

国外机械技术资料

出国考察报告

罗马尼亚 匈牙利轴承生产技术

轴承技术考察组编著



第一机械工业部情报所

代 号： 74-52

定 价： 1.45 元

前 言

我们赴罗、匈轴承生产技术考察组由瓦房店、哈尔滨、洛阳三个轴承厂和齐齐哈尔第二机床厂等七名技术干部组成，根据中罗、中匈两国科技合作协定，于一九七三年十月二十七日至一九七四年元月三日对罗马尼亚的布拉索夫和贝尔拉德、匈牙利的德布勒森和底奥什蒂等四个轴承厂进行了考察。在罗马尼亚期间还参观了布拉索夫红旗汽车制造厂、拖拉机制造厂和标准件厂。

这次考察的目的主要是了解罗、匈两国轴承工业与轴承制造工艺的发展情况，考察的重点是轴承毛坯的制造工艺与设备，并且通过考察，对苏修、东欧和西欧资本主义国家的轴承工业与技术发展情况也要有所了解。

通过考察，我们深深感受到，在毛主席革命外交路线指引下，我国国际地位空前提高。伟大社会主义祖国和伟大领袖毛主席在世界人民心目中享有崇高威望，我们所到之处都受到了各阶层人民群众的尊重与欢迎。

在考察中我们认真贯彻执行了毛主席的革命外交路线，对罗、匈两国人民热情友好，多做工作。通过考察，我们不仅基本上完成了国家交给我们的考察任务，了解了两国的轴承工业情况，学到了一些先进技术，而且也增进了中罗、中匈两国人民间的友谊。

为了更好的贯彻“洋为中用”的方针，现把我们所看到的罗匈两国轴承工业中的一些较为先进的技术加以介绍，作为我国轴承工业技术发展的借鉴。罗匈两国的轴承工业水平较之美国、西欧和日本还有差距，因此这里所写的内容并不都是目前世界上最先进水平。

由于我们的水平有限，加之受语言和有关专利方面的限制，了解的内容还不够深入，有些观点也未必妥当，难免有错误之处，欢迎读者批评指正。

目 录

前言

第一章 罗马尼亚轴承工业概况	(1)
第二章 匈牙利轴承工业概况	(5)
第三章 轴承套圈毛坯的锻造与退火	(9)
一、套圈毛坯锻造用材料	(9)
二、锻造备料	(10)
三、锻造下料方法	(11)
四、锻造感应加热及中频电源	(12)
五、套圈毛坯的锻造设备	(22)
六、套圈毛坯的锻造工艺	(33)
七、模具的焊接	(53)
八、套圈锻件的退火	(54)
第四章 轴承零件的热处理	(61)
一、EBNER 型滚底式热处理炉	(61)
二、WODC65/35-260gs 振底式热处理炉	(66)
第五章 套圈车加工工艺与设备	(70)
一、套圈车加工工艺	(70)
二、套圈车加工工序间技术条件与留量公差	(77)
三、套圈车加工的主要设备	(89)
第六章 套圈磨加工工艺与设备	(99)
一、套圈磨加工工艺过程及其特点	(99)
二、套圈磨加工工序间技术条件	(103)
三、套圈磨加工设备	(109)
四、砂轮和油石	(124)
五、新工艺、新技术的应用	(124)
第七章 滚子的制造工艺与设备	(128)
一、滚子的毛坯工艺和设备	(128)
二、滚子磨削工艺与主要设备	(132)
第八章 钢球的制造工艺与设备	(139)
一、钢球制造工艺上的一些特点	(139)
二、钢球制造设备的一些情况	(143)
第九章 轴承的装配	(150)
第十章 轴承与轴承零件的检测	(154)
一、概况	(154)
二、轴承噪音测量及噪音标准	(154)
三、套圈波度测量及波度标准	(157)

四、滚动体尺寸分选	(158)
五、硬度检查	(162)
六、钢球外观检查	(164)
七、磨床主动测量	(164)
八、轴承零件和成品的退磁、检磁和残磁标准	(165)
第十一章 电蚀加工字头	(167)
一、概况	(167)
二、工艺过程	(167)
三、电火花机床介绍	(167)
四、等脉冲发生器	(170)
第十二章 其他	(174)
一、匈牙利德布勒森轴承厂自动化车间	(174)
二、罗马尼亚贝尔拉德轴承厂自动化车间	(179)
三、金刚石焊接	(180)
四、车工自动排屑	(182)
五、电化学印字	(183)
附录	(184)
一、报告中引用的设备一览表	(184)
二、考察搜集的图纸目录	(190)

