

团 体 标 准

T/ZAWS 001—2023

钹铁硼磁材生产工艺安全规范



2023 - 08 - 28 发布

2023 - 08 - 29 实施

浙江省安全生产协会 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 生产工艺通用要求	3
5 原料加工工艺安全	4
5.1 原料剪切	4
5.2 原材料表面处理	4
6 熔炼与速凝铸片工艺安全	4
6.1 真空速凝炉安全条件	4
6.2 熔炼与速凝铸片过程作业安全	5
7 氢破工艺安全	5
7.1 氢破炉安全条件	5
7.2 氢破过程作业安全	6
8 制粉工艺安全	6
8.1 制粉工艺设备安全条件	6
8.2 制粉过程作业安全	7
9 成型工艺安全	8
9.1 成型工艺设备安全条件	8
9.2 成型过程作业安全	8
10 烧结工艺安全	9
10.1 烧结工艺设备安全条件	9
10.2 烧结过程作业安全	9
11 机加工工艺安全	10
11.1 机加工设备安全条件	10
11.2 机加工过程作业安全	10
附录 A（资料性） 钕铁硼磁材生产工艺流程	11
附录 B（资料性） 生产工艺各环节主要风险辨识	12
附录 C（资料性） 钕铁硼磁材生产工艺个体防护装备配备	14

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。

本文件由浙江省安全生产协会提出并归口。

本文件起草单位：宁波杭州湾新区杭培安全技术有限公司、宁波复能稀土新材料股份有限公司、宁波金轮磁材技术有限公司、宁波合力磁材技术有限公司、慈溪市兴发磁业科技有限公司、北京国石安康科技有限公司、宁波前湾新区应急管理局、慈溪市消防救援大队。

本文件主要起草人：王有权、何阳宇、金东杰、吴定宇、仇浙长、俞存才、向辉、许水章、鲁燕、毛春燕、李忠裕、沈学辉、蔡燕儿、胡镭勤、聂冬根。



钕铁硼磁材生产工艺安全规范

1 范围

本规范规定了使用镨钕、铈、硼铁、钆铁、镝铁、钽铁等稀土金属为主要生产原料，通过抛丸、熔炼、速凝铸片、氢破、制粉、成型、烧结、机加工等工艺生产制造烧结钕铁硼永磁材料毛坯的安全技术要求，包括生产设备的基本安全条件、工艺安全、作业安全等内容。成品烧结钕铁硼永磁材料电镀工艺生产制造过程不适用本规范。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的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，仅该日期对应的版本适用于本文件；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 2894 安全标志及其使用导则
- GB 4053.1 固定式钢梯及平台安全要求 第1部分：钢直梯
- GB 4053.2 固定式钢梯及平台安全要求 第2部分：钢斜梯
- GB 4053.3 固定式钢梯及平台安全要求 第3部分：工业防护栏杆及钢平台
- GB 4962 氢气使用安全技术规程
- GB 6077 剪切机械安全规程
- GB 15577 粉尘防爆安全规程
- GB 24390 抛(喷)丸设备 安全要求
- GB 28241 液压机 安全技术要求
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50054 低压配电设计规范
- GB 50058 危险环境电力装置设计规范
- GB 50169 电气装置安装工程接地装置施工及验收规范
- GB 50316 工业金属管道设计规范
- GB 39800.1 个体防护装备配备规范 第1部分：总则
- GB 39800.3 个体防护装备配备规范 第3部分：冶金、有色
- GB/T 2893.5 图形符号 安全色和安全标志 第5部分：安全标志使用原则与要求
- GB/T 3811 起重机设计规范
- GB/T 6067.1 起重机械安全规程 第1部分：总则
- GB/T 6067.5 起重机械安全规程 第5部分 桥式和门式起重机
- GB/T 8196 机械安全 防护装置 固定式和活动式防护装置的设计与制造一般要求
- GB/T 10067.3 电热装置基本技术条件 第35部分：中频真空感应熔炼炉
- GB/T 13560 烧结钕铁硼永磁材料
- GB/T 15676 稀土术语
- GB/T 23588 钕铁硼生产加工回收料
- GB/T 33000 企业安全生产标准化基本规范

- GB/T 34494 氢破钕铁硼永磁粉
- GB/T 35528 低温液化气体安全指南
- GB/T 37752.1 工业炉及相关工艺设备 安全 第1部分：通用要求
- GB/T 41118 机械安全 安全控制系统设计指南
- GB/T 50065 交流电气装置的接地设计规范
- GB/T 50493 石油化工可燃和有毒气体检测报警设计标准
- TSG 08 特种设备使用管理规则
- TSG 23 气瓶安全技术规程
- AQ 4273 粉尘爆炸危险场所用除尘系统安全技术规范
- JB/T 5317 环链电动葫芦
- JB/T 6584 磁性材料液压机 技术条件
- JB/T 6898 低温液体贮运设备使用安全规则
- JB/T 12077 建筑施工机械与设备 钢筋切断机
- JB/T 12176 对喷式气流磨
- DB33/T 707 工贸企业受限空间作业安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

