

編 号: (66)031

內 部

出国参观考察报告

瑞典粉末冶金与硬质合金概况

中国科学技术情报研究所

一九六六年三月

說 明

我有关部门曾于1965年10月至11月派张丰志、郑有卿、郭俊超、范增仁、王君箬、张世莹同志赴瑞典，对粉末冶金和硬质合金进行了考察。现将他们在国外了解到的有关粉末冶金和硬质合金的情况汇编一起，印发有关单位参考。

目 录

瑞典粉末冶金与硬质合金概况.....	(1)
一、概况.....	(1)
二、瑞典粉末冶金.....	(5)
三、瑞典硬质合金.....	(14)
瑞典粉末冶金、硬质合金和电焊条工厂参观纪要.....	(27)
一、何根奈斯 (Höganäs) 铁粉公司	(27)
二、米泰维根有色金属公司 (AB Svenska Metallverken, Västerås, Sweden) ...	(33)
三、格利撒粉末冶金厂.....	(36)
四、法盖斯塔 (Fagersta) 公司硬质合金工具厂.....	(38)
五、可洛满 (Coromant) 硬质合金厂.....	(40)
六、乌德霍姆公司.....	(48)
七、依撒伯电焊条厂.....	(51)
八、拉克索电焊设备厂.....	(54)

瑞典粉末冶金与硬质合金概况

一、概 况

1965年10月18日到11月20日，我们在瑞典，对粉末冶金和硬质合金进行了考察。我们在瑞典期间，先后参观了山德維克（Sandveken）钢铁公司的可洛满（Coromant）硬质合金厂，法盖斯塔（Fagersta）钢铁公司，何根奈斯（Höganäs）铁粉公司及依撒伯（ESAB）焊条焊机公司等十二个单位（见表1）。

表1 赴瑞典粉末冶金考察組參觀的單位表

地 点	工 厂 名 称	参 观 日 期	参 观 内 容
斯德哥尔摩市 (Stockholm)	可洛满硬质合金厂 (Coromant)	1965年 10月21日	硬质合金钨粉及制品生产
法盖斯塔、阿尔伯嘎 (Fagersta arboga)	法盖斯塔钢铁公司 (Fagersta)	10月22日	硬质合金工具制造及硬质合金实验室
何根奈斯 (Höganäs)	何根奈斯铁粉公司 (Höganäs)	10月25日	铁粉应用、铁基粉末冶金
哥德堡 (Göteborg)	依撒伯焊条焊机公司 (ESAB)	10月30日	制品实验室
	沃尔沃汽车厂 (Volvo)	11月1日	电焊条生产及其试验室
拉克索 (Laxå)	依撒伯拉克索电焊机公司 (ESAB)	11月1日	小轿车车身装配喷化车间 及小轿车总装配厂
乌德霍姆 (Uddeholm)	乌德霍姆钢铁公司 (Uddeholm)	11月2日	电焊机生产及其焊接试验室
万斯脱罗斯 (Västerås)	米泰维根有色金属公司 (Metallviken)	11月4日	粉末冶金试验室及切削试验室
斯德哥尔摩市 (Stockholm)	格利撒 (Glissa)	11月8日	铜粉生产及粉末冶金制品 生产工艺
阿威斯塔 (Avesta)	阿威斯塔钢铁公司 (Avesta)	11月9日	含油轴承生产工艺
ESKUSTUNA	约翰逊量具仪器厂 (Gohanson)	11月11日	精密铸造及化学试验室
斯德哥尔摩市 (Stockholm)	琴格纳 (Jungner)	11月10日	扭簧表装配及千分尺装配
		11月12日	工具磨床的生产

(一) 瑞典粉末冶金的发展和现状

1. 硬质合金方面

瑞典生产硬质合金的工厂共有七个，我们参观了其中的四个，以山德維克、可洛满厂为

代表，它不仅是瑞典规模最大的现代化工厂，也是世界上最大硬质合金厂之一，其产品质量一般较好，尤以凿岩钻头闻名。该厂1942年开始生产硬质合金，1962年扩建一次，1964年又扩建一次，现在总面积2.6万米²，全厂职工2800余人，年产600吨，计划在1971年产量还要扩大三倍。其他如法盖斯塔、乌德霍姆等六个硬质合金厂，产量各在20~150吨之间。瑞典全年总产量估计900吨左右，产品大部外销到非洲、欧洲各国，在国际市场上占有一定的声誉。

瑞典硬质合金使用范围较广，诸如切削工具、矿山工具、耐磨零件、轧辊、轴承、导向轮、各种模具、拉丝模，还有测量工具、喷嘴、顶尖镗杆、汽车轮胎防滑钉等；在制造技术上，趋向在合金中加稀有金属元素，如钼、铌、钽、钨；在晶粒上，力求细粒度，控制在0.1~1.0微米范围内；在牌号上，力求减少，向通用化方向发展。

2. 粉末冶金铁粉方面

铁粉以何格奈斯厂为代表，是目前世界上最大铁粉厂之一，1911年开始生产海棉铁，1932年进行了技术改造，用坑式密生海棉铁，1945年生产铁粉，1960年扩建，1962年生产2.8万吨，1964年为7万吨铁粉，1966年计划增加二个炉，1967年可达15万吨。此外，该厂在国外（美国）设有子厂，目前生产铁粉4万吨，产品大部份外销，其中60%输向美国。全厂职工3,000人，其中20%为技术人员和职员。

