球工序设备

5.3.3.1 硅铁破碎机

××/T ×××××—××××

硅铁一般采用颚式破碎机破碎，应保证硅铁破碎后，粒度符合生产需求。经破碎机破碎的硅铁粒度宜小于30mm，入磨时粒度小于30mm的硅铁在85%以上。硅铁破碎和输送环节应封闭收尘，杜绝硅铁粉尘外溢。

5.3.3.2 物料提升机

硅铁、煅白、萤石输送提升设备，应进行封闭并配有收尘设施处理，避免粉尘等颗粒物等外散。

5.3.3.3 微机配料装置

物料进入球磨机前，通过微机配料系统的电子配料秤设定“煅白、硅铁、萤石”的给料量，定时定量给料。电子配料秤应按照仪器检定要求定期检验，确保称重准确，称重后物料转移应保证装置具有良好的密封性，配置专门的收尘装置。

5.3.3.4 球磨机

球磨机是用于将物料磨至粉末状态的装置。使用该装置时，应检查物料出磨细度，确保磨出的粉料符合生产需求。粉料细度宜保持200目通过率超过80%。

5.3.3.5 压球机

压球是将混合物料经球磨机研磨成粉料后通过压球机压制成为规则形状的球团料的装置，压制后的球团料用于还原工序生产，成球率应不小于85%，球团强度应不小于80%。

5.3.3.6 物料传送装置

制球工序的物料输送应保持密闭并配置除尘收尘设施。

5.3.4 还原工序设备

5.3.4.1 卧式横罐还原炉

卧式横罐还原炉采用高温空气快速换向蓄热式燃烧技术，蓄热式还原炉以煤气为燃料连续加热，在还原周期内炉膛温度应达到 $1250^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ ，而且炉膛温度保持均衡。还原炉有单排罐和双排罐两种插罐炉型。每台炉还原罐的罐位，可分为20支罐炉型、31支罐炉型、42支罐炉型、56支罐炉型等。还原罐内径一般有 $\Phi 339\text{mm}$ 、 $\Phi 350\text{mm}$ 、 $\Phi 370\text{mm}$ 、 $\Phi 380\text{mm}$ 、 $\Phi 390\text{mm}$ 等规格，罐长一般为 $3050\text{mm} \sim 3250\text{mm}$ 。

5.3.4.2 立式竖罐还原炉

立式竖罐还原炉采用高温空气和煤气蓄热式燃烧技术，连续加热。还原罐内径一般有 $\Phi 540\text{mm}$ 、 $\Phi 600\text{mm}$ 、 $\Phi 720\text{mm}$ 、 1000mm 等规格，罐长一般为 $2850\text{mm} \sim 3900\text{mm}$ 。还原周期为16~20小时（含装料出炉）。

5.3.4.3 燃烧系统

燃烧系统由空气管道、煤气管道、鼓风机、引风机、烧嘴、蜂窝陶瓷蓄热体等构成。空气经蓄热体加热后与煤气进入还原炉进行燃烧，燃烧后的烟气经蓄热体吸收热量后进入脱硫系统后排放，排放应符合GB 25468的规定。

5.3.4.4 真空系统

金属镁生产必须在真空状态下进行，真空系统是保证镁冶炼过程中还原罐罐内达到生产所需真空状态的装置，一般有机机械真空泵或射流真空泵两种，关联着主抽真空管道和预抽真空管道，真空射流泵循环水温度一般要求小于 21°C 。还原炉正常生产时还原罐内的真空度要求在 $5\text{Pa} \sim 13\text{Pa}$ 。

5.3.4.5 循环水系统

还原罐内的球团在真空状态下经过热还原产生的镁蒸汽必须在一定温度下（镁熔点温度为648.9℃）进行结晶。炉前水通过循环系统使冷却水在水夹套进行循环，降低还原罐粗镁结晶区温度（560℃左右），以达到镁蒸汽冷却结晶的目的。

5.3.4.6 引风机

同5.3.2.5。

5.3.4.7 炉前收尘装置

还原炉前应配置收尘装置，用于收集装料或出炉扒渣时烟尘无组织排放的收集与治理，收集后的烟尘应通过布袋除尘处理后排放。

5.3.4.8 冷渣机

冷渣机又称冷渣器，是镁冶炼还原渣的冷却装置，其由筒体、进渣箱、出渣箱、动力传动装置、底架和电气控制系统组成。经冷渣机处理的渣应低于100℃后出渣。

5.3.5 精炼工序

5.3.5.1 坩埚

坩埚包括精炼锅和保温锅两种。精炼锅是对粗镁进行熔炼、提纯的精炼装置。保温锅是镁锭浇铸前使镁液保持恒温的装置。精炼过程中使用熔剂会造成废气和废渣，坩埚应配置烟气回收装置和废渣回收装置。