速凝铸片

永磁合金钢液浇注到旋转的水冷铜辊上而迅速凝固形成的薄片，厚度一般约(0.2~0.5)mm。

3.2

氢破钕铁硼永磁粉

钕铁硼合金在一定压力下吸氢脱氢反应而破碎形成的粉末。

3.3

熔炼与速凝铸片工艺

在真空状态下对稀土磁材相关配份中的金属材料进行熔炼，熔炼后形成的金属熔液通过冷却辊轮生产速凝铸片，也叫甩带工艺。

3.4

氢破工艺

将钕铁硼速凝薄片合金装入不锈钢容器，抽真空，充高纯氢气(一般99.999%)以后，钕铁硼合金片吸氢形成氢化物后使合金片爆裂，吸氢饱和后排放氢气，然后升温加热、抽真空脱氢，脱氢结束后充氩气并在容器外喷冷却水冷却，最后出炉氢破钕铁硼永磁粉的制造工艺。

3.5

制粉工艺

将高纯氮气加压形成高速气流，通过气流磨喷嘴射入磨室内，使物料流态化且在喷嘴交汇处产生对撞破碎，经分选达到规定大小的粉末颗粒，然后按照生产工艺需求进行配制、混合、筛粉等处理过程称为制粉工艺。

3.6

成型工艺

将磁粉装入模具中，在氮气密封保护下，经外加磁场取向，再经压制成型的过程。

3.7

烧结工艺

在真空或高纯氩气保护状态下，将压制成型的料坯加热到工艺温度，使粉末冶金压坯反应凝结成合金，再经炉内鼓风冷却出炉，此过程为烧结工艺。压坯烧成后，再经时效处理，同属于烧结工艺的一部分。

3.8

料罐

使用不锈钢材质焊接成型用于盛放磁粉的容器，用于上料过程的料罐称作上料罐，用于接取磁粉的料罐称作接料罐，其他环节使用时称作料罐。

3.9

应急供水设施

是指双回路供电、可自动转换的柴油发电机，或者高位水塔（箱、池）等通过重力自流作用实现应急供水的设施。

3.10

钕铁硼生产加工回收料

钕铁硼生产、加工过程中产生的磨泥、料皮、料头、粉料、炉渣、报废品等，该物料经除杂加工后可再次提取稀土等有价元素。

4 生产工艺通用要求

4.1 企业应根据钕铁硼磁材生产工艺流程（见附录 A），从设备、操作、工艺控制等方面开展安全风险辨识（见附录 B），制定并落实对应的风险防控措施。

4.2 生产工艺区域、设备应根据安全风险辨识情况按照 GB 2894 要求张贴相应安全标志。

4.3 使用氩气、氮气、氢气的生产区域应按照 GB 50019 的要求设置局部或全面排风装置；在生产过程中可能发生泄漏造成环境缺氧且有人员进入活动的场所应按照 GB/T 50493 的要求设置氧气探测器；在可能泄漏氢气的氢破炉上方及配气柜内部按照 GB/T 50493 的要求设置可燃气体探测器。企业每年应委托有资质的机构对探测器进行检定。

4.4 生产过程中各类工业管道的设置应符合 GB 50316 的要求，属于压力管道的还应符合 GB/T 20801.1-6 等规范要求，工业管道的识别色、识别符号和安全标识应符合 GB 7231 的要求。充入料罐内的保护气体管道应标注颜色和具体气体的名称。

4.5 为生产工艺配套设置的氢气供气站应符合 GB 4962 的要求、低温液体储罐应符合 GB/T 35528、JB/T 6898 等规范的要求。

4.6 除真空速凝炉和真空烧结炉外其他生产过程使用的各类电气设备应按照 GB 50169 的要求接地，接地电阻应符合 GB/T 50065 的要求。

4.7 生产过程使用的各类机械设备危险部位应设置安全防护装置，安全防护装置应符合 GB/T 8196、GB/T 41118 等规范的要求，作业前应检查确认防护装置的有效性。

- 4.8 生产过程使用的起重机吊具、索具应按照 GB/T 3811 的要求选取，用于固定料罐的吊绳、吊具等应每班进行检查，如发现有断股、磨损等情况应停止作业进行更换。
- 4.9 生产过程中各工艺设备附属的工业梯台应符合 GB 4053.1-3 等规范要求。
- 4.10 生产过程中氢破工艺、制粉工艺、成型工艺区域应按照建筑面积每 50m² 配置不少于 2 具 D 类灭火器、沙子 1m³。
- 4.11 制粉作业、混粉作业、筛粉作业、氢破作业、成型作业应指定专人操作，操作人员应接受本岗位专项安全培训并经过现场实操考核合格后方可独立操作。
- 4.12 生产过程中的制粉工艺、熔炼与速凝铸片工艺、氢破工艺、成型工艺等生产区域应安装视频监控，监控信号应接入控制室，视频图像存储时间不应少于 30 天。
- 4.13 生产过程中各工艺岗位人员应按照岗位风险辨识情况佩戴相应的劳动防护用品（见附录 C）。

