

〔内部〕

球墨铸铁精铸汽车螺旋伞齿轮 资 料 选 编

福建省厦门市科学技术情报所

一九七五年十二月

前 言

汽车前后桥主、被动螺旋伞齿轮是汽车配件生产中的短线产品。由于它加工复杂，特别是在制齿方面，需要昂贵的齿轮加工机床和一整套辅助设备，而且需要用18铬锰钛原优质合金钢，一般中小工厂很难自己进行生产。随着我国汽车制造工业的飞速发展，齿轮的需要量必将成倍地增加，对于齿轮代用材料的研究和制造工艺的探索，便成为当前生产实践中的一项紧迫任务。

近几年来，我国机械制造工业的广大职工和科技人员，认真贯彻毛主席“自力更生”、“土洋并举”的伟大方针，用球墨铸铁材料和精密铸造的办法，试制了汽车螺旋伞齿轮，并对如何提高、稳定球铁的综合性能和齿轮的啮合精度、光洁度等方面进行了较全面系统的研究，取得了可喜的成果。球墨铸铁精铸汽车螺旋伞齿轮，是一项“以铁代钢”、“以铸代锻”的新工艺、新技术，它的研制成功对于节约合金钢材，降低成本，缩短生产周期，加速发展地方交通运输事业，实现我国农业机械化具有十分重大的现实意义。现将一机部今年七月在我市召开的“球铁精铸汽车螺旋伞齿轮经验交流、攻关会”有关资料选编如下，供参考。

目 录

国内球墨铸铁精铸汽车螺旋伞齿轮生产、使用情况调查报告

..... 郑州机械科学研究所 (1)

球铁精铸螺旋伞齿轮的小批试生产及其工艺改进

..... 中国人民解放军第三四〇一工厂、郑州机械科学研究所 (7)

铜钼球铁精铸汽车后桥螺旋伞锥齿轮..... 厦门汽车修配厂 (15)

球铁精铸解放CA₁₀B螺旋伞齿轮试制小结..... 黑龙江省密山县汽车配件厂 (26)

钒钛球墨铸铁精铸螺旋伞齿轮阶段小结..... 成都工学院 (34)

稀土镁钼球墨铸铁直接铸造汽车螺旋伞齿轮小结 天津南郊运输场 (46)

自力更生, 土法上马, 开展球铁精铸汽车螺旋伞齿轮生产试验

..... 广东省潮阳县汽车配件厂 (50)

精铸球铁汽车螺旋伞齿轮技术条件(暂行) (61)

国内球墨铸铁精铸汽车螺旋伞齿轮 生产、使用情况调查报告

郑州机械科学研究所

一、概 况

汽车前后桥主、被动螺旋伞齿轮是汽车配件生产中的短线产品，由于它加工复杂，特别是在制齿方面，要组成生产线，就需要五台昂贵的进口专用格利森和利康机床（每台价值16万美元）及一整套加工刀具、磨刀调整等辅助设备。另一方面它需要用18铬锰钛原优质合金钢，所以一般中小工厂，特别是地方一般汽车修配厂，很难自己进行生产。即使用进口机床加工，这种齿轮也只能配对使用，平均使用寿命也只有10万公里左右。如用国产机床或其它机床改装来加工由于精度低，响声大，寿命更低，不正常磨损和断齿现象经常出现，因此不少单位因缺这种齿轮，汽车被迫停驶。

为了贯彻毛主席“自力更生”“土洋并举”“大、中、小并举”的伟大方针，我所从70年10月开始在试验室内进行了有关试验。71年与北京齿轮厂和中国人民解放军3401工厂协作，用球墨铸铁材料和精密铸造的办法，试制和生产了212吉普车主被动螺旋伞齿轮，并对如何提高、稳定球铁的综合性能（见表1）和齿轮的啮合精度、光洁度等方面进行了较全面系统的研究，特别是通过两部汽车的强化跑车试验（按总后勤部装备部越野汽车可靠性道路试验规定进行的）和六部使用跑车试验，使这种齿轮经受了恶劣条件的使用考验。初步证明用球铁精铸的方法生产汽车螺旋伞齿轮是可行的，并于72年12月召开了14个单位参加的“球铁精铸螺旋伞齿轮座谈会”，建议进行小批试生产。通过小批试生产，进一步完善了工艺，提高了球铁精铸汽车螺旋伞齿轮的质量。以后在全国各地，北起黑龙江，南至广东，东至福建，西至四川，有不少工厂，特别是不少汽车修配厂也相继进行了这项试验工作，车型也扩大到七、八种，并积累了更多的生产经验和实际跑车数据。如厦门市汽车修配厂由于领导重视，大搞厂内外三结合，自力更生，创造条件，在不太长的时间内，在精铸球铁汽车螺旋伞齿轮的试验工作中取得较大的成绩，上马快，品种多，产量增长也较快。广东朝阳汽车配件厂、黑龙江密山县汽车配件厂由于领导重视，三结合搞得好的，都只用了1—2个月时间就试制成功。

1974年10月我所先后向国家计委增产节约办公室、技术办公室以及部汽车局、科技局进行了汇报，各级领导很支持这一工作，认为这是个方向，并指示我们要进一步做工作，首先要调查一下各地的情况，特别是使用情况。与各地汽车配件公司取得联系，争

取他们的支持和帮助，在这个基础上再召开一个经验交流攻关会，使这项工作得到进一步完善、发展和推广。

二、调查情况

根据上级指示，我们先后去福建、广东、辽宁、河南、天津、北京等省市进行了调查，并对吉林、黑龙江、四川、江苏、陕西、山东等省进行了函调。在调查中我们召开了各种形式的座谈会，参加的人员有各级领导、汽车司机、修理工、铸工、检验人员、技术人员、销售人员等，概况如下：