5.3.5.2 行车

精炼车间的起重设备和吊装设备，应符合防爆要求。

5.3.5.3 镁液泵

镁液泵是用于将镁液导入连铸机的装置，镁液泵非必要装置，但采用镁液泵可减少镁液转运过程的热损失。镁液泵应具有良好的保温性能，使用前要充分余热，避免镁液泵转液时出现凝固。

5.3.5.4 连铸机

连铸机是镁锭的铸造装置。连铸机生产前，应将镁锭模具预热到80℃~120℃，用硼砂、滑石粉和水的混合液对模具表面进行喷涂，以保证镁锭外表光洁。连铸机铸造过程中会产生废气和废渣，应配废气回收装置和废渣回收装置。

5.4 过程控制

5.4.1 煅烧

5.4.1.1 工艺要求

5.4.1.1.1 白云石经筛分进入预热器加热，预热温度一般为700℃~900℃。预热后，将白云石送入回转窑进行煅烧，煅烧温度宜为1150℃~1350℃。

××/T ×××××—××××

5.4.1.1.2 煅烧温度最高不可超过 1400℃，当煅烧温度偏高时，可通过调快电机转速降低窑温；当煅烧温度偏低时，可通过调低电机转速提升窑温；当采用煤气加热提温效果达不到生产工艺需求时，可适当补充热值应不小于 5500Kcal 的煤粉辅助提温，提温时，宜根据温度变化调整下料量和窑体转速。

5.4.1.1.3 煅烧过程煤气压力应不小于 1500Pa，空气压力为煤气压力的 1.2 倍~2 倍；

5.4.1.1.4 煅白进入冷却器进行冷却，冷却后的煅白经传送装置送入煅白仓。煅烧后的煅白应符合 5.2.2 的规定。

5.4.1.1.5 布袋除尘器进口烟气温度不能超过 210℃，当出现超温时，可通过打开冷气阀进行降温。

5.4.1.2 节能要求

5.4.1.2.1 应选用节能环保型回转窑并配置预热器。回转窑的保温性能要良好，配置烟气和粉尘的回收处理装置。

5.4.1.2.2 白云石进入回转窑前，应经预热器预热，预热器宜采用回转窑烟气回收余热作为热源进行预热，物料预热温度宜为 800℃左右。

5.4.1.2.3 用于生产的白云石应符合 5.2.1 的规定，确保煅烧后的煅白质量符合 5.2.2 的规定，提升产品成品率，降低煅白单位产品能耗。

5.4.1.2.4 煅烧完的煅白，经冷却器冷却，高温煅白与引风机引入的冷风换热，将煅白冷却至 100℃以下，空气预热后送入回转窑，以提升能源的利用。

5.4.1.3 清洁要求

5.4.1.3.1 回转窑煅烧产生的高温烟气，在预热器内与白云石进行热交换，烟气温度降至 210℃以下，进入除尘器后经引风机进入烟囱排空，排放须符合 GB 25468 的要求。

5.4.1.3.2 回转窑除尘器除尘灰在排放和转运过程中避免洒落。煅烧除尘灰可作为脱硫添加剂使用。

5.4.2 制球工序

5.4.2.1 工艺要求

5.4.2.1.1 煅白经冷却器冷却后，由物料传送装置传送至煅白仓备用。

5.4.2.1.2 硅铁经鄂式破碎机破碎至工艺要求尺寸后，由物料传送装置传送至硅铁仓备用。

5.4.2.1.3 萤石粉由物料传送装置传送至萤石粉仓备用。

5.4.2.1.4 煅白、硅铁、萤石粉经电子配料秤称重后经物料传送装置传送至到球磨机，电子秤的测量精度为 5‰。

5.4.2.1.5 经球磨机混合、研磨后的混合粉料，细度要求在 200 目的筛子通过 80%以上，球磨后的粉料经物料传送装置转送至混合料仓。

5.4.2.1.6 配料应按照生产情况进行合理配比，煅白、硅铁、萤石配比宜为 82:16:2。

5.4.2.1.7 料仓的混合粉料通过物料传送装置传送至压球机，经压球机压制成球团后，再经过电振筛分，筛分后的球团送往还原工序。

5.4.2.1.8 压球机运行过程中，应合理给料，避免下料量过大或混入某种块状金属，造成主机噎机。压球机返回料应不大于 20%，不准夹带球团。

5.4.2.1.9 从微机配料，至粉料研磨，到压球机制球，包括其中各类物料输送传送装置，建议完善自动化集中控制系统，使制球工序实现自动化配料、一键停启、相关设备连锁运营、故障预警、运行参数自动修正等，以期提升制球工序的自动化操作水平。

