

# 钢的炉外精炼文集

鞍钢科学技术馆钢铁情报研究所

一九七八年十一月

IF703.5-234

# 目 录

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 1. 国外炉外精炼法的发展概况及其在鞍钢应用的可能性 ..... | 1   |
| 2. 国外炼钢生产中炉外精炼技术发展概况 .....       | 9   |
| 3. 电炉炼钢的二次精炼 .....               | 44  |
| 4. AOD法和它的八十六个月的增长 .....         | 66  |
| 5. 关于二次精炼的讨论 .....               | 87  |
| 6. 炉外精炼 .....                    | 93  |
| 7. 用转炉真空精炼高铬钢 .....              | 108 |

## 国外炉外精炼法的发展概况 及在鞍钢应用的可能性

以炉外精炼法为中心的特殊炼钢法已有二十多年的发展历史了。二十多年来，为了提高钢的生产效率，降低钢的生产成本，提高钢材质量等，而研究发展了各种各样的炉外精炼法。

所谓钢水的炉外精炼法，乃是用炉外钢水精炼设备对由平炉、电炉、转炉所冶炼的钢水进行二次精炼处理，以达到提高生产效率、降低成本和提高钢质量的一种方法。

一般情况下在平炉、转炉或电炉内进行钢水精炼，调整钢中的氢氧含量，去除钢中的非金属夹杂物需要较长的时间，而且生产效率低，对某些要求严格的钢种来说，只进行炉内精炼，不可能达到所规定的性能标准。钢水的炉外精炼法，就是为解决上述问题，而发展起来的一种二次精炼法。

钢水炉外精炼法的优点是：由于钢水是在真空下或惰性气体等惰性气氛中进行精炼处理，钢中夹杂物易于去除，钢中有害气体含量可以大大降低，贵重铁合金的收得率可以提高。

目前国外采用的炉外精炼法有：DH法、RH法、VAD法、ASEA—SKF法、AOD法、VOD法等。除上述炉外精炼法外，国外还发展了电渣重熔法（ESR）和真空自耗电极重熔法（VAR）。

### 一、钢水的真空脱气法

国外采用真空脱气法主要是为了提高钢材的质量。国外大多采用的真空脱气法是DH法和RH法，另外还有硫磺脱气法，钢钎脱气法和出钢脱气法等，

~2~

钢锭脱气法和出钢脱气法等。

### 1) DH 法

DH 法又称为真空提升脱气法。

该方法脱气过程是，首先将盛满钢水的钢锭吊至真空脱气槽下口，而后把脱气槽下口的提升管插入到钢水中，将槽抽成真空后，钢水提升至槽内进行脱除气体。在真空状态下，脱气槽和钢水反复升降，此时钢水被搅拌、混合和脱气。

DH 法由西德多特蒙德公司在 1956 年发明并建设了一个 100 吨能力的设备后，到目前为止全世界共有十九个国家拥有 90 座 DH 真空处理设备，其中美国有 26 座、日本有 17 座、西德有 13 座、英国有 5 座、捷克有 4 座、澳大利亚、比利时、瑞典、加拿大等国都设有 DH 真空处理设备。

### 2) RH 法

RH 法又称为循环式真空脱气法。该方法也是西德发明的，第一套设备于 1959 年建于西德鲁尔钢厂，该方法和 DH 法相似，该法的脱气过程是：首先把真空脱气槽所共有的提升和排出钢水的两根管插入钢水钢的钢水中，尔后将脱气槽抽成真空，此时钢水上升到相当于一个大气压的高度，这时由一根管内送入氩气，于是钢水进入真空槽内进行脱气。脱气后的钢水依靠自重由另一根管内返回到钢水钢中，如此循环多次，进行脱气处理。