1. 供需情况

从所调查各省市情况来看，螺旋伞齿轮供应确很紧张。例如福建省今年计划生产福建牌汽车（仿NJ—130）700—800辆，但螺旋齿轮只能分配到200套，在没有办法的情况下，只好用配件来装车，这样不仅数量不够，而且还给维修造成很大困难，BJ212、BJ130、SH130螺旋伞齿轮则无来源；广东省汕头专区去年一共只拿到三套解放螺旋伞；湖北省全年约需螺旋伞齿轮3千套，但只能分配到几百套，荆州地区汽车配件公司连一套BJ130库存也没有，当地NJ—130因缺这种齿轮而停驶的就有50多辆，除国内几种主要车型外，其它杂牌车和进口车，由于这种齿轮没有专门生产，供应量更少，例如北京市建材局汽车运输场有200多辆进口的雀贝尔牌（3.5吨）汽车，因缺这种齿轮而停驶的有三分之一，上海581三轮卡的螺旋伞齿轮也很缺货。

调查结果表明：汽车螺旋伞齿轮供应确很紧张，它已直接影响不少地区汽车的正常运输和维修工作的进行。如能用新的简便工艺和材料生产出符合使用要求的螺旋伞齿轮，对解决这一问题具有一定的意义。

2. 试验及试生产情况

为了解决螺旋伞齿轮短缺问题，目前全国约有20家工厂采用球铁精铸的办法试验、生产BJ—212、BJ—130、SH—130、NJ—130，解放、518三轮卡、雀贝尔、吉姆等车型的螺旋伞齿轮，其中几个厂简要情况见表2。

3. 根据各厂反映的球铁精铸螺旋伞齿轮生产、使用情况及意见归纳起来有以下几点：

（1）在材料强度试验中，尽管球铁的弯曲疲劳强度比18铬锰钛的低，但在这次实际使用情况调查中，7种车型、几百辆车实际使用确没有发现球铁齿轮有因弯曲疲劳强度不够而打牙的（钢的齿轮也同样没有发现），因冲击断齿（齿的部分折断，多发生在被动轮）球铁的有（数量极少）钢的也有。这七种车型中目前已行驶的公里数如下：

车 型	BJ—212	581	SH—180	解放	雀贝尔	BJ—130	NJ—130
已行驶最长公里数	12.5万	>10万	5—6万	3万多	3—4万	3万多	

可以认为，球铁试样弯曲疲劳强度（31—35公斤/毫米²）虽然较低，但已能满足这种齿轮对弯曲疲劳性能的要求。

（2）调查中大家反映，球铁齿轮具有一些特点和优点：

A 点蚀发生早但发展很慢。调查中发现。钢齿轮因点蚀、齿磨成刀口状坏的较多，而球铁齿轮则还极少发现（仅发现少数球铁齿轮因热处理不当硬度过低而磨成刀口状的）。球铁齿轮使用过程中，会较早出现点蚀现象，但性质与钢的齿轮的点蚀情况不一样，点蚀面不深，继续使用扩展很慢，并有愈用愈光，点蚀情况愈减轻的现象。一些工厂由于不了解球铁齿轮的特点把它同钢齿轮一样对待，一发现点蚀就拆换报废，以后要加以说明。

B 球铁齿轮由于有石墨存在，减震性、耐磨性较好，因此在同样啮合精度下，响声要比钢齿轮小，即使间隙较大，响声也能满足要求。北京3401厂最近在三辆吉姆高级卧车装上球铁精铸螺旋伞齿轮，经平地、山区跑车试验，响声符合要求，当然，如球铁齿轮没有修正过的模型齿轮，又没经过跑合，啮合精度很差，同样响声也很大。

球铁齿轮使用中早期有些磨损（约20丝左右）以后则愈跑每万公里的磨损量愈小，甚至很难测出来。

C 球铁齿轮等温淬火中热处理变形小，如在处理BJ—212螺旋伞齿轮时，加热和等温时均自由悬挂，淬火后比淬火前尺寸平均增加0.1%—0.2%，啮合面稍向后移，但影响不大，椭圆、翘曲在试验两批近30对齿轮中，均能达到钢齿轮在淬火压床进行热处理规定的标准。

D 由于基体组织是贝氏体，加上有石墨球的作用，因此不必象钢齿轮那样追求较高的硬度，很多厂反映，硬度在42—48RC即可满足使用要求。3401厂最初一对齿轮主动轮硬度只有38—39RC但用了125000公里后，据该厂修理工估计，还能使用一大修期。因此在生产中不要求较高的硬度。

3. 大家认为球铁精铸齿轮由于不需要特殊加工机床和优质合金钢材，工艺简单、投资少、上马快，对各种型号的齿轮适应性强，一些中、小工厂，特别是地方的汽车修配厂也较容易组织生产，例如沈阳第二运输公司七队是一个老头、妇女集体所有制小厂，五年前还不知道什么是球铁，现在一年生产2—3百吨、2—3千套伞齿轮。这对解决汽车配件生产具有很大的政治和经济意义，是一个方向，一定要坚持试验下去，不断提高。

