

1808

第一机械工业部机械制造与工艺科学研究院

研究成果

热 軋 齿 輪

内部刊物 注意保存



1 9 5 9 北 京

机 械 工 业 出 版 社

521222
811

編著者：第一机械工业部机械制造与工艺科学研究院

NO. 内 239

1959 年 3 月第一版 1959 年 3 月第一版第一次印刷

787×1092 $\frac{1}{16}$ 字数 16 千字 印張 $\frac{3}{4}$ 0,001— 5,000 册

机械工业出版社(北京阜成門外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷

北京市書刊出版业营业許可証出字第 008 号

定 价(11) 0.16 元

23

在全国工农业大跃进的新形势下，机械制造工业必须千方百计多快好省地满足国民经济各方面的需要。齿轮是各种机床不可缺少的零件，而热轧齿轮的加工方法生产率比一般切削加工方法高4倍，齿轮耐磨性提高40%，并可节约金属10%，这种多快好省的热轧齿轮加工工艺苏联已经能够掌握并用于生产，我院与沈阳第一机床厂、天津拖拉机厂、太原矿山机械厂等单位合作，在改装的车床上于本年七月试轧成功；以后经过不断改进，在九月中旬轧出齿轮精度已达到三级，表面光洁度达到▽▽▽，十月份更用球墨铸铁试轧齿轮，质量很好。因此我们认为进一步努力，齿轮精度可继续提高，并可直接用于汽车、拖拉机和机床上。现将热轧齿轮初步小结提供给有关单位参考，希望有关部门继续研究，让我国的齿轮制造工艺来一个彻底的革命。

—机部机械与工艺科学研究院技术会议 58, 11

热 軋 齿 輪

合作單位 天津大学 天津机床厂
 天津拖拉机厂 太原工学院
 太原矿山机器厂 沈阳机床一厂
 研究單位 本院第五处、第四处
 完成日期 五八年十月

I 机床的改装

我們在參觀黎明机械厂的热軋齿輪工作后，吸收了他們的經驗进行，覺得是否能够軋出齿輪已不再用試驗掌握了，故要求对机床的改装能軋出精度較高的齿輪，并且經改进后能够在生产上应用。在这原則上考虑到机床剛性要大些并能自动走刀等，所以决定采用 1П65 机床改装的方法，还能使試驗工作較快的开展。由于位置与高压电爐相距較远而决定采用远距离輸电的新技术。

开始，我們采用如圖 1 的机构进行試軋，所获得的齿輪精度較差，后在軋輪旁加一套分度輪，提高了分度精度，使軋出齿輪基本上达到了三級精度。

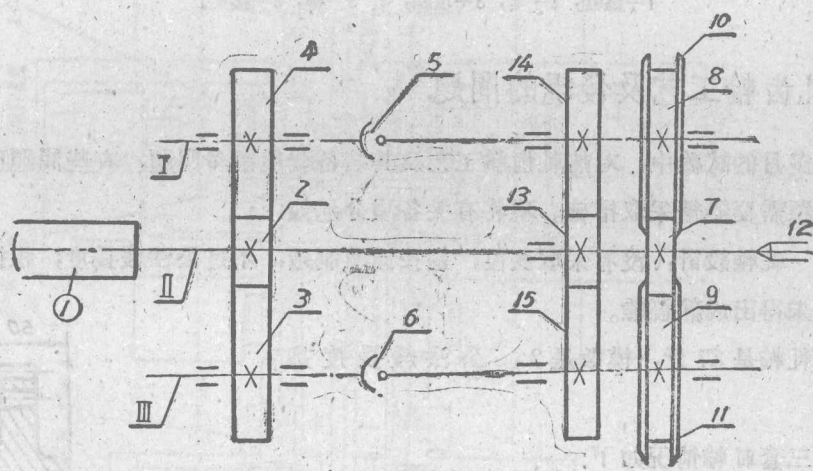


圖 1 軋齿机构示意图:

1—主軸；2, 3, 4—分度輪；5, 6—万向接头；7—工件毛坯；8, 9—軋輪；10, 11—擋鉄；12—后頂尖；
 13, 14, 15—分度輪(后加)。

圖中当机床开动后，主軸 1 旋轉，帶動心軸 II 及其上的分度輪 2、13 及毛坯 7 轉动，同时由分度輪 2 帶動分度輪 3、4 在支架上轉动，經万向接头 5、6，使軋輪 8、9 轉动。軋輪 8 和 9 装在支架上，支架分別装在二个滑板上。滑板在床鞍导轨上滑动，由絲杠的正反絲扣控制两滑板同时进退。絲杠的轉动是由手柄搖动或是由机床原来的送刀机构。軋齿时，开动机床的送刀机

构，軋輪即自动向前軋齿。擋鉄10和11用来控制被軋齿輪金屬，使其不能向二旁流动而仅能向齿頂方向流动。

分度輪13、14和15是为提高分度的精度而加上的，后頂尖12起輔助支承的作用。

分度輪2、3和4原設計为斜齿輪，为了承受軸向推力，要加推力軸承，按实际情况采用正齿輪亦可。

为使軋輪能同时向前軋制工件，絲杠傳动采取了自动調整机构，如圖2所示。絲杠1用套联接，絲杠1和套2能对接头6作前后滑动，使进刀时能自动調整距离，以防止因两面軋輪距离不等而發生軋力不等的情况。

1Д65型机床改装成熱軋机的示意圖如第4頁的圖4所示。

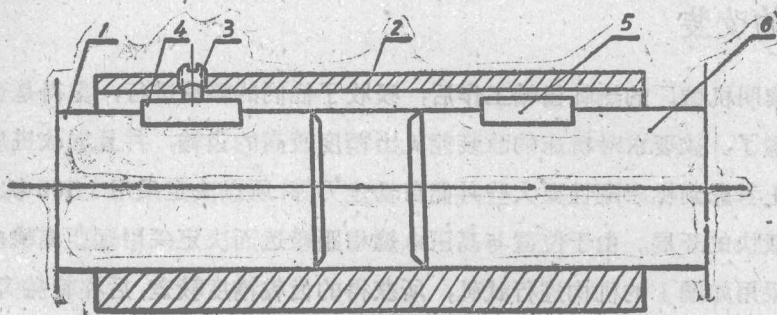


圖 2

1—絲杠；2—套；3—頂絲；4、5—鍵；6—接头。

II 熱軋齿輪工艺及發現的問題

在过去一个多月的試驗中，对熱軋齿輪工艺及其装备發現很多問題，有些問題已取得初步解决，还有一些問題需要繼續采取措施。现将有关各項分述如下：

(1) 軋輪 軋輪設計，沒有采取变位，是按标准制造，不过公法綫長度，根据試驗結果来驗証，这方面尚未得出成熟經驗。

我們制造的軋輪是87牙，模数是2，公法綫長度是58.51 $\pm$ 0.05公厘。

我們制造了三套軋輪情况如下：

第一套軋輪 材料：5 XHM，淬火硬度 R_c58 。

結構：如圖3，采用齿寬等于15.2公厘是为了适应齒輪寬度。

使用結果：該軋輪軋制几个齿輪后，發現已經裂开，估計这与热处理有关。

第二套軋輪 材料：5 XHM，淬火硬度，原要求为 R_c35 ，結構同第一套。

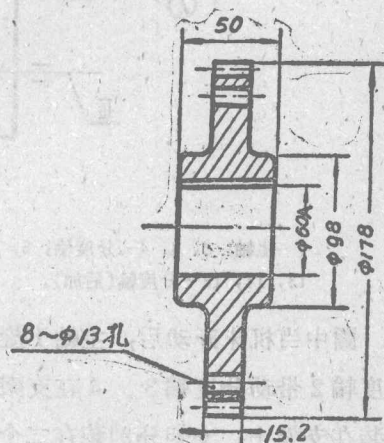


圖 3

使用結果：由于硬度低，齿頂很快有卷边現象，不能使用。

第三套軋輪 材料：采用45号鋼，高频淬火，硬度 R_{c45} 以上，一級精度。

結構：在第一二套軋輪使用时，因为只有一組分度輪，万向接头空隙又大，所以在軋制时經常乱軋牙，同步性很差。在制造第三套軋輪时，增加了第三組分度輪，同軋輪相适应的分度輪与軋輪做成一体，这样不但二者完全一致，而且剛性特别好，軋輪結構如圖 5 所示。