5 原料加工工艺安全

5.1 原料剪切

5.1.1 剪切设备安全条件

- 5.1.1.1 剪切机设备的安全防护措施应符合 JB/T 12077 的要求。
- 5.1.1.2 剪切机送料床应设置安全防护网。
- 5.1.1.3 剪切机剪切部位应设置防止误触碰的安全光栅或其它保护装置。
- 5.1.1.4 剪切液压系统应设置防止过载和冲击的安全装置。
- 5.1.1.5 使用脚踏开关的应设置防护罩，防止设备误动作。

5.1.2 剪切作业安全

- 5.1.2.1 金属屑剪切机周边不应堆放可燃、易燃物品。
- 5.1.2.2 作业前应对送料床安全防护网的牢固性进行检查，检查合格后方可进行操作。
- 5.1.2.3 作业前应对剪切部位安全防护装置进行检查，检查合格后方可进行操作。

5.2 原材料表面处理

5.2.1 抛丸设备安全条件

- 5.2.1.1 抛丸设备的安全防护措施应符合 GB 24390 的要求。
- 5.2.1.2 抛丸过程产生可燃粉尘的，其配套的除尘器应满足 GB 15577 和 AQ 4273 等规范的要求。

5.2.2 抛丸过程作业安全

- 5.2.2.1 作业前应对防护门连锁装置的有效性进行检查，检查合格后方可进行操作。
- 5.2.2.2 作业前应对设备密闭性进行检查，检查合格后方可进行操作。
- 5.2.2.3 定期应对设备内部防护及观察窗的磨损程度进行检查，磨损严重的应停止作业。
- 5.2.2.4 抛丸机配套的除尘系统粉尘收集桶应每班进行清理。
- 5.2.2.5 喷砂作业结束后，应清理地面上的弹丸。

6 熔炼与速凝铸片工艺安全

6.1 真空速凝炉安全条件

- 6.1.1 真空速凝炉炉体及配电柜应独立设置保护接地装置，接地电阻应小于 4Ω。

- 6.1.2 真空速凝炉应设置可自动转换的柴油发电机作为应急电源。
- 6.1.3 真空速凝炉的水冷系统若是闭路循环系统，应设置出水温度、进出水流量差监测报警装置；若是开路系统，则应设置进水流量、压力监测报警装置，且应监测出水温度。
- 6.1.4 真空速凝炉的水冷系统应设置应急供水设施，当水冷系统停止工作时，应能自动启用应急供水设施。
- 6.1.5 真空速凝炉的水冷系统应设置快速切断阀等防止冷却水大量进入炉内的安全设施。
- 6.1.6 对额定容量为 0.5t 及以上的真空速凝炉应设置漏炉报警装置和电源紧急切断的联锁措施。
- 6.1.7 真空速凝炉应设置抽氩气、充空气后方可开炉的联锁措施。

6.2 熔炼与速凝铸片过程作业安全

- 6.2.1 使用金属铈配料时，应轻拿轻放，严禁撞击。
- 6.2.2 每班作业前应对漏炉、漏水报警装置、温度、压力、流量检测装置、水冷电缆等装置进行检查，无异常方可作业。
- 6.2.3 每班作业前应对坩埚和中间包进行检查，无异常方可作业。
- 6.2.4 装料容量应在真空速凝炉设计容量范围内，严禁超量装料。
- 6.2.5 装料前应检查工作环境，确保周边无障碍物后方可作业。
- 6.2.6 装料时湿料严禁直接加入坩埚，防止炉料架空搭桥。
- 6.2.7 关合炉盖时应确认无人员在炉盖和升降平台上。
- 6.2.8 充氩前应先抽真空烘烤坩埚及炉料。
- 6.2.9 熔炼过程如坩埚存在打火现象应停止运行。
- 6.2.10 定期检查炉衬的状况(炉衬厚度的变化、有无裂缝等)，经常观察漏炉监视信号的变化等。
- 6.2.11 真空速凝炉炉门开启区域应设置明显的警示标志，正常运转期间确保防爆链条本体完好并固定牢固。
- 6.2.12 真空速凝炉出料阶段应强制通风，经检测氧气浓度在 19.5%-23.5%范围内方可进入。
- 6.2.13 设有工艺地坑的真空速凝炉，应按照 GB/T 50493 的要求安装氧气探测器，进入地坑前应先确认地坑氧气浓度在 19.5%-23.5%范围内方可进入。
- 6.2.14 作业区域设备表面温度大于 50℃时应进行隔热处理。
- 6.2.15 真空速凝炉设备本体及附属设施出现焊缝开裂、腐蚀、破损、衬砖损坏、壳体发红及明显弯曲变形等情况时应停止运行。