三、目前生产中存在的问题及解决办法

球铁精铸螺旋伞齿轮虽然具有一些优点和特点，但因试验时间还短，缺乏经验，生产使用中还存在一些问题。用球铁精铸齿轮代替18铬锰钛钢齿轮主要要解决两方面的问题。即用球铁能否代替18铬锰钛钢，用精铸能否代替铣齿。从我们对11个省市七种车型、几百对齿轮使用情况调查来看，未发现断齿和不正常磨损情况，很多齿轮经受了繁重、恶劣使用条件的考验。可以说，材料代用问题不大。因此，目前生产中存在的主要是精度问题，也就是与正式产品相比较，还存在啮合精度差，间隙不均匀，光洁度差等不足之处。

根据各地生产情况来看，影响这对齿轮啮合精度主要有以下几方面：

1. 模型齿轮：目前不少厂还是用钢的正式产品齿轮作为模型齿轮，由于铸造过程金属的凝固收缩，改变了齿轮的螺旋角和压力角，而使啮合区显著移向小端上部，要通

过长时间地跑合,才能使啮合区扩大到原来要求,这样大的跑合量势必增大齿轮间隙,严重的甚至会出现台阶,给装配、调整带来困难,使齿轮转动时响声大。因此如何适当增大模型齿轮的尺寸,並相应改变较长的螺旋角和压力角,使铸出齿轮的啮合面能基本上达到要求,是球铁精铸齿轮的基础,也是提高齿轮啮合精度的基本措施之一,通过几年的生产实践,各生产厂都逐步认识到选择好模型齿轮对精铸齿轮质量的重要性並和各齿轮生产厂联系,协助解决模型齿轮加工问题,例如北京3401厂,在北京齿轮厂协助下,试验了不同啮合面模型齿轮对精铸齿轮啮合面的影响,初步摸清了其影响规律,又在长春汽车厂的协助下,加工出更合乎理想的模型齿轮。通过小批生产实践,证明采用了模型齿轮后,铸出齿轮啮合面确能得到很大的改善,基本上达到原来的要求。除了请齿轮专业生产厂协助工模型齿轮外,北京建材局汽车场试验用在标准齿轮齿面上涂环氧树脂来改变啮合面的办法制造模型齿轮,有可能为我们提供另一条生产模型齿轮的途径,这对一些杂牌车和进口车的齿轮生产可能具有一定的意义。

2. 造型工艺

绝大部分厂目前采用树脂砂手工造型,每个齿间砂子用手指塞紧,由于劳动强度大,每个牙齿砂型的紧实度不一样,加上内浇道的影响,使球铁凝固时收缩阻力不一样,影响了齿间间隙均匀性。另外手工取模也易使牙齿变形,影响齿轮的啮合位置。齿轮越大这种现象越严重。北京3401厂曾测验过一批BJ—212螺旋伞齿轮的间隙变化情况:

编 号	1	2	3	4	5	6	7
	0.34	0.36	0.44	0.48	0.36	0.40	0.48
间隙 (MM)	0.42	0.50	0.45	0.60	0.60	0.60	0.50

从测验的情况来看,由于3401厂采用六道内浇口均布流入铸型,造型时在盆齿轮内孔中间放一厚约2—3MM的薄片,使齿轮收缩时均匀,因此间隙变化还是比较均匀的,但还是有一定的波动量,最大变化仍达24丝,盆齿每个齿面啮合的位置和大小也不完全一样。

河南正阳县农机修造厂在生产球铁精铸东方红—75型拖拉机螺旋伞齿轮时,采用自制的压力造型机造型,取得了比较好的效果,不仅提高了劳动生产率(每班两个工人可生产50套),改善了劳动条件,而且齿型紧实均匀,提高了齿轮齿面光洁度,该厂虽然采用70/140较粗的砂子,但齿轮齿面光洁度却和别的采用200/270较细砂子生产出来的差不多。

因此采用机器造型,合理的浇注工艺,也是提高齿轮啮合精度的一个方法。

3. 加工方法

精铸齿轮除齿形部分外,其它部份还需要按要求进行机械加工,由于齿形部分已铸出,因此在加工中如何定位,直接影响到齿轮啮合面好坏,按照齿轮工作情况来看,应当采用节园定位来加工其它部分,由于主动轮锥度较小采用节园定位有一定困难,因此目前各厂在加工主动轮时多用锥面定位,加工被动轮时多用节园三点定位,对保证齿轮质量,提高生产效率都有一定效果,存在的主要困难是如何保证工夹具的准确性,例如三个钢球直径大小一致,要在同一平面、同一圆周上钢球要耐磨等。

4. 热处理工艺

球铁等温淬火变形量虽然比18铬锰钛钢渗碳淬火变形量小,但由于是自由悬挂,经热处理后啮合面总有一定变化,特别是直径较大的被动齿轮淬火后甚至会产生一定翘曲,严重地影响齿轮的啮合精度,一般来说,加热温度愈高,时间愈长,变形会愈大,因此在保证一定硬度下,加热温度不宜太高,一般可控制在880℃左右。

5. 电火花跑合

精铸齿轮经电火花跑合后,可以很有效地增大啮合面积,提高啮合面的光洁度。几年来的实践证明,它是配合精铸齿轮的一种很好的精加工工艺方法,已有越来越多的工厂在生产中使用,北京3401厂在电火花跑合方面已积累了一定经验,该厂最近在吉姆高级轿车上装了三对球铁精铸齿轮,其中两辆车的齿轮质量检查情况如下:

车 号	啮合间隙	接触面	盆形齿轮偏摆度
2 2 2	0.9—1.0MM	1/2	0.12MM
1 0 8	0.55—0.68MM	1/2—3/4	0.12MM

这两对齿轮的情况说明,采用较好的模型齿轮,再配上电火花跑合,有可能使精铸齿轮的质量达到原来对齿轮配件的质量要求。

上述影响齿轮啮合精度的因素是互相联系的,忽略任何一点都会使齿轮的啮合精度降低,但其中模型齿轮和造型工艺又是基础,影响因素又较多,因此必须在这方面狠下功夫。

四、对球铁精铸螺旋伞齿轮今后工作的意见

通过对十多个省市约20个厂的生产、使用情况调查,说明用球墨铸铁材质和精密铸造的方法生产汽车螺旋伞齿轮这项技术是成功的。不仅产品各项技术指标能基本上满足汽车使用要求,而且还具备上马容易、工序简单、成本低,不需要专门设备等优点,这对发展地方交通运输事业,支援社会主义建设,特别是为80年实现我国农业机械化多生产农用汽车解决短途运输有很大意义。

经过几年的生产实践,初步积累了一整套较完整的生产工艺,材质性能和齿轮精度都达到了一定水平,这就为我国这种齿轮的配件生产闯出一条新路。为了更好地完善这种工艺并对其作出确切的评价,我们认为今后还需要进行下列几方面的工作:

1. 继续进行各种试验。实际使用跑车试验和专业跑车试验相结合、道路试验和台架试验相结合,让更多的这种齿轮经受恶劣条件的考验,以便发现问题,解决问题。

2. 根据这种齿轮材质和生产工艺特点,制定相应的标准和技术条件。

3. 组织力量,攻克生产技术关键,目前看来,主要是如何提高精铸齿轮的精度。

4. 用这种方法生产齿轮各工序基本配套,有条件有必要进行扩大试验生产,我们建议能建立一个或几个中间试验厂(车间),按目前最好的工序方法和工艺流程进行较大批量的生产,进一步考验这种工艺的稳定性和产品的质量及其技术经济效果。

表 1

材 料 名 称	抗 拉 强 度 (公斤/毫米 ²)	弯 曲 疲 劳 强 度 (公斤/毫米 ²)	冲 击 值 (公斤·米/ 厘米 ²)	表 面 硬 度 R C	主动齿轮花键轴 开始性变形扭矩 (公斤·米)
1 8 铬 锰 钛	109—115	56	2.5—3.0	55—60	292—302
铜铬合金球铁	130—150	31—35	6—10	46—49	303.4—316

表 2

厂 名	生产车型	生 产 简 况	今年计划	目前已跑 车最长公 里 数
北 京 3401 厂	BJ—212	已生产约 400 套,各主要工序基本配套,订有技术文件和检验标准表面质量和啮合精度较好。已试装三辆吉姆车,效果不错。	400套	12.5万
厦 门 汽车修配厂	NJ—130 BJ—212 130 SH—130	到去年底已生产70套装车使用。各主要工序基本配套,生产的齿轮品种较多,NJ 130 主动轮曾用熔模制造。模型齿轮尚没解决。	NJ130 1000套 BJ130 200套 SH130 200套	3万多 约6万
沈阳第二运输 公司第七队	518三轮卡 BJ—130	为了适应铸造工艺和提高齿轮质量对 518 原设计进行了改革,已生产7000套BJ 130已生产600多套,由于模具、热处理等方面还不够完善,质量上还存在一些问题。		10万公里以上 4万多
朝 阳 汽车配件厂	BJ—130	已装车8辆(其中1辆参加5月份海南岛9个省市130汽车5万公里试验)广东省汽车公司指定该厂生产螺旋伞齿轮。	150套	
四川省机械局 研究设计院	BJ—130	已生产了30多套,试验车有6辆,主要工序已配套,现正解决模型齿轮问题。	200套	2万多
天 津 南郊运输场	BJ—130	72年做了10套,其中3套装在自制的130上使用准备调一辆车作全面跑车试验。	500套 (通过8万公里后)	3万多
北 京 建材局汽车场	雀 贝 尔	已生产了几辆在北京山区跑车,现正解决模型齿轮。		3万多
沙 市 内燃机配件厂	解 放	71—73年生产了近200套,装在荆州牌汽车上,由于模型齿轮加工等较粗糙,啮合精度较差响声较大。		6万

球铁精铸螺旋伞齿轮的小批 试生产及其工艺改进

中国人民解放军第三四〇一工厂、郑州机械科学研究所

汽车前、后桥主、被动螺旋伞齿轮是目前汽车配件的短线产品。由于它一方面使用18CrMnTi 优质合金钢材，另一方面加工复杂，特别在制齿方面，需要五台进口的专用格里森机床（每台价值16万美元）及一整套加工刀具、磨刀、调整等辅助设备，才能组成铣齿生产线。因此一般的中小工厂，特别是汽车修配厂，很难自己进行生产，不少单位因为这种齿轮供应不上而影响正常运输。为了解决这一问题，贯彻毛主席“自力更生”和“我们不能走世界技术发展的老路，跟在别人后面一步步地爬行”的教导，我厂于71年和郑州机械研究所一起，研究试制球铁精铸BJ—212前后桥螺旋伞齿轮，取得良好的效果。为了稳定和提高球铁精铸齿轮的质量，我们曾对稀土合金球铁等温转变曲线、临界点，马氏体点等进行了较系统的测定，确定了合适的热处理工艺。提高了材料综合性能，试验了不同啮合位置模型齿轮和电火花跑合工艺，使球铁精铸齿轮的外观和内部质量得到很大改善，提高了齿面光洁度和啮合精度，进行了两辆汽车可靠性道路试验和六辆耐久性使用道路试验，使球铁精铸齿轮经受了较恶劣条件的使用考验。结果证明，采用稀土合金球铁材料和精铸的方法代替18CrMnTi 优质钢和铣齿工序生产汽车主、被动螺旋伞齿轮是成功的，为生产这种齿轮闯出了一条自己的道路。根据毛主席“要认真总结经验”的教导，于1972年12月15—16日在厂里召开有14个单位共47人参加的“球墨铸铁精铸BJ—212汽车螺旋伞齿轮座谈会”。会上大家认为：

