



山东裕航特种合金装备有限公司

铝合金工业型材生命周期报告

山东裕航特种合金装备有限公司

二零二三年一月

1 总论

1.1 背景

生命周期评价的产品包括商品和服务两部分。产品生命周期涉及标准主要有 PAS 2050 以及 TSQ 0010, 目前已有的生命周期评价案例大部分都是采用英国 (BSD2004 年出版的 PAS2050 及其指导文件为评价标准。产品生命周期评价标准基本都以生命周期评价 (LifecycleAssesment, LOA) 为方法论, 评价的是产品全生命周期的生命周期, 不仅包括产品的某个阶段, 更需要追溯至原料开采、制造, 及最终废弃处理阶段, 均需纳入生命周期的计算范围, 要达成此目的, 需应用 LCA 方法提升生命周期计算的可信度与便捷性。国际标准化组织 ISO 则于 1996 年起发布了 ISO 14040/44 系列标准, 制定 LCA 应用到环境管理上的标准评价架构及步骤。2004 年 10 月, 英国标准协会出版了 PAS 2050 执行规范及其指导文件, 以帮助企业评价某种具体商品和服务的生命周期, 这是第一部通过统一的方法评价产品生命周期。内温室气体排放的规范性文件。目前, 国际上多家公司已经尝试执行 PAS2050, 包括百事可乐、博姿、Innocent、马绍尔、特易购、吉百利、可口可乐、金佰利、苏格兰·纽卡斯尔啤酒公司、英国联合农产品集团、桑斯伯里连锁超市、法国达能公司等。

1.2 生命周期的意义及作用

对于企业而言, 确定产品生命周期是减少企业碳排放行为的第一步, 有助于企业真正了解产品对气候变化的影响, 并由此采取可行的措施减少供应链中的碳排放: 企业通过生命周期分析向消费者提供产品生命周期信息, 让消费者对产品生产的环境影响有一个量化认识, 继而引导其消费决策。

企业通过产品生命周期分析, 可以改善内部运营、节能减排、节省成本, 还可以作为一项营销策略帮助企业获得竞争优势, 此外也是满足市场需求、提升企业声誉、促进沟通的有效途径。同时可以有效抵御国外“碳关税”、国内“碳税”政策实施对企业的冲击。

1.3 采用标准

本文采用下列文件为必要文本。

GB/T 24025. 2009 环境标志和声明 I11 型环境声明原则和程序

GB/T 24040 • 2008 环境管理生命周期评价原则与框架

GB/T 24044 • 2008 环境管理生命周期评价要求与指南

SZDB/Z 69. 2012 组织的温室气体排数量化和报告规范及指南

ISO/TS 14067: 2013 温室气体产品生命周期量化与通报要求及指南

PAS 2050: 2011 商品和服务的生命周期温室气体排放评价规范

1.4、主要内容

研究对象选用公司铝制品的生命周期评价可分为下述 4 个部分。

1.4.1 确定 LCA 的目标、生命周期的范围和系统边界;

1.4.2 进行清单分析, 即确定整个流程的输入与输出。输入包括原材料、辅助材料、能源等; 输出包括向自然界排放的废水、废气、废渣等;

1.4.3 进行影响评价, 即对清单数据进行定量评价;

1.4.4 结果解释，即对影响评价的结果进行说明。

2 功能单位确定

2.1 企业介绍

山东裕航特种合金装备有限公司始建于 2011 年 8 月，位于邹平县韩店镇工业园区，总占地面积 268800 平方米。以“超大高端铝材的领跑者”为企业愿景，年生产加工铝合金工业型材 15 万吨，铝合金深加工产品 1 万吨，有年产 25 万吨的熔铸车间和 14 条挤压生产线、科研中心、综合办公楼、专家公寓、职工公寓、职工餐厅及其他公用辅助设施。随着企业规模不断扩大，裕航公司固定资产达 28 亿元，年销售额 30 亿元以上。

集团组建成立了由 103 人组成的研发技术团队，其中，教授级技术顾问 1 人，硕士高工 5 人，本科以上学历占 90%，拥有国际先进水平装备（仪器）、国家级认可实验室、山东省工程研究中心、山东省工业设计中心、山东省企业技术中心、高新技术企业等多个技术平台及产品质量检测中心。