5.4.2.2 节能要求

5.4.2.2.1 配料应按照合理的工艺要求进行配比，提供材料的综合利用率，提升成品率，降低能耗。

××/T ×××××—××××

5.4.2.2.2 物料传送应均匀给料，避免设备超负荷运行造成停工或影响生产效率。

5.4.2.2.3 与球磨机、压球机等大型设备所关联的相关输送装置的停启应与主设备同步，降低能耗。

5.4.2.2.4 球磨机宜采用 10kV 高压电机驱动，以减少因低压配电运行造成的电耗损失。淘汰能效不达标的用电设备。

5.4.2.2.5 检查经球磨机研磨后的物料细度，避免因球磨细度不合格造成废品，影响能耗。

5.4.2.3 清洁要求

5.4.2.3.1 物料的破碎、混合以及传运过程应配置粉尘回收装置，避免粉尘和颗粒物的外散。

5.4.2.3.2 制备工序应配备 3 套除尘系统，分别在硅铁破碎处、微机配料处、球磨机和压球进出料处，设粉尘回收装置。

5.4.3 还原

5.4.3.1 工艺要求

5.4.3.1.1 从还原罐破真空开炉算起，至将球团按工艺要求装入还原罐抽真空密封后至下一个破真空开炉止，为还原炉的一个生产周期，称为还原周期。直径 370 mm 的还原罐每个还原周期一般为 12 小时。

5.4.3.1.2 还原温度一般为 $1250^{\circ}\text{C}\pm 10^{\circ}\text{C}$ ，根据生产装备适当调整工艺，保证粗镁的质量和产量。

5.4.3.1.3 还原真空系统空载运行时真空度要求 3Pa 以内，还原罐装料后要求预抽 15 分钟内达到 10Pa 并切换到主抽，主抽运行 1 小时后达到并保持在 5Pa~13Pa 之间。

5.4.3.1.4 还原真空系统使用真空射流泵的，射流水循环系统的上水温度应不大于 24°C ，通过冷却塔为射流循环水降温。循环水的水压在 0.05Mpa~0.15Mpa 之间，射流平台蒸汽压力不小于 0.5Mpa，锅炉蒸汽压力不小于 0.65Mpa。

5.4.3.1.5 煤气压力应大于 1000pa，正常运行保持 1500 pa。空气压力为煤气压力的 1.2 倍~2 倍。

5.4.3.1.6 无论还原周期多长，除装出炉用时后，还原罐内球团料有效还原时间不少于 9 小时。即装出炉时间不超过 3 小时。

5.4.3.1.7 装双层挡火板，要放正摆直，以阻挡粉尘和热辐射。

5.4.3.1.8 装结晶器前清理水夹套结渣及粉尘，结晶器要装到位(与还原罐接触)，草绳要扎严，十字板要放正且要牢实，然后摆放钾钠捕集器。

5.4.3.2 节能要求

5.4.3.2.1 按时出镁，分组开罐，以确保还原罐的利用效率，提升能效。

5.4.3.2.2 出镁时要有专人灭火，碎镁要及时回收，把镁损耗降到最低限度。

5.4.3.2.3 还原炉须加装蓄热体，以期达到节能效果。

5.4.3.3 清洁要求

5.4.3.3.1 应平稳开启真空泵预抽，以免将大量粉尘吸入主抽真空系统。

5.4.3.3.2 扒渣后还原罐内罐壁清理要彻底，不得挂渣、避免罐壁结渣，避免出现粘罐。

5.4.3.3.3 装料前地面要清扫干净，以便洒落料回收。

5.4.3.3.4 封罐前检查胶垫是否有损伤或有无弹性，大盖及罐口密封面要清理干净。

5.4.3.3.5 开炉破真空后，要及时启动炉前除尘装置，收集和处置扒渣和装料时的无组织烟尘。

5.4.4 精炼及浇铸

5.4.4.1 工艺要求

××/T ×××××—××××

- 5.4.4.1.1 将还原工序获得的粗镁装入精炼坩埚炉进行精炼，精炼后采用镁液泵或采用吊运装置将镁液转入铸造系统中，经连铸机浇铸后制得镁锭。
- 5.4.4.1.2 铸造完成后，精炼沉淀的精炼渣应经过打渣工序进行二次提取残余镁后，再倒入废渣槽。
- 5.4.4.1.3 精炼过程使用的熔剂应符合表 2 的规定。