第一章 罗马尼亚轴承工业概况

罗马尼亚轴承工业开始于1949年，当时在布拉斯夫汽车厂有一个轴承车间。1953年建设贝尔拉德轴承厂，1959年达到设计水平（年产100万套）。同年，在布拉斯夫利用一个飞机修理厂的厂房，建立布拉斯夫轴承厂。罗马尼亚机器制造工业部下属轴承和标准件工业中心目前共有三个轴承厂，其中布拉斯夫轴承厂为最大，轴承和标准件工业中心就设在该厂。罗马尼亚1973年轴承总产量为3100万套，1975年计划7000万套，80年计划1亿5千万套。据介绍，今后还拟建特大型轴承厂和机车车辆轴承厂。正在建设的亚历山大利亚轴承厂是从日本光洋公司引进的成套项目，自动化程度很高，年产3000万套，其中60%是小型圆锥滚子轴承，其余为小型向心球轴承。

工业中心正在布拉斯夫轴承厂建设轴承研究中心，预定1974~1975年建成。研究中心的一项重要课题是开展轴承噪声与振动的试验研究工作。为此将要建立一个噪声试验室，这个试室的背景噪声将控制在10分贝之内（按验ISO标准规定为5分贝），容积为 $4 \times 4 \times 4$ 立方米。目前已颁布了电机轴承的噪声标准（STAS8792-71 C.03）。按标准规定，径向游隙的范围狭，要求严，内、外径尺寸偏差也比一般轴承要求严。在轴承质量标准方面，也采用了ISO标准，罗马尼亚轴承技术条件（国际STAS-4207-70）中规定的偏差数值与ISO标准相同。

两厂都对改进产品设计、提高轴承负荷容量十分重视，布拉斯夫厂已试制了四十余种高寿命圆锥滚子轴承，外形尺寸采用ISO R335标准的规定，外滚道与圆锥滚子的角度也已标准化，他们提高圆锥轴承负荷容量的主要措施有两条，一是加大滚子直径、长度与数量，新试制的圆锥轴承都比原来增加了2~3个滚子，二是滚子两端有斜坡，中间有凸度（约为0.01~0.015毫米），内滚道也带有凸度，这样可使负荷容量提高25~30%。滚子数量增多以后为了提高保持架强度，保持架的角度和中心径也相应加大。贝尔拉德厂短圆柱滚子轴承也采取了同样措施提高负荷容量，为了提高保持架的强度，采取了新型保持架，其结构见图1.1，在装配时，将保持架端面压出圆窝，用以增加隔离作用（见图1.2）。球面滚子轴承正在努力试制无挡边、对称球面滚子、冲压保持架的新结构，动负荷容量可提高25%，目前已成

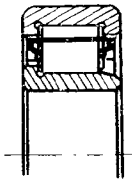


图1.1 4200型轴承保持架新结构

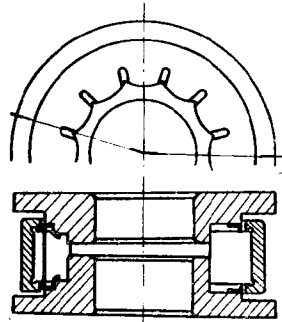


图1.2 4200型轴承的装配模

批生产了两个规格。布拉索夫厂还对防尘轴承的防尘盖作了改进,采用日本光洋公司的新结构(见图1.3),新结构防尘盖的优点是增加弹性,可减少装配后轴承外径的变形,而且容易装配。

下面分别将布拉索夫轴承厂和贝尔拉德轴承厂的情况加以介绍(各厂均为三班制生产);

布拉索夫轴承厂(代号URB)现有职工6500名,1973年产量2600万套(出口占30%)。厂区占地面积47公顷,建筑面积13公顷,主要产品有单列向心球轴承、双列调心球轴承、圆锥滚子轴承、滚针

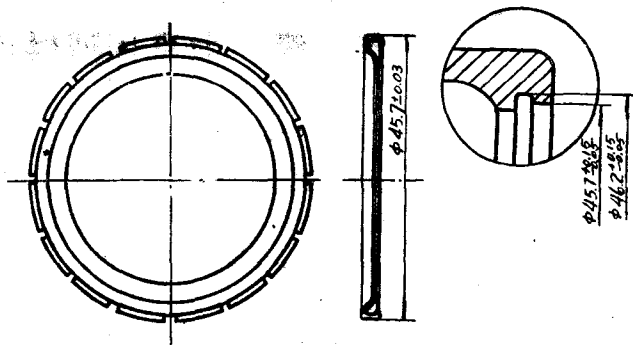


图1.3 6205 防尘盖结构。

轴承和其他汽车拖拉机专用轴承,外径尺寸从25毫米到250毫米。1973年生产品种250种。此外,还生产商品钢球(直径1毫米~110毫米)和汽车拖拉机轴瓦,轴瓦年产150万件。工厂计划1974年开始建立一个万向节轴承自动化车间,建成后年产3000万套。据厂方介绍在1971~1975年期间,产量将增长72.8%,劳动生产率将提高26%。1980年计划产量5000万套。

工厂共有管理人员550名,占职工总数的8%,其中包括工业中心的工作人员。而直接为工厂服务的管理人员则占5.7%(在550名人员中冷加工工艺45名,热加工工艺39名,产品设计15名,工厂专用设备和自动化设计50名,技术情报7名)。工厂设有中心试验室和中心计量室,共有职工400名。工厂附有技工学校一所,学生1100名,其中80%的学生毕业后进工厂。