7 氢破工艺安全

7.1 氢破炉安全条件

- 7.1.1 氢破炉厂房应设置气楼或者安装排风装置，氢破炉上方及配气柜内部应按照 GB/T 50493 的要求安装氢气探测器并与排风机联锁，地面 6m 以上区域设置的电气应使用防爆等级为 II 类，C 级，T1 组别的防爆电气。
- 7.1.2 氢破炉应设置安全泄压阀、爆破片等卸压装置，泄放的气体应通过管道排放到室外并挂牌。
- 7.1.3 氢破炉氢气管道应安装氢气流量计、氢气减压器、数显式压力表和真空压力手动球阀，总管道上应设置自动切断阀并与氢气探测器联锁。
- 7.1.4 氢气管道和阀门材料应为 304 不锈钢材质或性能更优的材质，连接应采用焊接方式。
- 7.1.5 氢破炉冷却水、压缩空气、氮气、氩气等压力设置应满足厂家设备使用说明书的要求，各类管

道进口阀后应安装压力表，各种气体管道与设备连接不得有泄漏。

7.2 氢破过程作业安全

- 7.2.1 启炉前应对氢气供气瓶和管道进行确认，防止将其它气体误通入炉中。
- 7.2.2 生产过程中配气柜、车间内部氢气探测器报警时，应切断供氢管道的阀门。
- 7.2.3 吸氢结束后氢破炉管道手动切断阀应关闭。
- 7.2.4 生产过程中如果发现氢破炉有氢气泄漏、超压报警、超温报警情况应停止运行设备。
- 7.2.5 定期对氢破炉炉体、配气柜、氢气、保护气体、冷却水管道及阀门进行检查。
- 7.2.6 氢破炉设备本体及附属设施应定期进行检查，出现焊缝开裂、腐蚀、破损及明显弯曲变形等情况应停止运行。
- 7.2.7 氢破炉及附属管道维护保养前应使用惰性气体置换，作业工具应使用防爆工具。

8 制粉工艺安全

8.1 制粉工艺设备安全条件

8.1.1 气流磨

- 8.1.1.1 气流磨内部应设置氧气浓度检测装置，工艺报警值设置为 300ppm，联锁自动停机的安全报警值设置为 1000ppm。
- 8.1.1.2 为气流磨添加抗氧化剂的容器应使用金属容器且需做好静电接地措施，静电接地电阻不大于 100Ω，自动供应抗氧化剂容器与气流磨之间应使用不低于 6mm²编织铜导线做静电跨接措施。
- 8.1.1.3 气流磨上料罐与料仓之间两道阀门中间管段应设置带有单向阀的排气管和氮气补充管，且排气管口应排向安全区域。
- 8.1.1.4 气流磨下料口与接料罐之间的连接管宜使用金属管，长度超过 30cm 的应使用金属管。
- 8.1.1.5 气流磨磨室与旋风分离器之间使用软管的，软管应使用阻燃、耐高压胶管且其外壁应利用紫铜线进行完整缠绕。
- 8.1.1.6 气流磨下料口、超细粉排放口与接料罐之间的卸料阀应使用双瓣阀。
- 8.1.1.7 下料过程旋风分离器接料罐、超细粉接料罐底部应固定牢固。
- 8.1.1.8 气流磨下料口 5m 外应设置切断下料阀的急停开关。
- 8.1.1.9 保护气体管道过滤器阀门应确保密封性，防止空气进入过滤器内。
- 8.1.1.10 气流磨补充氮气的管道应设置限压阀，压力应设置在 0.4MPa-0.7MPa 之间。

8.1.2 混料机

- 8.1.2.1 混粉作业区域应与其他作业区域使用防火隔墙隔开。
- 8.1.2.2 混料机应密封、充氮气保护，内部保持正压状态，不应漏粉。
- 8.1.2.3 混料机补充氮气管道应设置限压阀，压力应小于 0.1MPa。
- 8.1.2.4 混粉机下料部位应安装振荡器。
- 8.1.2.5 下料口与接料罐之间的连接管宜使用金属管，连接管长度超过 30cm 的应使用金属管。
- 8.1.2.6 下料口部位外侧应使用耐高温材料设置防喷溅防护挡板。

8.1.3 筛粉机

- 8.1.3.1 筛粉机应密封、充氮气保护，内部保持正压状态，不应漏粉。

- 8.1.3.2 筛粉机补充氮气管道应设置限压阀，压力应小于 0.1MPa。
- 8.1.3.3 料罐与筛粉机连接使用的橡胶软管应使用阻燃、耐高压胶管，此部位外侧应使用耐高温材料设置防喷溅防护挡板。
- 8.1.3.4 筛粉机下料过程接料罐底部应固定牢固。

