

瑞典鋼鐵工業技術概況

(內部資料 注意保密)

中華人民共和國國家技術委員會編

1958.10

瑞典道路工程地质勘察

王德成 王德成

中国地质大学出版社出版

（北京）

目 錄

瑞典鋼鐵工業技術概況

(一) 采礦和選礦·····	2
(二) 生鐵生產·····	3
(三) 海棉鐵製造·····	5
(四) 鍊鋼生產·····	7
(五) 軋鋼生產·····	10

鍊 鐵 部 分

(一) 瑞典鋼鐵工業簡史·····	15
(二) 鐵礦·····	16
(三) 球形團礦·····	19
(四) 鍊鐵總論·····	25
(五) 木炭煉鐵·····	26
(六) 焦炭電爐煉鐵·····	29
(七) 焦炭高爐煉鐵·····	30
(八) 合成生鐵·····	46
(九) 海棉鐵·····	47

瑞典鋼鐵工業技術概況

瑞典是以出產鐵礦，優質特殊鋼和鋼鐵冶金上有許多新技術創造聞名于世。1956年鋼產量約240萬噸，其中優質特殊鋼約為鋼產量的23%（這是按瑞典的鋼分類法統計的。瑞典在統計上將鋼分為三類：（一）不銹耐熱高溫鋼；（二）含炭0.8以上質量的鋼；（三）含炭0.8以下的鋼；前二者作為優質鋼，後一類作為普通鋼）。鐵礦年產量約1900萬噸（富鐵礦），但主要供出口——1956年即出口了1729萬噸。生鐵年產量為130萬噸。

在技術的研究和應用上，瑞典的特點是環繞着以鋼鐵的質量為中心而進行創造，如海棉鐵的生產、海棉鐵粉供粉末冶金的生產、生鐵在轉鼓中的脫硫等。在電爐冶煉上：感應電爐和電磁攪拌器都首先創始於瑞典，最近卡林教授（Prof. Kalling）所創造的旋轉式轉爐煉鋼，即以他的名字命名的Kal-Do煉鋼法，引起了全世界煉鋼界的注意。

瑞典是一個擁有大量鐵礦、水利和森林資源的國家，但是卻沒有冶金所需要的燃料資源，象煤炭和石油等。

在17世紀中葉到18世紀末，瑞典是世界上最大鋼鐵生產者，約占當時世界產量的三分之一（1730年瑞典出口鋼約5萬噸）。那時它是用木炭和含硫磷低的鐵礦來煉鋼鐵的。自從18世紀一系列的新技術發展後，石炭已成功地作為燃料而應用到鋼鐵冶金工業上，英國在十九世紀初即迅速代替了瑞典而成為世界最大的鋼鐵生產國家。這時期瑞典鋼鐵冶金工業遭受到很大困難，以木炭來冶煉鋼鐵很難在經濟上與用石炭作為燃料的鋼鐵工業競爭，瑞典遂利用木炭和其鐵礦質純的特點轉而朝生產高質量鋼的方向發展。