表 2 熔剂分类及组分

覆盖溶剂、底溶剂		精炼溶剂、搅拌添加	撒粉溶剂、灭火溶剂
组分	含量（质量分数）		
MgCl ₂	>38%	90%~94%覆盖溶剂 + 6%~10%的CaF ₂	75%~80%覆盖溶剂 + 20%~25%的硫磺粉
KCl	35~40%		
NaCl	7~10%		
CaCl ₂	6~10%		
BaCl ₂	5~10%		
MgO	≤2%		

- 5.4.4.1.4 粗镁的熔化温度宜控制在 700℃~760℃，精炼温度宜控制在 710℃~740℃，精炼过程静置时间宜不小于 20min，静置和浇铸温度宜为 680℃~700℃。
- 5.4.4.1.5 精炼过程煤气压力不小于 1500Mpa，空气压力为煤气压力的 1.2 倍~2 倍。
- 5.4.4.1.6 精炼过程应控制熔剂的使用，精炼每吨镁的使用总量宜不大于 90Kg。
- 5.4.4.1.7 坩埚升温至 500℃~600℃时，加入底溶剂 100Kg 左右。粗镁添加前宜进行预热，以减少粗镁入炉后的温降。
- 5.4.4.1.8 粗镁熔化后用搅拌机搅拌精炼，同时加入精炼熔剂，精炼时间约 20 分钟左右，精炼过程中应有专人灭火。
- 5.4.4.1.9 精炼后将熔镁温度升至 740℃，静置降温到 680℃~700℃，静置时间不低于 20 分钟，然后移液到保温锅开始浇铸。
- 5.4.4.1.10 镁铸锭铸造前，应对模具进行预热，预热温度为 80℃~120℃，然后用硼砂、滑石粉和玻璃混合液进行喷涂，以保证镁锭外表光洁。
- 5.4.4.1.11 经过精炼工序精炼得到金属镁锭，镁锭按需方要求可进行酸洗或打磨处理。

5.4.4.2 节能要求

- 5.4.4.2.1 精炼炉应配置余热回收装置。
- 5.4.4.2.2 各类相关设备应设置连锁停启，杜绝不投运的设备空载运行。

5.4.4.3 清洁要求

- 5.4.4.3.1 镁液浇铸完成后余下的沉淀渣里面还有部分镁珠与沉淀物混合在一起，需进行提取。
- 5.4.4.3.2 每个交接班都应对坩锅进行清洗，去除锅壁杂物，保证镁锭内质。
- 5.4.4.3.3 在浇铸过程中对将要流入模具的着火物等杂质要及时剔除，保证镁锭不出现夹渣、夹杂现象。镁液的注入量要适当，保证镁锭重量不出现大的误差。

