日期　2020 年 8 月 25 日

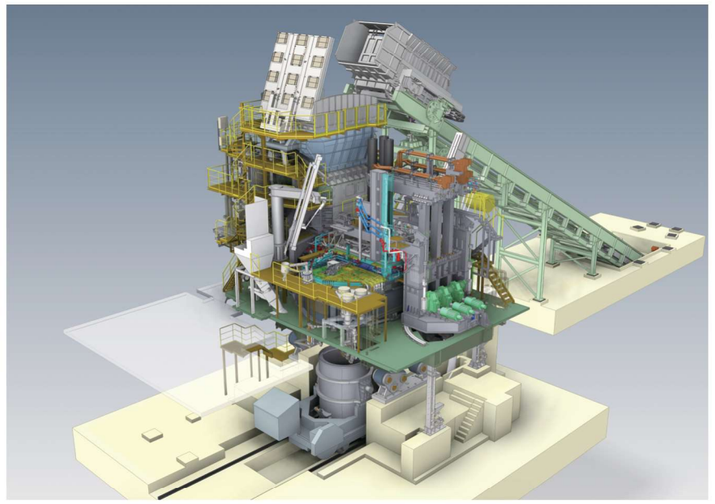
<table>
<tr><td>公司，机构名称</td><td colspan="4">一般社团法人　日本铁钢连盟
英文名：　The Japan Iron and Steel Federation</td></tr>
<tr><td>技术，设备名称</td><td colspan="4">环保对应型高效电弧炉（ECOARCTM）</td></tr>
<tr><td rowspan="4">分类</td><td>〇</td><td>（１）节能</td><td></td><td>（５）水治理</td></tr>
<tr><td></td><td>（２）新能源</td><td></td><td>（６）土壤污染治理</td></tr>
<tr><td></td><td>（３）大气污染治理</td><td></td><td>（７）智慧城市</td></tr>
<tr><td>〇</td><td>（４）循环经济</td><td></td><td>（８）其他</td></tr>
<tr><td>特点（宣传亮点）</td><td colspan="4">ECOARC 是，由于废钢连续预热技术和炉体的密封性，实现比其他炉子更好的经济指标和环保指标的，最先进的电炉技术。</td></tr>
<tr><td>节能环保效果和经济效益</td><td colspan="4">1）降低电炉冶炼耗电量 100kWh/t（全废钢冶炼，与传统炉相比）
2）降低电极单耗 30-50%（交流电炉）
3）提高金属收得率 1.5%（与传统炉相比）
4）削减温室气体 30%
5）削减粉尘排放量 50%
6）减少炉渣产生量 40%
7）电炉通电时的噪音降低 15dB
8）电压闪烁减少 40%</td></tr>
<tr><td>技术设备概要和原理</td><td colspan="4">由于废钢从熔池边到预热是连续存在，因此高温废气可以对预热室里的所有废钢进行预热。
通过该方式实现了耗电量的显著降低。另外，预热室到溶解室采用的一体结构半密封性，抑制溶解过程中的外部空气渗入。其结果，电极单耗得到了大幅的改善，也可以防止废钢的氧化。
废钢的溶解过程是在“平熔池”（Flat Bath）状态下进行，因此电压闪变稳定在低位，不需要电压闪变补偿装置，或使用低容量的补偿设备即可对应，所以可以抑制设备总投资费用。</td></tr>
<tr><td>业绩</td><td colspan="4">日本 5 套（已投产）
韩国 1 套（已投产）
泰国 1 套（已投产）
中国 2 套（计划 2021 年投产）</td></tr>
</table>

在华联系方式	公司，机构名称/联系人：Steel Plantech 株式会社 / 前田 一飞 TEL：+81-45-471-3917 E-mail：maedaka@steelplantech.co.jp 地址：日本神奈川县横滨市港北区新横滨 2-6-23 11 楼
在日本的联系方式	联系人：Steel Plantech 株式会社 / 前田 一飞 TEL：+81-45-471-3917 E-mail：maedaka@steelplantech.co.jp 地址：日本神奈川县横滨市港北区新横滨 2-6-23 11 楼
网址	https://steelplantech.com/zh/product/ecoarc/ （Steel Plantech 前田的微信二维码。中文、日语都可以发。）

