

国外电渣重熔

第一辑

上海科学技术情报研究所

国外电渣重熔

第一辑

上海科学技术情报研究所出版

新华书店上海发行所发行

上海商务印刷厂印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 6.5 字数: 166,000

1973年4月出版

代号: 1634-100 定价: 0.65元

(只限国内发行)

76.18198
348
=1

前 言

近几年来,电渣重熔在世界上发展很迅速。苏联发展得较早,但近年来奥地利、西德、美国、日本等资本主义国家也正在大力研究和发展。

遵照伟大领袖毛主席关于“洋为中用”的教导,我们在上海重型机器厂等单位的大力协作下,选择了第二届和第三届国际电渣重熔会议上的和其他有关的文章,编译了本专辑,着重介绍苏联、西德、奥地利、美国、日本等国家电渣重熔大钢锭的情况或评述,其中也介绍了电渣重熔异型铸件和中空钢锭、电参数对电渣重熔操作的影响、电渣重熔钢的质量和技术经济等方面的情况,供广大工人、革命干部、科技人员参考。

由于水平的关系,以及时间的匆促,书中缺点和错误难免,恳请批评指正。

编 者

1973年2月

12K486/347

2K486/10

目 录

一、重型钢锭的生产——电渣重熔的新纪元·····	1
二、用电渣方法扩大钢锭和锻件的新途径·····	5
三、电渣重熔新的发展趋势·····	12
四、大吨位钢锭的电渣熔炼和电渣成型铸造·····	23
五、成型铸件的电渣重熔·····	31
六、用电渣熔炼法制造大型钢锭的基本概念·····	38
七、电渣重熔中空锭的技术·····	41
八、八吨电渣重熔装置的冶金和工艺结果·····	44
九、电渣重熔钢锭的质量·····	54
十、电渣重熔中氢的变化·····	66
十一、电渣重熔——电和电化学方面的评述·····	79
十二、现代电渣重熔车间冶金和经济问题·····	93

重型钢锭的生产 ——电渣重熔的新纪元

(西德) H. Hinze 等

引言

近三十年来, 汽轮发电机组发展的特点是发电机单位容量的连续增长。特别值得注意的是, 1960 年以来机组单位容量以惊人的速度向上增长(图 1)。目前, 75 万千瓦、3600 转/分的汽轮发电机已在美国使用。在德意志联邦共和国也是如此, 已有三座容量各为 66 万千瓦、67 万千瓦和 120 万千瓦的原子能电力站目前正在建设或计划中。过去十年来机组单位容量显著增长的唯一动机是出于经济的原因。大家都知道, 机组单位容量增大后, 电力站、特别是原子能电力站的生产成本和发电成本都将相应降低。

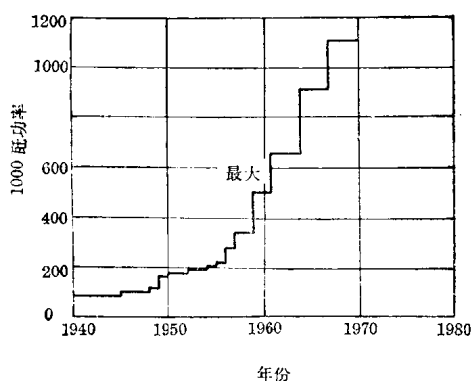


图 1 汽轮发电机组的发展
(根据 R. M. Curran)

根据最近的估算, 1977 年德意志联邦共和国需要 180 根汽轮机和发电机转子。1980 年将增至 210 根。其中 50~75 根转子的最

后净重将在 40~100 吨之间。这些转子主要都是整体制造的。

以现代电力企业所需的汽轮机和发电机整体转子的最后净重为基础, 可以计算得出, 必须具备 150~300 吨重、直径约为 3000 毫米的钢锭才能制造这样巨大的锻件。然而, 钢锭尺寸的增大也就意味着内部缺陷的增大, 例如非金属夹杂物的局部集中、钢锭偏析、带状组织、缩管和气孔等。由于这些现象是和钢锭的凝固方式直接相关的, 因此钢铁制造者无法影响这些现象的发生。为了满足钢材质量、特别是整个断面组织均匀性的要求, 只好有意降低钢锭利用率, 钢锭中只有具备合格性能的那一部分才能使用。然而, 随着钢锭尺寸的增大, 合格部分急剧减少(图 2)。不仅如此, 对于重型钢锭来说, 由于钢锭心部非金属夹杂物的局部集中, 因而引起钢

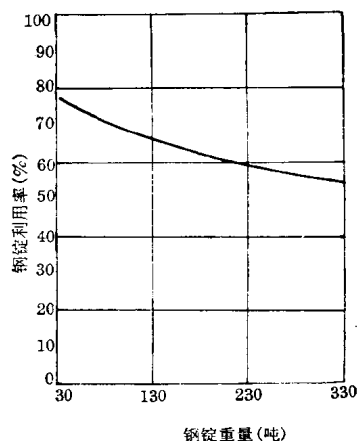


图 2 钢锭重量和钢锭利用率之间的关系
(普通钢锭)

锭报废的危险性是特别大的。

除了铸造技术上的困难以外，制造上述那种尺寸的大钢锭，必须具备相应大小的炼钢炉、行车和后步工序的锻压设备。由于这种重型锻造钢锭的数量非常稀少，因此所需的专门投资就非常之高。

上述种种困难清楚表明，使用一般的铸造钢锭来制造大型锻件，引起了技术上和经济上的巨大损失和危险。为此，必须发展一种具有较大生产可靠性和更加经济的生产大型钢锭的方法。电渣重熔方法(ESR)可以达到这种要求。