8.2 制粉过程作业安全

8.2.1 制粉过程通用要求

- 8.2.1.1 制粉过程各环节上料罐应设置承重支架或者其他可以承重及固定的措施。
- 8.2.1.2 制粉过程接料罐泄压、阀门开启等过程中作业人员应避开可能喷粉部位，设置防护挡板的应在其防护范围操作。
- 8.2.1.3 作业前应检查输送磁粉的各连接管，发现有老化、开裂、破损情况应更换后方可运行。
- 8.2.1.4 作业过程应检查输送磁粉管道上的卡箍、阀门等部件的密封情况，发现异常应停止运行。
- 8.2.1.5 应定期检查、更换连接管卡箍内的密封胶圈。
- 8.2.1.6 作业过程应检查各类传感器及相关仪表工作情况，发现异常应停止运行。
- 8.2.1.7 已装磁粉的料罐在运输过程中应小心轻放、防火、防撞击、防潮，并附相关标识。
- 8.2.1.8 已装磁粉的料罐应密闭，存放于通风良好的干燥处，与电气线路及电气设施保持足够的安全距离，不应露天放置。

8.2.2 磨粉作业

- 8.2.2.1 气流磨使用前应先充氮气置换。
- 8.2.2.2 上料罐吊装到料仓之前，应先泄压。
- 8.2.2.3 上料罐出料口与下料管对接好之后应使用带密封胶圈的卡箍固定牢固。
- 8.2.2.4 上料罐对接后下料阀开启前，应先将上下阀瓣中间管道充氮气置换 10 秒。
- 8.2.2.5 更换上料罐过程，上料罐与下料管之间的管道先泄压，确认无压力的状况下方可打开卡箍。
- 8.2.2.6 接料罐接料期间，应持续充氮排气。
- 8.2.2.7 自动下料过程中，现场无关人员应远离气流磨下料区。
- 8.2.2.8 下料过程发生喷粉情况，应关闭 5m 外设置的急停开关。
- 8.2.2.9 下料过程接料罐应固定牢固，使用电动地轨车放置接料罐的应有防止误操作导致电车移动的安全措施。
- 8.2.2.10 超细粉处置过程人员应将超细料罐体转移到专设的处置区域，缓慢打开阀门，待全部氧化确认无明火方可进一步处理。
- 8.2.2.11 清洗粉桶内残粉，应充氮气保护，同时使用木锤敲击筒体后再打开阀门接铁桶排出。
- 8.2.2.12 应定期检查保护气体管道过滤器阀门密封性，防止空气进入过滤器内。

8.2.3 配粉作业

- 8.2.3.1 配粉前对接料罐应先充氮气置换，上料罐应先泄压。
- 8.2.3.2 配粉过程中应持续充氮排气。
- 8.2.3.3 给磁粉加抗氧化剂的过程中不应使用塑料容器，并确保静电接地措施完好。

8.2.4 混粉作业

- 8.2.4.1 混粉区域非作业人员严禁进入。

- 8.2.4.2 混料机使用前应先充氮气置换。
- 8.2.4.3 混粉机加料前上料罐应先泄压。
- 8.2.4.4 混粉后分装过程充气下粉，应观察连接管部位，如出现鼓包应停止充气。

8.2.5 筛粉作业

- 8.2.5.1 筛粉机使用前，需充氮气置换。
- 8.2.5.2 筛粉机加料前，加料罐应先泄压。
- 8.2.5.3 筛粉过程中，系统内部应持续充氮排气。

8.2.6 分装作业

- 8.2.6.1 分装料罐在分装前应先泄压。
- 8.2.6.2 分装过程充气下粉，应观察连接管部位，如出现鼓包应停止充气。

9 成型工艺安全

9.1 成型工艺设备安全条件

9.1.1 磁场成型压机

- 9.1.1.1 成型压机上料罐应设置承重支架或者其他可以承重及固定的措施。
- 9.1.1.2 料罐与称重器连接管宜使用金属管，连接管长度超过 30cm 的应使用金属管；如使用软管应使用阻燃、耐高压胶管且其外壁应利用紫铜线进行完整缠绕。
- 9.1.1.3 料罐与称重器连接管外侧应使用耐高温材料设置防喷溅防护挡板。
- 9.1.1.4 料罐补充氮气管道应设置限压阀，压力应小于 0.1MPa。
- 9.1.1.5 成型机内部应设置氧气浓度检测装置，工艺报警值设置为 300ppm，联锁自动停机的安全报警值设置为 1000ppm。
- 9.1.1.6 成型压机取料口应设置防止机械挤压的保护装置。

9.1.2 等静压机

- 9.1.2.1 等静压机在可能接触到模具闭合点的开口部位应设置安全光栅。
- 9.1.2.2 操作人员附近应至少有一个急停按钮。
- 9.1.2.3 等静压机在操作者工作区域内布置的高压油管应设置防护挡板。
- 9.1.2.4 等静压机应具有可靠的超载、超程等安全保护装置。