工厂共有锻工(包括退火)、车工、磨工(包括热处理)、装配、小批(包括万向节轴承、转向器轴承和水泵轴承)、圆锥滚子、钢球、保持器、轴瓦、机修、工具、机床制造、铸造等十三个车间。

锻工车间:主要设备有25台,350名职工,年产锻件5300~6300万件,年投料重30000吨,综合材料利用率43%。主要生产设备有AMP-70高速锻压机1台,AMP-30高速锻压机2台,400吨压力机扩孔机生产线一条,平锻机7台,锻锤一台。锻件退火一部分采用保护气体。其余退火后经喷丸处理,机械化程度较高,清理效果较好。

车工车间:主要生产设备约190台,650名职工,月产380万件以上。其工艺特点是大量采用多轴车床,使加工工序集中,机床购自西德、意大利和法国,切削速度120公尺/分,工艺特点是主要加工表面(内外径、内外沟和端面)都分粗细车二次加工。产品的几何精度和尺寸精度较高,为下工序创造了良好的条件。

磨工车间:主要生产设备约240台,740名职工,日产145000~150000件。工艺特点是沟道加工普遍采用切入成型磨削,因此沟侧摆很小;内圈采用支沟磨沟和支沟磨内径的方法,取消了内圈外径磨削工序;沟道普遍采用油石超精;工序间用圆度仪进行沟道波纹度检查,进一步提高了成品质量和降低了噪音。机床多购自意大利、西德、瑞士和法国等国,单机自动化,多数可一人看管二台。磨削速度40~50米/秒,个别可达60米/秒。平面工序普遍采用贯穿式双端面磨床,外径工序大都采用跨越支承宽砂轮无心磨床,效率较高。此外对砂轮和金刚石的选择和使用均有专门技术人员负责。

装铆钉已部分实现机械化。合套选配多数仍为手工劳动，正在试用气动和差演算，指示相应的钢球组别。对向心球轴承进行噪音检查；小型轴承清洗包装实现了机械化。

圆锥滚子车间：主要生产设备 80 台，月产 400~500 万个。共有五台多工位冷镦机，冲压出的滚子无环带，尺寸精度也高。原材料方面 ϕ 20 以下均为盘料。滚子毛坯经串桶和软磨，采用保护气体淬火。分选设备均为列支敦士登制造，分选速度快，精度高。

钢球车间：主要设备 600 台，车间面积 15000M²，年产 3 亿粒，尺寸 ϕ 1~110 毫米。 ϕ 30 以下采用冷镦工艺，每分钟 500 或 300 个，毛坯形状也有改进，此外用光整加工代替了锉球工序，据介绍效率可提高十倍，且降低了车间噪声，铸铁盘是该厂自己浇铸的。

热处理方面，没有一个单独的车间，而是分散到磨工、滚子和钢球等车间。套圈热处理共有 10 台设备，特点是均采用保护气 (CH₄)，操作自动化程度很高，质量也较稳定，残余奥氏体控制在 6~8%，淬火介质温度可以自动控制。

贝尔拉德轴承厂(代号 FRB)1953 年建厂，当时厂区面积 15 公顷，1959 年产量 100 万套，1963 年产量 250 万套，1973 年 500 万套，平均重量 2.5 公斤，目前人员 5000 人，厂区面积 32 公顷 (包括新厂在内共 60 公顷) 1973 年品种 328 种，其中球面滚子轴承 100 万套，机车车辆轴承 3 种 30 万套，外径尺寸范围 25 毫米~400 毫米，30% 的产品出口。全厂管理人员 8% (包括食堂和学校)，其中有工程师 100 名，经济计划人员 30 名。工厂有一个技工学校，学生 1200 名。工厂正在扩建一个新厂，是从日本光洋引进的自动化车间，有 8 条自动生产线 (包括车工、热处理、磨工、装配和包装)。生产 6200，6201，6202，6203，6204 和 6304 等 6 个型号的轴承，车间面积约 25000 米²，年产 3000 万套。1980 年全厂计划产量 4000 万套。

工厂积极开展科研和革新，对轴承制造工艺、表面质量、硬度、噪声和寿命各方面进行了研究；例如，对于外径 ϕ 100 毫米厚 6~7 毫米的推力轴承该厂采用轴承钢板冲压的方法，落料、倒角和压沟三次成形，可取消车工工序，效率高，尺寸精度统一。目前正在建设包括噪音室在内的试验机构。还和雅西等地的大学和科研单位合作，共同进行科研工作。

该厂主要经济指标如下。

表 1.1

项目 \ 年 数字	1970		1973		1974		1975		1980	
		%		%		%		%		%
产量 百万套	3.7	100	4.8	129	13	352	25	676	40	1080
品种	270	100	328	122	350	130	360	134	423	153
总产值 百万列依	612	100	925	151.4	1219	199.5	162.9	263.7	2450	401
商品产值 百万列依	342	100	557	162.9	726	212.3	946	276.6		
出口商品产值 百万列依	99	100	140	141.4	150	151.5	209	211.1		
全员劳动生产率 万列依			18.5~20							