十八世紀時瑞典鋼鐵業約有煉鋼作坊四百多家，年產鋼條五萬

噸，現在則集中在二十三家公司手中。工廠規模多為年產數萬噸到十萬噸的特殊鋼廠，較大的普通鋼廠年產不到四十萬噸。

瑞典鋼鐵工業長期以來，在技術發展上主要中心問題有二個：即如何獲取“純潔”原料以冶煉高質量鋼和如何在冶煉過程中節約燃料。

瑞典冶金界自己認為瑞典鋼的質量所以優良有三個原因：①用好的“純潔”原料冶煉；②有長期冶煉高質量鋼的技術傳統；③鋼是以小批生產的。

瑞典煉特殊鋼最顯著的特點即是以一系列的原料准备工作來獲取質量最純的煉鋼原料。例如北部礦含磷高，經分級采選後除得到各種不同品位的含磷鐵精礦外，還可得到含磷0.007%、含鐵71.9%的最優等的礦；又如中部礦有的含硫高達3%，經浮選後硫降低到0.005%。在煉鐵方面，以前主要是生產質純的木炭生鐵供煉鋼用，直到現在仍有一部份特殊鋼用木炭生鐵冶煉，但木炭的價格過昂，數量缺乏，瑞典冶金界在近幾十年來即採用各種其他方法生產“純潔”的煉鋼原料以代替木炭生鐵，它們將焦炭生鐵用轉鼓方法使生鐵爐外脫硫，達到含硫0.07~0.005%以下，或者將鐵礦直接冶煉成質量純潔的海棉鐵，供煉鋼用。在用廢鋼方面，凡是生產高質量特殊鋼時都是只用本廠的廢鋼借以嚴格控制其成份。外來的廢鋼只用在煉普通鋼上。

總之他們通過一系列的工作以獲得最好最“純潔”的煉鋼原料為煉高質量鋼的首決條件。

一、采礦和選礦

瑞典鐵礦貯藏量約29億噸（1952年估計），主要分佈在二個礦區，即中部的所謂柏斯拉礦（“Bergslag”），約2.65億噸，和北極圈以北的拉普蘭礦（Lappland）礦，約424.13億噸，此外約有2.13億噸含鈦的鐵礦。

瑞典鋼鐵冶金工業所用的礦主要采自中部礦，是一種含磷低，

不含銅，鉻，鎳等雜質，含鐵約30~40%的鐵礦。北部礦含磷高，含鐵在60%以上。

瑞典采礦，選礦和燒結所採用的生產工藝方法根據二個原則，一、要能提供良好的原料，以冶煉質量高的特殊鋼，二、能為以後冶煉過程創造節省燃料的條件。瑞典的采礦和選礦是採用分等級的生產方法，如北部礦是高磷鐵礦，但經采選處理後，所產的礦石按含鐵和含磷量分為五級。

A 68%鐵max 0.03%磷

B 67%鐵max 0.10%磷

C₁ 66%鐵max 0.45%磷

C₂ 64%鐵max 0.80%磷

D 60%鐵 在0.80%磷以上（平均1.8~2.0%磷）

又如瑪柏脫高磷礦（Malmbergt）經采選處理後，除得到高磷鐵礦以外，還得到純度達71.9%鐵，0.007%磷的極純富選礦；瑞典中部鐵礦如鮑達斯礦（Bodas）含鐵只35%，含硫高達3%，經浮游選礦後鐵達到60—70%，而硫降到0.3%。瑞典選礦特點還在於鐵的回收率可高達90~92%，而尾礦含鐵量為5~6%。

二、生鐵生產

生鐵的生產在瑞典追求二個目標：（一）質量“純潔”，（二）節省燃料。從技術觀點看瑞典煉鐵業是很有趣的，它用各種不同的冶煉方法來煉鐵，不僅用焦炭高爐，還用木炭高爐，電高爐和電矮身爐來煉鐵。

木炭生鐵：木炭生鐵是專供煉高質量的特殊鋼和鑄造鐵用，成份非常“純潔”，不含各種金屬雜質，（銅、鎳、鉻、錫）。含硫最大0.015%（一般0.006~0.010%）含磷最大0.025%（一般在0.02~0.025%）。二次大戰前木炭高爐在瑞典煉鐵業中還占主要位置，而現在則年產只8萬噸左右（1956年生鐵年產量為131萬噸）。每座木炭高爐平均日產量為40萬噸生鐵。

焦炭高爐：瑞典焦炭高爐在操作上主要中心問題是如何節省焦炭，它們採用了以下的一些辦法。

1. 高風溫（不加蒸汽）操作；唐納梵廠（Domnarfvet）冶煉鹼性轉爐生鐵所用風溫為 895° （風管中溫度），平均每噸生鐵耗焦炭610公斤，較好時可達580公斤。

