

基本馆藏

16032

科學譯叢

——技術科學：第2種——

鉻 鋼 熱 處 理

拉烏金著

科學出版社出版

756

科學譯叢

——技術科學：第2種——

鉻 鋼 熱 處 理
(軸承及工具用鋼)

Я. П. 拉烏金 著

汪元章 田德祇 譯
蔡安源

科學出版社出版

內 容 介 紹

本書依據蘇聯國立機械製造書籍出版社出版的 Я. Р. 拉烏金 (Я. Р. Раузин) 所著“鉻鋼熱處理”(Термическая обработка хромистой стали) 1950 年版譯出。

鉻鋼在機械製造業中，尤其是在滾珠軸承製造業和工具製造業中，應用特別廣泛。

原書系統地討論了滾珠軸承鋼和含鉻工具鋼的熱處理的科學根據；闡明了在各種加熱及冷卻條件下鋼的內在的變化。在這個基礎上詳盡地描述了這些鋼的熱處理實際操作，並介紹了軸承工業生產中熱處理的經驗。

本書適於工廠實際操作，技術設計，熱處理研究和教學參考之用。

本書係中國科學院金屬研究所和機電研究所的幾位同志在滾珠軸承廠參加熱處理改進工作時結合工作需要而陸續譯成的。譯稿經王景蕓同志校訂，並經張沛霖同志核閱。

鉻 鋼 熱 處 理

Термическая обработка
хромистой стали

原著者	Я. Р. Раузин
翻譯者	汪元章 蔡安源 田德誠
出版者	科 學 出 版 社 北京東四區帽兒胡同 2 號
印刷者	藝文書局鑄字印刷廠 上海嘉善路 113 號
總經售	新 華 書 店

(譯) 54053	1955 年 1 月第一版
自然: 101	1955 年 1 月第一次印刷
(滬) 0001—2,500	開本: 787×1092 1/25
字數: 157,000	印張: 10 $\frac{4}{15}$

定價: 17,000 元

原 序

滾珠軸承在現今我國機械製造業中的作用和應用是日益增加了。沒有任何機械製造業部門不利用在機器結構中使用軸承的這一有利條件。

在偉大的十月革命以前，我國是完全沒有軸承生產的。在偉大的斯大林五年計劃中給軸承製造業以很大的重視。斯大林第一個五年計劃的巨大建設項目中便包括了以 Л. М. 卡岡諾維奇 (Л. М. Каганович) 命名的第一軸承製造廠 (I ГПЗ) 在內。

蘇維埃的工程師們、技師們、斯達哈諾夫工作者們建立和承擔了祖國先進的軸承製造工藝技術，在這裏也反映出社會主義制度的優越性和蘇維埃科學的先進作用。

在改進鋼的熱加工方面我國的科學和先進的斯達哈諾夫式的實際經驗的作用發揚了特殊的光輝。軸承工業中熱加工工藝的高度水平是建立在金屬學科學的基礎之上的，而這門科學是我們偉大的 Д. К. 契爾諾夫 (Д. К. Чернов) 所開闢並為蘇維埃研究家們和實踐家們所豐富、所充實了的。

我國的工藝是建立在衛國戰爭期間發展起來的軸承工業上的。在這先進工藝的基礎上軸承工業和整個國家一齊經受了長期戰爭的考驗，保證了為我們的國民經濟和蘇維埃軍隊所必須的軸承數量。我們的社會主義軸承工業，和我們的國家一樣，

在這時候表現出比資本主義國家的工業無比的優越性。

社會主義工業巨大的增長在軸承製造業面前提出要求保證進一步提高技術的問題。這一問題在軸承工業中只有在新技術的基礎上才有解決的可能，這些新技術應當以非常的頑強性在生產中生根。這裏包括鋼錠的新生產方法，淬火和鍛壓時用電力加熱，快速熱加工的方法，生產和控制上的進一步機械化等等。所有這些方法都應當在科學的金屬學的基礎上發展。

在這本書中作者除了致力於概括和敘述鉻碳鋼熱加工的先進經驗之外，並將在已有的系統性研究的基礎上建立進步的工藝操作的科學根據，並闡明鋼在加熱和冷卻過程中的性能。

在能夠滿足現代機械製造業中要求的大量不同型號的鋼材之中，含鉻的合金鋼應用最為廣泛。

含鉻與其他合金元素結合在一起的鋼的使用幾乎涉及所有的機械製造業部門中。

鉻鋼在滾珠軸承工業中應用特別廣泛，它們被分為獨立的一類，以 IIIX 6—III X 15 型號規定了全蘇聯通用的標準。

年輕的、發展迅速的蘇維埃工業中的一個部門——軸承製造業，既然被賦予保證高速發展技術的使命，對於使用的鋼材和它的熱加工都提出了更高的要求。這種要求決定於在高速條件下的高承壓性，這是滾珠軸承在使用時特殊需要的性能。