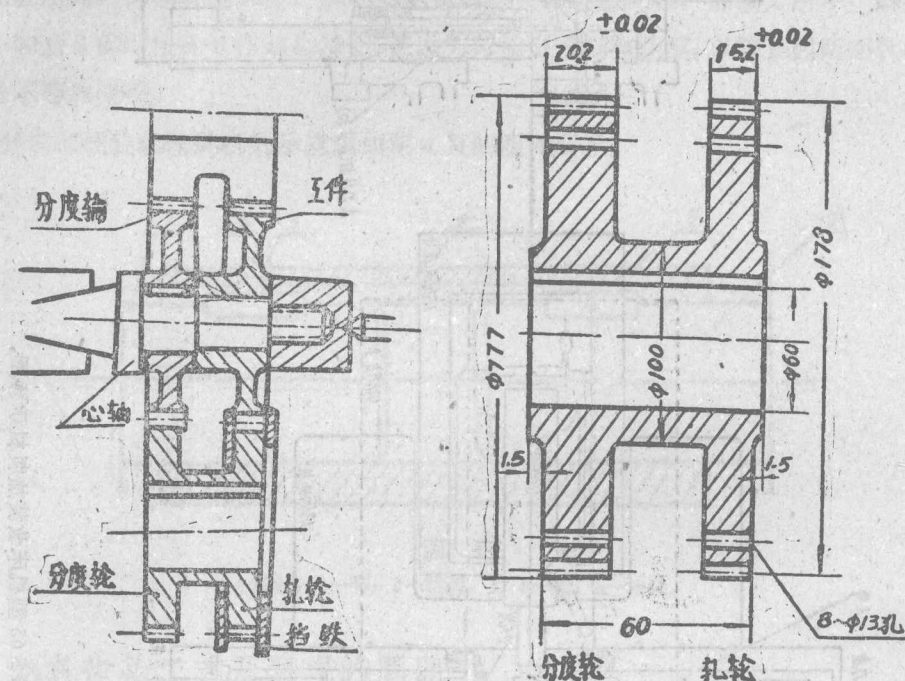


圖 5

因为分度輪互相嚙合时，不允許齿頂接触齿底，故将分度輪外圓作小 1 公厘，使用結果：經几次使用，虽然沒有作詳細檢查，但未發現有不良現象。

(2) 分度輪 分度輪在試驗初期只有一組，后增加第二組。

A) 第一組分度輪，用 40X 高频淬火磨制，設計完全和标准斜齿輪一样（斜度为 15° ）。采用斜齿輪的理由是由于它的嚙合綫長，运轉平稳，如为 $\nabla\nabla\nabla\nabla 10$ ，作成直齿，亦不会有問題。当用斜齿輪傳遞动力时，会产生軸向抗力，該力要推力軸承来担負。