9.2 成型过程作业安全

9.2.1 磁粉上料作业

- 9.2.1.1 料罐上料前应先泄压，确认泄压后方可上料，下料不畅时使用木锤轻轻振动料罐，严禁使用金属器具对料罐敲打。
- 9.2.1.2 开启下料阀门前，应确认压机内氧含量低于 1000ppm，料罐固定完毕，连接部位密封胶圈、卡箍等连接件正确安装并锁紧，确认完毕后方可缓慢打开下料阀门。
- 9.2.1.3 每班应检查料罐与称重器连接管，发现有老化、开裂、破损情况应更换后方可运行。
- 9.2.1.4 每班应检查连接管上的卡箍、阀门等部件的密封情况，发现异常应停止运行。
- 9.2.1.5 应定期检查、更换连接管卡箍内的密封胶圈。

9.2.2 成型作业

- 9.2.2.1 成型压机使用前应先通氮气置换。
- 9.2.2.2 成型机氧气浓度检测报警发出报警信号，应停止作业。
- 9.2.2.3 成型机运行过程作业人员严禁进入箱体内部进行清理等工作。
- 9.2.2.4 作业完成后应将成型压机及称粉设备内遗留的磁粉清理干净后关机方可离开岗位。
- 9.2.2.5 脱模剂使用过程不应使用塑料容器，并确保静电接地措施完好。

9.2.3 等静压作业

- 9.2.3.1 在加压过程中发现有液压油管漏油现象，应泄压停止运行。
- 9.2.3.2 设备压制、泄压、脱出阶段，严禁人员靠近。

10 烧结工艺安全

10.1 烧结工艺设备安全条件

10.1.1 剥料进炉车

- 10.1.1.1 剥料进炉车上部应装单向排气阀，并确保其畅通。
- 10.1.1.2 剥料进炉车可透视部分 PC 板厚度不低于 6mm。
- 10.1.1.3 剥料进炉车与中间进炉车之间使用密封条封闭严实，并设固定装置，车内应设置密封门。
- 10.1.1.4 剥料进炉车内应配置氧气浓度检测装置，且与充氮排气装置联锁。

10.1.2 真空烧结炉

- 10.1.2.1 真空烧结炉炉体及配电柜应独立设置保护接地装置，接地电阻应小于 4Ω。
- 10.1.2.2 真空速凝炉应设置可自动转换的柴油发电机作为应急电源。
- 10.1.2.3 真空烧结炉水冷系统中应设置水温、水压监测和安全联锁报警装置。
- 10.1.2.4 真空烧结炉水冷系统应设置应急供水设施，当水冷系统停止工作时，应能自动启用应急供水设施。
- 10.1.2.5 真空烧结炉中的冷却水水温、压力、流量以及氩气、氮气、空气压力、流量应按照不同工艺要求实时调整参数。
- 10.1.2.6 真空烧结炉的排气管应经油烟分离器排放至室外安全区域，尽量缩短排气管道的管长，应在排气管上安装阻火阀。

10.2 烧结过程作业安全

10.2.1 剥料作业

- 10.2.1.1 推送取拿产品托盘时严禁头部伸入进炉车。
- 10.2.1.2 进炉车转动轮毂四周应设置防护挡板。进炉时应观察进炉车的轨道，发现偏离应停车。
- 10.2.1.3 严禁碾压缠绕进炉车气体管道。
- 10.2.1.4 进炉车应强制通风达标后方可进入作业。
- 10.2.1.5 应及时清理进炉车内的磁粉。
- 10.2.1.6 应及时清理地面油渍。

10.2.2 烧结作业

- 10.2.2.1 每班作业前应对水冷系统温度、压力、流量检测装置、水冷电缆等装置进行检查，无异常方可作业。
- 10.2.2.2 烧结炉使用瓶装氩气的，更换气源时应核对气源名称，确认无误方可使用。
- 10.2.2.3 烧结完毕出炉时，作业人员应注意防烫。
- 10.2.2.4 进炉车料盘应放置平衡。

11 机加工工艺安全

11.1 机加工设备安全条件

- 11.1.1 各类旋转部位防护罩、盖、栏应完备可靠；未加罩旋转部位的楔、销、键不应突出。
- 11.1.2 防止夹具、卡具松动或脱落的装置应完好。
- 11.1.3 各种限位、联锁、操作手柄要求灵敏可靠。
- 11.1.4 机床各类金属外壳 PE 线连接规范可靠。
- 11.1.5 机床照明应使用 36V 以下安全电压。
- 11.1.6 磨床、砂轮旋转时无明显跳动。
- 11.1.7 机加工设备应至少设置一个急停装置。

11.2 机加工过程作业安全

- 11.2.1 切割、磨削作业停止后应对设备上以及周边掉落的粉料进行清理。
- 11.2.2 切片应使用水剂环保型切削液。
- 11.2.3 钽铁硼生产加工回收料需采用水封等与空气隔绝的包装方式储存，包装采用铁桶方式交由有资质的单位处置。
- 11.2.4 钽铁硼生产加工回收料采用水封储存设施应设置在通风，远离可能产生明火的区域，应有防止水泄漏的措施。
- 11.2.5 钽铁硼生产加工回收料设置在封闭场所的，场所内应按照 GB/T 50493 的要求安装氢气探测器并与防爆排风机联锁。
- 11.2.6 钽铁硼生产加工回收料在运输、装卸、贮存过程中，不应有撞击、暴晒等易引起燃烧和爆炸的行为，不应混入其他物品。
- 11.2.7 钽铁硼生产加工回收料运输、贮存过程应有防火措施。

