

2008 年度 全国节能优秀事例大会 经济产业局长奖

削减钎焊炉的综合能耗

Calsonickansei 株式会社
生产本部生产技术中心
技术开发小组

关键词：加热、冷却、传热的合理化（加热设备等）

主题概要

由于车用铝热交换器的制造要用“钎焊炉”在氮气环境中加热处理到铝熔点附近，因此钎焊是制造工艺中能源消耗最大的工艺。我们以引进开发实验炉为契机，分析了能源损耗，改变产品输送方式开发出新型滚柱式输送炉，成功提高了热效率。我们利用 CAE^{注1)}、模型，进行了流体分析，实现了包括削减氮气使用量在内的综合能源消耗。

注1) CAE：Computer Aided Engineering 的缩写，日语叫数值分析、计算机技术辅助

对该事例的实施期限

- | | | |
|-----------|------------------------|----------|
| · 规划制定期 | 2006 年 6 月～2007 年 11 月 | 总计 18 个月 |
| · 对策实施期 | 2007 年 12 月～2008 年 5 月 | 总计 6 个月 |
| · 对策效果确认期 | 2008 年 1 月～2008 年 6 月 | 总计 6 个月 |

事业所概要

- | | |
|--------|--------------------------|
| · 技术形态 | 汽车产品的生产技术 |
| · 员工人数 | 700 人（截至 2008 年 4 月 1 日） |

对象设备的工艺

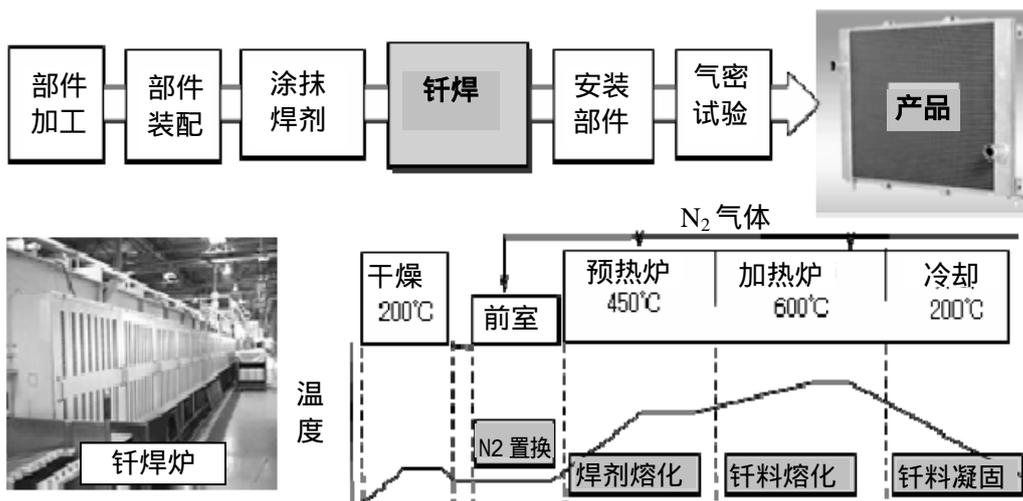


图 1. 热交换器的制造工艺与钎焊加工方法

1. 主题选定理由

Calsonickansei 公司根据环境方针，将“与 2005 年相比，到 2010 年之前削减 7% 的单位产品二氧化碳排放量”作为目标，致力于环境改善活动。本公司采用 NB 钎焊工艺的铝制散热器于 1983 年率先在世界上成功量产。当前在本公司的全球生产基地，超过 40 台的钎焊炉在运转，各个生产基地以现场改善为主体，致力于节能活动，但为了实现较大的节能效果，需要对设备进行彻底的改造。因此我们以引进开发实验炉为契机，以削减综合能源消耗为目

标，致力于开发节能型钎焊炉。

2.活动的经过

2-1. 工作体制

工作体制如图 2 所示，我们通过与设备生产厂家的合作，推进了开发设备功能的的活动，并力争缩短开发时间，削减开发费，为了有效利用 CAE 分析，在公司内部支援 CAE、CAD 活用小组的配合下，开展了活动。