铁粉使用范围较广，据称50%的铁粉用于粉末冶金制品，如汽车、打字机、纺织机械、缝纫机等机械中的各种含油轴承，机器零件，油泵齿轮，过滤器等，并可进行各种表面处理提高性能。40%的铁粉用于制造焊条，以ESAB的OK牌焊条为代表，年产2万吨，所有低碳钢（铁粉焊条），焊药皮上含大量铁粉，最高达75%，焊缝收获率最高达230%。10%左右的铁粉用于火焰切割技术，这种切割法可切下厚度为700毫米的不锈钢，以及1,500毫米的钢板或高炉炉渣，效率很高。

铁粉研究方面，着重于提高制品强度。制造合金粉如加钼和不锈钢粉，粉末的粒度也向细粒度方向发展。

（二）瑞典粉末冶金制造工艺技术特点

1. 硬质合金方面

（1）工艺配方：增加稀有元素，向细晶粒万能牌号发展，提高物理性能。

各厂大部均增加稀有元素钼、铌、钽的碳化物，并向1微米以下细晶粒万能牌号方向发展。钨钴类合金（BK）增加钼合金，而钨钴钽类合金（TK）为钨钴钽钼合金淘汰，其目的使WC颗粒的成长减慢和避免长大，晶粒细的产品可得到高的硬度和耐磨性。另有镍、铂做粘结剂及碳化钨的特殊品种抗腐蚀性好。

增塑剂均为石蜡，在混料湿磨时一起配入减少混料工序。

（2）酸分解法制取钨酸：

可洛满厂采用酸（湿）法制钨粉，原料为白钨矿（含三氧化钨70%），经酸分解（矿石、盐酸、水）在球磨机中加热，球磨酸分解反应生成钨酸与氯化钙。用水洗涤再氨溶，盐酸沉淀，过滤以得黄色钨酸。干燥后以800℃煅烧成WO₃，最后在十管还原炉700~950℃氢气中还原成钨粉。还原是控制粉末粒度的主要工序，温度低时间长可得细颗粒粉末，一般为1~10微米，但亦可控制在1微米以下。

酸湿法生产大部分采用管道反应：检验分析由中央控制室生产系统控制盘仪表信号指示，基本上自动化，其整个流程有9道工序，厂房、设备、投资可节省，劳动生产力很高。

(3) 烧结——采用二次烧结工艺及真空炉烧结方法：

硬质合金压坯在钟罩式炉子900℃预烧一小时进行修整加工，第二次烧结钨钴类合金用钼丝炉，钨钴类合金（含钴量低的）用高频炉（真空度为0.02）烧结。

二次烧结产品因在预烧后进行修整加工，有一定强度缺陷废品较少，成品尺寸保证，同时烧结时因分成低温高温二道工序炉子结构简化，便于维护检修。

真空炉用以烧结钨钴类合金代替钼丝炉或碳管炉，虽投资略贵，但维护费用降低，另因不用氢保护，所以烧结过程中保护气氛影响不存在，故产品质量稳定，耐磨性，韧性提高。

(4) 刀具结构方面：

各厂硬质合金刀具大部份改用机械紧固式，并向小、薄方向发展，比焊接刀具优越，可省掉焊接工序并防止产生裂纹。刀片在出厂时均已刃磨，使用时不需刃磨，节省时间，减少刀杆消耗，在大量生产机加工行业中专用自动机床已大量使用。

2. 粉末冶金制品方面

(1) 铁粉生产：

①原料：经精选铁矿石（为水选后底下最细的粉）磁选去杂质后含铁量由原来20~30%提高到71%含硫、磷约0.012%，质量成份稳定。我国以铁磷为原料碳量与杂质波动范围较大铁粉不易控制。

②工艺用焦炭粉，煤粉，石灰石固体还原剂，矿石及固体还原剂以专用振动机械装在碳化硅圆筒还原罐中（不用内罐）。铁矿石装成 $\phi 260 \times 60$ （厚） $\times 1500$ （高）毫米圆柱筒，四周为混合的固体介质，端盖及外罐接缝处密封后，逐车自动推入隧道窑中在1,200℃温度下还原保温28小时，从进炉到出窑共80多小时，还原成筒状海绵铁，粉碎后按各种粒度存放，并按各牌号粒度要求合批。铁粉分为电焊条用铁粉，火焰切割用铁粉及各种粉末制品用铁粉三大类。含炭量可控制在0.03%以下，硫、磷可控制在0.015%以下。

③设备：

隧道窑长约214米，用油或煤气加热，整个窑温度及生产过程是由控制盘自动控制，自动化程度很高，该窑年产量为4万吨，而全车间工人很少，劳动生产率很高。

还原罐：以碳化硅制造耐高温，抗氧化性好，寿命能使用10~20次。

(2) 粉末冶金制品工艺：

高强度另作采用二次烧结二次压型工艺提高产品强度（一般密度可达7.4克/厘米³），美国采用加入少量合金走合金化道路采用一次烧结工艺。

含油轴承：格利撒厂，据介绍，不加石墨以高孔隙度30~33%，密度为5.2克/厘米³，并已做到在标准化基础上大量生产。

压制：在瑞典采用专用机械式压机，每小时产量最高可达几万件，同时适应范围广。模具制造精度较高，阴阳模配合间隙为0.075毫米，并保证垂直平行度模具寿命可达1000万次。