附录 A

(资料性)

钕铁硼磁材生产工艺流程

A.1 工艺简述:

将镨钕、钕铁、镝铁、钆铁、铈铁等稀土材料以及纯铁、硼铁等原料备好，纯铁表面进行抛丸处理，处理好的原料按照设计比例进行配料后投入坩埚。

真空速凝炉抽真空，真空达标进行烘料，烘料完成停止抽真空，充氩气熔炼，精炼完成的金属熔液通过旋转的冷却辊轮生产速凝铸片。

将速凝铸片装入氢破炉，抽真空后密闭，充入高纯氢气(一般99.999%)以后，钕铁硼合金片吸氢形成氢化物，而使合金片爆裂，吸氢饱和后排放氢气，然后升温加热、抽真空脱氢，脱氢结束后充氩气并在容器外喷淋冷却水冷却，然后出炉粒度较粗的氢破钕铁硼永磁粉。

将粗粉加入气流磨，在氮气保护下进行气流研磨形成更细的磁粉，得到的磁粉经过混粉、筛粉、分装储存到合适的料罐。

将料罐安装到成型机上，在氮气保护下将磁粉装入模具磁场取向压制成型。

成型永磁材料送入烧结炉中，抽真空后在氩气、氮气保护条件下，高温烧结，烧成的永磁体再进行切割、打磨等机械加工，最后形成成品毛坯打包入库。

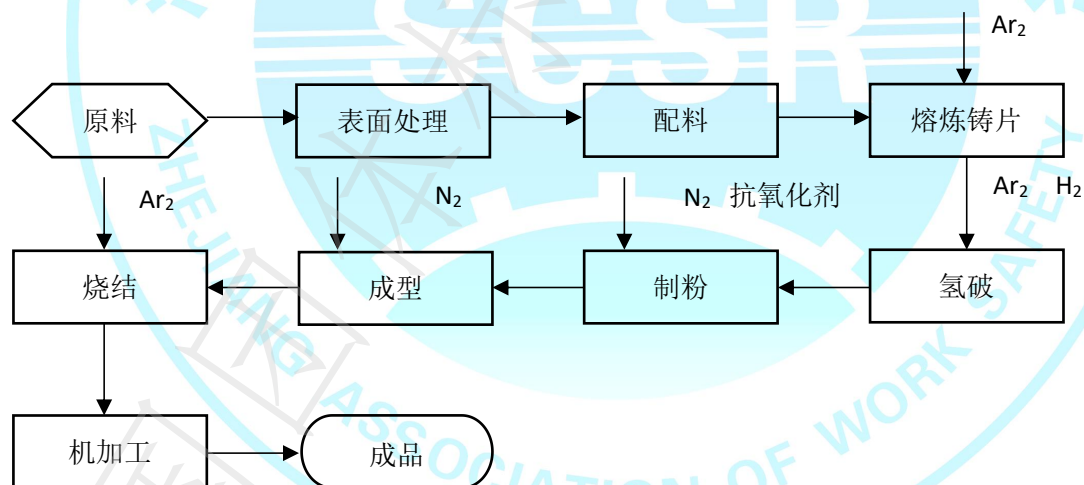


图 A.1 钕铁硼磁材生产工艺流程图示意图

附录 B

(资料性)

生产工艺各环节主要风险辨识

表 B.1 生产工艺流程安全风险辨识表

序号	工艺流程		主要危险因素	主要事故类型
1	原料加工	剪切	<ol style="list-style-type: none"> 1. 剪切铈、铈铁过程引发火灾事故。 2. 剪切设备对人员造成的剪切、夹伤等机械伤害事故。 3. 剪切设备漏电引发触电事故。 	火灾、机械伤害、触电
		抛丸	<ol style="list-style-type: none"> 1. 设备漏电导致触电。 2. 抛丸过程内部物料飞出对作业人员造成物体打击。 3. 人员进入设备内部后，设备启动对人员造成的机械伤害。 4. 除尘器收集可燃爆粉尘装置内部未及时清理，粉尘发生氧化还原反应自燃。 	物体打击、机械伤害、触电、火灾
2	熔炼与速凝铸片	熔炼与速凝铸片	<ol style="list-style-type: none"> 1. 装料将含水的、易燃易爆的、封闭容器混入炉内，启炉后发生爆炸事故。 2. 坩埚炉装料搭桥导致温度过高烧穿坩埚。 3. 超量装料引发熔融金属外溢事故。 4. 冷却水泄漏进入炉中发生爆炸事故。 5. 熔炼过程坩埚泄漏发生火灾或者穿炉事故。 6. 进入炉体内部或者地坑作业遇到氩气泄漏引发窒息事故。 	爆炸、火灾、窒息
3	氢破工艺	氢破	<ol style="list-style-type: none"> 1. 操作失误导致炉体内部氧气进入引发氢气爆炸事故。 2. 氢气泄漏在区域聚集形成燃爆型混合气体遇到火源发生爆炸事故。 3. 氩气管道泄漏引发窒息事故。 4. 氢破炉漏电引发触电事故。 	爆炸、触电、窒息