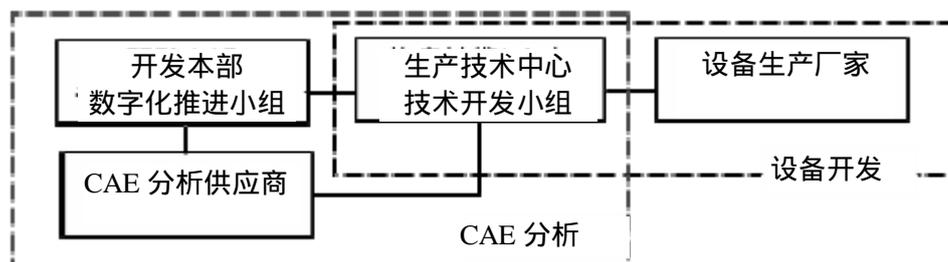


图 2. 工作体制

2-2 现状掌握

在热交换器的制造生产线上使用的各工艺能耗量如图 3 中所示。根据该图，我们发现在热交换器的制造工艺中钎焊工艺消耗了 47%的能源。控制炉内氧气浓度的氮气使用量为 405km³/年，因此削减钎焊工艺的耗电量和氮气使用量将是有效的。

		电力 GJ	CO2 换算	辅料
热交换器 100%	部件加工 20%	1,990	113 千t	加工油
	钎焊 47%	3,923	266 千t	N ₂ 气体 405km ³ /年
	装配、检查 18%	1,790	101 千t	He 气体
	其他 15%	1,490	84 千t	焊剂