烧结：铁基制品烧结逐炉冷却不控制冷却速度，而以热处理淬火，渗碳，渗氮，蒸气处理，硫化，浸铜，浸塑料等工艺来保证。

二次烧结压制工艺，分低温850℃，高温1150℃，二次烧结工艺提高强度，延伸率，炉子结构可简化，保护气体分为分解氨，CO与H₂工艺上严格控制炉气露点以适应运输带式炉子裸露烧结工艺取消装罐密封烧结工艺。国外有些炉子中间高温区凸起，两端延伸管向下倾斜以使保护气氛中H₂气集中在高温区提高抗氧化性能。

3. 电焊条方面

(1) 配料：配方保密。称料干混合加入粘结剂水玻璃，约为干混料的20~30%。高收率(200~230%)焊条涂料中最高有75%铁粉。

(2) 切丝：普通焊条焊芯依撒伯焊条厂自制设备校直切断，每分钟500~720根，不锈钢焊芯校直切断每分钟100根。

(3) 焊条(流水生产线，二条)：

焊条挤涂焊药采用自制(由压垂直式双缸挤压机，工作单位压力为200大气压，产量每秒约10多根，经自动打印标记后，在隧道式烘干炉中温度80℃预烘干1个半小时。该厂已新建另一车间有二条涂药半自动生产线，现正在调整。

真空烘干在卧式真空炉中350~400℃，真空度0.8~0.9烘干时间3.5~7小时。不锈钢焊条烘干时间较长。

检验包装机凭工人眼光挑检废品，并以光电管计数包装。

依撒伯焊条厂是以高效设备组成流水生产线及半自动线，检验包装也有专用设备并组成包装线，劳动生产率很高，工艺上采用二次烧结含水量可从1.5%烘干到0.5%，烘干周期一般为8小时。

(三) 工厂组织管理的一些情况

这次去瑞典，我们着重于技术方面考察，对生产管理方面了解较少，但就一般接触来看与其他资本主义国家的情况相比，资本家为了以利竞争一般均很重视试验研究和产品宣传推销工作，其情况简述如下：

(1) 每个厂设有技术发展部(有的叫试验研究部)，在人力物力上对这个部门投很大资本，例如何根奈斯铁粉厂的试验室由二名博士领导，并集中了大部份技术人员，除了一般性的机械性能，烧结试验室外，还有庞大的理化试验室，并装备有自动定量分析几十种元素的X射线光谱分析仪，8分钟可测29个元素的含量。可洛满厂的试验研究人员占职工的15%。法盖斯塔厂的实验室具有20万倍电子显微镜和电视金相显微镜(5000倍)。这些厂对研究人员的控制上也很严格，甚至对一些大学的研究生也设法控制，例如一些研究项目可以给大学的研究生去做，并提供试验研究条件，但研究成果要列为公司专利，同时研究生本人于毕业后一定要在该厂工作为条件。

(2) 资本家为了推销其产品，争夺市场，都设有一个人员不太多，但比较得力的销售部门，一般均由有经验的工程师甚至博士担任。他们的主要工作是从技术角度上向国外用户宣传其产品的特性，甚至可以讨论一些理论技术问题，提供用户样本，样品以及试验报告等。有的厂为了进一步推销其产品，还成立了技术服务部门，例如何根奈斯铁粉厂可以根据用户对零件的要求代为设计压模，选择压机型号和制定工艺参数，防锈处理的方法等，几乎变成一个工艺设计部门，如果用户对其铁粉质量有了疑问，他们可以利用试验室做各种试

验，并提出报告。

(3) 资本家为了利润竞争，将几种产品提为“王牌”以保持其竞争力，例如何根奈斯厂虽然生产各种耐火、耐酸材料、人造钢玉和陶瓷等，但主要生产铁粉。工厂规模一般比较小，平均职工人数500~800人。例如可洛满厂800人，每年生产硬质合金600吨，在世界市场上占有一定地位。另方面，又主要用严格控制关键工序的工人以达到最大限度的剥削，如有名的约翰逊量仪厂(C. E. Johanson)的主要产品扭簧仪的装配工序完全依靠装配工人的熟练程度达到高精度。法盖斯塔喷嘴铸造工序的工人在炉旁干了30年，这里并没有先进的控制仪表，而是靠工人的熟练技术得到优质的产品。一般工种的工人劳动强度也是很大的，基本上都进行多工序或多工位操作，而在一些技术简单的包装压型等工序，大量采用女工(她们工资比男工低20%左右)。

二、瑞典粉末冶金

赴瑞典粉末冶金考察小组，在瑞典期间，先后参观了硬质合金、粉末冶金等有关工厂12个。其中与粉末冶金有关的工厂四个：何根奈斯(Höganäs)铁粉公司；依撒伯(ESAB)电焊条公司；米泰维根(Metallverken)有色金属公司；格利撒(Glissa)含油轴承厂。

通过考察了解到了瑞典的粉末冶金水平和发展方向。这次考察主要是新工艺，新材料，新设备及发展方向。

在考察中，由于资本家在技术上封锁保密较严，实地看的较少而时间短，故这一报告是依据我们考察中的见闻和有关资料加以整理的。很可能有些出入，仅供参考。

(一) 概 况

瑞典的粉末冶金历史并不算久。如果从何根奈斯公司1911年制造海棉铁算起，只有50多年。从法盖斯塔钢厂1931年生产硬质合金算起也只有30多年。在1942年建立了可洛满硬质合金厂。1945年何根奈斯(Höganäs)开始生产铁粉。所以瑞典的粉末冶金历史，最多不过50多年。

在1940年以后，瑞典粉末冶金发展较快，现在铁粉的产量11万—12万吨(七万吨是何根奈斯生产的，有四万吨是何根奈斯在美国的分公司生产的)比美国的产量(七万六千吨)还多4—5万吨。先后建立了含油轴承厂，石墨零件厂，铜基零件厂，硬质合金厂等粉末冶金工厂。