表B.1 (续)

序号	工艺流程		主要危险因素	主要事故类型
4	制粉工艺	磨粉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 上料、卸粉过程操作失误导致磁粉喷溅引发灼烫事故。 2. 设备输送磁粉的管道损坏导致磁粉喷溅引发灼烫事故。 3. 气流磨内部失压，空气进入引发磁粉火灾。 4. 添加抗氧化剂操作错误引发火灾。 5. 超细粉处置不当引发闪燃。 6. 运转部位防护罩缺失，引发机械伤害。 7. 氮气泄漏聚积引发窒息事故。 8. 气流磨漏电引发触电事故。 	灼烫、火灾、触电、机械伤害、窒息
		混粉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 混粉过程料罐密封不严，空气进入发生燃烧事故。 2. 混粉上料未泄压，连接管爆开发生灼烫事故。 3. 充气下料过程过充引发连接管爆开发生灼烫事故。 4. 运转部位防护不到位，引发机械伤害。 5. 氮气泄漏聚积引发窒息事故。 	火灾、灼烫、机械伤害、窒息
		筛粉	<ol style="list-style-type: none"> 1. 筛粉过程容器密封不严，空气进入发生燃烧事故。 2. 氮气泄漏聚积引发窒息事故。 	火灾、灼烫、窒息
		分装	分装过程容器密封不严，空气进入发生燃烧事故。	火灾、灼烫
5	成型工艺	成型	<ol style="list-style-type: none"> 1. 上料过程操作失误导致磁粉喷溅引发灼烫事故。 2. 成型机内部剩余的磁粉未及时清理，班后大量氧气进入发生火灾事故。 3. 成型机输送磁粉设备运转过程对人员造成机械伤害事故。 4. 作业过程设备内部进入氧气发生火灾事故。 5. 料罐未固定牢固，坠落发生物体打击事故。 6. 设备漏电引发触电事故。 	火灾、灼烫、机械伤害、物体打击、触电
6	烧结	剥料	操作失误人员吸入惰性气体引发窒息事故。	窒息
		真空烧结	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用气体错误导致炉体爆炸。 2. 操作失误进入炉内作业吸入惰性气体窒息。 3. 设备漏电引发人员触电。 	爆炸、窒息、触电
7	机加工	机加工	<ol style="list-style-type: none"> 1. 设备运转对人员造成卷入、绞入、切割等机械伤害。 2. 加工磁材过程形成的泥屑未采取水封遇到空气发生燃烧。 3. 加工过程使用可燃易燃冷却液引发火灾事故。 	触电、机械伤害、火灾

附录 C

(资料性)

钕铁硼磁材生产工艺个体防护装备配备

表 C.1 钕铁硼磁材生产工艺个体防护装备配备清单表

序号	工艺流程		个体防护装备
1	原料加工	剪切	安全帽 职业眼部防护护具 耳塞 机械危害防护手套 安全鞋
		抛丸	安全帽 职业眼部防护护具 耳塞 机械危害防护手套 安全鞋
2	熔炼与速凝铸片	熔炼与速凝铸片	安全帽 熔融金属飞溅防护服 防热伤害手套 安全鞋
3	氢破工艺	氢破	安全帽 职业眼部防护护具 防静电服 防热伤害手套 安全鞋
4	制粉工艺	磨粉	安全帽 职业眼部防护护具 自吸过滤式防颗粒物呼吸器 阻燃服 防热伤害手套 安全鞋
		混粉	安全帽 职业眼部防护护具 自吸过滤式防颗粒物呼吸器 阻燃服 防热伤害手套 安全鞋

表C.1 (续)

序号	工艺流程		个体防护装备
5		筛粉	安全帽 职业眼部防护护具 自吸过滤式防颗粒物呼吸器 阻燃服 防热伤害手套 安全鞋
		分装	安全帽 职业眼部防护护具 自吸过滤式防颗粒物呼吸器 阻燃服 防热伤害手套 安全鞋
6	成型工艺	成型	安全帽 职业眼部防护护具 自吸过滤式防颗粒物呼吸器 阻燃服 机械危害防护手套 安全鞋
7	烧结	剥料	安全帽 自吸过滤式防颗粒物呼吸器 安全鞋
		真空烧结	安全帽 防热伤害手套 安全鞋
8	机加工	机加工	安全帽 职业眼部防护护具 耳塞 机械危害防护手套 安全鞋