图 3. 热交换器制造工艺的综合能源消耗（现状）

2-3. 现状分析

我们针对运转和非运转两种情况分析了钎焊炉的热能使用量，二者间的关系如图 4 所示。依据该损耗分析结果，包括削减氮使用量在内，我们提出了 4 个着眼点。

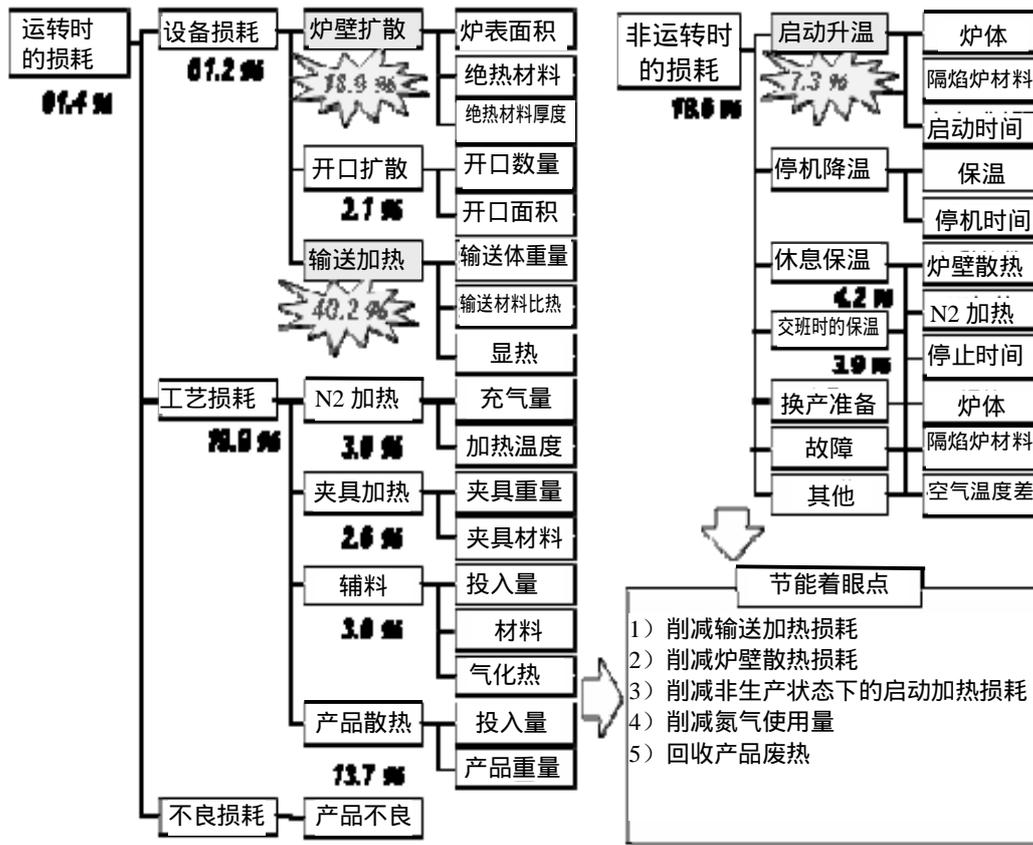


图 4. 热损耗的要因分析与节能观点

关于产品废热的回收，是一项高难度的技术课题，我们将其作为了今后的研究课题。

2-4. 目标设定

在制作开发实验炉上，我们制定了与制作传统量产炉规格相比削减 30% 热能的目标。

根据开发实验炉的用途，采用与量产炉差异较大的设备规格进行制作。图 6 表示开发实验炉与量产炉的结构特点对比。实验炉的特点是采用分批次生产方式，获得了较大的炉内有效面积。