2. 全部採用自熔性高的燒結礦，並要求燒結礦氧化度達到95~98%（即氧化鐵含量極低的燒結礦），使在高爐中易于還原，以節省焦炭和增加產量。諾波頓廠（Norbotten）冶煉鹼性轉爐生鐵全用燒結礦時，焦炭耗量只達625公斤（每噸生鐵）。

3. 注意爐頂佈料的均勻性，採用各種形式的加料設備，如麥其式加料器，連續轉動加料器（用皮帶上料），Tholander. 加料器。中心加料，邊緣加料及中間加料等三種加料可互相組成不同的加料制度，以求達到佈料的均勻。

4. 為了供冶煉高質量特殊鋼用，某些廠採用爐外轉鼓脫硫可以脫硫90~95%，因此有很大經濟價值。辦法是將高爐生鐵熔液注入轉鼓後加少許石灰（約生鐵含硫量的6~12倍）和一點蘇打（石灰量的1~3%）將轉鼓密閉後經15~20分鐘旋轉，生鐵中硫即可降低到0.005~0.01%以下。此法的特点是使高硫的生鐵變成為低硫生鐵。一般操作情況是用含硫0.1~0.15%的生鐵在轉鼓中降低到含硫0.01~0.005%。即使含硫達0.2~0.3%或甚至高達0.5%的生鐵亦只需一次操作就可將硫降低到0.01%。

轉鼓脫硫法（亦名 **kalling 生鐵脫硫法**）既解決焦炭高爐生鐵含硫高的缺點（但焦炭帶入生鐵中的磷則無法除去）。另一方面在高爐操作上又可以降低爐渣鹼度，因而可節約焦炭，增加產量。

除以上所述各點外，在爐型構造上還值得提到的是唐納梵廠的高爐從爐腰到爐銜是直的，無角度。該爐原為450噸高爐，爐銜直徑4500公厘。該廠為了提高產量將爐銜擴大到6000公厘（爐子高度不變）爐腰和爐銜遂成為直的，產量增加到700噸/日，焦比和風壓均未增加。

电高爐煉鐵：瑞典在1910年开始建試驗电高爐，以后又建有若干座工業生產規模的电高爐，电高爐不能用焦炭作为还原剂，因此現在只有少数几座电高爐在生產中。

电矮身爐煉鐵：瑞典电爐生鐵（包括电高爐）年產約15万噸，主要由电矮身爐所煉。矮身爐可以用碎焦为还原剂，每噸生鐵約耗450公斤碎焦和2500度电。近代大型电矮身电爐，容量为10,000瓩，日產鐵150噸左右。

三、海棉鐵制造

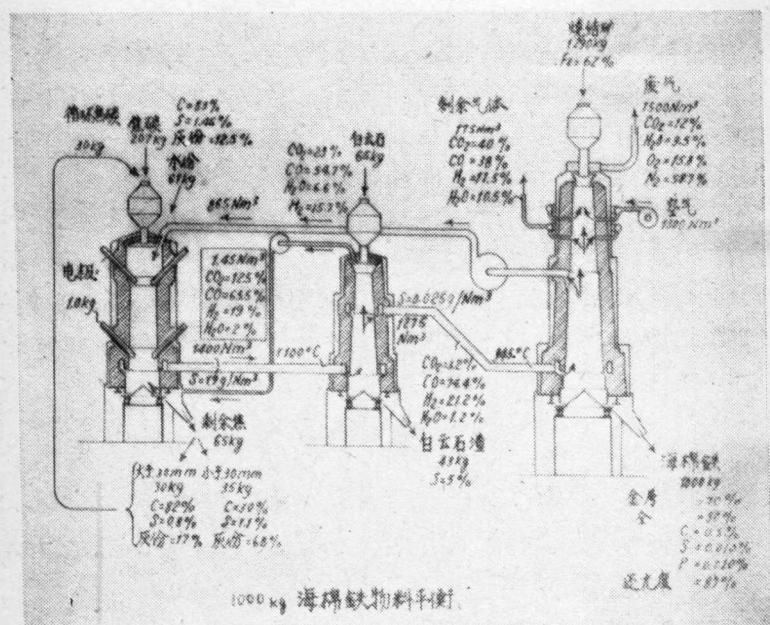
生產海棉鐵有二个目的：（一）鐵礦不經熔液状态而直接还原成固体的鐵金屬，因而可以節約燃料。（二）求得一种質量很好的煉鋼原料，以代替价昂的木炭生鐵。此外另一重要用途即供制造粉末冶金所需的鐵粉用。海棉鐵的生產在世界各國曾多方試驗，但直到現在，应用于工業生產上只有瑞典的 Hoeganaes 和 Wiberg 二法獲得成功。Hoeganaes 海棉鐵法：該法創于1911年。Hoeganaes 海棉鐵法要求用含鐵70~71.5%極純的精礦粉，配以焦炭碎末分別分層的裝于圓筒形坩鍋中，坩鍋置于环爐中（即如燒磚的环爐）加热到1100°C。当鐵礦得到充分还原，坩鍋在爐內冷却后将坩鍋取出即得厚約50公厘糕狀的海棉鐵，它的比重約为2，其成份如下：