Inovation for reduced costs and a cleaner environment

环保对应型高效电弧炉（ ECOARC™ ）

ECOARC™是各处尽显创新技术的环保对应型高效率电弧炉。具备消除溶解金属材料时发生的污染物质的先进废钢预热技术等，适用于未来的环境负荷。除此之外，还具有可以实现比传统电炉更高生产率的溶解技术。



指　标	业绩参数
TTT [min]	40
耗电 [kWh/t]	240
电极消耗 [kg/t]	0.7
产品收得率 [%]	95
年生产时间 [Hr]	7900

降低生产成本

削减耗电量	提高出钢成品率	削减电极单耗
100 kWh/t	**1.5 %**	**30 ~ 50%**
（全废钢冶炼）		（AC电炉）

通过引进 ECOARC™，可以大幅削减生产成本，并可以短期内回收投资以及提高收益。
通过 ECOARC™惊人的性能，让您切实感受到导入后立即回收投资的好处。

减轻环境负荷 - 因为引进了ECOARC™，可以大幅地减轻环境负荷。

削减温室气体	二噁英排放量	削减粉尘排放量	炉渣产生量减少	通电时的噪音降低	电压闪变减少
30 %	**0.1 ng-TEQ/m3N**	**50 %**	**40 %**	**15dB**	**40 %**

高效溶解技术

由于废钢从熔池边到预热室连续存在，因此高温废气可以对预热室里的所有废钢进行预热。通过该方式实现了耗电量的显着降低。另外，预热室到溶解室采用的一体结构实现的半密封性，可以抑制溶解过程中的外部空气渗入。其结果，电极单耗得到了大幅的改善，也可以防止废钢的氧化。废钢的溶解过程是在 “平溶池”（Flat Bath）状态下进行，因此电压闪变稳定在低位，不需要电压闪变补偿装置，或使用低容量的补偿设备即可对应，所以可以抑制设备总投资费用。





绿色钢铁技术

因为在废气管道系统上设置燃烧室和急冷室，可以有效分解二噁英，也抑制二噁英的二次合成。二噁英排放量可以实现低于 0.1ng-TEQ/ ㎥。
不仅二噁英，也分解恶臭和白烟原因的挥发性物质，所以可以防止白烟和恶臭扩散。
炉体的半密封结构使废气不会被稀释，可以把废气中的 CO 气体作为燃料在燃烧室里使用，大幅降低燃料使用量。
平熔池状态的操作可以大幅地减少电弧通电时的噪音。
由于耗电量的降低，产生的温室气体也会随之减少。

废物处理

ECOARC 配备的密封结构炉体、可以抑制粉尘飞散的废钢预热室（竖井）的双门结构、及具备燃烧和急冷方式的废气处理系统，可以在溶解废钢的过程同时进行各种废物处理。例如医疗废物的无害化处理、另外把废轮胎、一般废物、汽车拆解废物等作为 RDF * 的替代燃料利用、同时进行其中铁的再循环利用等，ECOARC 的业绩厂在做直接、间接的废物处理。(*RDF; 废物固体燃料)

自动化、智能化

废钢输送是全自动化的，也应用炉前自动化设备和二级控制，可以由两个人 / 班操作。
通过预热室里的摄像机可以掌握废钢的下降 / 溶解情况。激光废气分析系统可以实时优化炉内的二次燃烧。结果，可以最佳地控制泡沫渣产生的 CO 气体在炉内的二次燃烧，实现最大的废钢预热效果。

ECOARC™业绩表（到2019年4月已投产、在运行的）

No.	1	2	3	4	5	6	7
投产年	2001	2005	2008	2010	2012	2014	2018
国家	日本	日本	日本	韩国	泰国	日本	日本
容量	70 ton	140 ton	130 ton	120 ton	70 ton	200 ton	100 ton
变压器［MVA］	41 (Reuse)	88 (Reuse)	75 (New)	80 (New)	50 (Reuse)	115 (New)	78 DC (Reuse)
产品	D-Bar	H-beam, FB, Angle	High grade Rod/Wire	D-Bar	D-Bar Billet	Long Product	D-Bar