1. 精铸球铁齿轮是生产212汽车螺旋伞齿轮的一种新方法，没有优质合金钢材和专用机床也能生产，为一般中小工厂制造此类齿轮闯出一条新途径。

2. 球铁齿轮具有热处理变形小，减震性，耐磨性好等特点，抗拉强度、静扭强度、冲击值等性能比18CrMnTi 合金钢高。虽然试样弯曲疲劳强度和表面硬度比18CrMnTi 合金钢低，但可靠性和耐久性道路试验未发现断齿和非正常磨损现象，满足了使用条件的要求。

3. 建议厂里进行小批试生产。

从1972年12月座谈会到现在。我厂已生产了近400套212螺旋伞齿轮，分别装在本厂出的车和做为配件发往部队使用，没发现什么问题。经拆检最初装车的齿轮，已行车12万5千公里，虽然由于试验初期齿轮质量较低，硬度只有39RC，齿面是用手修磨的，但齿面磨损情况正常，仍可继续使用。

通过两年多的小批试生产。积累了一定经验，为了改善、提高齿轮的质量，我们在原有基础上对熔炼、处理工艺、模型齿轮、造型、加工、电火花跑合等主要工序又进行

了改进，使齿轮的表面质量、啮合精度、生产效率等都有了较大提高，基本上达到了汽车配件对啮合精度的要求。最近为了满足高级卧车配件的需要，又试制了吉姆车后桥螺旋伞齿轮，已装车三辆。我们召集了厂内老工人和技术人员并请一机部汽车局同志、老司机参加，共同进行路面行车试验，大家认为，齿轮响声（噪音）符合要求，用此种方法可以生产高级卧车的后桥齿轮。因此，今年我厂除承担 300 套 212 螺旋齿轮任务外，还准备生产吉姆，伏尔加主被动螺旋齿轮。

为了更进一步落实四届人大提出的各项战斗任务，把我们的工作做得更快更好。我们把72年12月座谈会后为稳定产品质量，提高精度和生产效率在铸造工艺、加工、电火花跑合等方面的改进，加以总结，介绍如下：

一、熔炼，处理工艺方面的改进

1. 自制可控硅中频电炉，提高原铁水的质量。

过去在试验过程中，铁料在自制的简易三相电弧炉内熔化。因该炉容量小（每次熔化量仅60公斤），电弧不稳定，造成合金无素烧损忽高忽低，铁水温度和化学成份波动较大，球化处理过程中温降严重，难于在成批生产中保证铁水质量的稳定，同时劳动条件也较差。为此，本厂本着自力更生的精神，自行制造了 150 公斤的可控硅中频电炉，从73年7月交付生产使用以来，使用情况良好，操作简便、化学成份稳定、铁水温度高、球化处理温降小，大大地提高了原铁水质量，同时也改善了劳动条件，为成批稳定生产创造了有利条件。

自制可控硅中频电炉工艺参数如下：

交流输入：三相， 50赫芝， 380伏， 200安培
中频输出： 1000赫芝， 650伏， 220安培， 100KW
容 量： 150~200公斤

2. 增加二次孕育处理，细化石墨球：

国内、外一些研究工作指出：在其它条件相同的情况下，石墨球的大小对球墨铸铁的疲劳强度有较大的影响。总的趋势是：随着球径的缩小。6—1 值提高，我们在过去的试验工作中，发现对于等温淬火的贝氏体球铁，也同样存在这样的规律。表 1 是三种不同炉次的球墨铸铁，其疲劳强度与石墨球大小的关系。

疲劳强度与石墨球大小的关系

表 1

炉 号	平 均 球 径 (μ)	石墨球数/mm ²	6—1 (公斤/毫米 ²)
63	28.48	170.69	25~26
64	25.88	172.01	28
65	19.64	262.08	35

从表1.可看出：石墨的平均球径越小，单位面积内的石墨球数越多，则疲劳强度越高。所以通过强化孕育作用，细化石墨球是提高球墨铸铁使用性能的有效途径。

我厂自使用150公斤中频电炉以后，因每次球化处理的铁水量较大（由原试验的60公斤，增至150公斤），致使浇注时间拉长，从处理完毕至浇完最后一小包，历时约8.3分钟，故产生一定程度的孕育衰退现象，使最后几包的球径在齿心部达0.03~0.05mm，超过了我厂规定的0.01~0.03mm，之标准。针对这种情况，我们在批量试生产中，增加了二次孕育处理，解决了这个问题，使得齿心部分的球径仍控制在0.01~0.03mm，保证了球墨铸铁的质量。

球化、孕育处理过程如下：球化处理在250公斤的包内进行，采用凹坑冲入法，6号合金加入量为1.3%，先出铁水总量的2/3，待反应完毕后，扒渣。在大包内加入1.4~1.5%的75硅铁，再冲入剩余的1/3铁水，进行一次孕育处理。用20公斤的小端包浇注，转包时用0.2%的75硅铁在小端包内进行二次孕育处理。实践证明：二次孕育后，细化了石墨球，并提高了石墨的圆整度。