目前国外共设有 RH 脱气设备 46 座，其中美国有 10 座、日本有 16 座、西德有 5 座、瑞典有 4 座，其余分布在法国、奥地利、苏联、英国等国家中。

### 3) ASEA-SKF 法

ASEA-SKF 法是由瑞典发明的一种具有电弧加热装置

和电磁搅拌装置的钢包真空脱气法。

该法可以由电弧加热来弥补钢水处理过程中的温度降低，而电磁搅拌可以作到添加合金后使钢水成份均匀并易于调整钢的化学成份。

目前国外共设有 ASEA—SKF 设备 35 套，其中瑞典有 17 套、日本有 3 套、其余分布在意大利、英国、苏联、美国、西班牙等国家中。

#### 4) VAD 法

VAD 法是美国发明的一种具有电弧加热装置的钢水真空脱气法。自从 1967 年美国劳克公司建成 70 吨 VAD 设备以来，已有奥地利、美国、日本、西德、法国等九个国家共设置了 15 套 VAD 设备。

## 二、用于精炼不锈钢的 VOD、AOD 法

近年来为了降低不锈钢的生产成本，VOD 和 AOD 法在国外得到广泛的应用。这两种方法都是能够大大减少不锈钢精炼脱碳过程中铬损耗的精炼法。

#### 1) VOD 法

VOD 法是一种处理不锈钢用的真空脱碳精炼法。该法是在真空条件下，由钢水包顶下向包内吹氧，同时从钢包底部向钢包中吹入搅拌钢水用的氩气，使钢水在抑制铬氧化的情况下进行脱碳。

VOD 法是西德特殊钢公司研究成功的，自从该公司 1966 年建成 40 吨 VOD 设备以来，日本、瑞典、英国、法国、美国等共设置了 17 套 VOD 设备。

#### 2) AOD 法

AOD 法也是一种不锈钢用的炉外精炼法。该法是从与转炉

~ 4 ~

料以调节炉底温度，输入少量稀释了的氧气，在防止钢水中铝损失的情况下将钢水脱碳至低碳范围。

AOD法是美国乔斯林不锈钢公司于1958年首先研究成功的。自1963年美国乔斯林不锈钢公司建成15吨处理能力的设备以来全世界有15个国家共建了66套AOD处理设备。其中美国25套，日本18套，英国7套，意大利5套，西德4套等。美国阿拉巴马州钢公司计划在1977年建成世界上最大的175吨AOD设备。

### 3. RH-OB法

RH-OB法是37日本钢铁公司于1961年研究成功的一种不锈钢的炉外精炼脱碳法。RH-OB法的特点是钢水经行OF真空处理后，在真空下向钢液中吹入氧气，在防止铬氧化的情况下，使钢水进行脱碳。除日本以外，其他国家还没有设置。

### 4. CLU法

CLU法是一种和AOD法相似的不锈钢用炉外精炼法。该法与AOD法不同之处在于已用廉价的水蒸汽取代AOD法所使用的氧气。

CLU法是瑞典的乌德霍尔姆公司于1972年研究成功的。目前除瑞典外，其他国家还没有采用该种设备，但其今后的动向值得注意。

## 三. 用于生产高级钢的电渣重熔法(ESR法)

电渣重熔法是将一次熔解过的合金钢锭用作消耗电极，电极和炉底间充满炉渣，由电流通过炉渣时产生的大电阻热使消耗电极熔化，进行精炼，去除夹杂，尔后在水冷的铜结晶器内凝固为重熔钢锭。

ESR法的特点是，由于电渣的精炼重熔作用，钢中的非金属夹杂物可大大减少，可以获得偏析少、表面质量好的重熔锭。

提高钢的收得率。

电渣重熔法近年来在国外发展很快，尤其是美国和苏联发展更快，其设备规模日趋大型化。美国和苏联都可生产200~400吨的大型电渣重熔钢锭，用来制造100万千瓦发电机的转轴。

截止1976年末止，国外共设有电渣重熔设备83座，其中美国有24座，苏联有12座以上，西德有12座、日本有16座、英国有7座、其余分布在法国、意大利、南斯拉夫、瑞典等国家中。