电弧炉最先进的节能技术 ECOARC™简介

T. Nagai, Y. Sato, H. Kato, M. Fujimoto and T. Sugasawa
JP Steel Plantech Co., Yokohama, Japan

Contact data
T. Nagai, JP Steel Plantech Co., Concurred-yokohama bldg. 12F 3-1, Kinko-cho Kanagawa-ku, Yokohama 221-0056 Japan, +81 (0)45-440-5946, nagaita@steelplantech.co.jp

概要
JP Steel Plantech（以下简称“SPCO"）开发了“ECOARC™"，这是一种高效率电弧炉，具有最先进的能量回收和环保技术。ECOARC™使用高温废气预热废钢，将废钢装入到连接在炉壳上的“竖型"预热室中。此外，气体用于在燃烧室内处理废气里的化学物质，其过程中只需要加少量燃料。只有 ECOARC™具有高度的气密性以及防止空气渗入废钢预热室和炉体内的特征。
在日本，韩国和泰国已经有六套 ECOARC™在进行了商业运作，能耗可减少大约 30%。
在本文中，我们将介绍如何利用废气预热提高能源效率的方法，也同时介绍商业运作中的 ECOARC™。

关键词
EAF，ECOARC™，电弧炉，高效率，废钢预热，省电，废气处理

1．简介

1-1．ECOARC™系统概要

图 1 显示 ECOARC™的概念图。这包括熔融炉和预热室。预热室强固地连接到熔融炉。连接的预热室防止空气渗透是这个炉子的一个重要的特色。由于紧密的连接，没有空气渗入预热室内。同时，电炉中的各个水冷盘等之间的间隙的最小化也实现了半气密结构。
ECOARC™的另一个机械特征是在预热室内没有支支撑废钢的机械结构如手指(Finger)，预热室底部的废钢一直与熔融炉中的钢水接触。在操作过程中，废钢从预热室的顶部装入炉中。因此，除了第一个炉次之外，熔融过程在所谓的“Flat Bath = 平坦浴"状态。即使在精炼升温和出钢阶段，预热室保持一定量的废钢进行预热。在 ECOARC™生产过程中，废钢每炉次分成 10-13 次半连续投入。从废钢成本和较高的预热效率考量;在冶炼上可以尽量使用更为便宜的轻型废钢。当然也可以使用车床削，捆扎及大尺寸废钢。此外，也可以使用像汽车废钢等低体积密度废钢和高可燃性废钢。实际在商业运作中没有对废钢有所限制。

1-2．废气处理系统

图 2 显示来自预热室的废气流程。通过使用废气中所含的 CO 气体，只加少量燃料就可以避免产生有害化学物质。 因为在 ECOARC ™中，来自预热室的废气的氧化度（$OD = CO_2 / \{CO + CO_2\}$）控制在 60～70%。 具有这种成分的气体，它本身可自己燃烧。 位于预热室下游的燃烧室中，废气可保持够高的温度以分解二恶英。 燃烧之后，废气通过冷却室内的喷水快速冷却，以防二恶类物质的重新组合。 通过这一过程，ECOARC™实现了日本建设新电弧炉的规定要求的二恶英度，低于 0.5 ng-TEQ/m^3N。 ECOARC™可以以更低的成本实现更好的有害化学品处理。

.