瑞典粉末冶金工业的特点是，无论粉末或是制品，大部份外销世界各国，国内用量很少。甚至于瑞典最大的汽车制造厂沃尔沃(Volvo，年产12万辆)出产的汽车上仅有的一个粉末冶金门锁，也来自英国粉末冶金工厂。这也反应了资本主义的经营特点之一。

在瑞典的粉末冶金工业中，铁粉制造无论在质量上，产量上都居世界的先进水平。铁粉以低C(炭)著称。

(二) 铁粉、铜粉的制造及其在粉末冶金方面的影响

1. 铁粉制造

瑞典的铁粉制造以何根奈斯为代表，其工艺流程如图1所示。

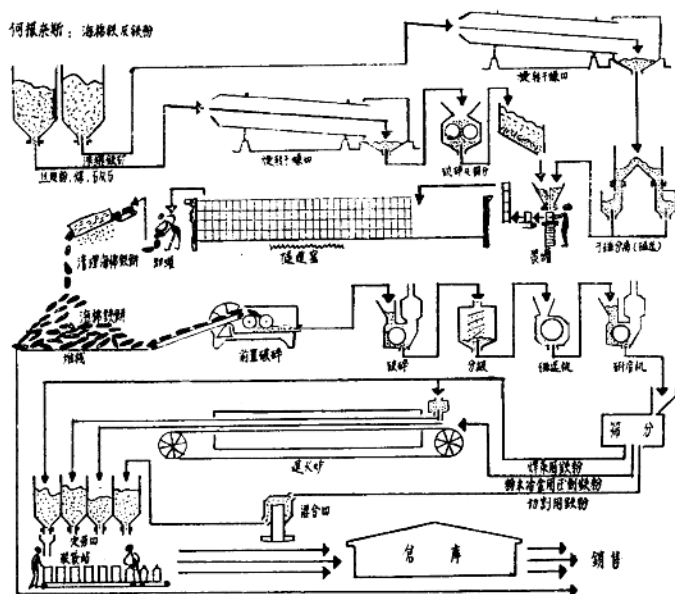


图 1

图 1 中所示的还原炉是旧的坑式窑，新的为隧道窑。

图 1 所示的用固体碳还原的方法，是世界上较普遍应用的一种方法。它可以利用轧钢废料—氧化铁皮，也可以利用矿石作原料。生产工艺比较简单。这也是它被推广的原因之一。下面何根奈斯生产铁粉的过程，就我们所看到听到的情况叙述一下，仅供参考。

何根奈斯的铁粉是由矿石经过还原成为海绵铁，又经过粉碎，再经过退火还原而成的。

(1) 矿石：

何根奈斯铁粉的原料—铁矿砂，出产在瑞典北部的科龙纳。何根奈斯每年从那里购进大量矿砂。据介绍这种矿砂含硫，磷很低，原矿含铁量为20—30%，经过选矿后取底部最细的矿砂，然后再经磁选而得到含铁量为71%， $P < 0.012\%$ ， $S < 0.012\%$ 的矿砂。

(2) 海绵铁：

海绵铁的生产是铁粉生产的关键。何根奈斯公司已在从原料入罐到管式海绵铁，出罐实现了机械化。何根奈斯的海绵铁生产所用的还原剂，脱硫剂，是用焦炭粉，煤粉和石灰石。还原的炉子旧式的是坑式窑，新式的是隧道窑。如图 2 所示。

这个厂是从何根奈斯买的专利，炉长165米，还原周期为84小时。

何根奈斯的还原炉全长214米（据销售经理介绍），高约3.0米，宽约3.0米。何根奈斯的海绵铁是在碳化硅还原罐中被还原的。这种罐是何根奈斯公司自己制造的。图 3 是制造还原罐的一个车间。

图 3 所示的车间生产的碳化硅罐直径约为0.5米，高约0.5米。在参观何根奈斯的过程中未见到破碎的碳化硅罐。这种罐的寿命比耐火粘土的长4倍，估计可以用到10—20次。

在生产海绵铁时，把四个小罐连成一个大罐。装罐方法如图 4 所示。

①旧式装罐法：

②新的装罐方法（见图 5）：

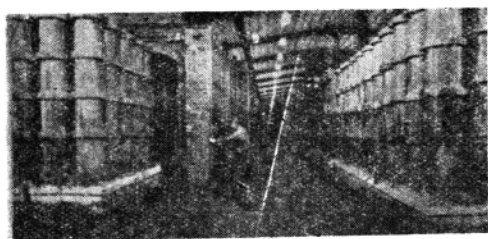


图2 瑞典“修德霍斯”钢厂生产海绵铁的还原炉

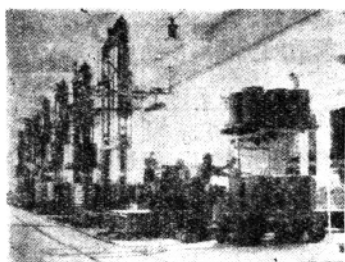


图 3

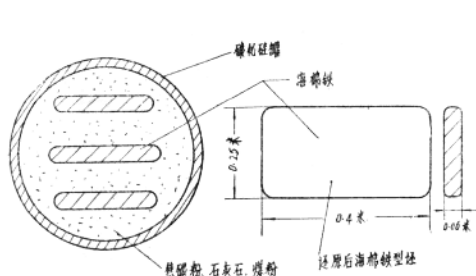


图 4

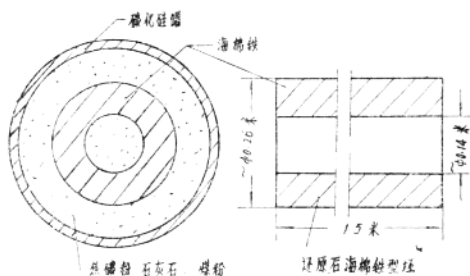


图 5

按新式装罐法装好罐后（是在小车上上面装罐的），小车便按顺序排在预定的轨道上（每一小车还原后的海绵铁重约为1.5—1.7吨）。然后便按序被拖入隧道窑内。海绵铁在窑内的还原时间约为80多小时。温度曲线如图6所示。