自从五十年代后期建立第一个电渣重熔装置以来，世界上电渣重熔装置的数量急剧增多。但这都只限于一些小型或中型的装置，生产钢锭的直径都在 1000 毫米以下，其目的是生产一些改善材质的高质量钢材和合金。电渣重熔方法的进一步发展在于生产直径超过 2500 毫米、重量超过 150 吨的特大型钢锭。可以设想，如果能有大约十个这种规模的电渣重熔装置，就可以满足全世界大型锻件的需求。

Röchling-Burbach 钢铁厂和 Leybold-Heraeus 公司已经决定实行这样一种发展项目。自从 1969 年 12 月底决定建造一座生产 160 吨钢锭的大型电渣重熔装置以来，只经过了 16 个月的计划、设计和建造，这座不寻常的装置目前已经开始投入运转。

装置概述

该装置能够生产的钢锭尺寸见表 1。

由于辅助设备(如行车)的限制，目前能够生产的最大钢锭重量约为 160 吨。然而这个装置具有生产 220 吨钢锭的可能性，最大钢锭直径为 2700 毫米。

直径在 1000~1300 毫米之间的钢锭采用单根电极重熔方法，而更大的钢锭则采用四根电极同时重熔。

表 1 重熔钢锭的数据

钢锭直径 (毫米)	重 熔 时 电极数量	钢锭长度 (毫米)	钢锭重量 (公吨)
1000	1	5000	31
1300	1	5000	51
1700	4	5000	91
2300	4	5000	161
2500	4	4200	161
炉 子 的 熔 化 容 量			
2500	4	5000	220

图 3 是从工作平台上展望的装置全景。整个重熔装置有四个重熔机架，每个机架有一个立式圆柱，立柱上设置着一个电极摇臂，摇臂上装有一个夹持器，夹持器夹住电极的末端。电极摇臂围绕立柱中心而运动。摇臂的旋转运动使电极的圆形轨迹通过结晶器的中心。这种安排允许采用具有同一圆心的各种不同直径的结晶器。它也可以使用任何一个摇臂进行钢锭冒口的热补缩，而且，每个立柱还可采用单根电极方法重熔较小钢锭。

电极夹持器的构造可使电极通过自身重量进行轴向调节，还可微量修正电极和残段的弯曲。

电极摇臂摇到旁边，从行车上接受电极。在熔炼大型钢锭时，由于更换电极的时间可以控制在最小范围内，同时在电极更换期间内，其他三根电极正处在全负荷熔炼状态中，因而可以避免由于更换电极而引起的钢锭缺陷。在使用单根电极熔炼较小钢锭时，由于第二个摇臂已经装好另一根电极正在等待着，所以更换电极的时间小于 30 秒钟。采用四根电极同时熔炼的另一个优点是钢锭上面熔渣所产生的电阻热量分布得比较均匀。

带有摇臂的立柱沿着导柱而上下运动。导柱的基础位于车间地板上，几根导柱的端部通过结晶器构架而彼此连接起来。结晶器

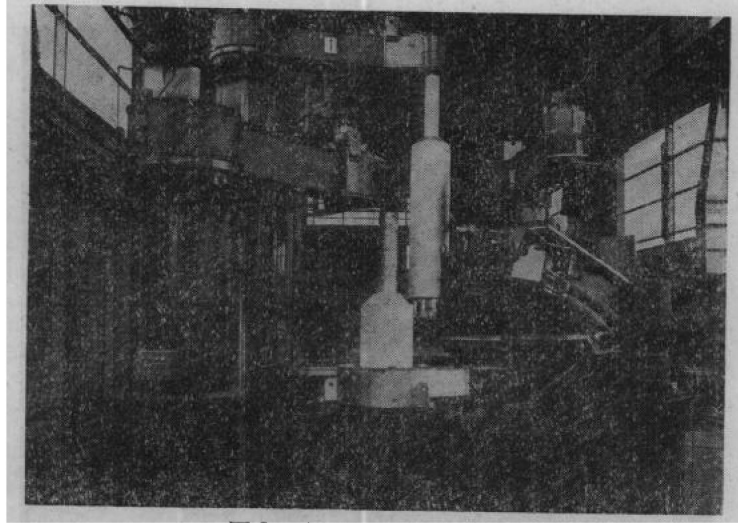


图3 电渣重熔装置的全景

构架一方面支撑结晶器，另一方面承受导柱所引起的力矩。结晶器的支撑平台和工作平台固定起来。

和其他结构不同，这套装置的结晶器安装在一个固定的位置，而钢锭象连续铸锭似的向下连续移动，一般说来，这种方法可能更适用一些。结晶器底板根据钢锭的增长而下移，因而结晶器内渣池的水平维持不变(图4)。

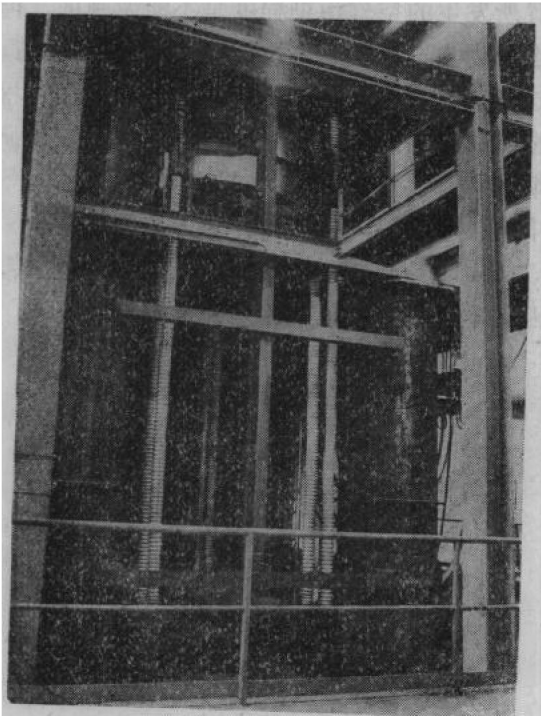


图4 地下抽锭装置

抽锭装置的进给用丝杠控制。丝杠悬挂在结晶器支撑平台上，因而只承受拉力。丝杠的平衡环式的悬挂和同步动作保证了钢锭负荷的平均分配，从而保证了钢锭的准确下移。

钢锭位于水冷底板上，底板中心有一个引弧用的短棒，它的成份和钢锭一样。

在熔炼过程中，底板可以和钢锭分离，从而得到绝热。另外还有一个特殊装置以便把钢锭和周围环境隔离开来。这种钢锭绝热方法的作用，是当钢锭离开结晶器后，保持钢锭的热量损失小于危险冷却速度。倘若需要时，还有可能配备一套随后加热的装置。