公司主要设备有世界先进的自动熔铸炉 5 组、挤压生产线 14 条（10MN、14.5MN 两条生产线、20MN 两条生产线、26MN 两条生产线、36MN 两条生产线、45MN、55MN、75MN、90MN、125MN）、以及与之配套的先进辅助设备、10 台龙门式搅拌摩擦焊、26 台加工中心和 6 台先进的机器人自动焊接设备等。

公司主导产品为各类铝及铝合金工业型材，其中包括轨道交通型材、航空航天型材、汽车型材、电力设备型材、军工产品、集装箱、舰船、建筑模板、高端电子型材、高强度的锻打棒材和其他科学技术领域应用的大型复杂断面等高端铝合金挤压型材及精密加工件，生产装机水平跻身国内领先行列。

“以质量求生存，以效益谋发展”是企业的经营理念，山东裕航特种合金装备有限公司将本着“以人为本，追求卓越”的企业精神，竭诚为广大用户提供更优质的产品，更完善的服务，热诚希望成为各界人士的合作伙伴！

2.2 产品介绍及功能单位确定

2.2.1 产品介绍

山东裕航特种合金装备有限公司主要生产铝合金铸棒、铝合金工业型材和电池托盘（新能源汽车下壳体）为主。公司 2022 年产品情况见下表所示。

表 2.1 企业 2022 年主要产品情况表

序号	产品类别	数量合计（吨）
1	铝合金铸棒	29433.13 吨
2	铝合金型材（含托盘）	29896.06 吨

2.2.2 功能单位确定

根据企业的产品情况，企业产品以铝合金工业型材为主，铸棒生产一部分直接外销，一部分进入挤压车间作为挤压原料投入，产品规格因断面尺寸不同而重量不同，依据各类标准确定功能单位为：吨

2.3、研究方法

2.3.1 目标和系统边界界定

2.3.1.1 研究对象为 1 吨铝产品

2.3.1.2 研究范围

铝合金在社会经济系统中的生命周期研究范围可以划分为 5 个阶段：原料获取（铝水/铝锭）、原料运输、产品加工（铝型材生产加工）、产品使用（发往客户复合生产）和产品处置（再生铝熔铸）。产品处置包括废料重熔。铝型材废料可以经过熔炼炉重熔后铸造，重熔所得铝水可直接用于再铸造，产生的铝渣经过铝灰处理工艺：搅拌-筛分-冷却-球磨-筛分(分离出其中粒度为 $2\sim 3\text{mm}$ 的铝粒)-回炉，经过处理的铝粒可直接用于冶炼；剩余铝灰经有资质的单位进行固废处置。故与我公司有关的过程只包括原料运输、产品加工、产品运输。