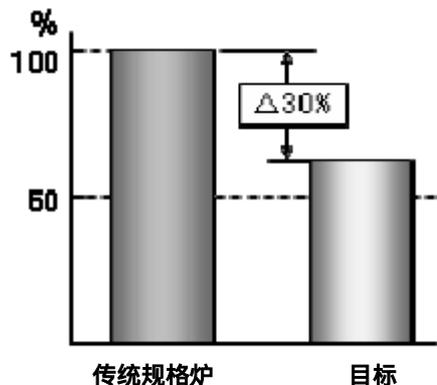


图 5. 目标设定

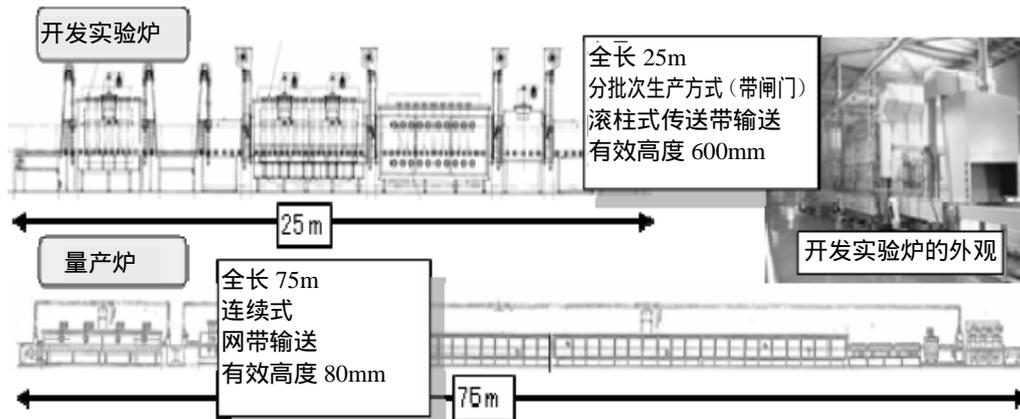


图 6. 开发实验炉与量产炉在结构特点对比

2-5. 问题点与研讨内容

我们根据图 4 所示的要因分析结果获得了节能观点，如表 1 所示，并据此设定了具体的问题点和应该克服的课题。

表 1. 设定问题点和课题

着眼点	现状问题点	应该克服的课题
1) 削减输送加热损耗	网带的热扩散损耗较大	<ul style="list-style-type: none"> · 不承受热循环的输送结构 · 维持低氧气浓度的结构 · 驱动源设在炉外，或者为耐热结构
2) 削减炉壁扩散损耗	闸门部的炉外扩散较大	<ul style="list-style-type: none"> · 确定绝热材料、厚度（绝热性） · 绝热材料施工费（经济性）
3) 削减炉的启动加热损耗	为防止炉内 SUS 隔焰炉变形，启动时间较长，要花费 1 天的时间	<ul style="list-style-type: none"> · 温度变化引发的变形较小的炉体结构
4) 削减氮气使用量	开关闸门时，空气大量侵入，氮气使用量较多	<ul style="list-style-type: none"> · 分析外气侵入机理 · 预防外气侵入的结构

2-6. 对策内容

2-6-1. 开发能源损耗小的输送方法

【对策 1】开发不承受热循环的结构

量产炉的输送方式如图 7 之 a) 所示，采用不锈钢制成的网带输送机。输送机通过炉内时，承受与产品相同的热循环模式，反复加热和散热产生损耗。

我们的对策如图 7 之 b) 所示，采用固定滚柱形成不承受热循环的结构。这样一来，将散热损耗仅限于炉外机构部。

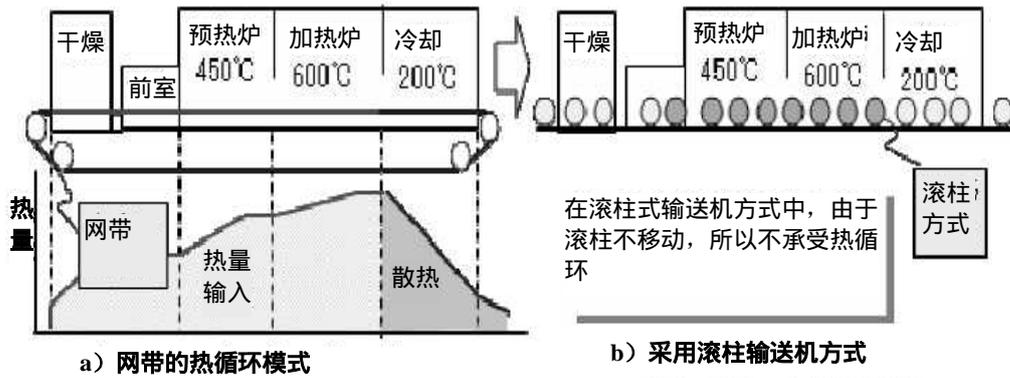


图 7. 开发不承受热循环的输送方式

【对策 2】开发维持低氧气浓度的方法

滚柱的轴承受耐热温度的限制，不能设置在 600 的炉内，如图 8 所示，我们决定设置在炉外，但由于外气会从轴承侵入，所以维持氧气浓度成为了难题。因此，我们设计了在滚柱的轴承部设置氮气氛围的 BOX，防止氧气进入的方案。这样就能在炉内保持低氧气浓度状态。

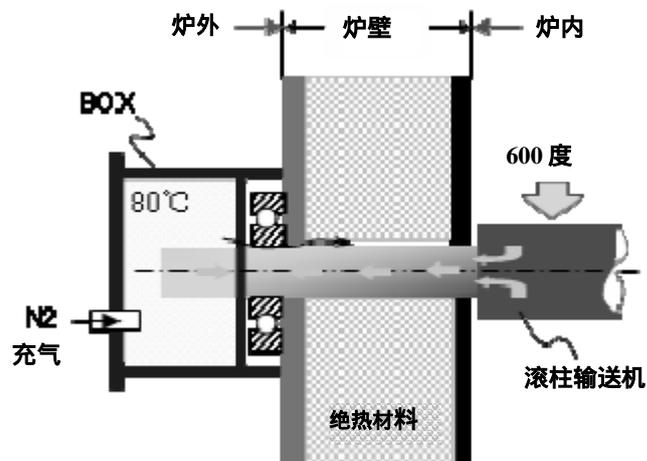


图 9. 滚柱输送方式断面

【对策 3】轴承部的耐热设计

炉内滚柱最高被加热到 600，滚柱的热传导使轴承部温度也升高，因此需要进行冷却。我们研讨了上述对策 2 中所述的在氮气环境中进行冷却的可能性，计算了从滚柱接受的热量和向氮气散发的热量，结果判断能够将轴承部的温度控制在 120 左右。于是，我们采用了廉价且维修性较好的标准轴承。

