

滚动轴承钢的 热处理

林 烟 编著

冶金工业出版社

滚动轴承钢的热处理

林 炯 编 著

编辑: 陈略 设计: 鲁芝芳、朱骏英 校对: 刘薇芸

—— * ——

冶金工业出版社出版 (北京市德胜口甲45号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第093号

北京市通州区印刷厂印 新华书店发行

—— * ——

1959年3月第一版

1959年4月北京第二次印刷

印数 9,000册 (累计10,000册)

开本 787×1092·1/32·22,000字·印张1

—— * ——

统一书号 15062·1490 定价 0.11元

本書簡要地介紹了滾動軸承鋼的一般概念、普通熱處理方法以及土法製造滾動軸承鋼的簡易熱處理方法。本書適合中小型冶金工廠、機械廠的滾動軸承生產工人、初級及中等技術人員閱讀。

編 著 者 的 話

滚动轴承在工农业生产中起很重要的作用，特别是处在今天“一天等于二十年”的大跃进时代里以及一切运转工具全面滚珠轴承化的运动中，它显得更加重要。在生产过程中，经过怎样的处理，才能提高滚动轴承的强度、耐磨性和使用期限？这是需要进一步解决的问题。

编者收集现有书籍和报章杂志的有关资料，编成这本小册子，向滚动轴承的生产人员提供上述部分参考资料。由于时间仓促，能力有限，不免有错误之处。希读者提出意见，以便再版时改正。

目 录

第一章 滚动轴承的一般概念	1
一、滚动轴承的組成及其种类	1
二、滚动轴承的牌号	2
三、滚动轴承的制造过程	3
四、滚动轴承所使用的材料及其性能的要求	4
第二章 滚动轴承鋼的加热与热处理	7
一、滚动轴承鋼的加热	7
二、軸承鋼的常化	8
三、軸承鋼的退火	10
四、軸承鋼的淬火	13
五、軸承鋼的回火	24
六、軸承零件的冷处理	27
第三章 土法制造滚动轴承鋼的热处理	28
一、退火	28
二、渗碳和淬火	29
三、回火	30
参考書	30

第一章 滚动轴承的一般概念

一部机器或运转工具是少不了迴轉軸的，因而支持軸迴轉的支座——軸承，就成为机器的一个重要部分。軸承分滚动軸承和滑动軸承两种。滚动軸承的摩擦系数小，因此它的功率损耗小，工作时很少有燒軸的危險，起动时也容易，工作表面不需刮研与修配。軸承的磨損少，使用寿命長，机器轉速可以高，潤滑油可大量节省。而且某些滚动軸承能自动調整、能补偿軸的撓曲及安裝誤差等等。它比之滑动軸承有許多优点，因此得到了广泛的运用，在近代化工业中，有着很重要的地位。

一、滚动軸承的組成及其种类

滚动軸承 基本由下列零件組成（圖1）：

- 1、外环：裝置于軸承箱的外环窩中。
- 2、內环：一般都紧裝于軸上，和軸同时旋轉。
- 3、滚动体：球或滾子（圓柱的、滾針的、球面的、螺旋的）裝置于軸承內外环中間，起滚动与傳遞力的作用。
- 4、保持器：保持滚动体之間有一定距离，彼此不相碰撞。