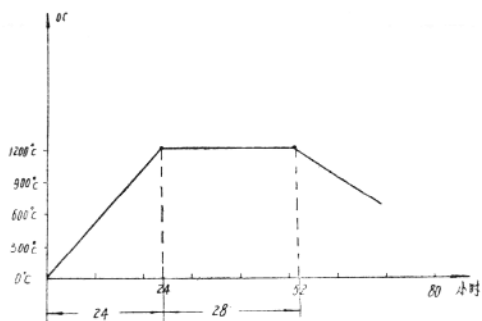


图 6

图6还原曲线是在实验车间内偶然获得，与“修德霍斯”钢厂海绵铁生产工艺比较（炉长165米，1200°C，周期为84小时，为何根奈斯专利），此曲线可能有参考价值。

还原炉内的加热燃料有可能是煤气，这从出炉的罐很干净。炉体上有 $\phi 300\text{mm}$ 粗的输气管道。从这样来判断是煤气是有可能的（修德霍斯还原隧道窑即为煤气加热）。另一种可能是重油，据说煤气站已停止生产。

炉子的温度则集中在一侧控制，控制

盘上有16个电子电位计。并带有信号指示灯。

何根奈斯海绵铁的技术条件：

①化学成分（见表2）：

表 2

化学成分	Fe	C	O	SiO ₂	S	P	TiO ₂	V ₂ O ₅
百分组成	96.5—97.5	0.10—0.20	0.80—1.40	—	0.015	0.015	0.25	0.20

②密度:

还原后的一块海绵铁尺寸为: $400 \times 250 \times 60$ 毫米³。重为9公斤, 则其计算密度为1.5克/厘米³。

(3) 铁粉

①清除氧化缩口: 经过在隧道窑内还原所得到的海绵, 由于缩口部份略有氧化, 所以在流水线上必须先清除氧化了的缩口。

②破碎管式坯锭: 海绵铁的管式坯锭出罐后, 经去氧化缩口, 就被送往破碎机上, 进行破碎。

③球磨: 将初步粉碎的海绵铁继续在球磨机中球磨。

④过筛: 球磨后的铁粉须经第一次过筛。

⑤磁选: 经过筛分的铁粉, 再一次经过干式磁选, 又一次去掉杂质, 提高铁粉的纯度。

⑥退火: 为了保证好的压制性须将磁选后的铁粉进行退火处理。何根奈斯退火是在传送带式退火炉中连续的还原气氛下进行的, 退火温度为800℃, 如图7所示。

⑦筛分包装: 退火以后的铁粉经过合批、筛分、分级后进行包装。

(4) 铁粉的品种规格和性能:

①粉末性能 (见表3):

表 3

性 能 \ 牌 号	W40.24	W40.29	W ⁴⁰ / _{150.35}	W150	W100.29	MH100.24
松装比重 (克/厘米 ³)	2.4	2.9	3.5	3.0	2.9	2.4
流动性 (秒/50克)	33	29	26	20	27	30

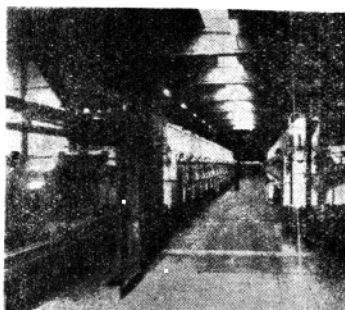


图 7

②化学成份 (见表4):

表 4

牌 号 \ 化 学 成 份	W40.24	W40.29	W ⁴⁰ / _{150.35}	W150	W100.29	WH100.24
Fe%	97.5	97.5	97.5	98.0	96.0	98.0
O%	0.70	0.70	0.70	0.50	1.20	<0.60
C%	0.06	0.06	0.06	0.05	0.20	0.05
S%	0.012	0.012	0.012	0.015	0.015	0.015
P%	0.010	0.010	0.010	0.015	0.015	0.015
SiO ₂ %	—	—	—	0.25	0.70	0.20

③粒度分布 (见表 5) :

表 5

牌 号 粒 度 分 布	W40.24	W40.29	W ⁴⁰ / _{150.35}	W150	W100.29	MH100.24
+0.417mm (35目)	0	0	0	0	0	0
+0.208mm (65目)	20	20	40	0	0	0
+0.147mm (100目)	25	25	25	0	1	0
+0.104mm (150目)	20	20	25	1	25	20
+0.074mm (200目)	20	20	8	34	25	25
+0.061mm (250目)	(-200目) 15	(-200目) 15	(-200目) 2	20	12	10
+0.043mm (325目)	—	—	—	30	20	20
-0.043mm (325目)	—	—	—	15	22	25
—	—	—	—	—	—	—

④品种规格 (见表 6, 价格为瑞典克郎, 1 克郎相当0.476元人民币) :