【对策 4】滚柱输送用托盘的轻量化设计

在滚柱输送方式中，需要放置产品在滚柱上传送的托盘，由于要承受热循环，所以要求将吸收和散发的热量控制在最小限度。我们采用了最低限度尺寸的格子结构，设计了确保炉内强度的轻量化托盘。如此一来，与网带式约 10kg/m² 的重量相比，滚柱输送方式的重量为 5.2kg/m²。

通过以上对策，采用滚柱输送方式成功削减了 26% 的输送热损耗。

2-6-2. 削减炉壁散热损耗

我们用开发实验炉测量热流通量，定量调查了炉壁的热泄漏。观察到在量产规格中所没有的闸门结构部分的热泄漏、与量产规格相同的风扇上部的热泄漏。因此我们参考节能手册中记载的“保温材料的经济厚度”，研讨了如何加强隔热。通过在发生热泄漏较大的闸门部、风扇上部新设 10mm 的隔热材料，成功地将热流通量从 1,100W/m² 削减到 250W/m² 的（图 9）。整个炉体削减了 47KWh。

表 2. 经济隔热厚度的计算

		炉壁	加热端	闸门	上部
保温材料施工	千日元/m ²	40	40	50	40
保温材料厚度	mm			10	5
热流通量	W/m ²	112	8.1	1097	739
表面热传导率	W/m ² · k	0.21	0.01	2.1	1.40
保温后的热流通量	W/m ²	112	8.1	2.6	5.21
施工费	千日元			5566	4453
全年隔热费		4910	354	5681	3011
全年隔热总费用		4910	354	11247	7464

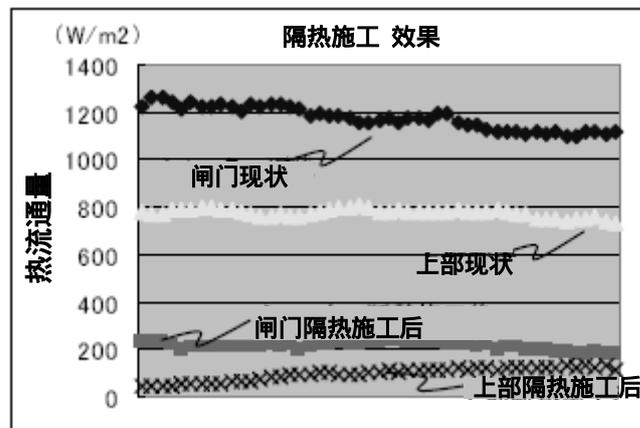


图 9. 炉壁热流通量（绝热前后）

2-6-3. 通过缩短启动时间，削减启动损耗

由于传统炉采用 SUS 隔焰炉，在隔焰炉急速加热中存在变形的问题。因此我们采用了即使在急速加热中变形也较小的碳隔焰炉。这样我们削减了大约 90% 的启动时间，**削减了 44% 的启动能耗。**