注：列依为罗币值，15.4 列依约合人民币一元。

该厂有锻工、车工、磨工、装配、滚子、保持架、工具和机修等主要车间。

锻工车间：职工 280 名，年产 1000 万件，主要设备有 630 吨、400 吨压力机扩孔机线各 1 条，平锻机 4 台，自由锻锤 5 台，模锻锤 1 台，扩孔机 4 台，还有尚未投产的 AMP-30

1台, AMP-201台。

车工车间, 主要设备 280 台, 600 名职工, 月产套圈 42 万套, 其工艺和设备情况大致与布拉斯夫轴承厂相同。该厂采用瑞士 GF 公司 1968 年出品的车工自动线车制车厢轴承的内圈, 共五台设备, 内圈二台, 外圈三台, 粗车另在多轴车床上进行, 并用二台普通车床加工油沟, 这样共有设备 11 台, 年产可达 30 万套。此外还采用了西德皮特勃 (PITTLER) 公司的 PIDOFAT 多刀半自动车床和意大利西玛特 (CIMAT) 公司的双头四轴车床等加工套圈的高效率高质量设备。

磨工车间, 主要设备 200 台, 职工 900 名 (包括装配工人), 月产 42 万套。该车间设备按流水线布置, 可以减少在制品的搬运, 这对于中大型产品更为需要。中大型的球面外沟普遍采用范成法磨削, 光洁度高, 故取消了抛光和超精。中小型球面内沟采用切入磨, 终加工普遍采用超精。圆柱滚子轴承套圈磨加工可同时磨削二个挡边, 滚道则普遍进行超精。

滚子毛坯外径 24 毫米以下采用多工位冷墩机在锻工车间进行。大于 $\phi 24$ 毫米的圆柱滚子在车工车间加工, 过程是棒料校直——外径荒车——砂轮切割机落料——普通车床车倒角和平端面。大型球面滚子采用四轴车床, 一次装夹完成全部工序。球面滚子和短圆柱滚子均进行超精。

第二章 匈牙利轴承工业概况

匈牙利轴承工业开始于 1950 年前后,当时仅在切别里五金厂有一个轴承修理车间,1952 年开始建设德布勒森轴承厂和底奥什蒂轴承厂,当时全部采用苏联设备,且有苏联技术人员协助。1955 年参加经互会的轴承合作组织(常设机构在波兰华沙)。1963 年成立匈牙利轴承联合企业(代号为 MGM),底奥什蒂为分厂,并在布达佩斯设有经销处和仓库。匈牙利全国所需的轴承由轴承联合企业负责生产或自国外进口。联合企业出口轴承数量占总产量的 28.8%,进口数量与出口数量大体相当。

1967 年轴承总产量 1500 万套,1972 年为 1800 万套,1973 年增长很少,基本保持 1972 年水平。累计品种基本型号为 200 种,如包括派生品种和不同精度等级在内约 700 种。联合企业共有职工 5400~5500 名,其中商业人员 300 人,负责材料供应、产品销售和进口业务。各厂均为三班制生产。

联合企业共有 1200 台设备,其中包括工具和机修的设备。

联合企业每年需要钢材 12300 吨,其中国内供应约 9000 吨,从苏联进口约 2300 吨,其余 1000 吨从西方(主要是瑞典和意大利)进口。

表 2.1 联合企业的材料利用率

加工方式	棒料 车制	高速镦锻机 (无扩孔)	高速镦锻机 (有扩孔)	平锻机 (无扩孔)	平锻机 (有扩孔)	管料车制 (试验) 向心套圈	钢 球	冲 压 保持器	铆 钉	综 合
材料利用率 %	27.5	41	45.4	43	49.1	49.8	76	22	96	41~42

最近联合企业与苏联商定了一项技术改造规划,投资 30 亿福林(匈币值,10 福林约合人民币一元),1976 年实现。改造后年产量将达 2500 万套,品种增加 130 余种,其中向心 13 种,调心 22 种,向心推力 25 种,圆锥 70 种。精密品的比重将有增加,例如向心球轴承 P_0 级如为 100%, P_6 级将达 70%, P_5 级达 15%;其他类型的轴承, P_0 级如为 100%, P_6 级将达 40%。

技术改造中将大量采用新设备。锻工、车工和热处理所需设备一半来自本国,一半来自苏联。磨工将取消摆头磨床,废除抛光工序,多数采用西方如意大利等国的磨床。

德布勒森厂改造后产量将达 2050 万套,将新建 12000 米² 的大批车间,建立四条生产线,产量 1800 万套。现有的大批车间改造为小批车间,生产外径 100~260 毫米的轴承,产量 230~250 万套,现有的圆柱轴承车间和自动化车间将改造为圆柱轴承和滚针轴承车间。