97%	鐵	全
93%	鐵	金屬狀
0.1%	炭	
1.2~1.5%	氧	
0.015%	硫	
0.011%	磷	
96%	还原度	

每噸海棉鐵消耗碎焦570公斤和加热燃燒用油90公斤，原料干燥用油25公斤和电力100~125度。每套設備年產能力約2万到3万噸。

Hoeganaes 海棉鉄主要用途有二：（一）供煉高質量鋼用，由于成份極純，可以直接放入感應電爐中冶煉（二）供粉末冶金工業制純鉄粉用。

Wiberg 海棉鉄法：此法于 1918 年由青年工程師 Wiberg 提出。鉄礦在一豎式爐身中由循環流轉的一氧化碳和氫氣的混合氣體進行還原作用，而此循環的混合氣體則又于豎身爐外一個再生器中更生。經長期的半工業試驗后，第一座工業性生產爐業于 1932 年建成，但生產技術問題直到 1943 年才基本解決。最近若干年來 wiberg 海棉鉄爐已成功的運用在生產中。每座爐年產能力為 2 萬噸，工作過程和物料平衡如下圖。



关于 Wiberg 法的目的性，Wiberg 教授認為主要是最充分和最經濟的利用燃料，在 Wiberg 爐中，燃料得以燃燒成為碳酸氣和水蒸汽，因此消耗燃料和能量最少。Wiberg 海棉鉄主要用途為

供电弧爐煉鋼用，其成份为：

91%	鐵 全
84%	鐵 金屬狀
1%	炭
0.01%	磷
0.01%	硫
92.5%	还原度

每噸海棉鐵需焦炭200公斤，电能 1100 度（按計算 1 公斤焦炭所含热能約为 8 度电能，則1100度电能約合 140 公斤焦炭）和电極 1 公斤。

所用的礦以燒結礦（最好是球狀燒結礦）为最適宜，也可以用塊礦，（但需經試驗研究后才能決定，要求不僅成份高，還要求在还原过程中不粉碎）含鉄量要求在65%以上，含硫磷最低。含鉄量低的塊礦亦可以考慮先在Wiberg爐中还原，經破碎磨細到 0.50 公厘以下再磁选富集金屬鉄。

四、煉鋼生產

優質特殊鋼的生產在瑞典煉鋼生產中占很大比重，从冶煉方法來看，电弧爐鋼占鋼总產量40%，而高週波感應爐鋼約为5~6%，酸性平爐鋼占11%。另外在氧氣煉鋼方面，瑞典發展了一種新方法，即旋轉式轉爐氧氣煉鋼法亦称Kal-Do法。Kal-Do法不限制生鉄的成份而能冶煉出相当于平爐鋼優質鋼的鋼。