5.5 产品质量

生产的原镁铸锭应符合GB/T 3499的规定。

5.6 能耗

镁冶炼能耗应符合GB 21347的规定。

5.7 废弃物排放

除5.4规定的废弃物排放要求外，镁冶炼的所有工序均应控制废弃物的排放。

5.8 安全生产

镁冶炼安全生产应符合GB 29742的规定。

6 联合硅热法

6.1 工艺流程

联合硅热法的工艺流程图见图2。

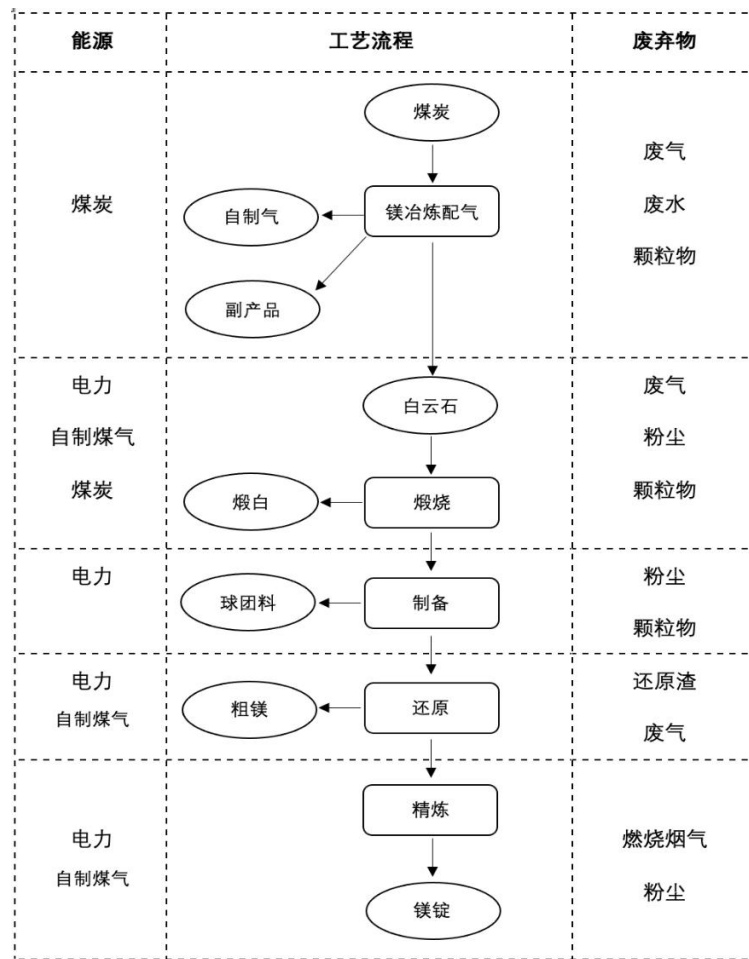


图2 联合硅热法工艺流程图

6.2 原材料质量要求

6.2.1 制气用煤

制气用煤应采用GB/T 5751-2009中规定的烟煤编号为11至16的煤。

6.2.2 白云石、煅白、硅铁、萤石

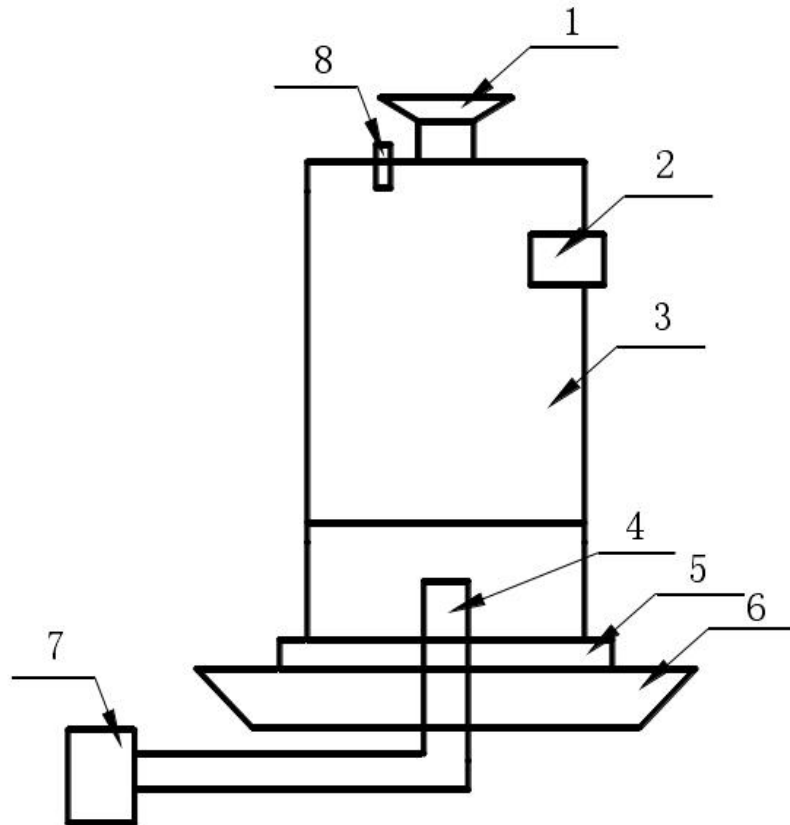
白云石、煅白、硅铁、萤石的质量应符合5.2的规定。

6.3 设备

6.3.1 制气工序设备

6.3.1.1 煤气发生炉

煤气发生炉是将煤炭直接转化为可燃性气体的生产设备。将符合气化工艺指标的煤炭筛选后，加入到煤气发生炉内，从炉底鼓入自产蒸汽与空气混合气体做为气化剂，煤炭在炉内经物理、化学反应，生成可燃性气体的一种制气装置。煤气发生炉示意图见图3。



标引序号说明：

- 1——装料口；
- 2——煤气排出管道；
- 3——煤气发生炉主体；
- 4——进风管道；
- 5——灰道；
- 6——灰盘；
- 7——风机；
- 8——搅拌孔。