圖1 單列向心滾珠軸承

1. 外环；2. 內环；3. 滚动体；
4. 保持架

滚动軸承的基本类型 滚动

軸承按其構造可分為滾珠軸承和滾子軸承兩類，

1、滾珠軸承：滾動體為球。

2、滾子軸承：滾動體為柱體。根據滾動體的不同形狀，滾子軸承又可分為：

(1) 圓柱滾軸承：滾動體為短圓柱形。

(2) 球面滾軸承：滾動體為鼓形。軸承可自動調心。

(3) 滾針軸承：滾動體為細長的滾針。

(4) 螺旋滾軸承：滾動體是用扁鋼帶卷成像彈簧的螺旋體的滾子，有彈性。

(5) 圓錐滾軸承：滾動體為圓錐滾子。

滾動軸承若按其所能承受載荷的方向，可分為三類：

1、向心軸承：所能承受的外加負荷，垂直於軸的方向。

2、推力軸承：所能承受的外加負荷，平行於軸的方向。

3、斜接軸承：所承受的載荷，可以同時有平行軸的方向和垂直軸的方向。

此外，滾動軸承在相同的內環直徑下，依其他的尺寸及承受載荷能力的大小，可分為輕型、中型及重型三種系列。

二、滾動軸承的牌號

在滾動軸承上印有符號和號碼，以表示其類型、尺寸、系列和精密度等級。各國用的軸承牌號並不一致。我國新生產的軸承和蘇聯的軸承牌號相一致。如7315——內徑為75公厘、中型、單列斜接圓錐滾軸承。一般，代號是由七位數字組成。各數字代表的意義如表1：

從表1中，可以初步了解每一位數字的意義。當我們遇到一個滾動軸的牌號時，可以去找軸承目錄，從中了解軸承

的尺寸和特性。

表 1

代号中数字的顺序(自右至左)	数字所代表的意义
第一位和第二位	轴承的内径
第三位和第七位	轴承系列, 即内径同, 外径和高度不同
第四位	轴承基本类型
第五位和第六位	轴承结构特点

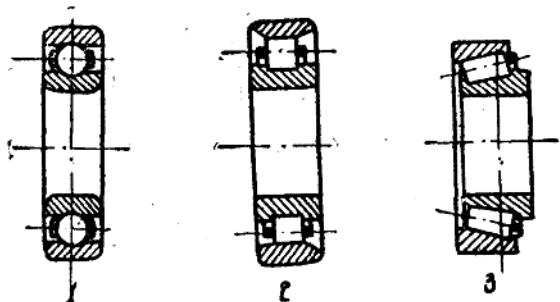
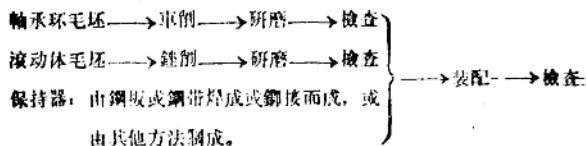


图 2

1. 滚动轴承; 2. 圆柱滚轴承; 3. 圆锥滚轴承

三、滚动轴承的制造过程

滚动轴承的制造过程, 如下列之简表所示。



其中轴承环毛坯所用之原料，有下列三种来源：

1) 圆料：用这种材料制造直径80公厘以下的环。圆料直径若大于30公厘时，可用套料法加工，由同一根圆料得到一套或数套外环及内环，这样可减少切削量，减少金属消耗。

2) 无缝厚壁钢管（轴承钢管）：用这种材料制造直径60—250公厘或更大的轴承环。

3) 锻件：在锻压机上锻成轴承环的毛坯。
而滚动体的圆料是盘条或圆钢。

四、滚动轴承所使用的材料及对其性能的要求

1、轴承钢所用材料

我們所使用的轴承钢，有下列牌号：

因为滚动轴承在工作时，着力的接触面积很小，材料受到很大的应力（15,000—50,000公斤/公分²），所以对轴

表 2

钢 种	化 学 成 分				使用范围(直径公厘)		
	C	Cr	Mn	Si	滚 珠	滚 柱	轴承环
钢 6	1.05— 1.15	0.40— 0.70	0.20— 0.40	0.15— 0.35	≤13.5	≤10.0	≤10.0
钢 9	1.00— 1.10	0.90— 1.20	0.20— 0.40	0.15— 0.35	13.5— 22.5	10.0— 15.0	10.0— 15.0
钢 15	0.95— 1.10	1.30— 1.65	0.20— 0.40	0.15— 0.35	≥22.5	15.0— 50.0	15.0— 30.0
钢 15T	0.90— 1.10	1.30— 1.65	0.90— 1.20	0.40— 0.65			≥30.0

各种钢 S≤0.020%，P≤0.027%，Ni≤0.3%，Cu≤0.25%。

承材料的要求是很高的。而鉻碳鋼有着高強度，高的耐疲勞及耐磨性能，且為低合金鋼，價格較便宜，所以採用上述牌號的鉻碳鋼，作為滾動軸承鋼。

2、對軸承鋼的要求

我們已經知道滾動軸承在工作時，承受高的、集中的、反復變化的負荷，而且有磨損。這樣就要求軸承材料有高的抗疲勞性和高的彈性極限，而且要求零件材料不脆，以保證軸承有高的使用壽命。