这組分度輪是用来粗分度，齿輪开始前后起作用。

B) 第二个分度輪，如圖 6 所示，同軋輪相适应的分度輪与軋輪作成一体，故除外圓作小 0.1 公厘外，其他尺寸与軋輪完全一样。

与工件相适应的分度輪，外圓比标准作小 1 公厘外，公法綫長度亦要适当减小，我們比标准作小 0.2 公厘，結果軋出齿輪公法綫比标准 0.05~0.1 公厘。

(3) 擋鉄 在軋齿过程中，为了避免齿輪金屬挤出，在軋輪二側，多鑲擋鉄一塊，在試驗过程中，亦走了弯路和改进，擋鉄外徑比軋輪外徑大 8~10 公厘。

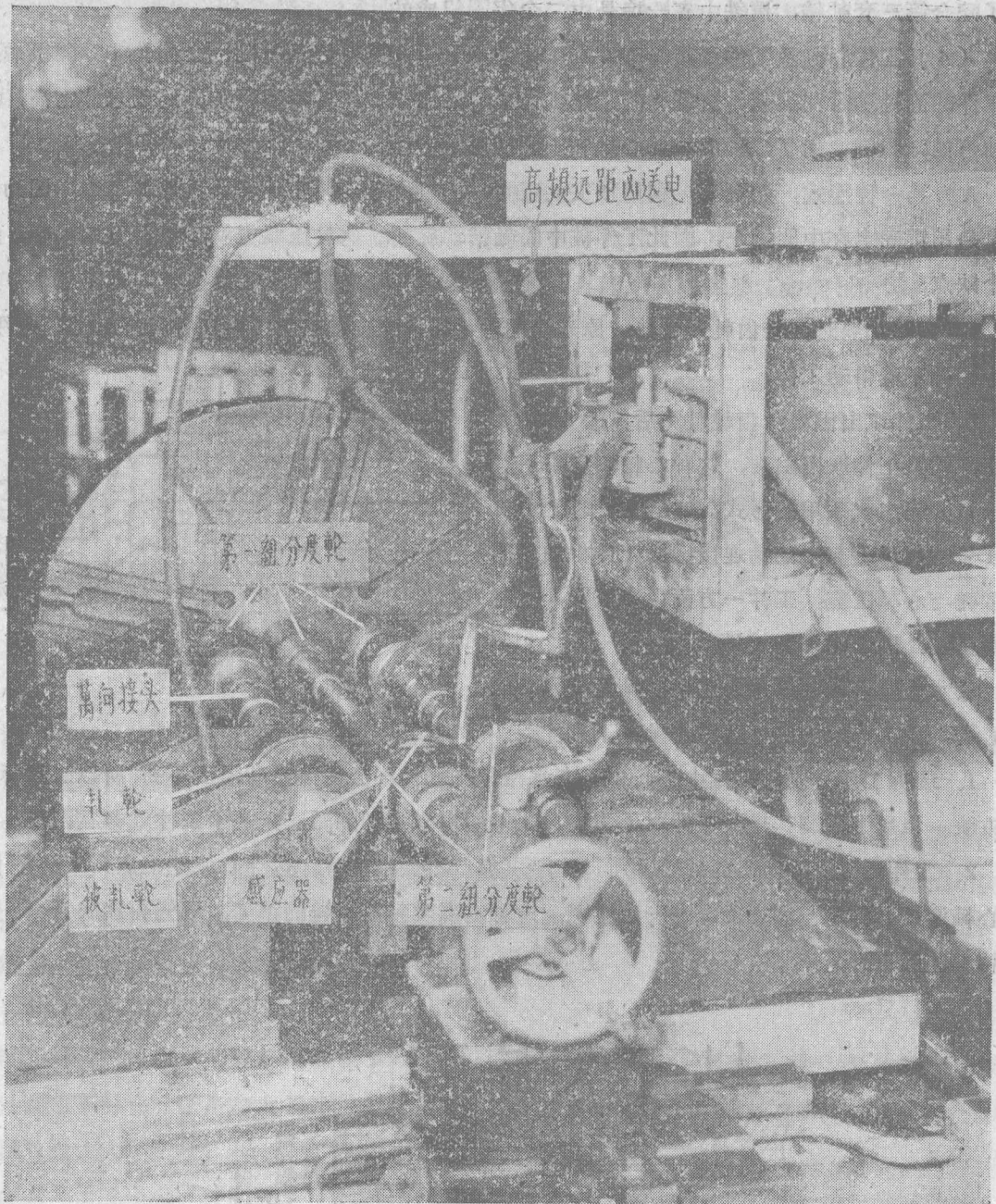


圖 5

第一次的擋鉄是用45号鋼，厚度約5公厘左右，在使用过程中，由于剛性太差，变形大，工件齿谷二端有0.5公厘厚的飞边，因此在第二次制造时，改用結構鋼，电度增加到10公厘左右，未渗碳淬硬，在使用时，剛性也不好，同时表面精度迅速破坏，因此所軋齿輪的端面也非常毛，飞边还存在。以上二种擋鉄，都沒有作成 $3^{\circ}\sim 7^{\circ}$ 的斜角。虽然齿輪端面的成堆毛刺，不致影响齿輪几何精度，但不能采用。第三次制造的擋鉄，材料是低碳鋼加炭淬硬，同时，在齿外圓4~5公厘寬度內，作成 3° 斜角，使用結果良好，工件齿端虽然还存在極薄飞边，但齿輪端面比較光。

为了配合第三套軋輪，擋鉄中有一塊是由二个半圓組成的。

(4) 工件心軸及工件压紧 工件的压紧是十分重要的，因为軋制一个齒輪的时间很短，装拆工件的而輔助时间很短，这就冲淡了熱軋齒輪的优越性，因此对压紧装置的要求非常高，要快速和可能，我們使用了二种形式的心軸和不同的压紧方法。