工业型材的生产周期过程如下图所示。

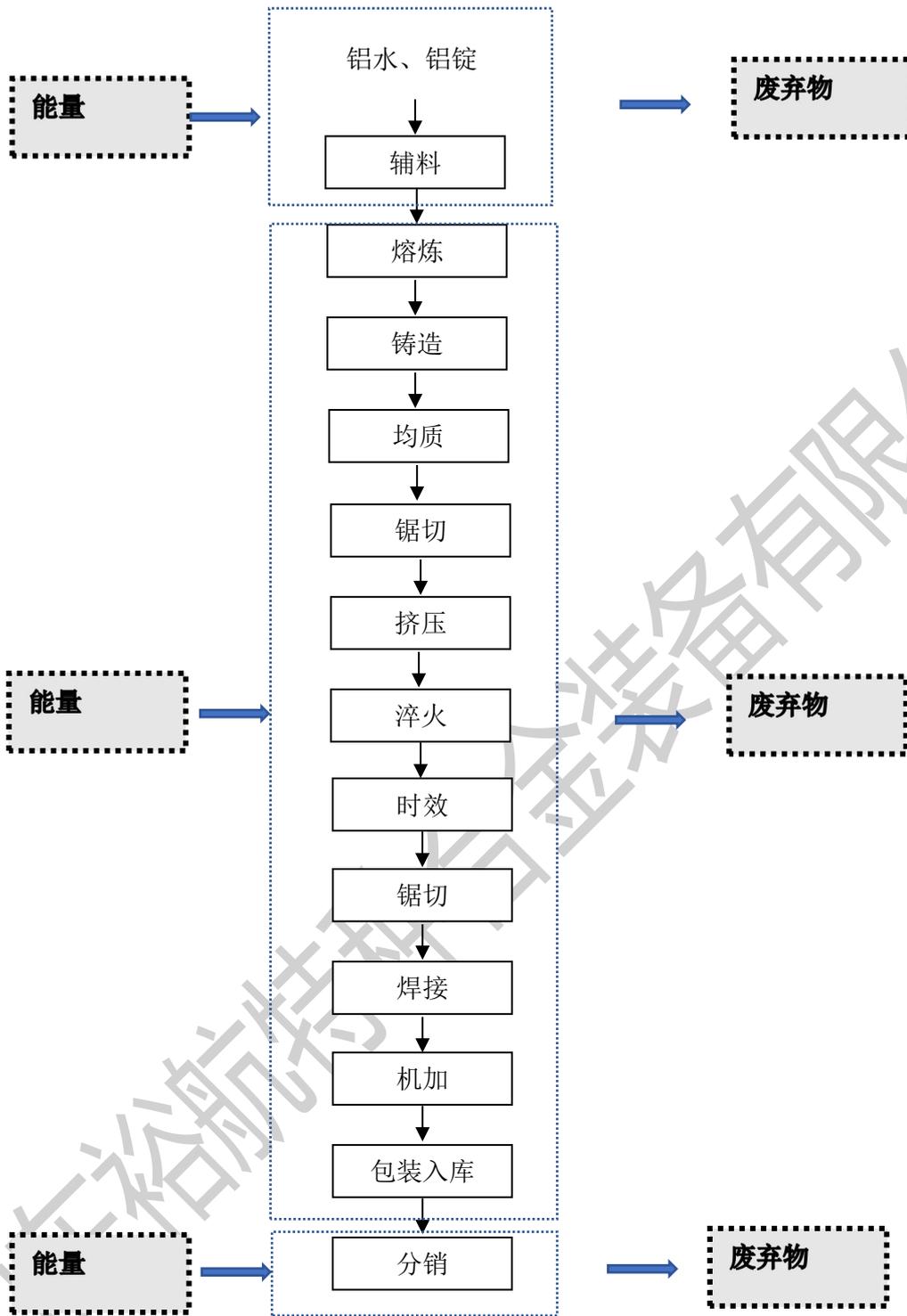


图 2-3 生产周期过程

整体生命周期描述：

原材料获取：通过供应商获得相应的原材料，主要物质为铝水、铝锭、辅料，能源流为电能、天然气，主要废弃物为固体废物等。

产品加工：主要通过对铝水、铝锭、辅料进行混合、加热熔融、铸造、均质，挤压、淬火、时效、焊接、机加等，过程中主要使用的能源包括电能、天然气，所产生的废弃物主要为固体废物。