二、造型工艺方面的改进

1. 进一步完善、定模型齿轮，提高铸出齿轮的啮合精度；

由于球墨铸铁在结晶凝固过程中的收缩，不仅缩小了齿轮的尺寸，而且改变了齿轮的螺旋角和压力角，使得铸出齿轮的啮合面沿轮齿显著地向小端和上端偏移，造成啮合范围明显的缩小。为了抵销铸件在凝固收缩过程中所产生的变形，使铸出齿轮的原始啮合面尽量接近理想位置，选择好模型齿轮，特别是主动模型齿轮是提高啮合精度的基础。我们过去在北京齿轮厂的帮助下，加工了五种螺旋角和压力角作了不同程度改变的模型齿轮，通过试验，初步摸清了变形规律和比较合适的模型齿轮加工参数。试验结果如表2所示：

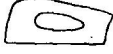
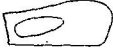
表2. 不同模型齿轮铸出的齿轮啮合情况

齿轮号	尺寸	加工参数改变值			模型齿轮的啮合面		铸出齿轮的啮合面		评级
		UT	刀位	轮位	正车	反车	正车	反车	
0	均	不改变							最小
1	各方向均增大1%	不改变							较小
2		U	-0.30	不变					最好
		T	+0.30	-0.30					最好
3		U	-0.60	-0.30					稍偏后
		T	+0.50	+0.80					稍偏后
4		U	-1.20	-0.30					偏后
		T	+1.20	+1.20					偏后
5		U	-1.60	-0.45					最偏后
		T	+1.30	+1.60					最偏后

从表2中可看出：如果在增大尺寸1%的同时，适当改变齿轮的螺旋角和压力角，则铸出齿轮可以获得比较理想的啮合面。象表2.中的2号齿轮就是比较理想的，我们在小批生产的初期，就是采用它作为模型齿轮的。

但是，因为仅仅经过一个周期的试验，2号齿轮尚存在有不足之处，主要是因为加工轮齿凹面的加工轮位没变，而使反车的压力角没有引起相应的改变，所以铸出齿轮的反车啮合面仍然稍稍偏向上方。为了克服这个缺欠，我们又在长春汽车厂的帮助下，加工出更为准确的模型齿轮。其中被动齿轮尺寸放大1%，主动齿轮的加工参数改变和啮合效果如表3.所示。

表3 定型的主动模型齿轮加工参数改变和效果

各方向均增大1%	加工参数改变值			模型齿轮啮合面		铸出齿轮的啮合面	
	U T	刀位	轮位	正车	反车	正车	反车
	U	-0.30	-0.30				
	T	+0.30	+0.30				

经使用证明：用这种模型齿轮铸出的齿轮啮合情况更趋于理想，现在正在使用中。

2. 改进被动齿轮的浇注系统，减小收缩变形；

原来被动齿轮的浇注系统系通过三道内浇口流入铸型，铸出齿轮变形较大一些。后改为六道内浇口均布流入铸型，造型时，并在齿轮内孔中间放一厚约2~3mm的薄片（见图1.），这样大大降低了铸出齿轮的变形程度。被动齿轮在小端面测量挠曲不超过0.20mm。

3. 取消主动齿轮的“热固起模”，改善劳动条件：

最初我们对于主动齿轮的造型，采用“热固起模”。这样虽然在防止铸型烘干过程中产生变形方面有一定的作用，但是在起模时，温度高，气味强（因在树脂砂中加入乌洛托品），劳动条件不好，有时也会在铸型局部产生小的裂纹。所以我们经过试验，在完善、定型模型齿轮的基础上，取消了“热固起模”，仍然保证啮合精度，同时改善了劳动条件。提高了劳动生产率。

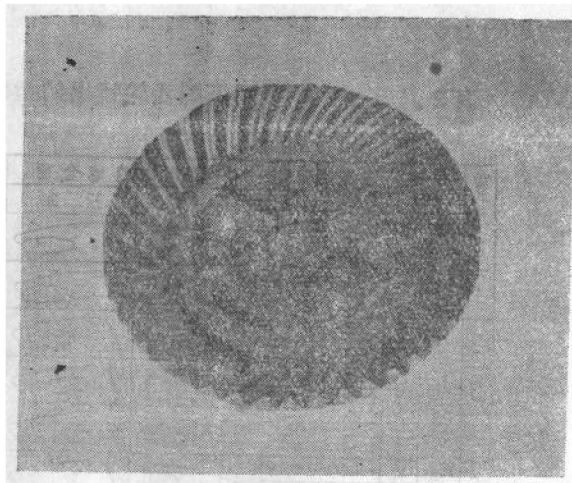


图1 改变后的浇注系统

三、加工工艺的改进

精铸齿轮除齿形外，其它部分还需要按要求进行机械加工。由于齿形部分已铸出，因此加工定位，直接影响齿轮的精度、啮合面好坏、噪音的大小、啮合间隙变化的多少等。

原来被动齿轮的加工定位是将齿轮顶面A靠紧三爪卡盘端面，并用反爪撑住齿轮内孔D、将冒口的一部分进行粗车（见图2）然后用四爪卡盘卡住加工过的冒口，以D园、齿顶面B和端面A为基准，用校正盘找正，然后车削一下D园，端面A和E面。以后加工和切除冒口均以D园和端面A为基准进行，这一加工工艺，找正比较复杂。效率较低，不易保证精度。

经改进后采用三个钢球节圆定位。 $\varnothing 8$ 的三只钢球固定在一个平面上。被动齿轮往上靠紧并夹紧（见图3）首先加工A平面和B园柱浇口部分。然后再夹紧B园柱，把A面靠平，加工内孔及其他各加工面。