底奥什蒂厂改造后产量将达 450 万套,建筑面积再增加 5200 米²。主要采用管料生产直径 100 毫米以下的轴承。锻件则由德布勒森厂供应。

在产品质量方面,对轴承噪声十分重视,德布勒森厂对内径 60 毫米以下的向心球轴承都用类似“维也纳通”的振动测量仪,100%地检查轴承噪声。为了降低轴承噪声,3/4" 以下钢球全部采用 I 级精度的钢球,内外沟道在工序间都采用上述仪器检查圆度,保持架的串动量也

减少了（如表2.2），装配好的轴承噪声一次交检合格率也只有 50~60 %，不合格的 轴承 经过多次反复超声波清洗才能合格。

表2.2 向心球轴承保持架串动量

轴承内径	6000	6200	6300	6400
00	0.32~0.43	0.32~0.48	— —	— —
01				
02				
03				
04	0.32~0.48	0.37~0.52	0.37~0.57	0.37~0.57
05				
06				
07	0.37~0.52	0.42~0.62	0.47~0.67	0.42~0.67
08				
09				
10				
11	0.42~0.62	0.52~0.77	0.52~0.80	0.52~0.77
12				
13				
14				
15				
16	0.47~0.72	0.63~0.95	0.68~0.95	0.63~0.9
17				
18				
19				
20				
21~26	0.52~0.80		— —	0.73~0.96

〔注〕 低噪声轴承用下限

在产品 设计 方面，底奥什蒂厂圆锥轴承也已成批生产了 14 种高负荷容量的轴承。此外德布勒森厂向心球轴承也采用了尼龙保持架，结构与我国生产的尼龙架基本相同，产量曾经达到向心球轴承产量的 30~40 %，但是后来由于用户不高兴用，也逐步停止下来，至今仍保留一种，据该厂介绍是西德某一轿车厂专门订货，该汽车厂指名要奥地利某公司生产的尼龙保持架，其订货技术条件如下：

- 1. 材料：Akulon RW (Polyamid)
- 2. 机械物理性能
 - 熔点：最低250℃
 - 耐热性：最低220℃
 - 比重：最大1.14克/厘米³
 - 吸水性：最大2.5% (20℃水浸五昼夜)
 - 硬度：最低HB900公斤/厘米²
 - 抗拉强度：最低600公斤/厘米²
 - 延伸率：最低250%
 - 冲击强度：最低100克·厘米/厘米²
- 3. 在包装油、润滑油和 5 %浓度的酸或碱中不应有腐蚀，只允许在铬酸中有腐蚀。
- 4. 保持架庄满钢球从一米高度落在钢板上，保持架不得有肉眼可见的裂纹和损伤。
- 5. 保持架应保证钢球灵活旋转。
- 6. 每批要提供五个试样进行机械性能试验。

德布勒森厂生产的橡胶密封轴承，其橡胶密封圈是法国进口的 PAULSTRA 代骨架的橡

胶密封圈，为了减少密封圈与内圈外倒角之摩擦，内圈外倒角是在带导轮的无心磨床上磨光的。

德布勒森轴承厂，这个厂1952年开始建设，1967年年产1200万套，1972年年产1500万套，1973年仍维持此水平，无多大发展，累计品种440个，职工总数4000名。主要生产单列向心球轴承（最小内径10毫米，最大外径200毫米），产量1200~1300万套；双列调心球轴承（最小内径12毫米，最大外径240毫米）产量200~300万套；此外还生产圆柱滚子轴承三种型号（最小内径110毫米，最大外径215毫米）。

主要车间有：

锻工车间：面积约3780米²，主要生产设备13台，职工165名（包括干部11名），年产锻件3500万件，年投料重约8000吨。主要生产设备有高速锻压机3台（AMP-302台，GH-501台），产量约占总产量的80%，其余部分由五台平锻机来完成，退火采用三台推杆式退火炉。

车工车间：面积约1700米²，设备约137台，职工310人（包括管理人员22名和热处理工人15名）检查员40人，月产套圈240~250万件。主要生产设备由五部分组成①软磨设备（以磨削代替车削）——一台双端面和三台无心磨。②棒料多轴车床③卡盘多轴车床④CEGA单能机组联线（该厂自己设计的一种专用设备）⑤其他设备。在137台设备中，单能机有44台，其产量占全车间的60%。

主要工艺特点是外径62毫米以下的高速锻压机锻造之套圈毛坯，首先软磨端面和外径，然后用单能机加工内圈内径、内外沟和倒角。此种工艺效率高，成本低。

套圈热处理有二条淬火-回火生产线，采用保护气体（CH₄）。

磨工车间：面积约1800米²，职工350名，主要生产设备160台，月产240~250万件。半数以上的设备是苏联的摆头磨床，部分是60年代的东德磨床。

装配车间：职工215名，工艺上有三个特点，一是按2μ分组，理论合套，二是采用无头铆钉，实现机械化装钉，三是采用自动涂油包装机组。

钢球车间：共有设备148台（其中西德SMS公司SLM-72精研机44台），职工136名（包括干部11名），月产1/8"~1 1/4"钢球78吨。3/4"以下的全部为I级球。工序间普遍采用水剂冷却，代替柴油；最后工序在SLM-72上采用塑料板加石灰抛光；正在推广使用铸铁盘光球工艺，效率可提高八倍。钢球热处理有二条生产线，采用振底式淬火炉。