整个装置的控制室(图5)位于工作平台的同一水平上，可以很好地看到重熔装置的全貌。U形操纵台的两边各有二个装着显示操作的仪表板，用以控制四根电极。中央一个仪表板用以指示和操作控制台下抽锭和中央电力供应。

重熔装置具有四组单独的电力供应站。每组电力供应站主要由一个双星连接于补偿阻流器的整流变压器和两组非平行连接于次级线圈的硅整流器而组成。这种连接方式可使硅整流器和变压器在高电流低电压条件下获得最佳的利用。相应地触发硅整流器，可

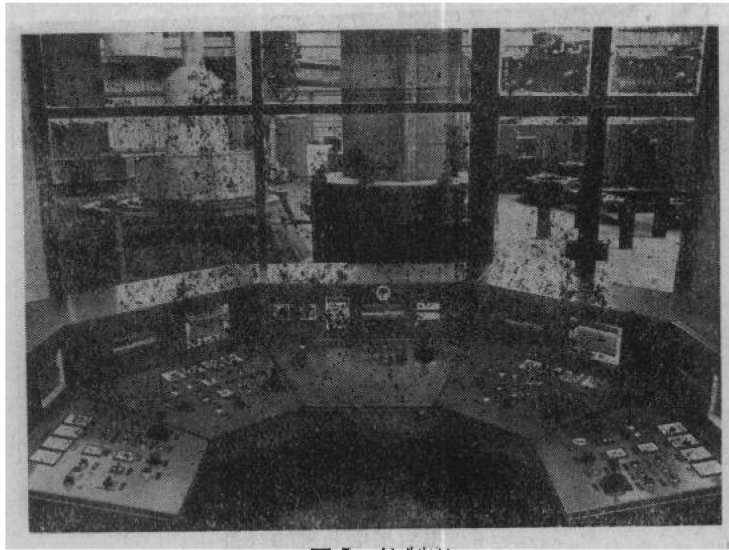


图5 控制室

以产生 0~10 周波的交流电和任何极性的直流电。此外,调整四个电力供应站的相位关系,还可控制通过底板的总电流,从零到最大。熔炼电流和熔炼速度,可以根据经验预先选定,并可进行无级调整。通过程序控制装置,需用电流可以全自动调整。

交流变频是通过直接改变电力系统的相位而得到的,不采用直流中间电路。采用小于 10 的频率代替一般的 50 周波,电路损失可以维持在最小的合理限度内。根据理论计算,功率因数可望达到 0.98。

所有的硅整流机组都可供应交流电,而两个整流机组中只有一个机组可以供应一种特定极性的直流电。如果极性改变,另一机组则进入作用。调整硅整流器的触发点,也可以改变直流的有效电压和熔炼电流。

由于半导体的应用,控制系统和前置放大器实际上无须维修。表 2 示出该装置的电力供应技术数据。

表 2 电力供应数据

电 源 电 压	10.5 kV
操 作 电 压	最大 100V (开路电压)
操作直流电流	每个 23,400A (可加大)
频 率 范 围	0~10 Hz
电 流 范 围	1:10

电渣重熔过程中,由于气体散发而造成的空气污染必须加以注意。虽然电渣重熔装置所发生的空气污染程度是不能忽视的,但迄今为止这个问题还没有引起很多的注意。这套装置将对废气数量和成份进行测试。根据测试结果,将建立废气净化系统。在调研期间,废气将排入离工作平台 40 米高的大气中去。

由于这套装置在几天前刚刚投入运转,因此本论文未能包括冶金方面的结果。

译自《Third International Symposium on Electroslag and Other Special Melting Technology》, June, 8~10, 1971, Part II, p. 159~168.

用电渣方法扩大钢锭和锻件的新途径

(苏联) Б. Е. Патон 等

现代机器制造业需要尺寸很大的、重达几百吨的钢锭。这是因为制造的设备尺寸日益增大,设备的工作环境也日益复杂。

例如,在最近的将来,原子能发电站汽轮发电机的容量,将会达到目前还会使人惊异的数字,这就是:200 万千瓦。这样巨大的汽轮发电机转子锻件重量将达 450 吨,直径将超过 3000 毫米(118 吋)。制造这样的转子,需要重量超过 600 吨、直径约为 5000 毫米(179 吋)的锻造钢锭。

然而,大家都知道,采用一般的钢锭,即使重量超过 200 吨,也很难造出高质量的锻件和可靠的部件。这个困难是这样产生的:如此大量的液体金属在钢锭模内结晶过程中,偏析和收缩过程将急剧进行,结果使钢锭内部产生一些缺陷,而这些缺陷即使经过随后的热处理也是无法克服的,甚至把它打成锻件或制成部件,这些缺陷也是存在的。

现有的改进重型钢锭的方法,诸如将金属液体逐渐地注入钢锭模中、真空处理、加热和热补缩钢锭冒口等,都不足以保证整个钢锭和锻件具有高质量的宏观组织和均质一致各向同性的机械性能。

现在已经可以确定,为了保证超级功率的汽轮发电机具有良好的电磁特性和可靠的不停地运转,转子金属无论在任何断面都应具有高度的化学的和结构的均匀性,以及高度地耐脆性破坏的性能。