（一）酸性平爐：瑞典以酸性平爐生產滾珠軸承鋼。某些要求高强度的机件用鋼、冷軋高强度帶鋼和鋼絲。用酸性平爐煉鋼主要有兩個优点：

（1）酸性平爐鋼在化学成分上，物理性能和机械性能上有極大的穩定性，这不是电爐鋼所能達到的；

（2）在冶煉上由于酸性渣砂还原作用，使鋼有很好的脫氧作用，并且使非金屬夾雜物減到最少的程度。

瑞典多采用20噸的酸性平爐，爐床面積以Sandviken厂为例为5.5米×2.75米，过去用木炭煤气为燃料現均改为用重油。每噸鋼約用燃料油18%。Sandviken厂裝料用50%木炭生鉄，20%海棉鉄和30%本厂循环廢鋼，每爐冶煉時間約8小时，鋼水温度1570~1600°C。每爐年產能力平均12,000噸。酸性平爐所產鋼主要是高炭高質量鋼如：1·滾珠軸承，高炭冷軋帶鋼，冷軋鋼絲，車輪和輪胎鋼，礦山鑽頭鋼，刮鬍子刀片鋼等。

(二) 高週波感應電爐：感應電爐約占鋼產量的5~6%，主要用以生產高合金鋼。瑞典不銹鋼特別是低炭的不銹鋼，主要皆在感應電爐中冶煉。多數工厂所采用感應爐多為大型的如5噸、8噸及12噸者，另外哈福厂（Hafors）正在建24噸的感應爐。大型爐都是酸性的。用高週波感應電爐煉高合金鋼其顯著的優點在於節省合金和在冶煉中沒有其它雜質進入鋼液中。冶煉要求非常純潔原料。瑞典采用二個方法，一是冷裝，將已煉好的純潔的鋼錠或鋼坯在感應爐中溶化精煉，加合金冶煉而成，或者用熱裝雙聯法，以酸性轉爐鋼液注入感應電爐精煉。

2~3噸的，感應爐可以用鹼性，超過2~3噸的用酸性。其週波自500~2000，大爐子週波低，而小爐子則用高週波，8噸爐采用740週波，容量為2200瓩。冶煉每噸鋼電的耗量大爐子為500~550瓩小時/噸鋼，小爐子800~1000瓩小時噸鋼。

(三) 電弧爐：瑞典電弧爐可以值得介紹的是它的電磁攪拌器和電極。

電磁攪拌器是在瑞典Surahauver厂由Dreyfus所發展的。電弧爐應用電磁攪拌器有以下優點：

- (1) 加速冶煉時間
- (2) 可以得到可靠的勻一成份
- (3) 表渣可以朝向爐門波動便於出渣

電弧爐安裝電磁攪拌器必須用奧氏體的爐底鋼板。一座45噸電爐的電磁攪拌器，所需週波發生器為500千伏安；功率0.1；約需瑞幣

45万克郎（約二十余萬元）。

瑞典电弧爐的電極 Hydraulic Regulator measure system 具有極大的敏感性，每秒鐘150公厘（普通約40—60公厘/秒）這對於电弧爐煉低炭鋼有極大好处。

（四）旋轉式轉爐氧氣煉鋼：

用旋轉式轉爐煉鋼法是卡林教授所提出，他于1948年开始在一个三噸旋轉爐研究用氧氣吹煉生鐵煉鋼，試驗結果良好，遂在瑞典唐納梵厂修建一座30噸工業生產規模的旋轉式轉爐，該爐為西德 Demag 所承建，于1956年5月投入生產。到今年十月該爐已煉了2900余爐，產鋼7万余噸，有三分之二為造船用優質鋼，所用生鐵為碱性轉爐生鐵，含炭3.5%，磷1%，硫0.06%，矽0.2~0.3，鈮0.12~0.52。