图3 煤气发生炉示意图

6.3.1.2 半焦炉

××/T ×××××—××××

半焦炉根据炉内碳化室形状分为低阶煤高温热解圆型半焦炉（以下简称圆型半焦炉）、低阶煤中低温热解方型半焦炉（以下简称方型半焦炉），其类型、炉型代号及技术参数应符合表3的规定。需方有其他炉型（如单座半焦炉产能15万吨/年、20万吨/年等）需要时，由供需双方协商确定，按照入炉煤粒度和数量增设碳化室，单座半焦炉产能应不低于7.5万吨/年。

表 3 类型、炉子代号及技术参数

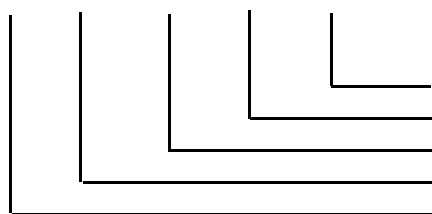
类型	炉型代号	技术参数					
		吨煤产气	单炉半焦产能 ^a	碳化室数量	碳化室形状	单个碳化室尺寸 ^b	炉体外部尺寸 ^c
圆型半焦炉	BJL-G-Y-10-6	1000Nm ³	10万吨/年	6个	圆型	干馏段内径2.2m	长12m×宽8m
	BJL-G-Y-15-8		15万吨/年	8个	圆型	干馏段内径2.2m	长16m×宽8m
方型半焦炉	BJL-Z-F-7.5-8	600Nm ³	7.5万吨/年	8个	方型	长3m×宽0.59m	长12m×宽4.5m
	BJL-Z-F-10-10		10万吨/年	10个	方型	长3m×宽0.59m	长16m×宽4.5m

^a 单座半焦炉产能核算按附录A规定进行。其他单炉产能炉型的碳化室数量或有差异，单个碳化室内截面积相同。
^b 圆型半焦炉碳化室高度一般为10.5m，方型半焦炉碳化室高度一般为9m。
^c 由于附属设施（如炉顶煤仓、煤气导出系统，底部出焦、VOCs收集系统的配置等）设计存在差异，半焦炉总高略有不同，圆型半焦炉总高约39m，方型半焦炉总高约36m。

6.3.1.2.1 型号标记

半焦炉的型号按照工艺类型、工艺特点、炉内形状、半焦产能和碳化室数量进行标记，见图1。

BJL — G/Z — Y/F — 10 — 6



表示碳化室数量，“6”代表6个碳化室

表示半焦产能，“10”代表10万吨/年

表示炉内形状，“Y”代表圆型，“F”代表方型

表示工艺特点，“G”代表高温热解工艺，“Z”代表低温热解工艺

表示工艺类型，“BJL”代表半焦炉

图 4 半焦炉的型号标记方式

6.3.1.2.2 工艺原理

入炉煤从进料系统进入碳化和制气系统，在一定温度下经过碳化室的“预热段、干馏段、熄焦段”三段，热解反应主要在干馏段，产生低阶煤热解煤气，热解煤气经煤气导出系统收集并处理后，供镁冶炼作为生产燃料，出料系统统一收集产出的半焦和煤焦油，工艺特点如下：

——圆型半焦炉的干馏段热解温度900℃~1280℃，不使用回炉煤气，吨煤产气1000Nm³；吨煤出焦率62%~65%；吨煤出油率6.2%~6.5%，产出煤焦油为黑色。

××/T ×××××—××××

——方型半焦炉的干馏段热解温度600°C~800°C，使用回炉煤气，吨煤产气600Nm³；吨煤出焦率65%~68%；吨煤出油率6.5%~6.8%，产出煤焦油为褐红色。

6.3.2 一般要求及其他设备

一般要求及其他设备要求应符合5.2的规定。

6.4 工艺要求

6.5 制气工艺

6.5.1 过程控制

6.5.1.1 煤气发生炉

煤气发生炉生产的煤气质量应符合GB/T 13612的规定。

6.5.1.2 低阶煤高温热解煤气装置

低阶煤高温热解工艺装置生产的低阶煤高温热解煤气应符合T/ CNIA 0069-2020的规定。

6.5.2 节能要求

6.5.2.1 制气工序电机等用电设备应达到二级能效水平。

6.5.2.2 制气工序应配置余热回收利用装置，实现节能降耗。

6.5.2.3 制气工序应严控制气工艺温度，工艺温度应符 T/ CNIA 0069-2020 的规定。

6.5.3 清洁要求

6.5.3.1 制气工序应配置 VOCs 回收装置，宜采用回炉焚烧或专用处理装置处理，排放应符合 GB 16297 的规定。

6.5.3.2 制气工序产生的工业废水处理采用焚烧或其他有效处理方式，方案应符合 HJ 2022 的规定。采用生化处理后的水质应符合 GB 25468 的规定；采用焚烧处理后的尾气排放应符合 GB 16297 的规定。