热处理后，首先磨平面，在磨内孔时也要以节圆为基准定位。这种加工定位方法，由于以啮合齿面为基准，不需找正，因为精度较高，加工效率也提高，目前每加工一套齿轮只需3个多小时。

主动轮的加工原来是在车床上用四爪卡盘卡住主动齿轮轴颈约2/3部位，根据齿轮锥面A的两端，用校正盘找正，跳动量控制0.00~0.07毫米，光去锥面与底面铸皮，打出端面的中心孔，粗车轴颈长约50毫米和光背面B（见图4。）

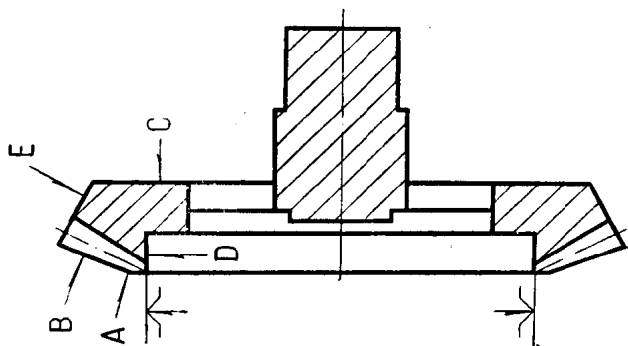
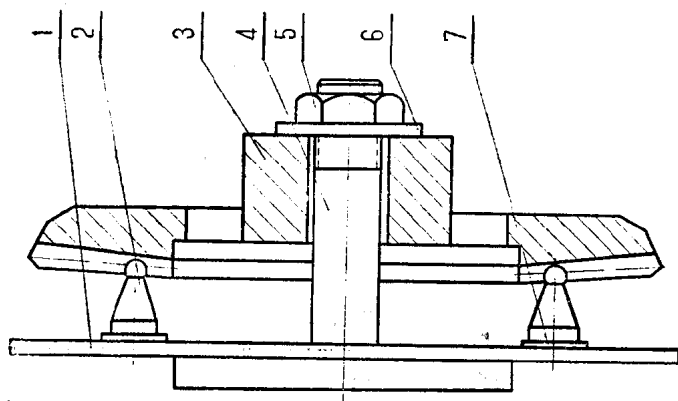


图 2



节圆定位装置 1.接盘 2.支承球 3.齿轮
4.螺柱 5.螺母 6.平垫 7.垫片

图 3 改进后的被动齿轮加工工艺图

然后再以齿轮锥面为基准，装入专用卡具内打另一端中心孔。这一加工工艺，由于用四爪卡盘找正，效率低，有时一班只能加工2~3个，通过小批生产实践，由于毛坯质量改进了，齿轮锥面表面质量也得到保证，这就为直接以锥面定位，简化加工工艺提供了前提。

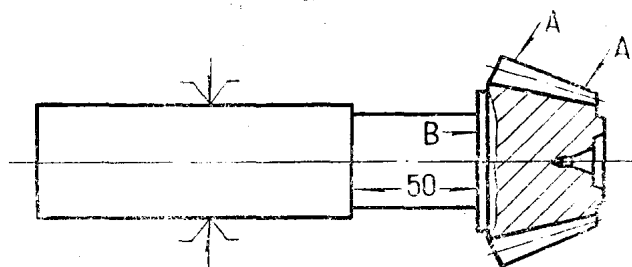


图4 生动齿轮原加工工艺图

改进后的加工工艺首先是定长短（见图5），以轴颈为基准把主轴长短定下来，再以齿轮的锥面为基准，用专用卡具卡紧，车削轴颈为一定尺寸，并打出小端中心孔（见图6）然后再以轴颈为基准，把大端面的锥面按照齿轮图纸的要求进行加工并打出大端中心孔（见图7），以后轴颈加工铣花键、车丝扣都以两端中心孔为基准进行。这样生产效率大大提高了。当然用节圆定位来加工是更为合理的，但由于这种齿轮螺旋角比较大，节圆定位较困难，而齿轮模具的锥面和齿面都是以中心孔定位加工的，所以齿轮的毛坯以锥面为基准加工还是可行的。

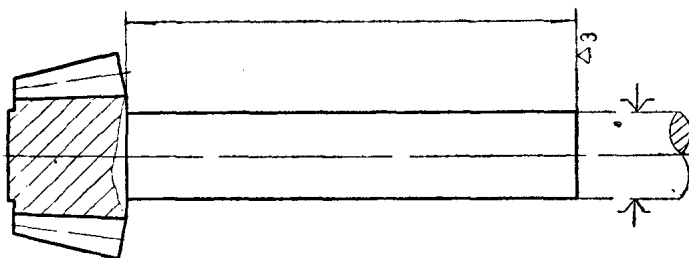


图5 改进后的主动齿轮加工工艺

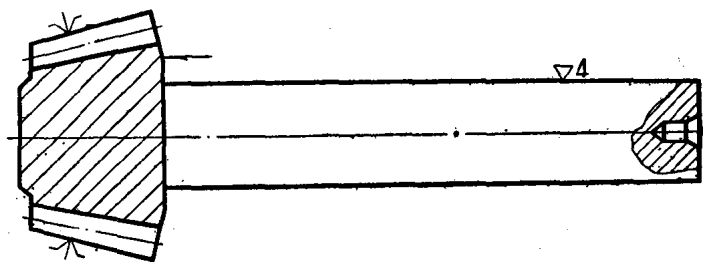


图6

四、电火花跑合的改进

电火花跑合是精铸齿轮的最后一道工序，它关系着啮合面的部位是否正确，啮合间隙的大小，齿轮的精度及表面的光洁度等，所以电火花跑合是一道很重要的工序。

我们目前电火花跑合采用D 6125G 一型电火花穿孔机床电源、脉冲电源的导线通过一个铜石墨电刷引到被动轮的背面上，另一根导线则接在壳体上，主动轮的轮轴和电动机轴用软轴联接，以避免两轴不同心而使壳体震动，影响齿轮跑合效果。