产品销售：主要通过汽车运输的方式将产品运输到客户所在地，主要使用的能源为运输使用的柴油以及销售过程中的电力以及销售人员活动所引起的碳排放。

2.4 产品进程图

2.4.1 产品对象属性确定

依据标准要求，确认选定产品对象铝合金型材

铝合金棒材：评价内容从原材料、过程制造（熔炼、铸造、均质等）、零售或转挤压车间，到消费者使用，以及最终处理或/和再生利用的全生命周期温室气体排放评价。

铝合金工业型材：评价内容包括原材料通过生产直到产品到达一个新的组织，包括分销和运输到客户所在地。其中 10%左右型材进入精加工

根据产品的生命周期过程，确定本产品对象属性采用：铝合金型材

2.4.2 建立产品进程图

根据产品生命周期涵盖阶段的不同建立不同的进程图，具体进程图如下所示：

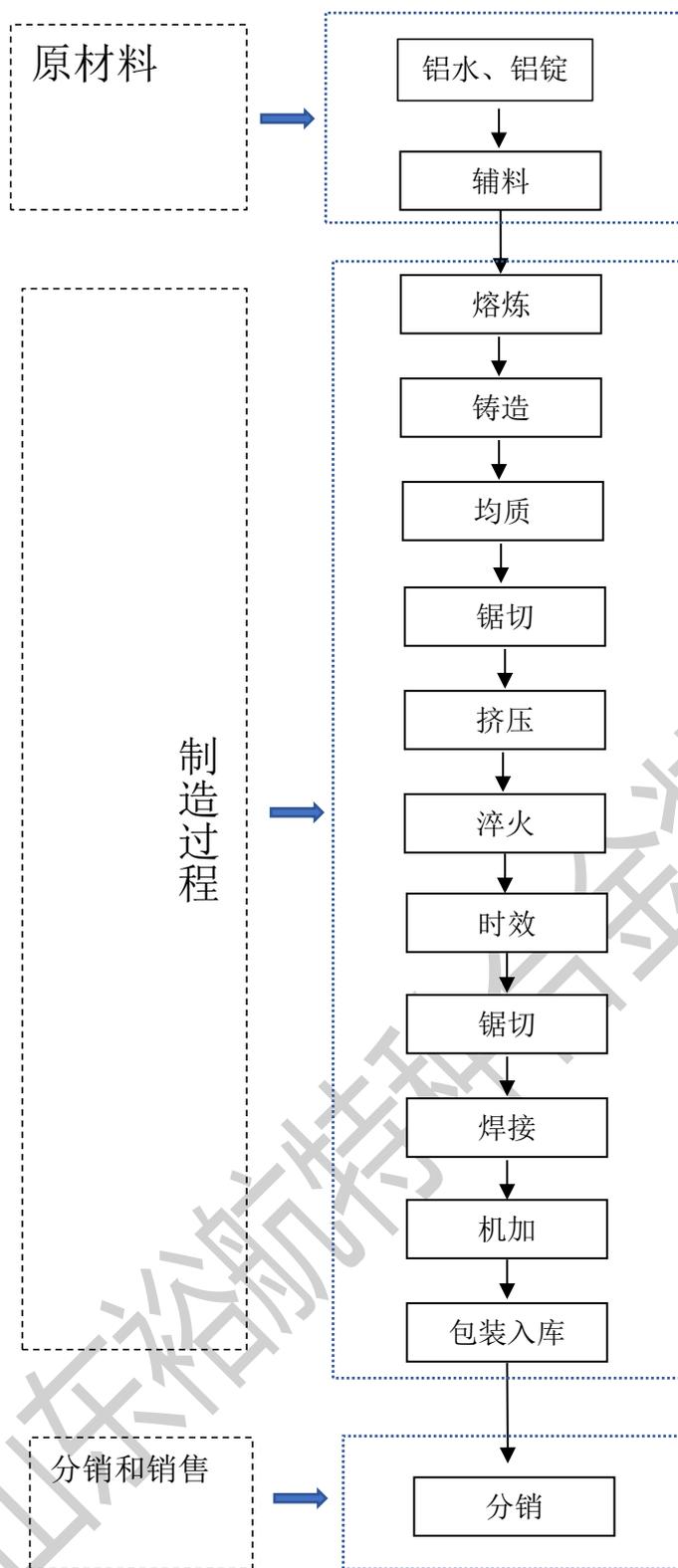


图 2-4.2 生产工艺流程图

3 系统边界分析

3.1 边界系统规则

根据 ISO 14025 所指定的某个相关产品类别规则，对产品进行生命周期报告首先要对其生命周期范围即系统边界进行设定。系统边界的确定是生命周期报告（生命周期评价）中的一个重要环节。主要规则：

- ①研究中必须包括产品生命周期中的主要工艺过程；
- ②对主要工艺过程能资源消耗及环境排放进行系统分析；
- ③依据主要原则，对一些不重要的环节可以忽略；
- ④依据分析过程适时重新修订系统边界