表 6

铁 粉 牌 号	规 格	用 途	价 格
W40.24	40目	电焊条药皮	710克郎/吨
W40.29	40目	电焊条药皮	710克郎/吨
W100.25	100目	电焊条药皮	810克郎/吨
W ⁴⁰ / _{150.35}	⁴⁰ / ₁₅₀ 目	电焊条药皮	740克郎/吨
W100.29	100目	火焰切割	810克郎/吨
W150	150目	火焰切割	875克郎/吨
MH40.24	40目	粉末冶金零件	915克郎/吨
MH40.28	40目	粉末冶金零件	915克郎/吨
MH100.24	100目	粉末冶金零件	1030克郎/吨
MH100.28	100目	粉末冶金零件	1030克郎/吨
MH300.28	300目	粉末冶金零件	1800克郎/吨
MH300.30	300目	粉末冶金零件	2950克郎/吨

(5) 国内外铁粉生产情况对比:

①产量与工艺 (见表 7) :

表 7

厂 名	吨/爐、年	原 料	爐 子	工 艺			
				还原温度	生产周期	升 温	保 温
瑞典 Höganaäs	40,000	矿 石	隧 道 窑	1200°C	84小时	24小时	28小时
中国 阳泉粉末冶金厂	—100	铁 磷	土 窑	1020°C	132小时	24小时	61小时

②化学成份（见表 8）：

表 8

厂 名	成 份	牌 号	粒 度	Fe %	C %	S %	P %
瑞典 Höganaäs		MHP300	300目	99.0	0.03	0.015	0.015
美国 Riverton		MH300P	300目	99.0	<0.10	0.005—0.01	0.005—0.01
苏联 Сулинский		A级	—	98.0	0.15	0.04	0.04
中国 阳泉粉末冶金厂		1级	—	98.0	0.15	0.05	0.05
中国 龙溪机械厂		1级	—	97.5	0.245	0.04	0.012

通过对比可以看出瑞典铁粉无论在产量上，质量上，设备方面都居世界先进地位。这主要是由于瑞典的铁粉原料—矿石质量稳定，含硫、磷低，设备自动化程度高，工艺较先进的缘故。

2. 铜粉制造

瑞典铜粉制造的工厂，我们只看了米泰维根有色金属公司的一个粉末冶金车间。该车间年产50吨铜粉。

（1）原料：

由于该公司以生产有色金属为主，如铜板、铜带、铜丝、铝板、铝带等，在生产过程中产生大量的氧化皮。该公司的铜粉原料就是利用收集的大量氧化铜皮。收集的方法是通过冷却液带到一个大的沉淀池中沉淀，然后集中起来运往车间处理。

（2）制粉：

①煅烧：

清洗后的氧化铜皮首先装入回转炉内煅烧，在 200°C至300°C 下煅烧后可以除油。炉膛尺寸为 $\phi 500 \times 1500$ 毫米，是以煤气加热的。

②还原：

煅烧过的氧化铜皮经过加料斗装到还原炉的传送带上，然后由输送带送到炉内还原。炉子的传送带是耐热钢制成的。厚约0.5~1.0毫米，宽约450~500毫米。炉长约16米，冷却带约有10米，用循环水冷却，加热体为康太尔丝，保护气氛为分解氨，还原温度为 460°C，传送带运动速度为130~190毫米/分，高温带长约4.5米。

③粉碎—筛分：

还原以后的块状铜粉被送入锤式粉碎机内，进行粉碎。最后再经过筛分即得到铜粉。

该公司生产粉末冶金制品所用的球形铜粉，是从英国进口的。铁粉是从何根奈斯购进的。

3. 粉末冶金铁基零件

粉末冶金铁基零件的生产我们只参观了一个格利撒含油轴承厂和何根奈斯的一个实验室。

(1) 生产或研究的零件品种:

何根奈斯实验室内共有358种铁基零件的样品,其中包括汽车、电机、打字机等各个方面,有轴套,也有齿轮,结构件等。这些零件有一部份是实验室生产的,有一大部份是从国外搜集来的,其中有英国、美国、西德等各国的样品。据介绍这些零件全是用何根奈斯铁粉制成的。

格利撒含油轴承厂共生产68个品种含油轴承。222个规格,最小的直径为 $\phi 2.0$ 毫米,最大的直径为 $\phi 100$ 毫米的。在结构上有带法兰的,球形的等多种多样。

(1) 原料:

我们所参观的粉末冶金工厂中,所用的铁粉原料为何根奈斯的铁粉,而且MH-100用的较多。如格利撒就是采用MH-100号的。但格利撒还再筛分一次,以便控制含油轴承的孔隙。保证含油率。米泰维根也采用何根奈斯的铁粉。

(3) 设备:

在压机(只举出几种类型)方面:

①粉末冶金专用压机:

“Korsch” EK2, 12吨自动机械式压机, “Dorst” TPA45, 15吨自动机械式压机, 都是从西德进口。“Stokes”自动机械式压机, 从美国进口。“Konage”自动压机。是瑞典国产。

②非专用压机:

“Result” HPE-15油压机, 瑞典产; 四柱式油压机。瑞典产。

从压机总的情况看, 自动化机械式粉末冶金专用压机是有发展前途的设备。这不仅何根奈斯粉末冶金研究室的工程师们这样讲, 各工厂的看法也如此。这种压机具备了能实现多轴, 精度高, 自动化程度高, 生产率高, 结构简单的特点。而四柱式油压机(塑料用)正在被淘汰中。

在炉子方面:

我们所见到的炉子中, 钟罩式较多, 但是看来并不是方向, 因为它不适应高生产率的连续生产。在何根奈斯的实验室内是管式炉, 阻丝为康太尔丝。但也是只作实验用。

(4) 工艺:

①混料:

混料机为双锥形, 所加润滑剂为石蜡或硬脂酸锌。

②压制:

压制工序大部份实现了自动化, 装料采用容量法, 压制压力一般采用4吨~6吨/厘米²。压制密度为5.2克~6.8克/厘米³(一次压制, 烧结零件)。二次整形则采用双向或多级整形模具。

③烧结:

对高强度零件美国采用加合金元素, 而欧洲一般采用二次压制, 烧结工艺, 其工艺为: 第一次: 4吨/厘米²压制, 850℃保温一小时, 缓冷。第二次: 4~6吨/厘米²压制, 1150~1200℃保温2小时, 缓冷。

对低密度零件一般采用一次压制，烧结工艺，其工艺为：预烧温度600℃，保温4小时，终烧温度1100℃~1200℃，保温2小时，缓冷。

④保护气氛：

瑞典的保护气氛广泛的采用分解氨。对N₂敏感的零件也采用氢气。美国吸热型保护气氛采用较多，欧洲正在试验过程中。有逐步采用的趋势。

⑤热处理及表面处理：

据介绍瑞典不是用控制冷却速度的方法来控制零件的金相组织。而是采用另外加热处理工序的方法来控制其性能。热处理的方式也多种多样，如正火，回火等渗C，渗N₂。表面处理则采用蒸汽处理，电镀等。

⑥浸油（指含油轴承）：

格利撒含油轴承是一种纯铁制品，具有高孔隙率的特点（30~33%）。据介绍含油轴承中严防石墨混入。故在烧结中也避免高温下使用含C的保护气氛。

格利撒的浸油分为热浸与冷浸两步。在非真空下使用的轴承，所用的油可根据轴承的不同用途来选取。如 Mobile S. A. E. 20, 30, 40, 50等种，将零件浸入热油中直至无汽泡为止，然后立即放入冷油中，在真空中使用的轴承必须在真空中浸渍。

4. 铜基零件

（1）品种：铜基零件中有，含油轴承，过滤器，摩擦片等160个品种，在米泰维根粉末冶金车间，每年240吨的产量中含油轴承占80%。

（2）原料：球形铜粉购自英国，铁粉购自何根奈斯，普通铜粉本厂生产。

（3）设备：

①压机：大型摩擦片采用400吨油压机，小零件则采用机械式自动压机。

②炉子：摩擦片采用钟罩炉压力为20公斤/厘米²，加压烧结，压力是气动加压式，每台炉子上有6个汽缸。小型铜基过滤器和零件则采用传送带式连续炉。炉身为拱形，炉长10.5米~11.0米，炉膛宽约200毫米，高为150毫米，最高温度为1100℃，加热体为康太尔丝，传送带由康太尔丝编成。高温区约为2.5米，前面500℃预热带约为2.5米，冷却带分三段，三段分别为：2米，1米，2米。进料及出料口各为0.5米。

③混料机采用双锥形的。

（4）工艺：

①烧结温度为820℃，温度用电子电位计控制。

②保护气氛采用分解氨。

③浸油采用真空，真空度为0.8，时间为20分钟。

5. 铁粉焊条

瑞典的铁粉焊条也是世界闻名的，具有含铁粉量高、品种多的特点。最高铁粉含量为75%，收获率为230%，“ESAB”电焊条厂大量生产这种电焊条，在何根奈斯铁粉公司有专门研究铁粉焊条的实验室。何根奈斯铁粉年产量（11万吨）的40%都用来做焊条。

（1）铁粉焊条的种类及用途（ESAB厂生产）如表9。

表9 铁粉焊条性能表

牌 号 \ 性 能	规格 (毫米)	弧 光 电 压	电 流	用 途	收 获 率
OKF _{max} 33.60	φ3.25	26—36伏	交流或直流	快速焊接垂直与水平相交处	165%
	φ4.00				
	φ5.00				
	φ6.00				
OKF _{max} 33.80	φ3.25	25—36伏	交流或直流	专为焊接非合金的结构钢材	185%
	φ4.00				
	φ5.00				
	φ6.00				
OKF _{max} 34.20	φ1.00	30—40伏	交流或直流	高速水平或垂直焊	200—230%
	φ5.00				
	φ5.60				
	φ6.00				
OKF _{max} 38.65	φ1.00	33—39伏	交流或直流	高速焊接软钢	160%
	φ5.00				
	φ6.00				
	φ7.00				
OKF _{max} 39.50	φ3.25	25—42伏	交流或直流	焊接压力容器钢	150%
	φ4.00				
	φ5.00				
	φ6.00				
OKF _{max} 39.95	φ3.25	32—50伏	交流或直流	焊接结构钢	230%
	φ4.00				
	φ5.00				
	φ6.00				

(2) 铁粉焊条药皮用铁粉:

铁粉焊条用铁粉,在瑞典有两种生产方法。一种是何根奈斯的还原法,如W40.24, W100.25等。另一种为“ESAB”生产的雾化粉。

(3) 铁粉焊条的前途:

据介绍,铁粉焊条在欧洲大有前途。欧洲的资本家为了获得高额利润,在生产中追求高生产率。由于铁粉焊条具备这种优点,所以越来越多的人采用这种焊条。

6. 氧气火焰切割

铁粉是氧焰切割的重要原料。何根奈斯每年产11万吨铁粉,据介绍有10%用来作火焰切割的原料。特别是对大型不锈钢,耐热钢(能切最大深度为700毫米),更适用。普通碳钢能切透1.5米的厚度。