今后随着高级合金钢需要量的增加，电渣重熔设备将越来越广泛地被采用。

#### 四、炉外精炼法在鞍钢应用的可能性

由上述材料可以看出，近年来国外为了提高钢的生产效率、改善钢的品种、质量、降低钢的生产成本，而广泛采用了各种炉外精炼法，目前国外比较普遍采用的炉外精炼法主要是提升式真空处理法(DH)，电渣重熔法(ESR)、不锈钢用的氩氧精炼法(AOD法)、循环式真空处理脱气法(RH法)。

近年来，我们国内也有不少钢厂采用了炉外精炼法，如大冶钢厂采用了DH真空脱气法，太原钢铁公司采用了DH真空脱气法，其他如上海汽轮机厂、上钢五厂、抚顺钢厂等，都采用过钢水的炉外精炼法，并取得了显著效果。

炉外精炼法在我们鞍钢应用的前景是非常可观的，第一炼钢厂过去就采用过RH真空脱气法，用来处理重轨等合金钢种，取得了良好效果，重轨钢经真空脱气处理后，钢中含氢量显著降低，重轨钢中的白点明显减少，重轨钢的缓冷时间可大大缩短，重轨的一级品率得到提高。

~ 6 ~

鞍钢第二炼钢厂曾采用DH法来处理硅钢、C60钢等合金钢种也都取得了较好的效果。钢水经DH设备处理后，氢气的去除效率可达40~60%，氮气的去除效率可达20~30%。

DH法、RH法虽然过去在鞍钢的生产实践中获得了良好的效果，但是由于“双革”运动受到“四人帮”反党集团的干扰破坏，新技术的推广没有得到应有的重视。DH、RH法在我们鞍钢也早就不应用了，设备也早已拆得七零八落了。今天我们在英明领袖华主席领导下，打倒了“四人帮”，抓钢治国要大干，钢铁工业要大上，我们应当向大庆学习，抓住适合我国国情的新技术不放，一抓到底，“洋为中用”，使外国的新技术为我国的社会主义事业服务！决不能对新技术采取实用主义的态度，决不能心血来潮，抓一阵子，遇到困难，放到一边，虎头蛇尾，不了了之。建议公司领导立即着手把DH、RH真空处理设备恢复起来，为打好品种质量翻身仗，为多炼钢，炼好钢贡献力量！

鞍钢第二炼钢厂于1971年4月建成投产的8~13.5吨单相扁锭电渣重熔炉，经过生产实践的检验，证明它是一种多快好省的生产合金钢的有效手段。

从1971年4月至1972年末，该电渣重熔设备共生产了752个优质合金钢锭，达6800吨。在此期间共为国家节约：镍190吨、铬70吨、铝18吨。

实践证明，这台电渣重熔设备生产的钢材质量好、成本低。据两年生产的初步统计，电渣重熔钢板的探伤合格率为95~98%，锭到板的成材率为56.4%，坯到板的成材率可达65~70%，脱硫效果明显可达35~40%，去除非金属夹杂的能力也比较高，可达60~65%，钢中含氧量可降低70%左右，含氢量可降低35%左右。



从平炉 → 电渣炉 → 轧钢总的工艺分析来看，电渣钢不仅可以获得高强度、高韧性的钢材，而且电渣钢具有如下优点：

1. 电渣钢的成材率高，从钢锭到钢材，平炉钢的成材率仅为28%左右，而电渣钢可达55%左右。

2. 电渣钢锭的切头率低，平炉钢锭的切头率高达17.5%左右，而电渣钢仅为9%左右。

3. 电渣钢一般不用缓冷，使初轧厂的缓冷坑得到解放。

另外，电渣重熔设备可以生产平炉不能冶炼的高级合金钢、特殊钢，给扩大钢的品种开辟新的途径。

有关单位曾在鞍钢开过现场会，推广第二炼钢厂电渣重熔方面的经验，然而我们这里是墙内开花，墙外香，我们的电渣重熔设备没有受到应有的重视，潜力没有得到发挥。国内兄弟单位电渣重熔发展很快，上海汽轮机厂目前可以生产100吨的电渣重熔钢锭，效果很好。我们应当急起直追，将二炼钢厂的电渣重熔设备充分利用起来，为完成今年的钢铁生产任务，为实现日产钢二万吨，赶超世界先进水平作贡献！