A) 第一种形式，如图7，利用頂尖的压力，通过心軸，将工件压在帶齒軋盘上，因为帶齒軋盘是用鍵固定在中間軸上，因此工件被中間軸帶动旋轉。这种压紧方法，在使用过程中，發現二个缺点：

1. 齒輪加热时，帶齒軋盘受热，原来淬硬的牙齒退火，装夹第二个工件时，牙齒被压平，因此中間軸不能帶动工件。

2. 工件取出困难，齒輪軋完后，心軸温度很高，結果工件取出困难，这种心軸不宜采用。

B) 第二次采用的形式，如图8，心軸用莫氏4号錐度及鍵与中間軸連接，同工件相适应的分度輪与心軸压靠，工件一方面由套压紧，同时有鍵帶动，同心軸一起旋轉。

軸承上接有皮管，水通过中間軸而流入心軸中心孔，由另一端流出，这种心軸有下列优点：

1. 装拆工件方便，心軸中心，由于有水冷却，心軸不会受热或者温度不高，所以工件拆下非常方便。但是当軋制完畢，工件取下之前，工件如用水冷却的話，則拆下工件就非常困难。

2. 工件由于有鍵与心軸連接，所以比較可靠，不会乱軋牙。这种心軸的缺点：工件是由鍵与心軸連接，鍵槽与鍵之間存在一定空隙，这种空隙对軋制齒輪的精度，可能会造成不良影响（特別在反車时）。

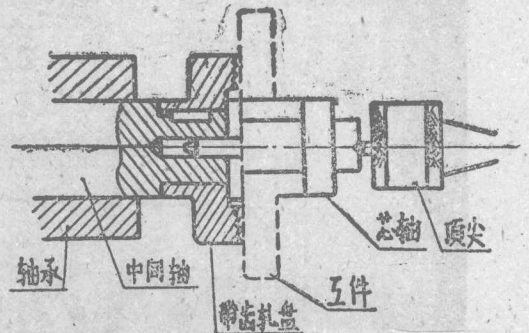


圖 6

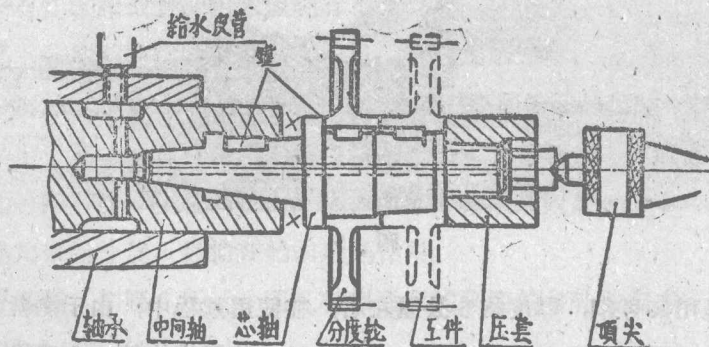


圖 8

虽然这种心軸有优点，但是还不够理想，还有进一步改进的必要。

(5) 軋制规范 工件 ($Z=65$, $m=2$) 轉数皆采用34轉/分。当有一次采用48轉/分时，机床产生振动之后就没有再用过，估計可能由于机床安在墊鉄上没有打地基所造成。