3.2 系统边界界定：评价对象为 1t 的铝合金型材产品。

根据产品生命周期情况，确定整体系统边界，具体见下图。

生产工序流程																		
铝土矿开采	电解铝	铝水	熔炼	铸造	均质	锯切	挤压	淬火	时效	锯切	焊接	机加	包装	运输	客户生产	废料收集	运输	重熔

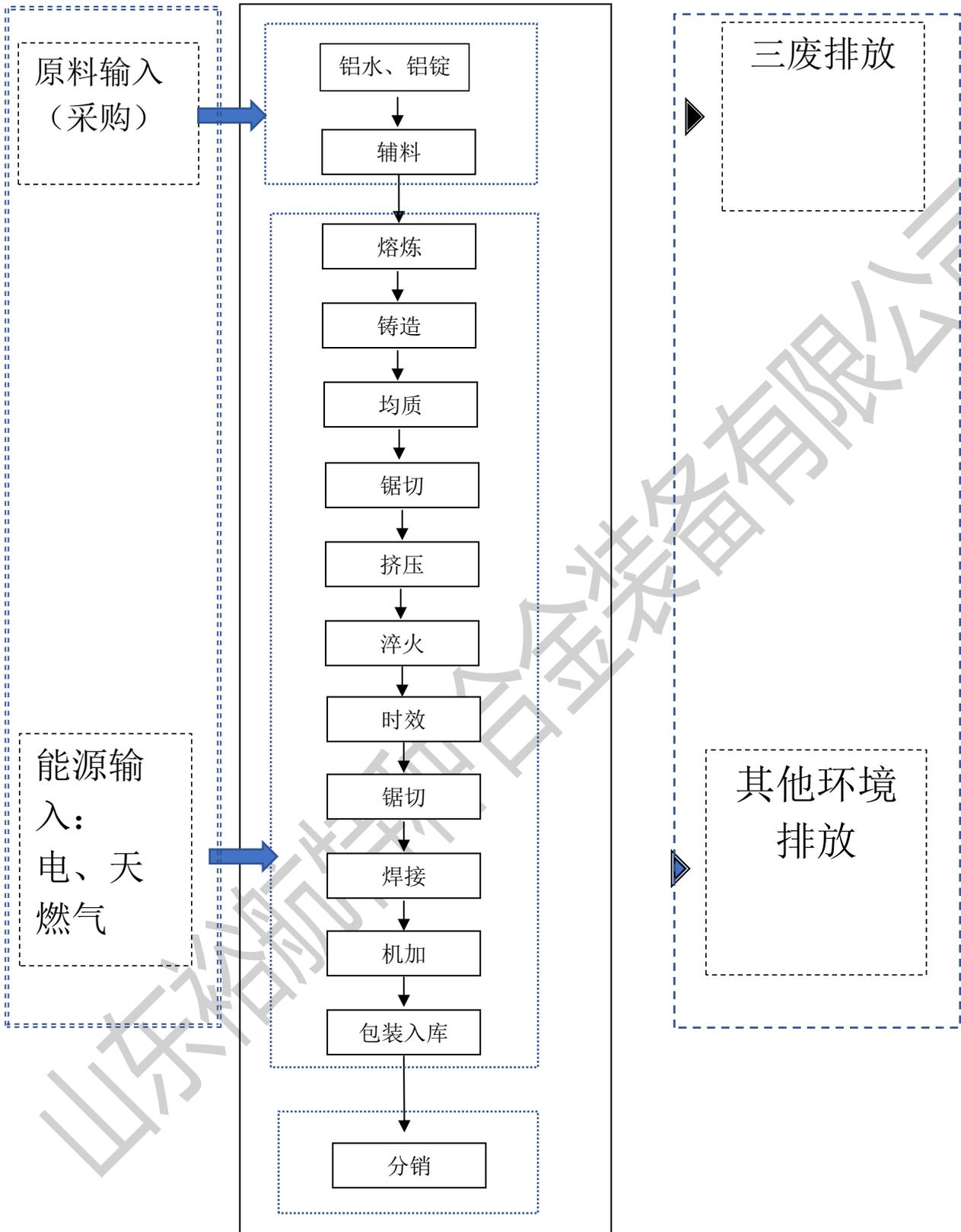


图 3-2 边界

4 生产工艺分析

4.1 原料获取

4.1.1 获取原料

铝水材料主要通过铝矿电解产生；铝锭材料主要通过铝水铸造产生；辅料主要通过铝水（铝锭）与其他金属混合合成通过熔炼浇铸产生，山东裕航特种合金装备有限公司通过供应商的考核、调查，合格后，通过供应商获得相应的原材料。