其他炉外精炼法，如：VAD法、VOD法、ASEA-SKF法、AOD法等，都可以针对我们合金钢生产中存在的质劣问题而利用起来。为了防止钢水在真空处理过程中温度的降低，也可以采用具有电弧加热装置的VAD法和具有电弧加热和电磁搅拌装置 of ASEA-SKF法等。

~8~

国外炉外精炼设备一览表

| 国别   | 精炼法 | DH | RH | VAD | ASEA-SKF | VOD | AOD | ESR |
|------|-----|----|----|-----|----------|-----|-----|-----|
| 奥地利  |     | 1  | 1  | 1   |          |     | 1   | 1   |
| 比利时  |     | 3  |    |     | 1        |     | 1   |     |
| 法国   |     | 3  | 1  | 2   |          | 1   | 2   | 3   |
| 意大利  |     | 2  | 3  | 1   | 2        |     | 5   | 1   |
| 西德   |     | 13 | 5  | 2   |          | 4   | 4   | 12  |
| 英国   |     | 5  | 2  | 2   | 2        | 2   | 7   | 7   |
| 卢森堡  |     | 2  |    |     |          |     |     |     |
| 西班牙  |     |    |    |     | 1        | 2   | 5   | 1   |
| 匈牙利  |     |    | 1  |     |          |     |     |     |
| 捷克   |     | 4  | 1  |     |          |     |     |     |
| 东德   |     | 2  |    |     |          |     |     |     |
| 波兰   |     | 1  |    |     |          |     |     |     |
| 罗马尼亚 |     | 1  | 1  |     |          |     |     |     |
| 南斯拉夫 |     | 1  | 1  |     |          |     |     |     |
| 苏联   |     | 1  | 2  |     | 2        |     |     | 12  |
| 挪威   |     |    |    |     |          |     | 1   |     |
| 芬兰   |     |    |    |     |          |     | 1   |     |
| 瑞典   |     | 3  | 4  |     | 17       | 1   | 3   | 3   |
| 加拿大  |     | 2  | 1  | 1   |          |     | 1   | 1   |
| 美国   |     | 26 | 10 | 3   | 1        | 1   | 25  | 24  |
| 巴西   |     |    |    |     | 2        |     |     | 1   |
| 澳大利亚 |     | 2  |    |     |          |     | 1   |     |
| 南非   |     | 1  |    | 1   |          |     | 1   |     |
| 印度   |     |    | 1  |     |          |     |     |     |
| 多米尼加 |     |    |    |     |          |     |     |     |
| 日本   |     | 17 |    |     |          | 6   | 8   | 16  |
| 国外总计 |     | 96 | 22 | 15  | 22       | 17  | 66  | 83  |

资料来源：钢铁技术研究所

白丙中 编写

# 国外炼钢生产中炉外精炼技术 发 展 概 况

## 一、概 述

随着对特殊钢的数量和质量需求的不断增长，特别是对钢质量要求的不断提高，就必须不断强化特殊钢的冶炼，增加产量，提高质量，降低消耗。为此，人们广泛地进行了炉外精炼技术的研究。