我们确信,在目前只能采用电渣重熔方法才能得到这样改进质量的转子锻件。但是,生产超过 200 吨以上的电渣重熔钢锭的确也有一些实际问题,尽管我们每天都在生

产 15~20 吨的电渣重熔钢锭。因此,把这些钢锭焊接在一起,从而使电渣重熔钢锭的重量扩大到 60~150 吨,这个方法是完全合理的(图 1)。

过去焊接大截面和复杂断面锻件所采用的那种“熔化嘴”电渣焊接方法(图 2),不能适应电渣重熔钢锭及其锻件焊接接头的要求。因为大家知道,“熔化嘴”电渣焊中所用焊丝的化学成份和被焊的锻件有很大的差异。因而不可能保证焊缝和工件具有相同的电磁特性和机械性能。

另外,在“熔化嘴”电渣焊中,由于同时有很多根焊丝分别地送进焊区,因而常常有可能其中某一根焊丝在“熔化嘴”中进给不正常。这样,就使焊接接头中发生不良的熔接状态,因而急剧地降低了“熔化嘴”电渣焊接方法的可靠性。

用“熔化嘴”电渣焊接方法焊接空冷硬化的转子钢,需要将工件预热到 400°C 以上。这样的操作环境,也使采用“熔化嘴”电渣焊接方法来扩大电渣重熔钢锭重量的工作造成困难。

因此,巴顿电焊研究所发展了一种新的高效能的焊接大截面钢锭的方法,采用这种方法可以保证焊接接头具有高度的质量。这种焊接方法已获得各国的专利:德意志联邦共和国专利 No. 1917861,意大利专利 No. 862768,比利时专利 No. 371195,瑞士专利 No. 487696,德意志民主共和国专利 No. 75937。

这种新方法可以保证焊接接头和母材具有相同的化学成份,可以焊接不仅具有方形

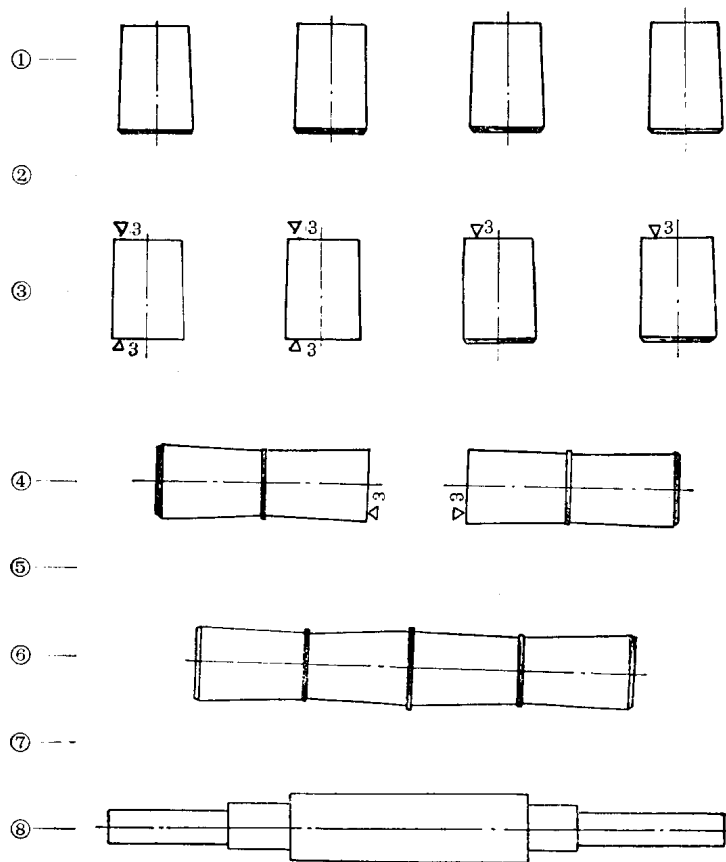


图1 焊-锻结构的汽轮发电机转子制造示意图

- ① 熔炼出来的电渣重熔钢锭
- ② 电渣重熔钢锭热处理
- ③ 准备电渣焊接
- ④ 分段电渣焊接
- ⑤ 焊接分段热处理
- ⑥ 整体电渣焊接
- ⑦ 整体焊件热处理
- ⑧ 锻造成汽轮发电机转子, 锻造比(主体) $K1.5 \sim 2$

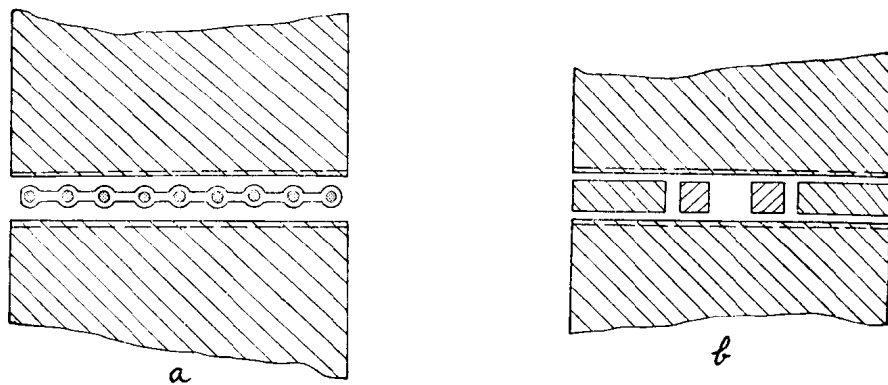


图2 焊接电极在焊缝中的位置图

a ——旧的电渣焊接方法; b ——新的电渣焊接方法。

和圆形断面的焊接接头，而且可以焊接某些接近工件形状的断面。工件的尺寸几乎不受限制，例如直径可以大到 3000 毫米(118 吋)左右。在这些研究工作的基础上，研究所发展了一种重要的新的生产电渣重熔钢锭并把它们(或其锻件)扩大的高效率的和先进技术的设备，借助这种新的电渣焊接方法，可以得到任意重量的工件。