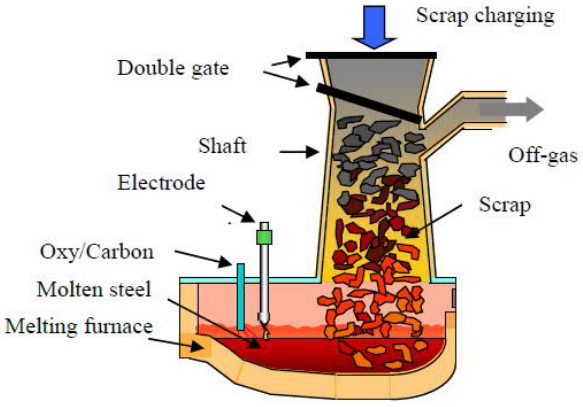


Figure 1: Concept diagram of ECOARC™

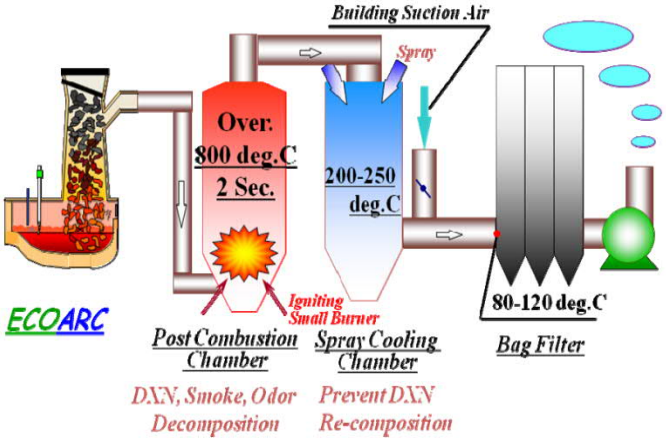


Figure 2: Outline of ECOARCTM process

2．优点

表 1 显示 ECOARC™ 与常规 EAF 相比的优点。

2-1．高效率

通常竖式电弧炉具有降低一定水平的热损失的优点，除了预热室中的热回收之外，因为装入废钢时不需要打开炉顶，可减少热损。SPCO 开发了 ECOARC™，充分利用竖式炉的优点。

事实上，通过商业运作收集的数据显示，当氧气消耗量为 33 m^3N/t 时，可达到了耗电量为 210 kWh/t（本文中 t 表示 metric ton 出钢量）。

在 ECOARC™ 制程中，高温 CO 和 CO_2 气体直接接触预热室底部的废钢，而不需要像有手指(Finger)一样的有废钢保持机构。因此，废钢始终与预热室底部的钢水接触。从废气到废钢和从钢水到废钢的热回收都是最大化的，因为它不会有机械结构带来的热损失。此外没有手指机构受到来自高温废气热负荷损害的可能，所以 O_2 喷吹不受废气温度的限制。增加氧气使用量对电力消耗有很大的影响。

这也意味着 ECOARC™ 没有像手指(Finger)与预热废钢之间粘附，漏水等，有关手指在维护上的难度和麻烦。

2-2．废气氧化度控制

避免炉内和预热室的空气渗透的气密性也是实现更低能耗的必要条件。

如果预热室和熔融炉“不是"直接连接，则废钢预热室和熔融炉之间存在一定的间隙。该间隙导致空气渗入，会导致废钢的过度氧化并降低预热室内的气体温度。预防空气渗透和废气氧化度控制都是为了稳定的预热必要条件。必需要保持高 CO 浓度和低 O_2 浓度的气体才能使废气稳定燃烧。由于废气中 O_2 浓度高且不均匀，其他具有较低气密性的工艺往往会造成不可控制的废气燃烧。

直到今天，一些竖式电弧炉作为概念模型被提出了，其中一些实际上已被商业化了。然而，在其他方法中，熔融炉和预热室被分离以使其炉体本身可以自体倾动。具有这样相当大的间隙，会使废气的氧化度容易达到 1.0，不仅造成废钢氧化，而且经常发生废钢熔融粘附情形。在其他供应商的论文中报告了这些问题。因此，从气密性的角度来看，分离式炉体由于过度氧化，在稳定高效的运行中似乎存在一些困难。低温空气混合废气可能将能耗水平限制在 280 kWh/t。由于这些原因，SPCO 采用了 ECOARC™ 连接式预热室。

2-3．“始终"熔池及气密过程

在 ECOARC™，生产一旦开始，熔融和加热过程在熔池状态下持续进行。因此熔池生产的好处可以充分利用。值得注意的优点如下。

a）降低钢水中氮含量

炉内足够的钢渣量水平很容易能实现浸没电弧。由于电弧始终被炉渣覆盖，钢水中的氮侵入会减少。根据我们客户的报告，与常规电弧炉相比，钢水氮含量降低了 10ppm。

b）降低电极消耗量

通过连续的熔池生产，不需要像常规电弧炉那样的废钢钻入期。因此废钢滑落钢水造成的电极损坏情况减少，而且在钢水和电极之间通电时的电弧变得稳定。由于这些原因，可以降低电极消耗。我们的一家客户报告了 AC ECOARC™ 中的消耗数值。这个消耗数值远远低于常规电弧炉。