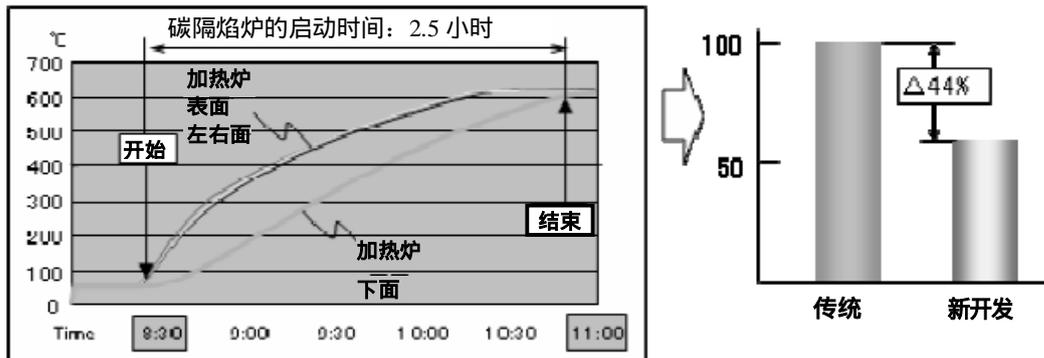


图 10. 碳隔焰炉的启动时间与能耗比较

2-6-4. 削减氮气使用量

【分析 1】分析外气的侵入机理

我们利用 CAE 分析了打开闸门时外气如何侵入的机理，图 11 表示分析模型和部分分析结果。可见主要原因是由于炉内外的温度差引发密度差，从而发生对流，导致空气侵入。