非金屬夾雜物如鋼中大塊的碳化物，殘渣夾雜物等，在滾動面上引起毛孔、裂紋等，都會使材料局部的強度降低，而變脆弱，會顯著降低軸承的壽命。因此鋼中不均勻組織和非金屬夾雜物都受到嚴格的限制。要求軸承鋼的冶煉能保證相當的純淨。表3為允許夾雜物和不均勻組織的最大限度。

表 3

鋼 的 種 類	氧 化 物	碳 化 物	碳化物偏析	總 級 數
	級 數 不 大 于			
冷 拔 鋼	2	2	1	4
退火熱軋鋼	2.5	2.5	1.5	5
不退火熱軋鋼	3	2.5	3	6

對軸承鋼還要求沒有外部缺陷，如裂紋、深縫、表面脫碳、表面少碳等等。裂紋、深縫會使淬火時形成更大的裂紋，因而降低零件的強度。表面脫碳、少碳會使表面硬度不足和不均，增加磨損。所以製造軸承零件所用的鋼中，絕不允許有細裂紋和脫碳的表面，而供應的圓鋼或無縫軸承鋼管

的坯料，若有加工余量时，可以允許少許的脫碳表面。

軸承鋼除了冶煉上要求无裂縫和气孔之外，并要求有一定的机械性能，而且要求硬度的严格一致性，化学均匀性，有害杂质如S、P等应尽量少。如名为15鋼在退火状态应有如下列性能：

抗張强度：65—75公斤/公厘²

硬 度 Hb：170—207

延 伸 率：15—25%

断面收縮率：40—55%

第二章 滚动轴承鋼的加热与热处理

一、滚动轴承鋼的加热

在制造滚动轴承的工艺过程中，为了給金属加工創造有利条件，需要通过加热来提高塑性，使变形抗力最小，或者为获得所需要的鋼的組織，通过热处理来达到。亦即加热是制造滚动轴承的工艺过程中不可缺少的一个工序。

轴承鋼是高碳低铬合金鋼，它的导热性比普通碳鋼低。但在实际操作中，若能采取一定措施避免加热速度在鋼坯的断面上和長度上不均匀分布以及加热前消除鋼坯的缺陷，則加热速度是允許用最大可能的加热速度，即加热速度不受含铬量的影响。

我們希望鋼坯在鍛造时的加热溫度，能保証被加工的金属有必須的塑性，而且鍛成成品后能获得优良的組織。如果加热溫度过高，鋼中超显微細粒开始溶解，而致晶粒的急剧長大。这样，無論是机械加工或鋼的使用状态，都会使强度和韌性降低，很容易使鋼沿晶粒間界断裂，此即所謂鋼的过热。如果加热溫度更高或是在氧化气氛中的高溫下加热，使晶粒間界熔化或生成氧化物，晶粒間連系减弱，而造成鋼的强度大大降低，成为廢品，此即过燒。过热是可以用热处理方法补救的，然而过燒不能补救。在过热和过燒溫度范围以下，希望加热溫度越高越好。如 1% C, 1.54% Cr 的鋼在 1100°C 时延伸率增大 05%，断面收縮率几达 100%，强度降

低到3公斤/公厘²，表明变形阻力的硬度降低 $H_a 11.5$ 。对于轴承鋼鍛造前加热溫度一般为1100—1200°C。

鍛造的終了溫度低，生产率可以高。但是鍛造溫度过低，会使工具的磨损增大，鋼的塑性降低甚至出現裂紋。如果鍛造終了溫度过高，会使鋼生成粗大的晶粒和粗网状的碳化物，这样会降低金屬的强度并使其变脆。虽然粗大晶粒和网状碳化物的缺陷可以通过热处理来消除，但畢竟是不容易的。一般轴承鋼合适的終鍛溫度为850—860°C，这样可以获得細小的晶粒，而且也不会形成明显的网状碳化物，即使緩冷下来会有网状碳化物，但在以后的退火过程中，也很容易消除掉。