电极消耗（AC）；0.75 kg/t

c）提高钢水收得率

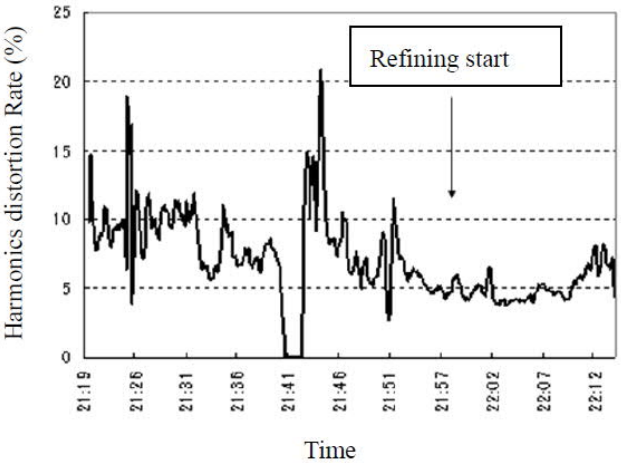
在 ECOARC™ 中，通过熔池生产氧气一直喷吹入钢水中。换句话说，这里没有所谓氧枪的废钢切割工作。从这一方面，与常规 EAF 相比，

避免产生过量的 FeO。气密室也有助于避免废钢的氧化。提高了钢水收得率。有报告提出，钢水收得率可提高约 1.0 - 1.5%。

d）粉尘产生量的减少和灰尘中较高的 Zn 含量
由于采用埋弧的熔池生产和废钢加料不打开炉顶盖，在预热室内具有除尘效果，粉尘量减少。因此，实际生产结果，从常规炉转变后，有报告说等于或小于约 50%的粉尘量。此外，灰尘中的 Zn 凝固变得更高，因为气化 Zn 被预热室中的废钢层捕获。对于 EAF 粉尘，较高的 Zn 浓度意味着更高的交易价格。所以，粉尘处理的总成本会降低，成品率会提高。与常规炉相比，炼钢厂房内的环境也会保持更清洁。

e）改善供电系统
由于熔池生产，没有像常规电弧炉中的很大的功率波动。可以在整个炉次中保持高功率因数，低闪烁和较低的高次谐波。因此，可以大大降低 SVC，高次谐波过滤器等，为了符合电力规定所需的电气设备容量的投资。图 3 和图 4 是常规电弧炉和 ECOARC™ 在一个炉次的高次谐波比较。另外，图 5 显示了 ECOARC™ 中的闪烁测量值。从这些测量中，很容易理解，ECOARC™ 对电源质量有很大的优势。

f）噪音较低
由于充分的泡沫渣的熔池生产和没有打开炉顶盖方式的废钢装入，操作过程中的噪音大大降低。图 6 和图 7 是在相同生产量的常规电炉和 ECOARC™ 操作时噪声水平测量的结果。在常规电弧炉中，在熔化期间噪声水平记录大于约 100dB。而 ECOARC™ 中的噪声水平始终小于 100 dB，平均值约为 90 - 95 dB。