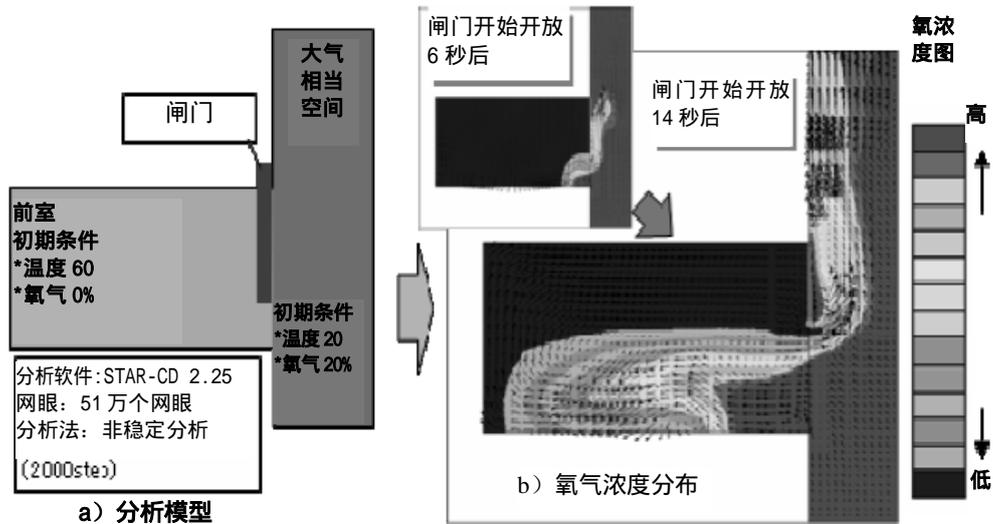


图 11. CAE 分析模型与分析结果（氧气浓度分布）

【分析 2】用模型开展外气侵入实验

为了减少空气侵入，实际的炉设置有金属帘，包括 CAE 分析验证在内，我们制作了等比例的部分模型，以可视化手段尝试弄清了金属帘的工作机理。

实验结果如图 12 所示，我们观察到空气因温度差从金属帘的下方穿过窗帘缝隙灌入的情景。由此可知实验结果与 CAE 分析相同，温度差产生的密度差引发了气体流动。

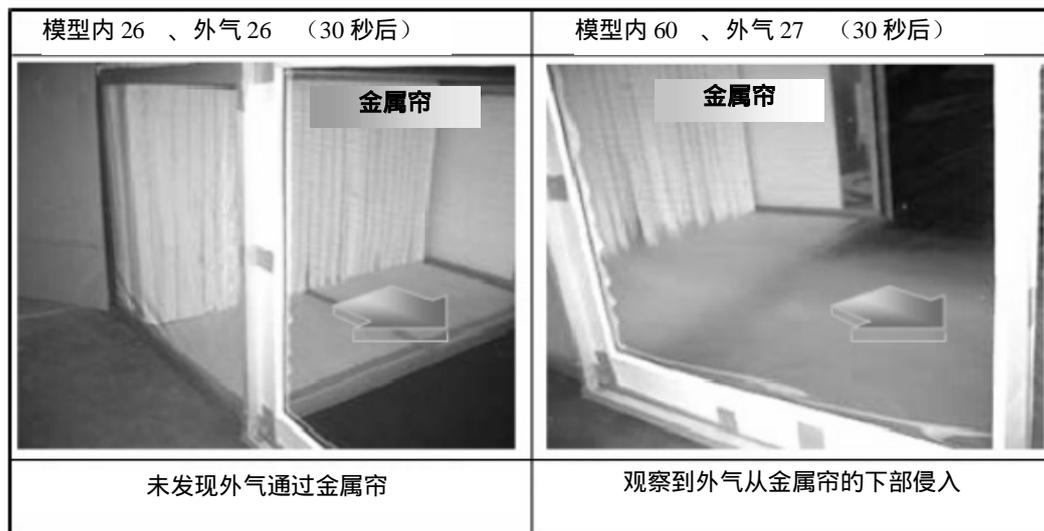


图 12. 外气侵入的模型实验结果

【对策】扩大前室容积与增设金属帘的效果确认实验

图 13 表示用分析 2 中使用的模型扩大前室容量并追加金属帘的效果确认实验结果。由图可知，成功抑制了氧气浓度的上升，由此削减了 80m³/日的氮使用量。

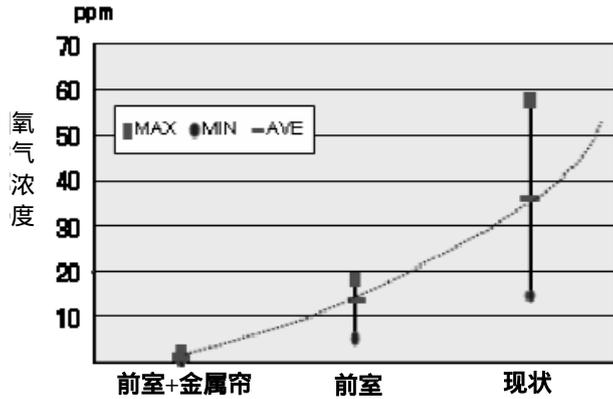
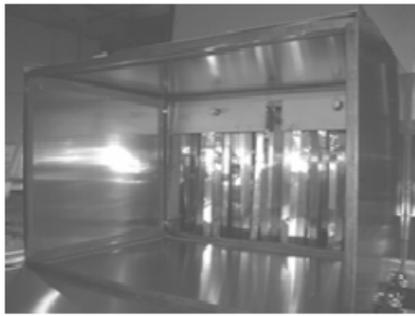


图 13. 防止外气侵入的效果确认实验

2-6-5.其他对策内容

- 滚柱驱动采用部分独立输送控制方式，削减了电能；
- 当炉内温度低于 250 时自动停止炉内搅拌风扇，削减了电能；
- 考虑到隔热效率、加热效率，采用了陶瓷纤维、高效率加热器。