保持架车间：共有职工74名，检查工16名，除了二台东德PAUST40/1800/12多工位压力机外，其余都是普通冷冲压设备。

自动化车间：面积约1400米²，共有设备34台，职工69名（包括干部5名），年产6202和6203轴承共300万套。毛坯为高速锻压机生产，并经过软磨端面和外径，车加工由二条该厂自制的单能机联线组成，分别加工内外圈，每条线三台单能机，一台液压打印机，热处理仍在热处理工段进行。热处理后无心和端面已联线，内外圈合在一起磨端面。内外沟、内径、超精、装配、清洗和涂油包装则是单机自动。

圆柱轴承车间：生产NU222，NU224和NJ224三个型号，年产12万套，共有床机35台，工人60余名。工艺特点是粗车后有附加回火，温度160°±10°C，时间2小时。内滚道采用西德赛林豪斯滚棒式超精机进行超精加工。

底奥什蒂轴承厂：1952年建厂，1961年生产120万套，1967年达到300万套，最近几年

一直停留在 300 万套的水平上，职工总数 1100 名，其中技术人员和管理干部约 250 人。

该厂主要生产圆锥滚子轴承，品种 70 个，内径尺寸从 15 毫米到 95 毫米，最大外径 170 毫米，保持器由德布勒森厂供应。另外，还生产滚针轴承。

内圈外径小于 50 毫米的均采用棒料在多轴车床上加工，外圈外径小于 60 毫米的均采用管料在多轴车床上加工，今后还准备扩大管料应用到外径 100 毫米、并一次加工二个外圈。据介绍材料利用率可达 70 % 左右。尺寸再大的套圈采用锻件，由德布勒森厂或邻近的一个五金厂提供。

热处理：外径小于 100 毫米的套圈和所有滚子都采用带保护气体的振底式加热炉。淬火油温可以控制在 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{C}$ ，大于 100 毫米的套圈采用盐炉淬火。

磨工：多数采用民德设备，如内径采用 SIAGE-50 磨床，内沟采用 SWÄAGL-125 磨床，均为东德产品。外圈滚道均带凸度，并用精磨代替超精，内沟则仍在苏联 Л3-15 上油石超精。

装配方面，装滚子、压保持器、清洗、涂油和包装都实现了机械化和半自动化。

第三章 轴承套圈毛坯的锻造与退火

一、套圈毛坯锻造用材料

罗、匈两国轴承厂，采用棒料锻造轴承毛坯，钢材牌号与化学成分见表 3-1。

表3.1 轴承钢化学成分

国 别	钢材 牌号	化 学 成 分 %								
		碳	锰	硅	铬	镍	硫	磷	铜	镍 + 铜
罗马尼亚	RUL ₁	0.95~1.10	0.20~0.49	0.15~0.35	1.30~1.65	0.30	0.020	0.027	0.30	0.50
	RUL ₂	0.90~1.10	0.99~1.20	0.40~0.65	1.30~1.65	0.30	0.020	0.027	0.30	0.50
匈牙利	G ₀₃	0.95~1.05	0.20~0.45	0.17~0.37	1.30~1.65	0.30	0.020	0.027	0.25	0.50
	G ₀₄	0.95~1.05	0.90~1.20	0.40~0.65	1.30~1.65	0.30	0.020	0.027	0.25	0.50

罗马尼亚布拉索夫轴承厂，轴承成品零件壁厚小于 13 毫米，采用 RUL₁ 钢，壁厚大于 13 毫米，采用 RUL₂ 钢。

匈牙利德布勒森轴承厂，锻造套圈原采用 G₀₃ 与 G₀₄ 钢材，现只用 G₀₃ 钢，生产最大

表3.2 热轧钢尺寸精度

罗马尼亚热轧钢		匈牙利热轧钢	
棒料直径(毫米)	公差(毫米)	棒料直径(毫米)	公差(毫米)
12~25	+0.4 -0.5	6~19	+0.3 -0.5
26~48	+0.5 -0.7	20~25	+0.4 -0.5
50~56	+0.7 -1.0	26~48	+0.5 -0.7
60~75	+0.3 -1.1	50~55	+0.6 -1.0
80~95	+0.8 -1.3	60~75	+0.7 -1.1
100~110	+1.2 -1.7	80~95	+0.9 -1.3
125~150	+1.4 -2.0	100~110	+1.0 -1.7
		120~150	+1.6 -2.0
棒料外表面脱炭层深度(毫米)		棒料外表面脱炭层深度(毫米)	
棒料直径(毫米)	脱炭层深度(毫米)	棒料直径(毫米)	脱炭层深度(毫米)
<15	0.25	<15	0.25
16~30	0.40	16~30	0.40
31~50	0.50	31~50	0.50
51~70	0.60	51~70	0.60
71~100	0.85	71~100	0.85
101~150	1.10	101~150	1.10