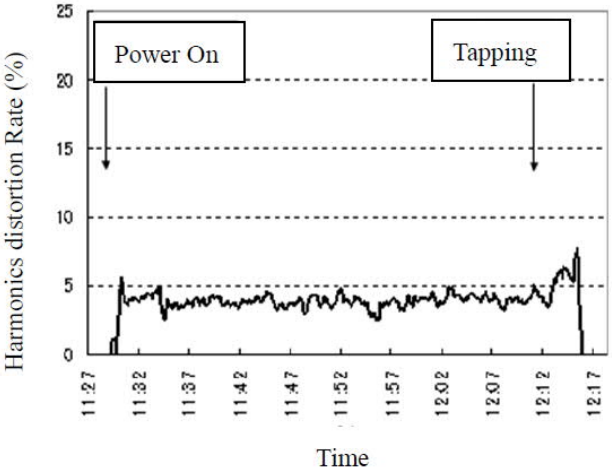


Figure 4: Harmonics distortion of ECOARC™

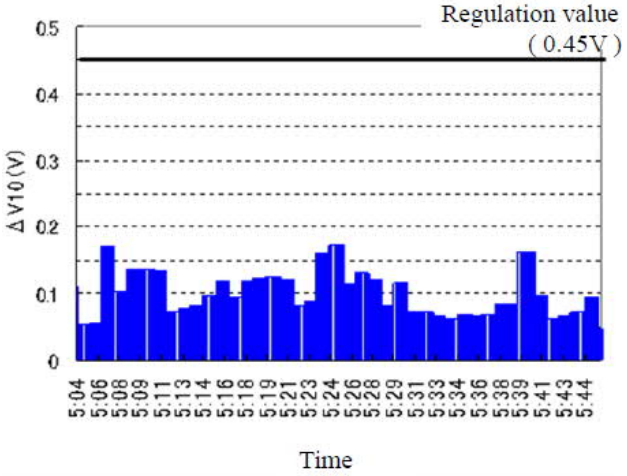


Figure 5: Flicker measurement value in ECOARC™

2-4. 高效率废气处理系统
在常规电弧炉中，大型燃烧器安装在燃烧室中以热分解污染物。经过严格的监管，燃油成本过高，这是无法忽视的。在 ECOARC™ 中，来自熔化炉的 CO 气体在燃烧室中混合燃烧，可以使用很少燃料的燃烧器点燃 CO 气体。将温度提升到 800 摄氏度以上的温度，白烟，恶臭和二恶英的致病物质就可被分解。通过半气密性，熔融炉和预热室的渗透空气会被最小化。然后，ECOARC™ 的废气量远低于常规电弧炉，并且与具有相同生产量的常规电弧炉相比，其废气量只约为 60%。因此，废气通过自燃的 CO 气体变得更高温。常规预热系统中的白烟/恶臭等污染问题也通过在 ECOARC™ 的这些过程中解决。商转实绩中 ECOARC™ 都已经通过了每个国家二恶英的监管数据。追求预热效率和控制污染物是矛盾的

问题。然而，创新的 ECOARC™ 技术体现在可以为两个矛盾提供解决方案。

2-5．高度复杂的控制系统

ECOARC™ 还配备了高等级精确的控制系统。几乎所有的操作任务都是自动化的，包括废钢混合指令，废钢输送，副原料混合指令和输送等。操作人员可以通过无缝控制站（包括 HMI 和 2 级）来帮助指导系统控制 ECOARC™。图 8 显示了一个例子。它用于在装入废钢量和输入功率之间保持适当的平衡。

Merits of ECOARC™ compared with Conventional EAF	
Power consumption	−100 ~ 150 kWh/t
N_2 content in molten steel	−10 ppm
Electrode consumption	−40 ~ 50 %
Tapping yield	+ 1.0 ~1.5 %
Dust generation	−50 %
Flicker	−50 %
Noise	−10 dB
Productivity	+ 20 ~ 60 %

Table 1: Merits of ECOARC™

3．商业应用

表 2 显示了六套实际在商业生产的 ECOARC™ 的主要规格。 其中三套是新建，其余三套是旧炉体的更新项目。 如表 2 所示，ECOARC™ 具有广泛的出钢量范围，可以投入全球标准规格的废钢。

在此，以泰国第五套 ECOARC™ 项目为例。该项目计划旨在提高 EAF 性能和周边地区的环境状况，同时以最小的关停期将旧的常规电炉改造成 ECOARC™ 及其辅助设备，直接吸烟系统和废钢输送系统。同时尽可能留用现有的炼钢厂设施，以最大限度地减少资本支出是另一项重要任务。