轴承鋼在鍛造后，要求冷却时不致析出碳化物网。如終鍛溫度是900—950°C，則最小冷却速度不得小于45—50°C/分鐘，可以采用吹風冷却。如果終鍛溫度是800—850°C，則网状碳化物不会析出，所以冷却速度的大小对組織的影响不大。要求鍛件冷却速度均匀，防止冷却不均而造成开裂，同时也不允許冷却速度过大而致組織轉变成馬氏体。对于 $\sigma_{\text{力}}15$ 鋼，最大冷却速度不得大于250°C/分鐘。

二、轴承鋼的常化

1、鍛造鋼的常化：

希望轴承鋼在淬火之前，有細粒状珠光体的良好組織。这种組織在退火处理时可以得到，但这需要在退火之前，鋼有細層片状的珠光体，而这种組織在鍛造后通常能直接得到，但若鍛造时，終鍛溫度不正确，如太高則碳化物会呈网状在晶粒边界析出，如太低碳化物則呈短条状。这样因为

碳、鉻的不均匀分布，在以后的退火、淬火处理时，組織不能得到改善，就会造成鋼的强度降低及硬度分布不均，在使用过程中很容易磨坏。为了改善鍛造时造成的不正确組織，而获得均匀的細層片状的珠光体組織，就要应用常化。在常化时，加热到高温情况下，几乎全部残余的碳化物都溶入固溶体，同时网状碳化物也溶于固溶体中，再空冷下来时，就能改善鋼的組織。

應該強調說明，終鍛溫度正确的鋼在退火之前不需要常化处理。若常化对組織的改善并无好处，則不必进行，这样可以节省人力、物力。所以常化仅仅是为了改正鍛造鋼的缺陷。

常化的热处理規程：

加热到 $900—920^{\circ}\text{C}$ ，保温 $30—40$ 分鐘，然后以不小于 $40—50^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ 的速度快速冷却，以保証碳化物网不在晶粒边界析出。小型的鍛件可以靜置在空气中冷却。較大的鍛件可以吹風冷却，或者是在带有水霧的气流中冷却。如果鍛件很大，如前述之冷却方法仍不能防止碳化物网析出，則应在热油或冷油中冷却。当冷却到 $180—200^{\circ}\text{C}$ 左右时，就可取出空冷。但这种冷却方法，应防止鍛件的开裂，同时为了消除冷却后在鋼件中产生的內应力，應該在不低于 $400—450^{\circ}\text{C}$ 的溫度下进行短時間的回火。

2. 退火鋼的常化：

鋼在退火后由于过热等原因，而沒有获得細粒状珠光体，而是得到層片状珠光体或者是得到不均匀的粗粒状珠光体及网状碳化物。这样的鋼在淬火后会使得工件变形、开裂、組織不均，这是不允许的。所以要进行重新热处理，即要进行第二次退火。但仅第二次退火，并不能根本改变一次退火

所造成的缺陷，必須在二次退火之前进行常化，以改善一次退火的組織，然后再按退火規程进行二次退火。

常化規程：加热到 900°C ，保温30分鐘后快速冷却，冷却速度不小于 $50^{\circ}\text{C}/\text{分鐘}$ ，当冷到 $600—650^{\circ}\text{C}$ 以下时，奥氏体已完全轉变成珠光体了，就可在此溫度下再加热进行二次退火，这样可以縮短操作時間。

常化可以在淬火与退火所使用的加热爐中进行。

三、軸承鋼的退火

鍛造后的鋼，在組織上是細層片狀的珠光体，硬度很高，布氏硬度为 $255—340^{\circ}$ ，不宜于切削加工。經過退火，可使碳化物球化，因之鋼的硬度降低，宜于切削加工，消耗功率少，机床生产率可以提高。同时退火的組織也适合于淬火的要求。因为粒状珠光体的鋼，在淬火加热时可减少过热、变形和开裂的傾向。