图 3 表明了这种新的电渣焊接方法的示意图。焊接工作仅仅使用四根大截面的与工件相同成份的自耗电电极。两根电极 3 和 4 具有长方形截面，另外两根电极 5 和 6 具有正方形截面。从变压器 (CT) 通向自耗电电极 3、5 和 4、6 的电缆连接成“双联”式。这种安排可以减少电路的感抗，并可改善电焊设备的电气性能。

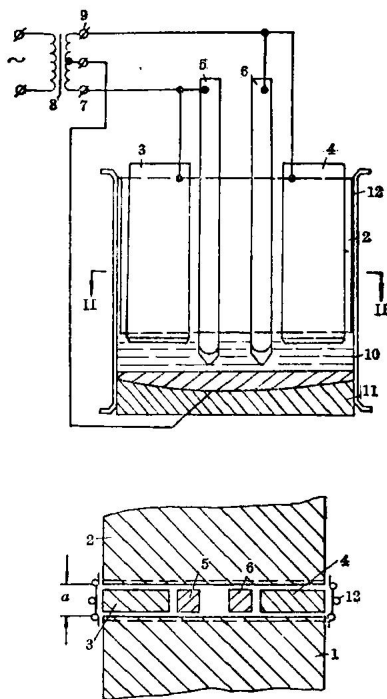


图 3 大截面电渣焊接过程示意图
(根据新的方法)

这种新的电渣焊接方法的一个特点是，它所使用的电能比“熔化嘴”电渣焊大。例如，倘若“熔化嘴”电渣焊的电能强度是 $0.04 \sim 0.07$ 瓦/厘米²，那么，新的方法则要增至

$0.10 \sim 0.15$ 瓦/厘米² ($GY\delta = P/V_{\text{焊}}\delta$, 其中: P ——渣池功率, $V_{\text{焊}}$ ——焊接速度, δ ——工件厚度)。

被焊的钢锭或其锻件在焊接过程中得到所需的加热，这就避免了过去所必须进行的对被焊钢锭的预先加热或同时加热，甚至对在空气中将会硬化的钢种也是如此。

图 4 表示这种新方法的电极安置情况。

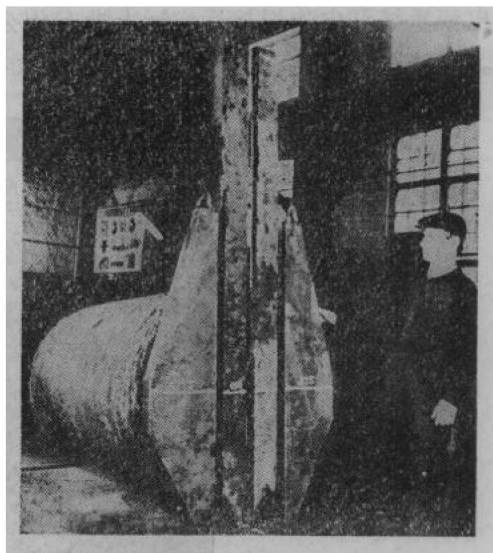


图 4 焊缝间隙中固定电极和活动电极的安置情况(新的电渣焊接方法)

这种大断面工件电渣焊接的新技术和新装备，较已知的耗用大量焊丝的焊接方法具有很多实质性的优点。这些优点是：

1. 简化电焊设备的设计；
2. 焊接的可靠性猛然增加，焊接接头发生缺陷的可能性降低到最小程度；
3. 减少了制造焊丝的劳动量；
4. 在焊接过程中不需要对工件进行预先加热或同时加热；
5. 保证了焊接接头的化学和结构的均匀性；
6. 保证焊接工件具有高度均匀的机械性能；
7. 改善了焊接过程的经济性。

图 5 表示应用这种新的焊接方法焊接 40 吨重的铬镍钼电渣重熔圆形锻件的外形，工

件直径是 1500 毫米 (60 吋)。图 5a 是长方形大截面钢锭的焊接件的外形, 钢锭尺寸是 $1500 \times 1300 \times 500$ 毫米 ($60 \times 50 \times 20$ 吋)。用以制造电渣重熔或电渣焊接自耗电极的平炉钢, 以及电渣重熔后的钢锭和焊缝的化学成份和气体含量列于表 1。从表中可以看出, 电渣重熔后的钢锭和焊缝中的磷、硫、氢、氧和氮的含量都比原来的平炉钢低。其他元素在电渣重熔和电渣焊接后实际上没有什么改变。电渣重熔钢锭和焊接接头具有同样的化

学成份。

图 6 示出一个大型电渣重熔钢锭的各种锻造比, 工件经过 $840 \sim 860^{\circ}\text{C}$ 油淬和 $670 \sim 680^{\circ}\text{C}$ 回火处理。

图 7 表明各种不同的锻造比对金属机械性能的影响。从图中可以看出, 铸态的电渣重熔钢锭具有足够高的机械性能, 因此可以断定, 电渣重熔技术的进一步改进可以允许用铸态金属制造具有特殊重要用途的零件。

锻造比在 $1.5 \sim 2.5$ 之间时, 电渣重熔金属

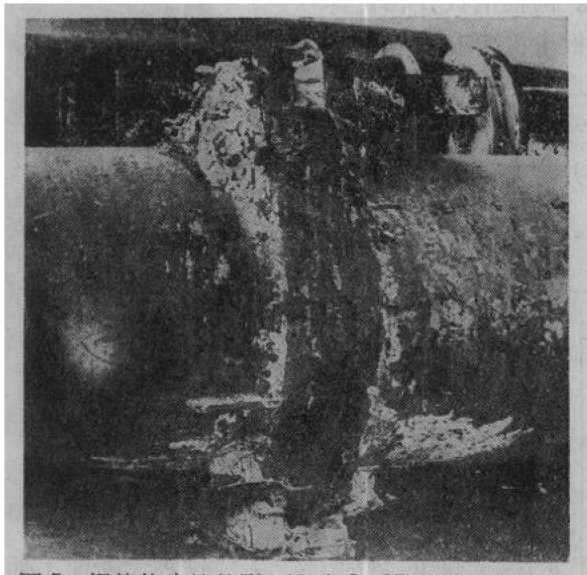


图 5 焊接接头的外形, 40 吨 Cr-Ni 电渣重熔钢锭, 直径 1500 毫米 (60 吋), (新的电渣焊接技术)