2-6-6. 对策内容的标准化

我们利用表 3 中的节能法管理标准，将改善活动内容在公司内进行了标准化。

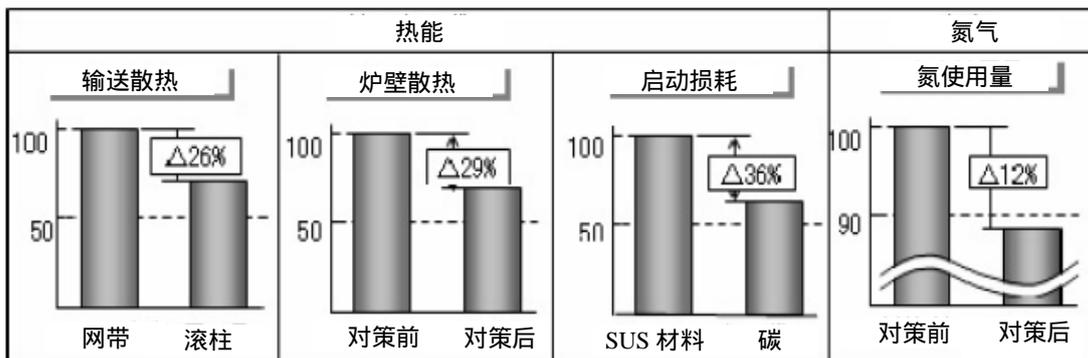
表 3. 实验钎焊炉的管理标准

	管理标准的设定	记录项目		新设时的措施	相关资料
	管理方法、标准值	记录项目	频率		
1-1 项 实验钎焊炉	在最短时间内启动，生产结束后立即停止	(1) コンベア速度 (2) 各ゾーン温度	1次/月 1次/月	炉内温度の検出 監視ファンは パーツを個別	・ 能源 使用量记录表 ・ ロー仕付工程 制御器校正 ・ NB 炉维修日历
	コンベア回数を極力減速、監視計を閉上、監視早を向上させる	(3) 月用电量 (4) 电压、电流	1次/月 1次/6个月		
	电压: 190~220V 电流: 350A、300、200A 以下				

2-7. 对策实施后的效果

我们将以上每个要素的对策效果汇总于表 4 中，将综合效果汇总于图 14 中。整体来看，我们实现 30% 目标，获得了预期的效果。如表 5 所示，通过削减电力消耗、氮气使用量，活动了每年减排 CO₂ 96 吨，降低成本 2,500 千日元的效果。

表 4. 对策效果表



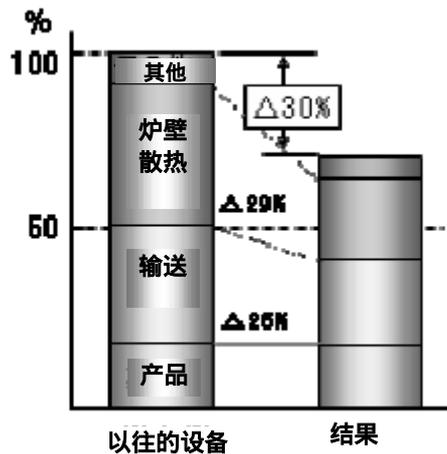


图 14. 总热能效果

表 5. 对策效果汇总

	削减量 (/年)	能源 (GJ/年)	CO ₂ (t/年)	效果金额 (千日元/年)
电力	124,000 (kWh)	1,200	69	1,400
氮气	47,000 (m ³)	450	27	1,100
合计	—	1,650	96	2,500

根据液体氮精炼的电能消耗与输送到事业所的轻油量之和将氮气换算成 CO₂。

3. 总结

此次引进的开发实验炉在输送方式上采用了滚柱式，降低了炉壁散热，缩短了启动时间，成功削减了 30% 的热能；

根据分析开关闸门时外气侵入的机理，合理设置了金属帘，成功限制了空气的侵入，削减了 12% 的氮气使用量。

利用热流量计实际定量评价了引进的开发实验炉的炉壁散热，由于与引进前的预测值有差异，据此判断闸门部的炉壁散热较大，通过实施对策达到了目标值。

通过 CAE 分析、模型实验，改造了开发炉，与实验时的情况相比较缩短了大约 50% 的时间，也以节能形式节约了开发费。

4. 今后的计划

我们将有效利用在本次开发实验炉的活动中所获得的分析结果与分析技巧，继续开发量产炉。通过继续开发与节能相关的基础技术，进一步实现钎焊炉的节能。

今后我们将具体致力于以下工作：

- 提高炉的产品填充率，削减每台产品的生产能耗。
- 开发回收产品废热的热循环炉。