滚动軸承鋼退火的目的，是为了降低鋼的硬度，以便于下一步的切削加工和为了改善組織及消除內应力，为淬火做好准备。

1、退火的热規程：

一般軸承鋼的鍛件比較小，加热均匀还是比较容易达到，加热速度也不受限制。但是在成批装料时，应要求各个部分的加热速度一致，在某个溫度停留的時間也一致。因此加热速度应根据爐子的构造情况适当的确定。为了加热均匀，也可以采用阶梯形加热曲綫的方法。例如在 $300—350^{\circ}\text{C}$ 和 $700—730^{\circ}\text{C}$ （临界溫度以下）保温一段時間，目的是为了为了使整批鋼料溫度达到一致和均匀。

軸承鋼含有鉻，所以臨界點 A_{cl} 提高到 $740—760^{\circ}\text{C}$ 。為了軸承鋼的球化退火而要把鋼加熱到 A_{cl} 以上。這時有一部分碳化物溶解，細網狀碳化物也可以消除，但在奧氏體基體上，還有部分細小的碳化物粒子，當冷卻下來時，它們就成為結晶核心，可以得到粒狀的碳化物，即達到了碳化物球化的目的。一般對軸承鋼最好的退火溫度是 $780—810^{\circ}\text{C}$ 左右，實際上只要在 840°C 以下退火，在整個體積內就可以獲得粒狀珠光體。但考慮到在實際生產中，是大批裝料退火，如果溫度範圍訂得太高或太低，在整批鋼料的個別地方可能波動出溫度界限，就不能保證全部鋼料都得到合適的組織。

若退火溫度高於 840°C ，碳化物絕大部分溶解在奧氏體中，而奧氏體中成分也趨均勻化。當冷卻時，就不會獲得細粒狀珠光體，而是出現層片狀珠光體，甚至析出網狀碳化物。所以加熱溫度在整批的鋼料中不能出現高於 840°C 的地方。

在加熱低於臨界點溫度的退火，雖然沒有相變重結晶，但能使原來的細層狀珠光體中碳化物發生聚集和球化，但這需要很長時間，是生產上所不能採用的。

當軸承鋼加熱到所需要的溫度後，為了保證整個裝料容積內的溫度充分均勻，需要根據批料量的大小，保溫一定時間。重量在 $2—10$ 噸範圍內的大批裝料應有 $2—6$ 小時的保溫。

保溫以後要在爐中冷卻下來，冷卻速度決定於組織的分散度，亦即決定於退火後鋼要求的硬度。一般退火應按每小時 $10—30^{\circ}\text{C}$ 的速度冷卻，大批裝料時冷卻速度應小一些。

上述的連續冷卻退火，時間比較長。可以採用 $710—$

720°C的等溫退火。即加熱到780—810°C左右，在爐中很快的冷到710—720°C，保溫30—40分鐘，奧氏體得到完全的分解。這樣退火時間可以大大縮短。但是得到的硬度稍嫌過高，如果等溫退火溫度再提高，硬度會降低，可是會使退火時間過長，失去了等溫退火縮短時間的意義。

鍛件退火的設備是連續操作的煤氣爐或立式電爐。現在還有些工廠應用燒煤的室狀爐，常造成加熱溫度不均，加熱溫度波動也很大，如有條件應加以改進（關於所用設備參看斯大羅杜包夫：“冶金和機器製造工廠的熱處理車間設備”，有中譯本）。

2、退火缺陷：

退火缺陷有硬度不合，層片狀珠光體存在、不均勻粗粒狀珠光體及網狀碳化物。

主要原因是因為退火規程執行的不恰當，退火溫度過高或過低，保溫時間及冷卻速度不恰當所致。

當退火溫度過高時，碳化物全溶解，奧氏體均勻化，冷卻後得到的是顆粒粗大的或片層狀珠光體，使硬度不合適，切削加工性變壞。退火溫度過低，不能全部改善鍛造後的組織，仍殘留有細片層狀珠光體，而且原來的細網狀碳化物也不能消除。保溫時間過長和冷卻速度過慢，都會使碳化物過于粗大，造成硬度過低，淬火後也不能得到均勻的硬度。保溫時間太短，會使鋼材燒不透或溫度不均，造成組織的不均。冷卻速度太快，使組織分散度過大而硬度过高等等。總之，這些退火的缺陷都是由於操作不當而造成的，但它們均可通過正確操作的二次退火來改善。但是多次退火因為在Acl上下反復的交動，使碳化物聚集，會造成不均勻的粗粒