工件每轉進給量一般採用0.2公厘/轉，最近採用了0.23公厘/轉，情況正常。在開始時，我們曾採用過手動進刀，結果由於進刀不均和進刀太慢而使軋出的齒輪有卷邊現象，齒面不好，相鄰周節誤差很大。

(6) 毛坯:

A) 採用的毛坯外圓形狀分二個階段，第一階段是平的如圖9甲所示，結果軋出的齒面中間擠出的金屬多形成卷邊，二端填不滿如圖10甲所示，因此我們把外圓車成凹形如圖9乙，結果軋出的齒輪齒頂在反轉面有缺陷，如圖10乙，最後將齒坯外圓車成圓弧形（如圖9丙），軋出的齒輪就沒有以上的缺陷。

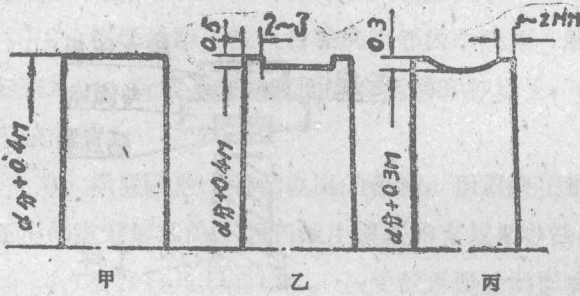


圖 9

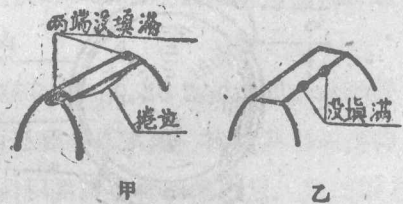


圖 10

第二階段，我們將外圓凹下量作成很小（0.2~0.3公厘），結果亦很好，因此我們考慮到以後在生產中要車圓弧形的外圓很不方便，就干脆車成平的，結果又很好。

這兩個階段的變化規律不一樣，在第一階段中，外圓車成平的不好，齒中間有卷邊，齒兩端填不滿，而在第二階段中外圓車成平的，又得到很好的結果，這主要是由於二個階段中所使用的擋鐵不同，第一階段用的擋片鋼性差，齒兩端擠出光的金屬多，而在第二階段中擋片的鋼性好，金屬擠出少，因此造成這種不統一的規律。

B) 毛坯外圓:

毛坯外圓一般採用節圓直徑加0.3~0.4m（模數）。在開始試軋初期，由於擋片鋼性不好而感到外圓還不够大，於是加大了外圓直徑，後來擋片改進後鋼性好，金屬不易由二旁擠出，因此就覺得外圓太大了。

由以上情況來看，外圓尺寸及形狀與毛坯厚度及擋鐵有密切的關係，如果情況掌握得好，採取平頂方式沒有問題。

(7) 潤滑和冷卻 潤滑是採用錠子油（或機油）加石墨粉塗在軋輪上。軋輪的冷卻是用乳化液沖在軋輪上（這樣冷卻液會帶到工件上。使工件溫度下降很快，因此在軋制時不冷卻而當進刀完畢空車轉動時再冷卻，這樣可保證工件終軋溫度在800℃以上，由於進刀軋制時間僅20秒鐘，故軋輪溫度不致太高，不會影響軋輪壽命）。