型号为6319轴承。底奥什蒂轴承厂无锻工车间，套圈由德布勒森厂供应，并采用部分管料车制轴承套圈，管料最大外径为 $\phi 60$ 毫米。

两国轴承厂锻工车间，采用热轧棒料与粗车棒料，均由本国钢厂供应。匈牙利德布勒森厂轴承钢部分从苏联进口。

1. 热轧棒料 用于平锻机与自由锻锤工艺，列于表 3.2。

罗马尼亚布拉索夫轴承厂在 AMP 系列高速镦锻机与瓦格纳多工位压力机上，使用热轧棒料时，需按直径尺寸公差进行分组，每组尺寸公差要求为：

AMP-30 高速镦锻机，最大不超过 0.6 毫米。

AMP-70 高速镦锻机，最大不超过 0.8 毫米。

瓦格纳 (WAGNER) 多工位压力机，为热轧棒料尺寸公差的1/3。

棒料两端平整无毛刺，弯曲度每公尺长度不允许超过 5 毫米。

2. 粗车棒料 用于 AMP-30，AMP-70 高速镦锻机，GH-50 热锻机，粗车棒料尺寸精度列于表3.3。

表3.3 粗车棒料尺寸精度

罗马尼亚轴承厂用料			匈牙利轴承厂用料		
棒料直径(毫米)	7 级精度(毫米)	粗车料(毫米)	棒料直径(毫米)	h ₁₁ 级(毫米)	备 注
30	- 0.28	- 0.84	10~18	- 0.13	“ISO” 标准
32~50	- 0.34	- 1.00	18~30	- 0.13	
56~80	- 0.40	- 1.20	30~50	- 0.16	
85~120	- 0.46	- 2.20			

罗马尼亚轴承厂采用 7 级精度棒料，钢材尺寸规格欠缺时，也用粗车棒料代用。

匈牙利德布勒森轴承厂对 AMP-30 与 GH-50 热锻机直接成形不经辗扩的套圈 锻件，用 “ISO” 标准 h₁₁ 级尺寸精度棒料，厂内有备料车间，棒料经粗车后用轧辊压光。表面光洁度要求达到 $\nabla 5$ 。

二、锻 造 备 料

德布勒森厂备料车间为高速镦锻机和多轴车床备料，棒料全部经过校直、荒车、辗压、精压处理。

1. 备料加工设备

(1) 校直机：PK-290型

转速 45 转/分

轧辊每转料进 40 毫米 (校直一米长棒料约 0.56 分钟)

压力 70 公斤/毫米²

轧辊材料M6V

电机功率 30 千瓦

(2) 无心荒车 WDSP-2 型，西德 KIESERLING 公司出产

WDSP-2 型机床有两个车刀架、一个压辊架。同时做车削及辗压，第一遍车削量 0.8 毫

米，第二遍车削量为 0.6 毫米，车削后即辊压压光。

(3) 精压机 KRRP-G80 型

该厂多轴车加工用棒料必须经过精压工序（不能直接用热轧棒料）

2. 精压机主要参数

无心荒车直径 d 毫米	压辊转速 转/分	进给速度 毫米/转	每米精压时间 分	备 注
23.6~30 ^{-0.13}	50	40	0.5	
30~46.5 ^{-0.16}	50	40	0.5	

3. 工艺要求

锻工用料需经校直、无心荒车、辗压等工序；多轴车床用料需经校直、无心荒车、辗压和精辗压三道工序、

棒料公差 棒料 $\begin{cases} < \phi 30^{-0.13} \\ > \phi 30^{-0.16} \end{cases}$

表3.4 WDSP-2 型无心荒车机床加工规定范围表

热 轧 钢 ϕd 毫米	切削深度 毫米	刀盘转速 转/分	切削速度 $V =$ 米/分	走刀量 毫米/转	每米需 要时间 (分)	加工后直径 ϕd_1 毫米	备 注
25	①0.4 ②0.3	230	18.1	3.4	1.3	23.6 ^{-0.18}	匈牙利自产棒料
26	①0.4 ②0.3	230	18.1	3.4	1.3	24.6 ^{-0.13}	匈牙利自产棒料
32	①0.7 ②0.3	180	18.1	3.4	1.6	30.0 ^{-0.13}	匈牙利自产棒料
36	①0.7 ②0.3	160	18.1	3.4	1.8	34.0 ^{-0.16}	匈牙利自产棒料
38	①0.7 ②0.3	145	17.4	3.4	2.0	36.0 ^{-0.16}	匈牙利自产棒料
42	①0.7 ②0.3	135	17.4	3.4	2.2	40.0 ^{-0.16}	匈牙利自产棒料
48	①0.7 ②0.3	125	16.0	3.4	2.3	46.0 ^{-0.16}	匈牙利自产棒料
32	①0.45 ②0.3	180	18.1	3.4	1.6	30.5 ^{-0.16}	苏联进口棒料
36	①0.45 ②0.3	160	18.1	3.4	1.8	34.5 ^{-0.16}	苏联进口棒料
38	①0.45 ②0.3	145	17.4	3.4	2.0	36.5 ^{-0.16}	苏联进口棒料
42	①0.45 ②0.3	135	17.4	3.4	2.2	40.5 ^{-0.16}	苏联进口棒料
48	①0.45 ②0.3	125	16.0	3.4	2.3	46.5 ^{-0.16}	苏联进口棒料