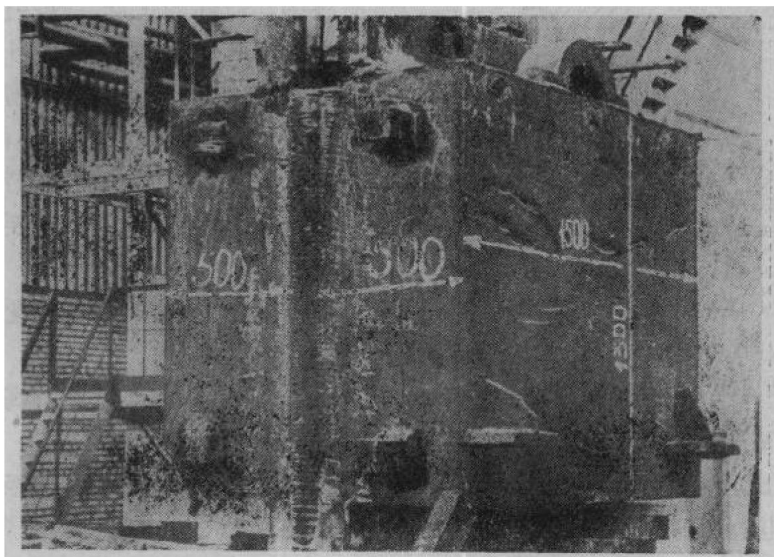


图 5a 大型长方形钢锭焊缝外形, 尺寸 $1500 \times 1300 \times 500$ 毫米 ($60 \times 50 \times 20$ 吋)

表 1 焊缝金属成份和含气量

试样位置	成份 (%)											含气量 (%)		
	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Mo	V	Al	Cu	[H]	[O]	[N]
平炉钢 (制造电渣重熔和 电渣焊接电极用)	0.25	0.28	0.44	0.017	0.015	1.57	3.2	0.41	0.16	—	0.11	0.00027	0.0041	0.0039
电渣重熔钢锭金属	0.23	0.25	0.50	0.007	0.012	1.60	3.5	0.50	0.160	0.020	0.10	0.0001	0.0028	0.0025
电渣焊缝金属	0.24	0.22	0.50	0.009	0.012	1.60	3.2	0.49	0.160	0.016	0.09	0.0001	0.0015	0.0020