(8) 加熱 加熱採用燈式高頻（100千瓦，250千周），加熱情況分兩個階段：

①第一階段——感應器如圖11，分上下兩個扇形，感應器到變壓器導線長度約600公厘，感

应器与毛坯外圆距离 6 公厘，未加导磁体，阳极电流 9 安培左右，阴极电压 1.5 伏，阳极电压 12 千伏，齿轮齿数为 65，模数为 2，齿宽为 15，加热 45~50 秒后才能轧齿。

②第二阶段——我們感到过去加热太慢，因此采取三项措施使加热时间由 50 秒缩短到 20~25 秒，在第一阶段的基础上采取的措施有三点：

A) 加导磁体，没有合适的导磁体而是利用现有的，如图 12，排列在感应器上，上面用胶木压牢，胶木与导磁体中间加一层石棉，以免导磁体压不平。

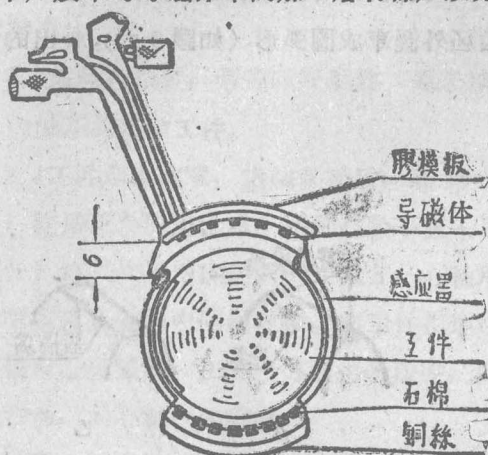


图 11

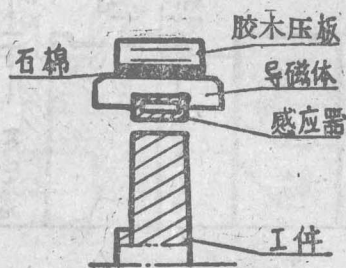


图 12

B) 在第一阶段所用的导线太长，将导线各缩短 140 公厘，这样电能损失减少，提高效率。

B) 将感应器与工件之间的空隙，由第一阶段的 6 公厘缩小到 3~4 公厘。

以上三项措施中，A、B 二项改进得还不够完善，如导磁体不合适，数量亦不多，仅是感应器长度的 50%，又如导线的长度还可以缩短 150~200 公厘，如这两项做到完善的改进后，估计加热时间可以缩短到 15 秒左右。

保温：当加热完毕后开始轧制，在轧制过程中亦继续加热，使工件温度不致降低，在轧制完了以后，停止加热。

(9) 调整 调整是指第二组分度轮的同步问题，调整的要求：

A) 轧轮接触工件和二组分度轮与旋转方向相反加扭力（即消灭空隙）的状态下，工件分度轮的下面与轧轮分度轮的上面保持 0.5 公厘左右（图 13）。

B) 开动机床后二轧轮在工件上压出的齿形要一致，调整方法：在改装机床时，原希望移动第一组分度轮（斜齿轮 $B=15$ ）来达到，结果移动第一组分度轮因没有辅助装置而感到不便，还是采用在轧轮轴承座下面垫薄片的办法，如果二齿面的空隙为 >0.5 公厘，就在 A 处垫适量的薄片，如空隙 <0.5 公厘，则在 B 处垫适量

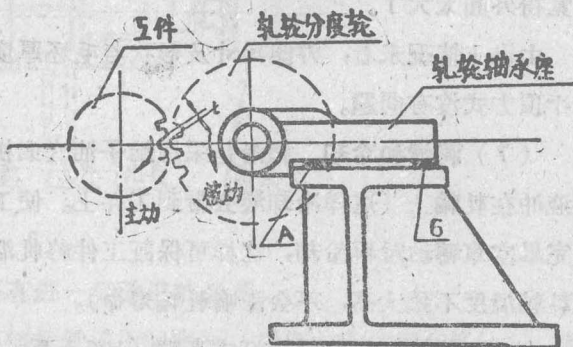


图 13

的薄片，用这种办法可以調整到分度輪的同步和在運轉時二軋輪在齒輪上刻出的齒形近於一致。

(10) 操作 ④對刀在未裝工件之前，將軋輪搖進，使分度輪雙面嚙合，再將刻度盤對到“0”。

⑤開正車，加熱到軋制溫度後，用手搖快進給，軋輪切入工件後，開始機動進給，離“0”還有0.5公厘時，停止機動，開反車運轉20秒至40秒，同時用手動進給到“0”，最後再開正車運轉幾轉，停車。