从一年余生產操作實踐結果看來，旋轉式轉爐具有多方面的优点：（1）有很好的效率，因此可以得到很高的鋼收得率。大部份一氧化碳在爐內得以燃燒為二氧化碳，而所發生的大量熱量利用來熔煉相當數量的鐵礦使直接成鋼。唐納梵厂用碱性生鐵和約12%鐵礦，而鋼的收得率為98.8%。（2）旋轉式轉爐氧氣煉鋼法的应用不受生鐵種類的限制，高、中、和低磷生鐵均可以冶煉，並且可以生產高炭或低炭的優質鋼。（3）可以生產優質鋼，旋轉式轉爐脫磷效果很大，如用高磷生鐵冶煉，鋼的最大含磷量為0.025%，用平爐生鐵冶煉，最大含磷量為0.015%；脫硫作用為50~75%，而鋼的含氮量在沸騰鋼為0.002~0.003%，鎮靜鋼0.002~0.004%。鋼的含氧量則有如平爐。（4）鐵的損失低，用碱性轉爐生鐵共出二次渣，第一次渣含鐵為5.4%，第二次渣為7.8%，另外爐塵中鐵的損失也較低，約為0.5%。（5）爐塵可以不清洗或只經簡單清洗，因此可以節約清洗設備。

旋轉式轉爐不利的地方主要是爐襯壽命不够好。30噸爐用碱性生鐵吹煉，用厚約14英吋的白云石做內襯，其壽命約為50爐，每噸鋼約消耗20~25公斤白云石。若用鎂磚作為爐襯，壽命可達83爐。

若用平爐生鐵吹煉，爐襯壽命將會延長。另外旋轉式爐愈大則爐襯壽命將益會延長，現在美國和法國已與卡林教授訂有技術合作協議各建100噸旋轉式轉爐二座。

目前唐納梵廠30噸年產能力約可達15萬噸，按照卡林教授所提今後新建爐30噸，年產能力可達21萬噸，而100噸年產能力可達50萬噸。

五、軋鋼生產

1. 生產品種

如Sandvikens 廠生產：（1）各種鋼管，直徑從30—165公厘；（2）各種帶鋼；熱軋的寬90—330公厘，冷軋的寬40—800公厘，薄至0.05公厘；（3）各種冷拉鋼材直徑自0.05—25.0公厘。

Yddeholms 廠生產：（1）各種熱軋冷軋帶鋼，熱軋寬至400公厘；（2）熱軋冷軋薄板；（3）各種鋼管，電焊管5—125 ϕ ，熱軋無縫管25—216 ϕ ，冷拔管3—191 ϕ ；（4）型鋼包括棧材；

（5）冷拔鋼絲。Fagersta 廠生產：（1）各種帶鋼，熱軋冷軋的，熱軋至500—600公厘；（2）熱軋冷軋薄板；（3）棧材軋機5—22 ϕ ；（4）型鋼；（5）電桿鋼管。

各廠所產鋼材，同一類型的花色也很多，如鋼管生產方式有熱軋、冷拉、退火及拉硬、淬火及回火，光亮冷拉、磨光的。管子形狀有圓的、方的、三角的、特殊形狀的、彎的、一部份漲大的、一部份縮小的，帶斜度的等。用途方面如鍋爐管、煤氣、水、蒸汽管、石油工業用管、鑽探管、電桿管、自行車管、汽車拖拉機飛機用管、運動器械用管、化學工業用管、日用品及傢俱管、輸送帶輥子、滾珠軸承管及管子用零件。鋼種包括炭素鋼、低合金鋼、高合金不銹鋼、耐酸及耐熱鋼。

各廠所產熱軋及冷軋帶鋼品種亦多，如活門鋼、紡織用鋼、測量工具用鋼、鋸片鋼、刀刃鋼、剃頭片鋼，各種彈簧鋼、不銹深沖鋼等。

2. 設備類型多，利用率小

各厂產量虽不大，但大都有750—1065 ϕ 初軋机，作开坯之用，由于所產花色多，所以成品軋机种类也就很多，如型钢軋机大都为复合式，可產中型小型鋼材及綫材，尺寸从5 ϕ 綫材至75公厘方圓，冷拉管子即有大小各种冷拉机，冷軋帶鋼即有各种大小冷軋机。由于花色虽多，但每批訂貨并不多，因之各种設備的利用率并不大，大都閒置未用，設備既多所以工厂所占面積亦大，为求尺寸精確表面光整，机械性能好，冷加工的比重也很大，如热軋管中有1/3系冷拉的。