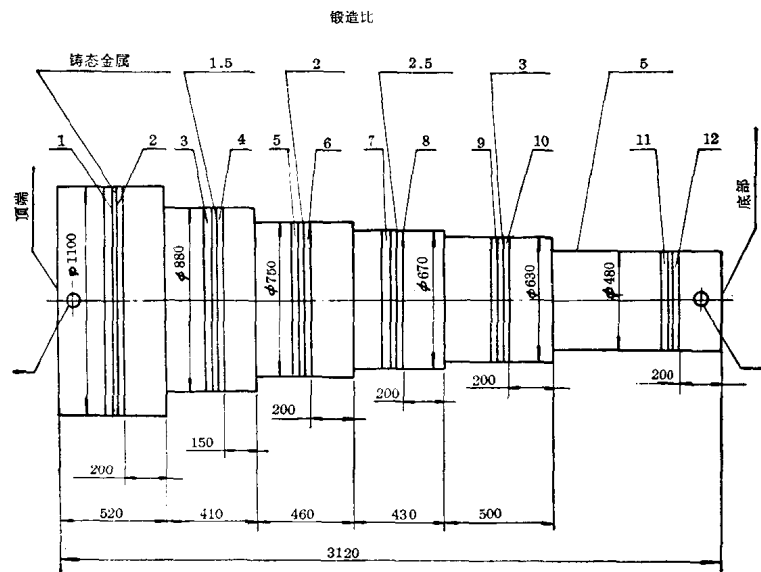


图 6 电渣重熔钢锭阶梯式锻件

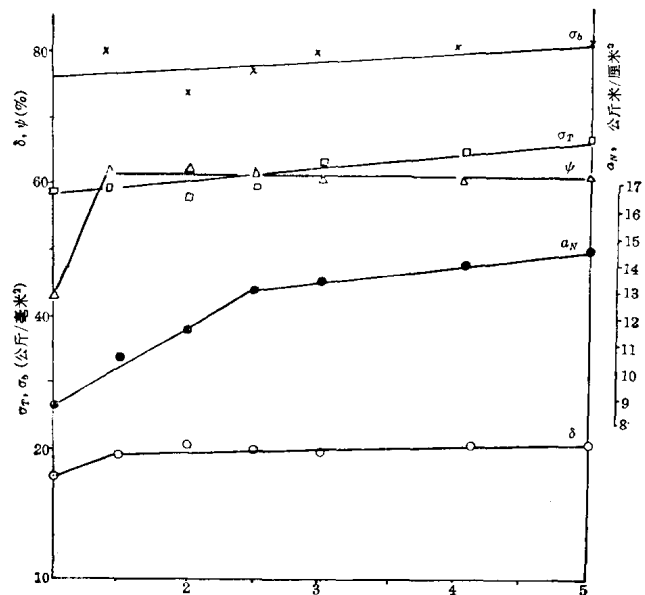


图 7 锻造比对重型电渣重熔钢锭机械性能的影响

表 2 25XH3MΦA 电渣重熔钢焊接接头的机械性能

试样位置及方向	机 械 性 能					
	锻造比	屈服强度 (公斤/毫米 ²)	极限强度 (公斤/毫米 ²)	伸长率 (%)	断面收缩率 (%)	冲击值 (公斤米/厘米 ²)
焊缝金属(焊缝纵向)	No	$\frac{86.5+89.0}{88.0}$	$\frac{98.0+99.5}{98.8}$	$\frac{15.0+17.7}{16.1}$	$\frac{41.2+48.6}{45.3}$	$\frac{9.9+12.4}{10.7}$
	1.5	$\frac{93.5+96.2}{95.2}$	$\frac{103.5+105.6}{104.6}$	$\frac{17.3+18.7}{18.1}$	$\frac{59.9+62.3}{61.7}$	$\frac{11.2+14.6}{12.4}$
	2	$\frac{96.2+98.5}{97.3}$	$\frac{105.6+111.4}{107.7}$	$\frac{17.0+19.4}{18.4}$	$\frac{62.3+62.3}{62.3}$	$\frac{11.8+12.7}{12.2}$
热影响区(焊缝金属 与钢锭金属的熔合线)	No	$\frac{90.2+91.2}{90.7}$	$\frac{101.0+101.0}{101.0}$	$\frac{15.0+16.0}{15.3}$	$\frac{64.0+66.0}{65.4}$	$\frac{11.0+14.5}{13.0}$
	1.5	$\frac{95.5+99.0}{97.2}$	$\frac{104.0+107.5}{105.8}$	$\frac{15.0+18.0}{16.9}$	$\frac{59.9+64.0}{62.5}$	$\frac{13.6+15.2}{14.5}$
	2	$\frac{94.5+97.5}{96.3}$	$\frac{103.8+106.5}{105.2}$	$\frac{15.0+19.0}{16.2}$	$\frac{64.8+66.0}{65.4}$	$\frac{15.1+18.7}{16.2}$
母 材	No	$\frac{84.6+86.0}{85.2}$	$\frac{94.6+96.7}{95.8}$	$\frac{15.3+17.7}{16.7}$	$\frac{41.2+55.6}{50.0}$	$\frac{9.9+12.2}{10.8}$
	1.5	$\frac{93.5+96.0}{94.9}$	$\frac{101.8+105.4}{103.8}$	$\frac{19.0+19.8}{19.2}$	$\frac{66.0+66.0}{66.0}$	$\frac{15.4+17.0}{16.0}$
	2	$\frac{95.0+98.5}{96.1}$	$\frac{104.7+107.5}{105.4}$	$\frac{18.0+20.0}{19.0}$	$\frac{64.0+66.0}{65.5}$	$\frac{15.4+17.0}{16.0}$

注: 冲击试样缺口, 位于粗晶粒区内, 自熔合线向钢锭方向 1.5+2.5 毫米。

表 3 非金属夹杂物污染指标联合表

污 染 指 标	分 析 对 象					
	母 材			焊 缝 金 属		
	1	2	3	1	2	3
氧 化 物	0.03×10^{-3}	0.11×10^{-3}	0.11×10^{-3}	0.15×10^{-3}	0.15×10^{-3}	0.14×10^{-3}
氧 硫 化 物	0.51×10^{-3}	0.27×10^{-3}	0.46×10^{-3}	0.21×10^{-3}	0.21×10^{-3}	0.25×10^{-3}
硫 化 物	0.47×10^{-3}	0.24×10^{-3}	0.34×10^{-3}	0.39×10^{-3}	0.42×10^{-3}	0.29×10^{-3}
总 指 标	1.01×10^{-3}	0.62×10^{-3}	0.91×10^{-3}	0.75×10^{-3}	0.78×10^{-3}	0.68×10^{-3}

的性能就有某些提高。而更高的锻造比实际上对电渣重熔的机械性能并没有什么影响。

对 25XH3MΦA 转子钢的大型电渣重熔钢锭的铸态和锻态焊接接头的机械性能均进行了试验研究, 工件热处理包括 840~860℃ 水淬和 620℃ 回火。从表 2 可以看出, 铸态焊接接头沿焊缝断面熔合线上的机械性能以及电渣重熔钢锭的机械性能都是非常高的, 并且实际上是相等的。但焊缝金属横断面的

相对断面收缩率稍微低一点。然而焊接接头经过 1.5 倍的变形后, 焊缝金属就获得了与原始金属和焊缝区金属同样的性能指标。因而可以说, 用电渣焊接新方法扩大的钢锭的焊接接头具有同等的机械性能。

表 2 列出 25XH3MΦA 电渣重熔金属焊接接头的机械性能。

有关焊接接头非金属夹杂物污染的研究, 是根据一种特殊方法, 考虑该断面夹杂物

的增长总量来进行的。电渣重熔钢锭金属的平均污染指标是 0.85×10^{-3} ，而焊缝金属是 0.7×10^{-3} 。这些数据(表 3)指出，焊接接头具有高度的纯度，并且电渣重熔钢锭和焊缝金属的夹杂(氧化物、硫化物、硅酸盐)含量都是很低的。

焊缝金属的显微组织呈现良好分散的贝氏体转变产物。热影响区也包含有过渡的贝氏体转变产物，根据分布状态，可以分为以下三个区域：

1. 过热区，具有特殊的粗针状结构。
2. 完全重结晶区，具有逐步细化的细针状结构。

3. 非完全重结晶区，具有贝氏体-珠光体混合体，这是在下临界温度范围内产生的。

热处理 (850°C 淬火， 670°C 回火) 使整个焊接接头获得了均等的组织结构。象母材那样，在铁素体基体中含有细晶粒的珠光体。

焊接接头经过锻造后(锻造比 1.5)，使焊接接头和电渣重熔钢锭间宏观组织的区别完全消失，熔合线也同时不见。

关于电渣重熔钢锭及其焊接接头金属性能的上述试验结果，说明这种由电渣重熔钢锭与高效能可靠的电渣焊接方法结合起来的新技术，可以保证得到可靠的高质量的大尺寸大吨位的焊接钢坯。