4.1.2 获取方式

通过专用汽车运输方式到厂区内。

4.2 制造工艺流程与工艺说明

熔铸：



熔铸工艺流程简述：

（1）主要原材料是采购供应商铝水和铝锭，辅助材料为镁锭、工业硅、铝钛硼丝等，按一定的比例投入熔铸炉，经高温融化、冷却后，经均质、锯切、扒皮后，形成半成品毛坯棒。主要工艺：

（2）熔炼：将配好的原材料按工艺要求加入熔炼炉内融化，并通过除气、除渣精炼手段将熔体内的杂渣、气体有效除去。该过程产生铝渣经过炒灰，铝粒重熔成自制铝锭回炉使用，剩余铝灰经有资质单位进行处理。

（3）铸造：熔炼好的铝液在一定的铸造工艺条件下，通过深井铸造系统，冷却铸造成各种规格的铸棒。

（4）均质：将铸棒放置规定温度 500-560℃ 保温规定时间 8-12h，使铸棒中的晶粒均匀细化的处理过程，均质完冷却。

（5）锯切：将均质完成的铸棒按客户订单要求尺寸锯切。该过程产生废边角料返回熔铸回炉循环利用。

（6）扒皮（产品要求）：将锯切后的铸棒按扒皮要求尺寸扒皮，不允许超出范围。该过程产生废边角料返回熔铸回炉循环利用。

（7）检验入库：对产品进行检验，合格后部分作为产品入库待售，不合格的产品，送回时效炉重新处理。

根据市场需求，一部分毛坯棒用于直接销售、一部分进入挤压车间作为生产管

材的材料，进入挤压车间其工艺流程如下：

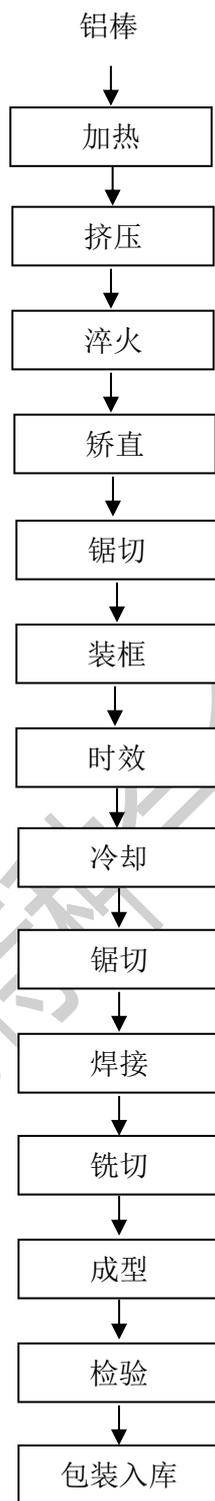


图 3-2 生产工艺流程图

(1) 加热：将铝棒置于铝棒炉中，利用电磁感应方式对铝棒进行加热使铝棒软化，加热温度为 400–550℃，加热时间 10–20 分钟。

(2) 模具加温：将模具至于模具加热炉中，利用电磁感应对模具进行加热，初始升温时间 2–3 小时，保温时间 4–10 小时，为后续工段做准备。

(3) 挤压：用电将模具加热至 500℃，加热后的铝棒和模具送入挤压机内，通过挤压机挤压出所需要的型材，并得到相应的挤压态内部金相组织。挤压后，挤压机自动将模具卸下，模具自然降温至 120℃ 以下后进入煮模工序。挤压车间的挤压机配备循环冷却系统，采用间接冷却方式，冷却介质为制备的软水。