### 1、发展简史

从钢水中进行脱气的思想可以追溯到上一世纪，那时就已提出专利并得到了批准，但是，直到本世纪50年代初期才建立起真空脱气的生产设备并应用于实际生产中。这就是西德波鸿钢铁厂（Bochumer Verein 现在的克虏伯钢铁公司）的注流脱气法。钢水在泻落过程中在真空中脱气。这样的处理只要用几分钟时间就可以使钢水中的含氢量脱除到理想的水平。在此以前，要将固态钢作几十乃至几百小时的高温弥散处理，才能解决由于氢所造成的白点、发裂或分层。新的脱气法操作方便、可靠，也很经济。

50年代中期，出现了钢水真空处理法，首先在西德的多特蒙德-霍尔德（Dortmunder Hoesler）厂出现了第一台DH设备，随后又出现了RH法（西德莱茵钢厂），并得到了迅速推广。

随后，钢包脱气法，或是钢包到钢包脱气，或是在钢包内搅拌脱气，或是用惰性气体气泡、感应搅拌等方法脱气都相继出现。

到60年代中期，人们进一步考虑，能否将脱气过程和精炼

处理结合起来，以便在进行单纯脱气的同时，提高炼钢炉的生产能力。1962~66年间西得蒂森优质钢公司维腾厂提出了真空精炼法，即VOD法，在此同时或稍后，出现了许多真空精炼法，如ASEA-SKF法，芬克尔VAD法等。真空精炼技术逐渐走向成熟，并于70年代初期蓬勃发展起来。

70年代获得迅速发展的炉外精炼技术还有氧气和惰性气体混合喷吹法，先有AOD法，后有CLU法。到目前为止，AOD法的发展速度远远超过其他精炼法。有人把这种方法称之为炼钢工业的一次革命，把它列为第七种主要炼钢方法（前六种方法是：搅拌和卡森隆锻造法，坩埚法，平炉法，贝斯麦法，电炉法和LD法。所有其他方法只是这些方法的变种而已）。这种说法不一定恰当，但AOD法的发展速度确实是很快的。

由于炉外精炼技术的发展，有力地配合了超高功率电炉和一些转炉的生产。西方世界不锈钢的产量从1960年的230万吨增加到1974年的680万吨；其他一些特种钢的产量也大幅度增长，质量提高了，消耗降低了。

## 2. 炉外精炼的分类

炉外精炼技术发展到今天已是名目繁多，各有千秋。目前能列出的炉外精炼方法多达几十种。按各种方法名称字头排列如下：

- AAD 日本的钢包吹氩-电弧加热脱碳法
- AOD 氩-氧脱碳法
- ASEA-SKF 真空感应搅拌、电弧加热
- BV 波鸿联合厂注流脱气法
- CAB 钢包喷粉脱磷
- CLU 克鲁索-路尔克-伍德霍姆法
- DH 多特蒙德-西门子真空提升脱气法

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| Finkel-Mohr (MVOD) | 氩气搅拌, 真空电弧脱碳           |
| KVOD               | 转炉真空脱碳                 |
| HS                 | 赫施脱碳专利                 |
| IRSID              | 无应搅拌, 钢包脱气, 也叫 Gasid 法 |
| REM                | 浸入枪脱硫法                 |
| RH                 | 钢包循环脱气法                |
| RH-OB              | 日本日立厂真空处理加吹氩脱碳法        |
| SAB                | 密封氩气搅拌                 |
| TN                 | 带热一下莱茵帽性气体喷吹碱土金属脱硫     |
| VAR                | 真空电弧脱碳                 |
| VAOD               | 真空钢包氩-氧脱碳              |
| VOD                | 真空氧气脱碳                 |
| VODK               | 真空氧气脱碳转炉               |

按作用原理, 炉外精炼可分成下述几类

- 1) 真空脱气: BV, DH, RH.
- 2) 钢包吹氩: CAB, IRSID (Gasid), SAB
- 3) 真空精炼: VOD, ASEA-SKF, Finkel-Mohr, MVOD, KVOD, RH-OB, VODK, AAD.
- 4) 喷吹稀释气体精炼法: AOD, CLU
- 5) 炉外脱硫: REM, TN, CAB
- 6) 重熔法: ESR, VAR, EBM.