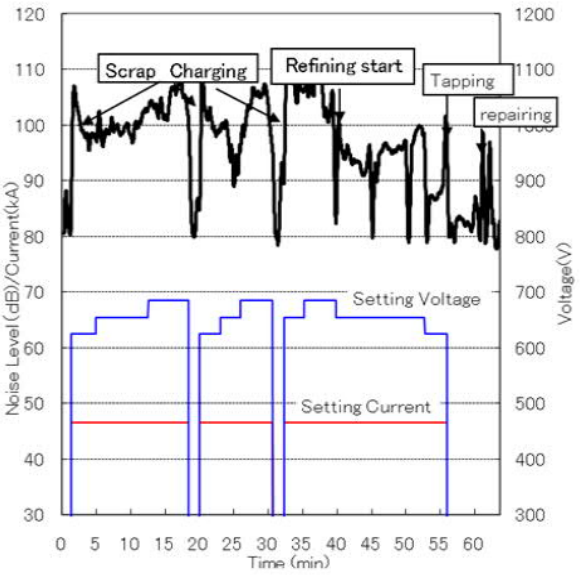


Figure 6: Noise level of conventional EAF

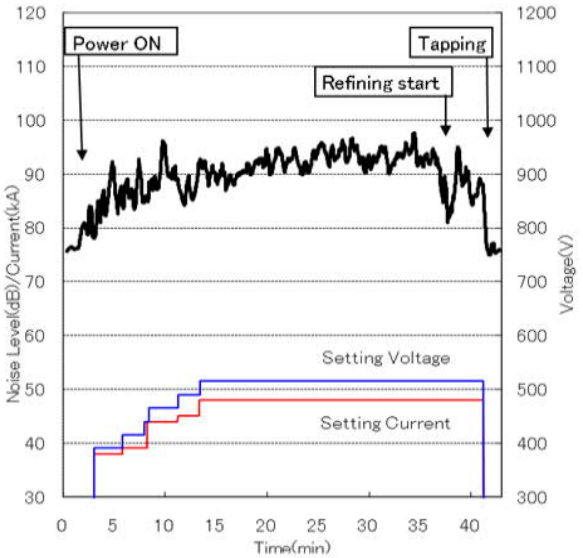


Figure 7: Noise level of ECOARC™

改善目标数字在投产后仅在两个月内就达到了。 對於现有炼钢厂设备可达到最大的可重用性，虽然 ECOARC™ 具有竖式预热室与从预热室顶部装入废钢的方法，但是不修改天车和厂房是必要条件。

此外，原有的主电力系统包括变压器，电极臂，滤袋式过滤器的厂房除尘系统，水处理系统和一些其他辅助设施都可以继续使用。事实上，SPCO 可以将 ECOARC™ 系统设计为符合所有客户的最佳解决方案。

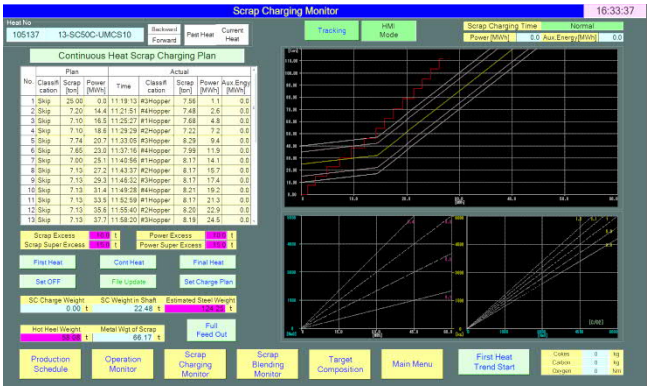


Figure 8: Scrap charging guidance

生产成本和最近被重视的环境保护议题是 EAF 设备投产必须面对的问题。ECOARC™ 为节省生产成本和开发更环保的钢铁工业提供最佳解决方案。

No.	1	2	3	4	5	6	7	8、9
投产年	2001	2005	2008	2010	2012	2014	2017	2021
国家	日本	日本	日本	韩国	泰国	日本	日本	中国
出钢量	70 ton	140 ton	130 ton	120 ton	70 ton	200 ton	100 ton	70ton、89ton
炉型	交流	交流	交流	交流	交流	交流	直流	交流
变压器容量	41 MVA（留用）	88 MVA（留用）	75 MVA（新投资）	80 MVA（新投资）	50 MVA（留用）	115 MVA（新投资）	78 MVA（留用）	
电极直径	460 mm	610 mm	610 mm	560mm	560 mm	710 mm	710 mm	
产品	异形棒材	H 型钢、建材	高级棒线、特殊钢	异形棒材	异形棒材	异形棒材	异形棒材	特殊钢

Table 2: Main specification of commercial ECOARC™

4．结论

SPCO 基于下述全新思路开发了最先进的电弧炉“ ECOARC™ ”

a）直接接触到熔融钢液的预热室。
b）预热室保持在整个生产中充满废钢，以连续预热，以达最大限度地提高能源效率。
c）同时存在的废钢和钢水可有效地传热。

通过第一家商业化设备的稳定运行，SPCO 确认了能耗达到 210kWh/t。此外，第二套至第七套 ECOARC™ 也运作顺利，不断更新运作记录。值得注意的是，最大的第六套 ECOARC™ 也在 2014 年底顺利投产。