3. 所產鋼材热軋冷拉尺寸都很精確，表面光潔

Morgardshammar 机械厂及 SKF 厂所制造的軋鋼机热軋1/4'綫材时其公差可达 $\pm 0.05-0.075$ 公厘，一般保証 ± 0.1 公厘，为世界最高水平，鋼材热处理时很多爐子都备有保护气体，因而沒有氧化鉄皮，表面光潔。因鋼質純淨，澆鑄適宜，加工时各种机械工具维护好，工人熟練，又在各工序間經常檢查，故產品的物理性能，机械性能均甚均匀；在应用时安全度高。

在交貨前尚須經嚴格檢查，例如冷軋帶鋼須檢查鋼的組織硬度、抗張力、韌性、彈性、來回弯折、尺寸公差、直度、平度、鋼材表面及稜角等。由于檢查嚴格故能保証不僅一批交貨中性能均一，就是前后訂貨中亦能品質相同。

冷軋帶鋼的特殊优点为疲劳强度高，因为僅憑化学成份的分析及物理試驗尚不能完全看出鋼是否經用，常須憑統計数字才能作出判断，据說瑞典鋼材的出名，疲劳强度高即为一个因素。

瑞典鋼材一般可說尺寸精確，由于化学成份偏差小，且各种鋼热处理时注意溫度調節故硬度均匀。一些特定鋼材边部加工好，磨制精細，如彈簧鋼彈性好，并有很好的疲劳强度，尺寸公差小，表面光潔，边角好，所以使用时增長了寿命。Fagersta 厂所產电焊鋼管經該厂金相及机械强度試驗結果表明性能与无縫者相同，这样可以电焊管代替无縫管，降低制造成本，并且电焊管的尺寸公差較无縫管的好，值得注意。

4. 复合式中型小型綫材軋机

在瑞典的一些鋼鉄厂由于產量不大而所需生產的花样比較多，鋼种也包括从軟鋼一直到低合金鋼、高合金不銹耐酸耐热鋼、高速鋼等，所以連續式軋机并不適用。在瑞典近年來發展了一种中型、小型綫材复合式軋机，是由 Morgardshammar 机械厂設計制造的。

这种复合式軋机的構成一般如下：

中型軋机列由五架組成，軋徑自490—550 ϕ ，軋長1500公厘；此軋机列除軋制中型成品鋼材外，尚可兼作小型及綫材机列的粗軋机，所有軋机电动机均系直流0—660—660瓩，轉数为0—750—1000轉/分，中型軋机列有兩個电动机經過傳动齒輪及人字齒輪帶动軋机。小型軋机列有三个电动机，第一个經過傳动齒輪及人字齒輪帶动一架三重机架(軋徑310—420 ϕ 軋長600公厘)及交替二重式机架兩架，(軋徑295—420 ϕ 軋長600公厘)，第二个电动机經長軸、傳动齒輪及人字齒輪帶动第四架及第五架交替二重式机架，(軋徑240—360公厘，軋長385公厘)，第三个电动机經過傳动齒輪及人字齒輪帶动第六第七机架(尺寸与第四第五机架同)。綫材軋机分成三組或更多組，每組包括兩個机架，(軋徑240—360 ϕ ，軋長385公厘)从中型軋机列所軋鋼材由小型軋机列旁經過通往冷床，小型軋机列所軋鋼材或通往冷床或通往鋼材卷繞机，同样情形，綫材机列所軋鋼材也可通往冷床或鋼材卷繞机。

在瑞典發展了軋輪導板，使得在普通橫列式軋机上也可全部应用正反圍盤軋制。5公厘綫材的最后軋制速度已达23公尺/秒。所軋鋼材尺寸精確，而設備費亦低。一般在橫列式軋机軋綫材最后速度只能达10公尺/秒左右，不能用反圍盤而用人工接鋼，工人多而工作危險。在瑞典复合式軋机上軋制炭素鋼60 ϕ 以后即可用圍盤軋制，合金鋼則在48 ϕ 以后即可用圍盤。