6.5.3.3 制气工序备料生产过程中破碎、筛分、输送、存储等环节应采取封闭抑尘除尘措施。

6.5.3.4 筛选产生的矸石等应按照相关固废的处置要求进行处置，宜采用回填等处理措施。

6.6 煅烧、制备、还原、精炼

煅烧、制备、还原、精炼工艺要求应符合5.4的规定。

6.7 产品质量

同5.5。

6.8 能耗

同5.6。

6.9 废弃物排放

同5.7。

6.10 安全生产

同5.8。

7 电解法

7.1 电解镁的工艺流程

7.2 工艺流程

电解法的工艺流程图见图6。

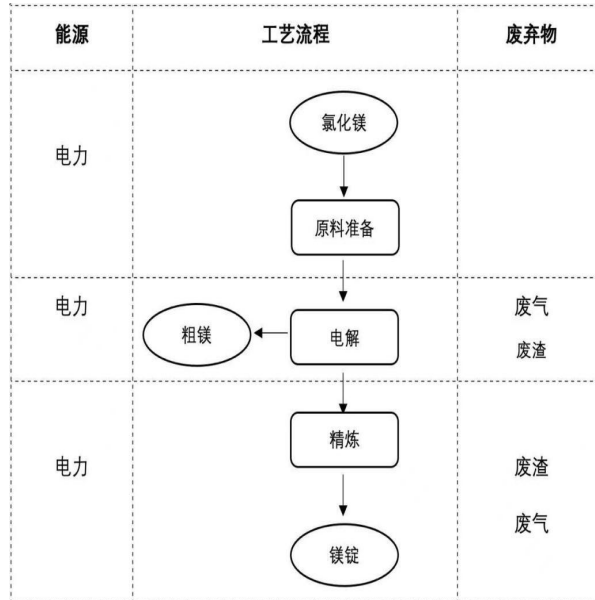


图 4 电解法工艺流程图

7.3 原材料质量要求

7.3.1 氯化镁

7.3.1.1 氯化镁应符合 GB/T 672 的规定。

7.3.1.2 熔融态氯化镁应符合表 3 的规定。

表 3 熔融态氯化镁

组分	含量（质量分数）%
MgCl ₂	≥98.0%
MgO	0.5%
Fe	0.01%
Ti	0.008%
其他	1.65%

7.3.2 氯化钠

氯化钠应符合GB/T 5462的规定。

7.3.3 氯化钙

氯化钙应符合GB/T 26520的规定。

7.3.4 氟化钙

××/T ×××××—××××

氟化钙应符合GB/T 27804的规定。

7.4 设备要求

7.4.1 一般要求

7.4.1.1 企业生产设备应按照 GB 5083 进行设计制造，并符合 GB/Z 2、GB 12348、GB 3095 的要求。

7.4.1.2 生产现场设备设施要按照国家有关规定设置安全防护装置，不应擅自拆除和损坏。

7.4.1.3 生产车辆要遵守 GB 4387 的规定，进入生产现场时要注意周围设备设施的人员情况，要限速行驶，不得争抢道路，非生产车辆不应进入生产现场。

7.4.2 电解槽

电解槽是电解法炼镁的关键设备之一，它的结构形式、性能直接影响产品的成本、能耗等各项技术经济指标。目前，工业生产金属镁使用的电解槽槽型分为：有隔板槽、无隔板槽、多极槽三种。传统的有隔板槽存在电耗高、所产氯气浓度低、泄漏氯气多、环境污染严重、工人劳动强度大等缺点，现已被淘汰。多极槽主要应用于配套海绵钛生产的镁电解系统，其特点是直流电耗较低，但对电解原料——熔融氯化镁质量要求高。无隔板电解槽，相比与传统的有隔板电解槽，具有电解槽密封性好、回收氯气浓度较高，直流电耗较低等优点，这些突出的优势使得无隔板电解槽在电解镁工业生产中得到快速的应用。