在小批生产中，我们在电火花跑合工艺方面主要有如下两点改进：

1. 合理选用跑合介质，严格控制油膜厚度。

电火花跑合是在空载下进行的，为了稳定地产生电火花需要控制一定的油膜厚度，而同一种介质在不同的季节和齿轮不同的转速下，形成的油膜厚度就不一样，如油膜不合适就容易使电火花不稳定，造成齿轮表面烧蚀和拉弧，影响齿轮的精度和光洁度。原来电火花介质用双曲线齿轮油，转速为 1000 转/分左右，

在使用过程中发现冒白烟较多，齿面跑合情况不易观察清楚，经反复实践，认为冬季用粘度较小的10号机油，齿轮的转速为 600~700 转/分，夏季需用粘度较大的坦克机油和航空机油各50%，齿轮的转速为700~800转/分，较为适宜。

2. 采用可调机构，随时调整跑合时的齿轮间隙：

齿轮啮合位置的调整是很重要的，它不但影响齿轮的装配而且影响到使用寿命，如造成早期磨损，甚至产生断齿等情况。齿轮啮合位置的调整是在壳体上靠调整垫片进行的。我们在跑合前是把啮合间隙调到最小的情况下，把齿轮的啮合面调在（被动齿轮上的印痕）正反车都在靠近小端 $1/4 \sim 1/3$ 的位置上。而在跑合过程中，则很少调整，一直到跑合完毕。

在电火花跑合时，如能随时调整齿轮的啮合间隙是最为理想的，因为在跑合时两齿轮的啮合面都要电蚀下些金属，如果总在一个位置跑合，就容易造成齿面出现台阶现象，使将来的装配困难，还容易产生响声。如在跑合时能随时调整啮合间隙，则可使台阶大大减轻。为了达到这一目的，我们采用了可调整装置，也就是在啮合位置合适的情况下，把主动轮固定在一定位置，移动被动轮的办法来调整啮合间隙，如图8所示。

其结构主要是在被动轮两端轴承的外端设有顶块和两根丝杆，通过手轮的转动使丝杆带动顶块轴承移动来改变啮合间隙。我们每跑合一对齿轮需要20分钟的时间，也就是正车10分钟，反车10分钟，当正、反车各跑合 3~7 分钟后，把啮合间隙调到最小位置，

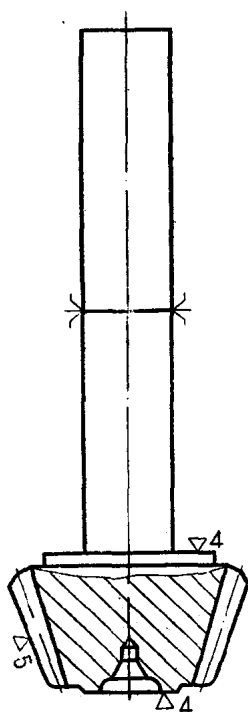


图7 改进后的主动
齿轮加工工艺

然后再跑合3—4分钟。这样跑合出的台阶就大大减小了，便于装配使用。

齿轮啮合面的检验是在标准的壳体上进行的。目前我厂的检验要求是：1. 啮合面在靠近小端（被动轮上） $1/2 \sim 3/4$ 的面积上。

2. 啮合间隙一般为 $0.5 \sim 0.8$ mm。

3. 摇摆度在被动齿轮背面边缘上检查不超过 0.12 mm。

4. 响声：比较均匀一致。

通过两年多来的小批试生产实践，螺旋伞齿轮生产各主要工序逐步完善，初步订出了有关工艺文件，技术检验标准。目前，我们生产一对螺旋伞齿轮约需15个小时。

经过两年多来工艺改进，虽然取得一些成绩，但在生产中也还发现一些问题需要今后改进，主要是：

1. 造型时劳动强度较大，由于用手工填紧，手指劳动量很大、同时每个型齿紧实度也不够均匀，影响啮合精度，使间隙不够均匀。

2. 模型齿轮没经热处理，硬度较低，在使用过程中磨损较快，使齿形变瘦。

3. 球铁齿轮热处理变形虽比 18CrMnTi 小，但目前这样的热处理方法，仍使齿轮有些变形。

4. 喷丸对齿轮疲劳寿命有很大影响，由于球铁试棒弯曲疲劳较 18CrMnTi 低，因此，采用喷丸提高齿轮结构疲劳强度更为必要。目前，我们还缺少这一工序。

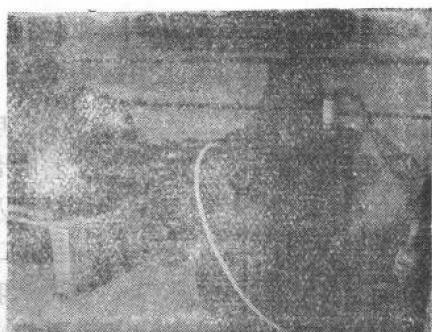


图8 啮合间隙调整装置示意图