钢水二次精炼, 严格地说, 只限于 3)、4) 两类, 1)、2) 类只是脱气, 第 5 类则是炉外脱硫, 有铁水炉外脱硫和钢水炉外脱硫两种, 第六类的重熔法则超出了“钢水”“铁水”的范畴。

按处理手段来分, 所有方法可分为两种, 即真空法和稀释气体法。然而有许多方法既用了真空, 又用了稀释气体。

下百分真空脱气、钢包吹氩、真空精炼、稀释气体精炼等四个方法分别说明之。

## 二、真空脱气

真空脱气法可分为注流脱气和钢包脱气两大类。注流脱气又可分为LL、LM、TAP；钢包脱气有DH和RH、Gazid法。

### 1. 注流脱气

如前所述，钢水脱气最先实现的是注流脱气。这种方法以发明者的缩写名为BV法，即Bolchumler Verein（现在的克虏伯Krupp）。主要应用于锻造钢锭，特别适用于合金锻造钢锭的生产。第一台注流脱气设备建于1954年，配合平炉和电炉生产大钢锭（最大达250吨）。设备的简单示意图如图1所示。将钢锭模（或钢包）置于真空罩内，合上罩盖，浇注钢包置于罩盖上，流钢水口伸入罩盖予出孔内，抽真空后开始浇注。钢水流在真空条件下脱去氢气。这种方法也叫真空浇注。用符号表示为LM。

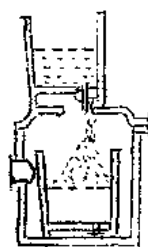
将真空罩内的钢锭模换成钢包，就变成LL法，即ladle to ladle。作用原理是完全一样的。

1962~3年间，波鸿厂将此法作了一次改变增设一中间包，将注流脱气法改成出钢脱气法（TAP）。钢水从炼钢炉出来流入中间包、再真空注入注钢包或钢锭模中。此后几乎所有注流脱气法都采用了TAP法（参阅附表1）。

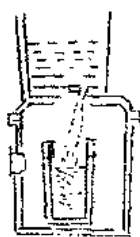
按到1976年初的统计，世界上共有68套注流脱气设备，能进行真空浇注的最大钢锭重量达500吨。这是日本钢铁公司于1959年建成的，与100吨电炉相配合的设备（表1）。

注意，采用这种方法时，可以将比炉钢水注入一个钢锭模内。

注流脱气后的钢水可以浇铸钢锭，也可以用于连铸钢坯。



L-L 法



L-M 法

图1 钢流脱气装置示意图

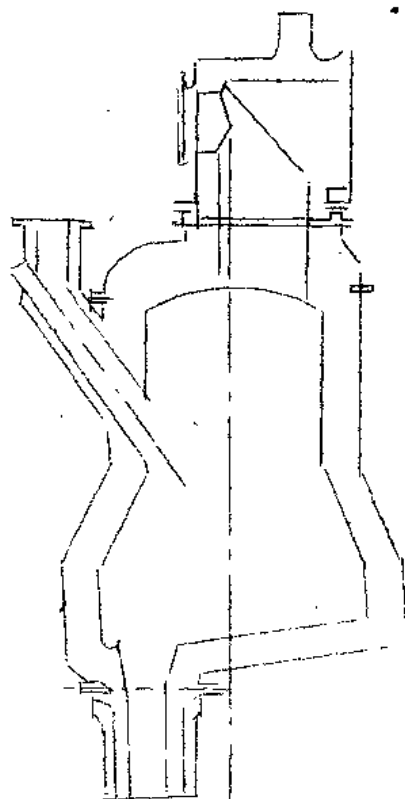


图2. DH脱气设备示意图

## 2. DH提升真空脱气法

### 1) 设备

1956年，当时的多特蒙德—霍尔德冶金厂（现在的赫施钢铁公司（Hörsch Hüttenwerk）建成了世界上第一台DH脱气设备，发凡到1972年，全世界共有70多台DH脱气设备（表2）。DH脱气设备如图2所示。是一种半连续式提升脱气设备。设备大致分为脱气槽、加热装置、加铁合金装置、升砵装置和真空泵。