以何根奈斯铁粉为例, W100.29、W150两种牌号是专门用来作火焰切割用的。

(三) 瑞典粉末冶金水平

从瑞典的几个工厂来看粉末冶金水平。如在质量, 产量, 成本, 工艺等方面。

1. 铁粉生产方面

瑞典何根奈斯铁粉公司积累了30多年生产海棉铁的经验(1911年—1945年)和100多年陶磁制品生产的经验(1797年—1945年)。所以无论是炉子,或是耐高温的陶磁罐以及海棉铁的质量,现在能有先进的水平,是有它的历史原因的。现在它又积累了20年生产铁粉的经验,所以它的铁粉质量高,产量高。但是总的看来它的发展是很慢的。

我们国家仅仅几年的时间,(从1958年开始)从制粉(现在已建成了年产1000吨的隧道窑)到制品的粉末冶金工业已初具规模,几十个粉末冶金工厂和车间遍于全国。

(1) 产量: 瑞典何根奈斯公司: 1964年产11万吨

(2) 质量: 瑞典何根奈斯公司: 最低含碳量0.03%
最高含铁量99.0%

(3) 价格(一瑞典克郎相当于0.476元人民币);

瑞典: MH-100 每吨: 1030克郎

(4) 设备: 瑞典何根奈斯公司 长214米的隧道窑。

2. 粉末冶金制品方面

(1) 压机: 瑞典在发展自动粉末冶金专用压机。

(2) 炉子: 瑞典发展传送带式连续烧结炉。

(3) 工艺: 对高密度零件, 瑞典走两次压制两次烧结的路。美国由于稀有金属多, 故走合金化的路。

瑞典: $P_1 = 4\text{吨/厘米}^2$, $S_1 = 850^\circ\text{C}$

$P_2 = 4\text{吨/厘米}^2$, $S_2 = 1150^\circ\text{C}$ 密度 $\approx 6.8\text{克/厘米}^3$

关于模具, 瑞典采用多动式压模, 能压制复杂零件。

关于正形, 瑞典采用双向正形, 精度高。

三、瑞典硬质合金

我们粉末冶金小组一行六人在瑞典共参观了四个硬质合金厂, 即山德维克 (Sandvik) 公司的可洛满 (Coromant) 工厂, 法盖斯塔 (Fagersta) 公司, 乌德霍姆 (Uddeholm) 公司和阿威斯塔 (Avesta) 公司。参观时间各为一天, 只是在可洛满厂生产车间参观了一小时二十分钟, 其他单位只看了部份试验室或检验室。

由于实际参观少, 对一些细致技术问题了解不透, 所以这个总结只是收集到一些片面材料加以综合, 有的是亲眼看到的, 有的是听他们说的(资本家口里的东西只有抱两种可能加以信任), 有的是资料介绍的, 故只能作为参考。

(一) 硬质合金生产状况

瑞典硬质合金近年来发展迅速，已成为世界上有名的硬质合金生产国家之一。瑞典的硬质合金品种、质量在国际市场上享有一定的声誉，是出口的主要商品，主要销售至南美洲、印度、加拿大、巴西、法国及美国。我国曾经进口了一小部份，如H11牌号，使用者反映不错。

瑞典硬质合金生产，首先从生产铸造硬质合金开始，1931年开始生产烧结硬质合金。最早生产硬质合金的是法盖斯塔公司的阿尔伯嘎(Arboqa)工厂。发展较快的是山德维克公司，1942年开始生产硬质合金，1954年建成了一座1.3万米²的可洛满工厂，该厂1962年扩建了一次，为1954年的一倍，1964年又开始了第二次扩建，现还在施工。它是一座从矿石开始，规模较大的现代化的工厂，也是欧洲最大的工厂。现年产量为600吨，计划1971年将增加三倍。

目前瑞典共有七个单位，九个部门生产硬质合金，年产量估计共为900吨，生产情况见表10所列。

表 10

厂 名	生 产 范 围			目前产量 吨/年	厂 址
	钻 头	切削工具	耐磨零件		
山德维克公司 (Sandvik)					
1. 可洛满工厂 (Coromant)	生 产	生 产	生 产	600	斯德哥尔摩
2. 基姆工厂 (Gimo)	—	生 产	生 产		基姆
3. 公司内一车间	生 产	—	—		山德维克
法盖斯塔公司 (Fagersta)	生 产	生 产	生 产	150	法盖斯塔
1. 阿尔伯嘎 (Arboga)	生 产	—	生 产		阿尔伯嘎
2. 法盖斯塔	生 产	生 产	生 产		法盖斯塔
乌德霍姆 (Uddeholm)	生 产	生 产	生 产	35—40	斯德哥尔摩
修德霍斯 (Söderfors)	—	生 产	生 产	35—40	修德霍斯
阿威斯塔 (Avesta)	生 产	—	以前生产 现在停产	25	阿威斯塔
月克满西塔姆 (Wikman Shyttam)	—	生 产	生 产	规模不大	
西里霍斯-何霍斯 (Hilefors-hofors)	生 产	—	—	规模不大	

(二) 硬质合金品种、质量情况

瑞典是一个资本主义国家，国家较小，硬质合金的销路主要靠出口，为了在国际市场上竞争，因此他们在刷新品种和提高质量方面较重视。

1. 品种

几个厂家目前生产的牌号，见表11所列。