在苏联，根据上述新方法，可以熔炼 150~200 吨重钢锭的电渣重熔炉，以及可以焊接直径超过 3000 毫米 (118 吋) 的电渣重熔钢锭或锻件的焊接设备，目前正在制造中，并可供应出口。

译自《Third International Symposium
on Electroslag and Other Special
Melting Technology》June, 8~10,
1971, Part I, p. 1~16

电渣重熔新的发展趋势

(苏联) Б. Е. Патон 等

苏联乌克兰科学院 E. O. 巴顿电焊研究所在著名的电渣焊接工艺的基础上发展起来的电渣重熔法, 已经在黑色和有色冶金工厂以及附属于重型机械制造工业中的冶金工厂中获得了大规模实际应用。

两年前, 在匹兹堡举行的第一届国际电渣重熔座谈会上, 作者曾经向会议报道了这种冶金方法在苏联大规模应用的情况。苏联已经建成了许多具有若干台各种类型的电渣炉的专门化车间和体系。它们可生产几十万吨电渣重熔钢锭。

去年夏天美国的一个专家组访问了其中一个车间, 并已了解苏联电渣重熔技术。代表美国专利经营公司的几个美国专家, 已经购买了苏联的电渣重熔专利, 亦访问了基辅 E. O. 巴顿电焊研究所, 他们在那里已经看到了在这个领域中许多新的工作。本文介绍这个领域中的若干新的工作。

1. 双电极双线带有虹吸渣注的电渣炉

交流电渣重熔工艺, 苏联是领先的。除了它的冶金和工艺上的全部优点之外, 交流电渣工艺有一个突出的缺点: 即随着电流增大, 交流单相电极电渣炉的功率因子 $\cos \varphi$ 就显著地降低。与此相反, 值得注意的是双电极双线电渣炉有相当完整的次级网络: 由于高度的磁场消耗, 使 $\cos \varphi$ 的数值接近于一。

单相和双电极交流电渣炉的示意图, 如图 1 所示。

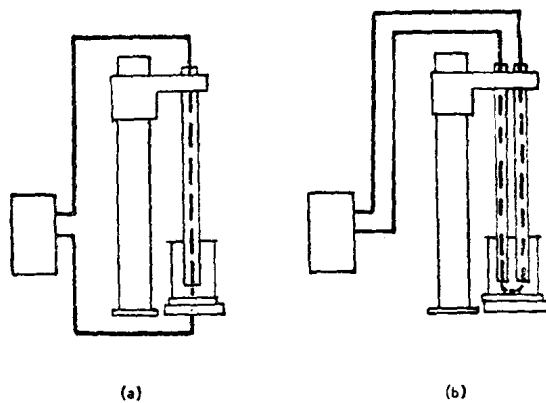


图 1 单相电渣炉的示意图

(a) 单电极电渣炉 (b) 双电极双线电渣炉

一台典型的 U436 型双电极双线电渣炉打算用于熔炼例如横截面 600×1500 毫米、高达 2 米、重达 14 吨的钢板钢锭。这台电渣炉示于图 2。

无论是扁坯或方坯都可以用作这台炉子的自耗电极(图 3、4), 它成功地使用了以连续和半连续浇铸设备生产的电极, 而与经轧制和锻造的电极相并列。

我们的双线电渣炉是使用虹吸渣注起动的。目前通过使用已经证实了虹吸渣注具有超过周知的引燃法的显著优点。

首先, 虹吸渣注的特征, 无论是方法本身或是设备的使用, 对其实用化来说都是很简便而可靠的(图 5)。

虹吸渣注另一个重要优点: 因电极的横截面与结晶器的内部横截面没有多大的区别, 所以有可能在高的结晶器中应用多电极进行熔炼。如果使用渣料从结晶器顶部加下去的话, 则在自耗电极和锭模内部表面之间需要较大的空隙, 然而使用虹吸渣注, 此空隙

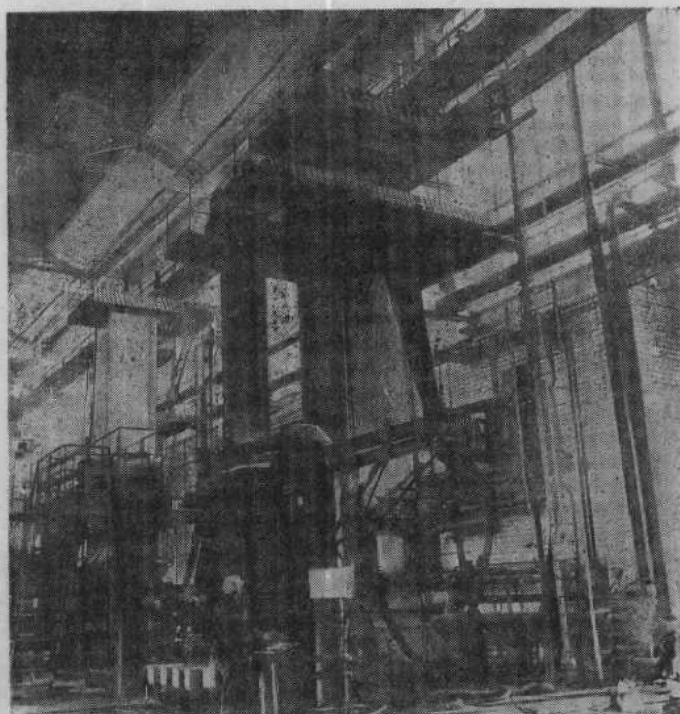


图2 U436 型双电极双线电渣重熔炉的一般外貌



图3 U436 型电渣炉,以板坯作自耗电极