7.4.3 氯压机

镁电解槽在电流的作用下电解出镁及氯气，镁液通过电解质循环在集镁室富集，氯气在电解室上方富集，通过氯气罩支管输送至下一道工序，氯压机就是控制产出氯气的浓度的装置。

7.4.4 布袋除尘器

同5.3.2.6。

7.4.5 洗涤塔

从镁电解槽产出的氯气含有较多的挥发性氯化物粉尘，先通过重力除尘器和袋式除尘器除去多数粉尘后(干法除尘)，再通过硫酸洗涤塔，用硫酸循环洗涤进一步除去氯气中的粉尘和水分(湿法除尘)。经氯气压缩机加压后，正常送氯化工序进行氯化反应；在异常情况下，切换到废气吸收工序，或切换到氯气液化工序液化成液氯贮存，实现氯气循环利用。

7.4.5.1 精炼坩埚

同5.3.7.1。

7.4.5.2 镁液泵

同5.3.7.2。

7.4.5.3 连铸机

同5.3.7.3。

7.5 过程控制

7.5.1 原料准备

7.5.1.1 海绵钛配套镁电解工艺

××/T ×××××—××××

用于生产海绵钛的氯化镁应为熔融态，质量要求应符合7.3.1的规定。其他原材料可采用固体原料，原料质量应符合7.3.2~7.3.4的规定。其原材料入炉前宜定期进行检验，保证原材料质量。

7.5.1.1.1 盐湖提镁电解工艺

7.5.1.1.1.1 将含镁盐湖物料中的固体物质采用热盐水进行溶解，以制得第一精制液。

7.5.1.1.1.2 将第一精制液与氯化钡溶液混合，除去第一精制液中的硫酸根，以制得第二精制液。

7.5.1.1.1.3 将第二精制液通过无机膜进行过滤，以制得第三精制液。制得的精制液中的硫酸根离子的含量应低于 20ppm，硼含量应低于 1ppm。

7.5.1.1.1.4 将精制终液移至脱水储罐中，通过脱水、中和等操作得到浓缩精制终液。将浓缩精制液移至分离器中进行分离处理，最终获得无水氯化镁颗粒，该颗粒即为盐湖提镁用的原料。

7.5.2 电解工序

7.5.2.1 工艺要求

7.5.2.1.1 将氯化钠、氯化镁和氯化钙按工艺要求配比后，在坩锅炉内进行融化并加入电解槽内，融化温度宜为 650°C~700°C。

7.5.2.1.2 通入直流电，电解质中的氯化镁在直流电作用下进行电解反应，分别在阴极和阳极生成镁和氯气，直流电流宜根据工艺选择合适的电流参数。

7.5.2.1.3 电解生成的液态金属镁在集镁室汇集，采用倒流泵或者虹吸等方式将集镁室的镁液导入专用的转运抬包。

7.5.2.1.4 将收集好的镁液转运至精炼工序或直接用于海绵钛等还原工序。

7.5.2.1.5 电解产生的氯气经专用管路进行收集，氯气经净化、压缩后转运至氯气液化工序液化收集或转运至海绵钛氯化生产工序使用。

7.5.2.2 节能要求

7.5.2.2.1 电解过程宜根据生产工艺需求适时补充氯化镁电解液以及氯化钙、氯化钠电解质。一般宜在 2h~6h 进行一次电解质成分检测，确保电解质的配比合理，提升生产效率。

7.5.2.2.2 电解槽应配置良好的密封盖，减少氯气溢出，降低氯气浪费。

7.5.2.2.3 定期查看电解槽的温度，避免炉温过高造成电能浪费和镁氧化等浪费。

7.5.2.2.4 电解槽收集的稀渣应进行回收处理，提升电解质利用率。

7.5.2.3 清洁要求

7.5.2.3.1 电解槽应配置良好的密封盖，减少氯气溢出，降低氯气对环境的影响。

7.5.2.3.2 用于处理氯气的硫酸应经专业机构回收，避免直接中和处理，提升资源利用。

7.5.2.3.3 镁冶炼废渣应按照 YS/T 《镁冶炼渣回收处置处理规范》规定进行处置。

7.5.2.3.4 阳极升华物溶解产生的废气、真空系统产生的废气以及泄漏的氯气统一输送至尾气净化系统中，经处理合格后排放至大气。

7.5.3 精炼及铸造

同5.4.4。

7.6 产品质量

同5.5。

7.7 能耗

××/T ×××××—××××
同5.6。

7.8 废弃物排放

同5.7。

7.9 安全生产

同5.8。