钢包接受平炉、电炉或转炉倒出的钢水，并运至DH脱气槽下，将脱气槽的吸管插入钢水中，将脱气槽抽真空，钢水因

~ 14 ~

大气压而进入脱气槽内。上下移动脱气槽或钢包，使已脱气的钢水返回包内，强烈搅拌而混合均匀。反复多次即可达到脱气之目的。

DH 脱气法的特点是：①适用于大容积钢水的脱气；②温降小；③有可能大容积添加铁合金；④可使钢水成分和温度均匀。

随着技术的发展，脱气槽寿命的延长，设备操作自动化程度的提高，处理的钢水容量日益增多；处理的钢种范围日益扩大，合金料的收得率不断提高，钢铁质量也随之提高。

目前，脱气槽耐火材料采用电熔镁砖或直接结合镁铬砖，脱气槽寿命达到 1000 次以上，吸管寿命在 300 次左右。

加热装置已从使用燃料气或油改成用电阻加热法，以有利于脱气。

在脱气处理过程中，将铁合金加于脱气槽内，利用强烈的搅动使之能在短时间内均匀熔化和提高合金收得率。目前已采用计算机控制合金化操作。

真空泵现在已差不多都用蒸气喷射泵，升降机构多数采用液压方式。

## 2) 处理效果

经 DH 脱气后，脱氮率为 50 ~ 80%，处理后的含氮量为 3 ppm 左右，从而有效地防止了轧制后出现白点，省去缓冷工序。

脱 N<sub>2</sub> 率为 25% 左右，初始含氮量低时，效果不明显。

脱氧和碳氧反应程度因钢水含碳量不同而不同。

## 3. RH 真空循环脱气法

1959 年，西德的莱茵钢厂 (Rheinische Hüttenwerke) 和黑拉斯公司 (Heraeus) 合作，在哈瑟根厂建成第一座 RH 真空循环脱气设备。到 1972 年至，全世界大约有



42台RH设备在运转(表3)。

RH的真空脱气槽有吸上钢液用和排出钢液用的两个管，称之为上升管，下降管，统称环流管。将环流管浸入钢包中的一钢液内，在上升管中引入氩气或氮气之类惰性气体，依气体提升的原理，钢液由上升管流入脱气槽内飞溅而被脱气。脱气槽抽真空后钢液从上升管连续上升经脱气后由下降管连续下降。

设备和DH差不多，分脱气槽，预热装置，铁合金添加装置，钢包移动升降装置，真空泵等(图3)

RH脱气槽的上下耐火材料寿命可用几十次，浸入管(环流管)目前为30~50次，下管接近200次。

处理结果， $H_2$ 、 $N_2$ 和DH法差不多，脱氧决定于初始氧含量。

经DH、RH脱气后的钢材性能获得改进。如提高了厚板的机械性能并简化了热处理；使轨条省略了缓冷，使薄板表面缺陷减少并改善加工性能，使管材、线材、结构钢改善加工性能减少发裂，调査晶粒度；使弹簧钢的淬透性稳定，使特种轴承钢提高疲劳寿命，减少发裂，使锻造用钢防止气泡；提高电工钢中硅的收得率。

随着对钢材质量要求的日益提高，处理的钢种和所期待的处理效果也将日益增加。

西德、日本、美国等许多新建或改造的转炉车间也有配备真空脱气设备的。如西德的莱茵森森(Duisburg, Rheinhausen)厂300吨转炉车间设有DH脱气设备。脱气槽下管直径达4米高达9米，300吨钢水全日处理时间仅为20多分钟。采用石墨电阻加热，计算机控制加合金料、脱氧、合金化和成分调整等。