一般軋鋼机的構造都是有机架牌坊的，牌坊內安裝軋輥，軋輥各有軸承框，上輥下輥多用螺絲調節，在軋制时由于压力大，而牌坊兩支柱中心間距离大，并且兩支柱上下受力處長度亦大，所以軋

制时軋輥跳动頗剧，因而軋件公差就大，Morgardshammar 厂創造的机架構造系將牌坊取消，將軋輥軸承框用大螺栓互相連接，因而縮短了力所作用的距离，使軋制时軋輥跳动小。

SKF 厂所制造的軋机亦系將牌坊取消并將軋輥軸承框予加应力压紧，其力等于軋制时可能發生之最大軋制力，故称予应力机架，如此則在軋制时軋輥即不跳动，在軋制 $1/4$ "綫材时，公差可达 $\pm 0.05-0.075$ 公厘，为世界最高水平。

5、电气均热爐

在瑞典有好几个厂都新裝設了电气均热爐，电气均热爐分为数个室，每室容納1个、2个或3个鋼錠，每室各有单独爐盖，用沙封閉，电极从爐的端牆通入，与放热电阻接通，放热电阻系炭化矽制成的槽，内充焦炭粒，放热槽按爐的縱方向貫穿各室的隔牆，加热主要依靠輻射，电能由变压器供給，次級电压可以調節，爐温借控制設備自調節，此种均热爐不需要換热器，烟突，控制閥門，風扇，烟道及出渣坑等。因其功率因数高于0.98，从而可改善軋鋼車間的功率因数。此种爐維護簡單，电阻每12—18个月更換一次，电极每年接長二次以抵偿消耗。此种爐的重要特点即特种鋼可以受到嚴密控制，温度可控制在較窄範圍內，故不致將鋼燒坏，加热均匀，不致有内应力，爐内气氛为还原性，氧化鉄生成極少，小于0.2%，而一般用燃料加热的均热爐，氧化鉄皮損失在1.5—3.0%間，此爐亦可利用强还原气氛防止高炭鋼的脫炭，此种爐的基礎簡單，并且由于不需要烟道烟突換热器等，故按設此种均热爐非常方便。

加热鋼錠时能量消耗（包括一切热能及电能損失）与鋼錠裝爐温度有关，而裝爐温度与鋼錠供应週期有关，鋼錠供应週期为鋼錠澆鑄完畢至裝入均热爐完畢为止的时间，例如鋼錠重5噸，均热温度为 1280°C ，則能量消耗，当鋼錠供应週期为60分时，年平均消耗为55瓩小时/噸鋼錠，当鋼錠供应週期为2小时30分时，年平均消耗为110瓩小时/噸鋼錠。

电气均热爐在热装鋼錠时热效率甚高，每噸鋼錠能量消耗僅为一般用燃料加热的均热爐的25%，焦炭粒消耗量約0.5公斤/噸鋼錠。

维护及修理費用，由于此种爐井无烟道，換热器，風扇、电动机及閥門等故维护与修理費用頗低，年平均費用每噸鋼錠約合0.58克郎，折旧費用因此种爐比一般燃燒式均热爐構造簡單，故投資較少，且变压器与电气設備系标准設備，使用年限較長，故折旧費率亦較小。

以經營費用与氧化鉄皮之節約相对照可以看出此种电气均热爐的优点：

	电能消耗55瓩小时合	2.20克郎
鋼錠供应週期	维护与修理	0.58克郎
(60分)	电阻用焦炭粒(0.5公斤)	0.13克郎
	經營費用	2.95克郎
鋼錠供应週期		
2小时30分	經營費用	5.45克郎
氧化鉄皮節約		
1.5%(以普通鋼計)		6.00克郎

瑞典电费較廉，如果电力供应无問題，仍可考慮采用电气均热爐加热優質鋼。