(4) 淬火：挤压后的型材采用喷淋的方式进行水淬，水淬在密封的罩内进行。由于铝型材表面光滑，不易氧化，水淬产生的蒸汽不含颗粒物，喷淋后的水进入集水槽，再回到循环水池。淬火炉容积为 20m³。水淬的目的是为了优化产品的内部金相组织。冷却后产品置于冷床上。本工序冷却介质为制备的软水。

(5) 矫直：冷却后的铝棒进入牵引机，外力对铝棒进行挤压，使铝棒的弯曲部位平直，根据生产要求，拉伸时型材的温度要 ≤50℃；夹头部位的夹持长度为 50–150mm 之间，大截面的制品可适当加长，型材表面应整洁。

(6) 锯切：矫直后的型材利用单头重型工业锯进行锯切，该过程产生废边角料返回熔铸回炉循环利用。

(7) 装框：锯切后产品装入固定框中，方便后序时效工段进出炉。

(8) 时效：将装框好的半成品铝材送入时效炉内加热，目的在于减少铝合金材料的应力集中、减少铝合金材料的变形，促进强度。开炉前仔细检查时效炉装运机械、电控系统、测温仪表等是否正常可靠。时效炉以电加热，加热温度为 150–230℃，加热时间为 3–10h。

(9) 冷却：让产品自然冷却降温至常温。

(10) 检验：对产品进行检验，合格后部分作为产品入库待售，不合格的产品，送回时效炉重新处理。

(11) 包装入库：对产品进行防护包装，流转成品库，等待发货，

深加工：项目挤压产品汽车轻量化部件，部分需要深加工，深加工位于 6 号厂房，设置铣切机等。根据建设单位提供资料，约 10% 型材需进行深加工。

(1) 锯切：挤压生产线生产的型材，按照客户需求锯切成规格尺寸，项目锯切采用切削液。该过程产生废边角料返回熔铸回炉循环利用。

(2) 焊接：按照客户要求要求进行焊接组装，具体形状及角度根据客户尺寸要求。

(3) 打孔：部分型材需要进行打孔，打孔过程采用切削液。该过程产生废边角料返回熔铸回炉循环利用。

(4) 成型：铣切后进行成型。

(5) 检验：对产品进行检验，合格后部分作为产品入库待售，不合格的产品，送回时效炉重新处理。

(6) 包装入库：对产品进行防护包装，流转成品库，等待发货，

4.3 分销和零售工艺

1、产品运输

以汽车运输的方式将产品运输到客户单位

5 数据清单收集

铝合金型材生命周期清单数据主要通过企业现场调研获取，详见表 1。其中数据主要来源于发生地，以确保生命周期评价的本地化。由表 1 的数据可计算得出 2 种处置方式下的铝材的全生命周期清单数据，如表 1 所示。

表 1 相关清单数据

生命周期		资源，能源消耗类型	总消耗	消耗值/T-AL	单位	数据来源
原材料获取		铝水、铝锭	58015.5	0.978	吨	公司内部调研数据
		中间合金	1308.01	0.022	吨	公司内部调研数据
		重熔废料	1800.52	0.030	吨	公司内部调研数据
原材料运输	原铝水	柴油	2407.64	0.042	L	公司内部调研数据
	中间合金	柴油	4883.24	0.084	L	公司内部调研数据
产品加工		电（铸造）	6321049	108.954	KWH	公司内部调研数据
		电（型材）	40256531	693.893	KWH	公司内部调研数据
		电（托盘）	1783135.9	30.736	KWH	公司内部调研数据
		天然气（熔）	5637534	97.173	M ³	公司内部调研数据
		天然气（型）	416118.84	7.173	M ³	公司内部调研数据
		水	85612	1.476	M ³	公司内部调研数据
产品运输		柴油	580239.48	10.001	L	公司内部调研数据
产品处置	废料重熔	电		0.000	KWH	已包含在产品加工过程的电使用统计数据中
		天然气	93217.7	1.607	M ³	

表 2 生命周期清单数据

清单数据类型		数据	单位	数据来源
资源	铝土矿	4.236	t	调查数据
环境排放	CO2	1.607	t co2/t	温室气体排放核查报告
	非甲烷总烃	0	kg/t	检测报告
	颗粒物	0.063	kg/t	检测报告
	二氧化硫	0	kg/t	检测报告
	氮氧化物	0	kg/t	检测报告
	氟化物	0	kg/t	检测报告
	氯（氯气）	0	kg/t	检测报告
	氯化氢	0	kg/t	检测报告
	碱雾	0	kg/t	检测报告