III 精 度

1. 齒形：所軋出的齒輪齒形誤差都是在0.025~0.05公厘之間，發現當軋制溫度偏低，齒形誤差會小些，溫度高，齒形誤差會偏大。

2. 相鄰齒距：熱軋齒輪的相鄰齒距誤差一般在0.15~0.045公厘之間。我們認為在齒輪軋制完畢後，軋齒與工件雙面嚙合運轉30秒以上，相鄰齒距很好，繪出之齒距誤差曲線，成平滑的正弦曲線。

3. 積累誤差：我們軋出的齒輪，積累誤差都很大，在0.15~0.30公厘之間，這種誤差我們還不知道它形成的原因和減小誤差的有效果辦法，這方面還要多作試驗，摸清其形成規律。

4. 公法綫及節圓振擺，是受積累誤差的影響很大，當積累誤差得到解決後，這二項誤差亦會得到改善。

5. 齒向等其他誤差都不是主要問題，可以解決。

6. 齒面光潔度 $\nabla\nabla 4 \sim \nabla\nabla\nabla 7$ 之間。

綜合以上情況來看，齒形誤差，可以將軋輪進行齒形修正來解決，所留下的問題僅有積累誤差，如果積累誤差得到解決的話，熱軋到二級精度齒輪是沒有問題的。

IV 熱軋齒輪的優越性及今後發展方向

(A) 熱軋齒輪的優越性是很多的，簡單地說有下列幾方面：

1. 生產效率高；2. 大量節省齒形加工機床、勞動力、貴重工具和廠房面積；3. 軋制齒輪的強度比切削加工高。

(B) 今後發展方向，由於以上優點，我們認為中等模數以下的齒輪有以下兩方面發展方向：

①絕大部分齒形加工可以用熱軋來代替切削加工，齒輪作齒腹及作鼓形熱軋也完全可以達到。

②不但在汽車拖拉機製造業可以採用，而且機床等製造業採用熱軋製造齒輪，亦是可行的。

V 軋制球墨鑄鐵齒輪

我們不但軋制鋼件齒輪，同時亦用球墨鑄鐵（其成分為 C 3.3~3.4, Si 2.8~2.4, Mn 0.8, S 0.005~0.01, P 0.1, Mg 0.06~0.07）作輪坯，進行熱軋試驗，熱軋裝備及工藝完全同鋼件，從觀察分析有以下几項值得注意：

1. 金相組織：球墨鑄鐵經軋制後等於進行一次高溫正火處理，得到的金相組織是細球光體，硬度 $H_B = 320$ ，墨晶程度變小，組織緊密，其強度比一般球墨鑄鐵高。

2. 加熱，軋制球墨鑄鐵，溫度要控制在 $800 \sim 1050^\circ\text{C}$ 之間，否則無法壓延或者過熱熔化。

用燈式高頻加熱過快（ $z = 65$, $m = 2$ 的齒輪加熱 20 秒左右），熱量集中在外圓 4~6 公厘範圍內，我們認為用燈式高頻加熱不宜過快。

3. 軋制精度、幾何精度與鋼件一樣，而齒面光潔度比鋼件要好得多，從我們試驗的結果來看，可以得出以下結論：

1) 球墨鑄鐵具有壓延性能，可以作為熱軋輪的坯件。這種坯件對於降低齒輪的成本和節約鋼材都具有很重大的意義。

2) 根據我們軋制球墨鑄鐵的情況來看，認為球墨鑄鐵熱軋齒輪可能使用在汽車拖拉機及機床等製造業中。