注 ①为第一遍车量，②为第二遍车量。

三、锻造下料方法

罗马尼亚布拉索夫轴承厂 2500 吨机械压力机与贝尔德轴承厂自由锻锤所需料段，均是采用 k 846 剪床下料。

1) 设备本身侧滑块下料：AMP 系列高速锻压机与瓦格纳多工位压力机，棒料经感应加热炉，进入设备侧滑块，经予压紧装置压紧后切断，机械手直接送入锻粗工位，不需要单独下料工序。

2) 在 k 846 剪床上下料：有三种方式：

(1) 热剪切下料：棒料直径 $\geq \phi 60$ 毫米时将棒料加热到 1000℃，剪切下料。

(2) 冷剪切下料：直径小于 $\phi 60$ 毫米的热轧退火棒料。

(3) 冷折下料：棒料直径大于 $\phi 100$ 时采用。棒料冷折前，先经气割画“V”形豁口，

深度 3~5 毫米，然后在设备上折断。

四、锻造感应加热及中频电源

1. 概况 轴承毛坯生产向高速度、高质量发展，除了采用高效、先进的锻造设备外，对于棒料及锻件的加热方式也应予以注意。罗匈两国在锻造生产中，感应加热使用甚为普遍，除平锻机仍为火焰炉加热外，其余如高速镦锻机、瓦格纳压力机线和扩孔机均采用感应加热方法加热棒料或锻件。在实际生产中感应加热有以下优点：①加热速度快、而且质量好。工件从常温加热到 1200℃ 仅需 2.4 分钟，高速镦锻机仅需 0.5 分钟，热量是由电磁感应原理直接产生于工件本身。而火焰炉加热则炉膛温度高达 1200~1300℃，加热时间在 20 分钟以上。因此，前者之氧化皮及脱碳层大大小于后者，这对提高锻件质量，减小锻件留量是很有利的。②结构简单、体积小、运行可靠。感应加热炉由几只感应器组成，感应器用空芯铜管绕成螺旋状，内部衬以耐热材料，单只重量仅几十公斤，可以长期运行，修理停歇时间也很短，而火焰炉则修理比较频繁，停炉时间较长。此外包括辅助设备在内，感应炉的占地面积仅火焰炉的十分之一左右。③劳动条件好、易于实现自动化。感应加热效率高达 80%，而火焰炉仅 30%，大部热量散失于周围空间，造成环境温度升高。感应炉极易实现进出料的自动化，一人即可看管，火焰炉则需 2~3 人，劳动强度也很大。④感应炉使用灵活，可以随时停开。火焰炉需几小时的升温时间，开炉和停炉均不方便。

由于棒料和锻件的直径不大，感应加热的电源需要中频频率，罗匈二国均在锻工车间一側建有中频发电机房，集中按装发电机，构成中频电网。

罗马尼亚布拉索夫轴承厂锻工车间拥有各种类型中频发电机 10 台，总功率为 2200 千瓦。详细规格如下：

表 3.5

序 号	中 频 发 电 机			传 动 电 动 机		台 数	型 式	制 造 厂	负 荷	备 注
	频 率	功 率	电 压	功 率	电 压					
1	2 千周	220K W	1200V	277K W	380V	4	立式水冷	比利时 ACEC	4 台扩孔机	
2	4 千周	220K W	750V	277K W	380V	6	立式水冷	比利时 ACEC	2 台 AMP-30	

罗马尼亚贝尔拉德轴承厂锻工车间共有中频发电机 3 台，总功率 990 千瓦。发电机规格如下：

中频发电机 330 千瓦，800 伏，2100 周，传动电动机 330 千瓦，380/440 伏，立式水冷，瑞士 BBC 制造，供一台 630 吨压力机使用。

匈牙利德布勒森轴承厂锻工车间拥有各种中频发电机 13 台，总功率为 2310 千瓦，详细规格见表 3.6。

各厂发电机控制系统大体相仿，每台发电机根据负荷大小手动投入中频电网。发电机均附自动电压调整器，除苏联 БГО-250-2500 为功率扩大机控制系统外，其余为直流发电机 + 电子管放大器或闸流管可控整流。

关于温度调节及控制：AMP-30 和扩孔机的温度调节都是通过自耦变压器改变二次电压来实现的（中频电网电压不变）。WAGNER 压力机则改变发电机励磁，对于静止变频器，则