表 3 铝产业链废弃物的分析与处理

类别	废弃物名称	产生总量	处理前产生量	单位	处理方式	处理后排放	单位	处置单位
一般固废分析	废包带	0.36	0.006	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	玉华废旧物资收购公司
	废编织袋	0.88	0.015	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	玉华废旧物资收购公司
	废不锈钢	1.2	0.021	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	庆平废旧物资收购公司
	废不锈钢铁	15.14	0.261	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	庆平废旧物资收购公司
	废彩钢瓦	14.32	0.247	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	红超废旧物资收购公司
	废电器（机）	5.98	0.103	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	红超废旧物资收购公司
	废钢丝绳	0.62	0.011	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	红超废旧物资收购公司
	废锯条	0.969	0.017	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	庆平废旧物资收购公司
	废落水管	0.24	0.004	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	玉华废旧物资收购公司
	废纸箱（木头）	70.5	1.215	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	玉华废旧物资收购公司
	废塑料布	15.52	0.268	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	玉华废旧物资收购公司
	废铁	245.52	4.232	Kg/t	回收再利用	0	Kg/t	红超废旧物资收购公司
	塑料桶/个	628	10.825	个/t	回收再利用	0	Kg/t	玉华废旧物资收购公司
焊丝塑料内芯/个	1742	30.026	个/t	回收再利用	0	Kg/t	志虎废旧物资收购公司	
危险废物分析	铝灰	252	4.344	Kg/t	第三方处置填埋	0	Kg/t	中滨环保处置公司
	铝尘灰	68.25	1.176	Kg/t	第三方处置填埋	0	Kg/t	中滨环保处置公司、山东博文危险
	润滑油	0.0837	0.001	Kg/t	第三方处置	0	Kg/t	山东省海鹏环保有限公司
	切削液	0.0744	0.001	Kg/t	第三方处置	0	Kg/t	山东省海鹏环保有限公司
废水排放分析	废水排放量	21302	0.367	m ³ /t	污水处理	0.367	m ³ /t	内部污水处理站
废气排放分析	颗粒物	3674.3	0.063	kg/t	废气处理	0.063	kg/t	内部废气处理设施
	温室气体	93038.52	1.607	t co2/t	外排	1.607	t co2/t	公司内部设施

6、结论

6.1 铝合金型材的全生命周期环境影响主要集中在原材料获取阶段，加工转化过程对气候变化和生态毒性方面无明显影响，我司采购部分再生铝（客户的边角料），加大废铝投入比例，减少铝土矿开采和电解能耗。

6.2 加工转化过程的二氧化碳排放主要来源是电能消耗和天然气消耗：一是我司距离原料供应商宏桥铝业不足 1km，运输距离短减少运输过程碳排放；二是使用原料为高温电解铝液，减少重熔的能耗；三是公司使用熔炼炉为节能熔炼炉，工艺减少天然气的消耗；四是加强加工过程中能源使用管理：①在电耗管理方面，动力设备科负责统计用电量，电表配置在高配室，企管科每月对车间进行考核；用电单位对机电设备妥善保管，及时检查维修，保证设备完好率，提高负荷率，合理调整功率因数，杜绝设备“空运转”“常明灯”。②余能利用 A 铸造车间熔炼炉烟气产生余热，排烟温度在 200 多摄氏度，已利用在冬季取暖，非取暖季无法利用，存在浪费的现象；B 水，主要用于设备冷却，所有生产用水汇集到循环水池，不外排，循环利用。C 挤压车间长棒热剪炉产生的余热经过循环风机加热铝棒，排烟温度在 120-130℃，利用较为充分。

6.3 处置阶段选用再生处置方式可降低铝合金型材的全生命周期环境影响，我司已于部门下游客户签订废料回收协议，将飞边料回收进行处理，共同推进铝合金型材循环回收利用。

山东裕航特种合金装备有限公司