做工具用的含鉻鋼有：X，XГ，XBГ 及其他型號的鋼。

這些種鋼是用來製造各種形式的冷壓模子、量具、刀具、測量儀器的零件、冷軋機上的軋滾和附屬設備（偏心輪、銷子、擋板）等等。

這一組鋼的特點是鋼號上帶 X 字含 1.0% C 及 1.5% Cr。

III X 15(X) 型鋼熱加工基礎的原理如下：

當 1.5% Cr 存在於鋼內時，在組成碳化物的特點上與過共析碳鋼相較區別很少。它也有以鐵為基礎的碳化物 $(Fe, Cr)_3C$ ，這種碳化物 和 碳化鐵的區別是在其中溶解有鉻。在這種情況下，與碳鋼相較，1.5% Cr 的存在並不改變所敘述的現象的特點，而只是減緩了整個有關碳化物溶解，固溶體的飽和度和分解的過程。

這本書的任務就是要論證鉻碳鋼合理的熱加工規程和敘述軸承工業的生產經驗。

書中非常全面的研究了鉻碳鋼在軸承生產上的應用。因為這些鋼同時也廣泛的使用到工具工業上，所以對鉻碳鋼熱處理的敘述將適當地擴大到工具的製造方面。

目 錄

原序	i
第一章 過共析鉻碳鋼	1
1. 用於機械製造的鉻碳鋼成分	1
滾珠及滾柱軸承鋼	1
工具鋼	5
2. 鉻對過共析鋼的性質的影響	7
3. 錳對鋼的性能的影響	13
第二章 熱機械加工	15
1. 熱規程的一般基礎	15
加熱速度	15
加熱溫度	17
鍛件的冷卻	28
2. 熱機械加工的實際操作	29
在鍛錘下的鍛造與模壓	29
在臥式鍛造機上模鍛軸套	31
軸套與滾珠的半熱模壓法	34
軸套的熱軋(熱滾壓)	37
第三章 鍛造鋼的正火	40
第四章 鍛件的退火	47
1. 退火的目的是	47

2. 退火的熱規程	47
加熱速度	48
加熱溫度	49
保溫的持續時間	55
冷卻速度	56
等溫退火	58
3. 退火對鉻碳鋼加工性能的影響	60
4. 退火操作的實際進行	66
5. 退火缺陷	72
層片狀珠光體	72
不均匀粗粒狀珠光體	74
網狀碳化物	75
硬度不適合	75
第五章 退火鋼的正火	76
第六章 原組織對淬火鋼的組織和性能的影響	80
1. 原組織對珠光體轉變為奧氏體的影響	80
2. 原組織對固溶體的組織及成分的影響	88
晶粒度(晶粒大小)	88
固溶體的成分	96
淬火鋼的組織	100
3. 原組織對淬火鋼機械性能的影響	105
淬火鋼的硬度	105
淬火鋼的強度	107
衝擊強度	109
耐磨性	110
對長時間的變動負荷的抵抗力(疲勞抵抗力)	113

4. 原組織對淬火作業操作的影響	117
許可的淬火溫度範圍	117
淬火時的開裂	120
5. 實用中對原組織的選擇	122
第七章 過共析鉻碳鋼的淬火	126
1. 加熱	126
加熱速度	126
加熱溫度	127
保溫	129
2. 冷卻	130
臨界冷卻速度	131
馬氏體的轉變	136
冷卻液	139
3. 滾動軸承零件淬火的實際操作	144
軸套	144
滾柱	146
滾珠	151
大型零件的淬火	153
薄壁製品的等溫與分級淬火	164
4. 淬火缺陷及其防止方法	173
扭曲	173
尺寸改變	176
不適當的組織與硬度	183
淬火開裂	188
軟點	190
氧化與脫碳	194
第八章 淬火鉻碳鋼的回火	201

第九章 模子和工具的熱處理	210
模子類型的工具(冷壓用)	210
機械零件和附屬裝置	217
量具	218
切削工具	218
第十章 淬火製品的尺寸穩定化	221
1. 應力狀態的穩定化	222
2. 馬氏體的穩定化	227
3. 殘留奧氏體的穩定化	230
4. 結論	239
參考文獻	241

第一章 過共析鉻碳鋼

1. 用於機械製造的鉻碳鋼成分

過共析鉻碳鋼在機械製造中主要有兩種用途：

- a) 滾珠及轉子(滾柱)軸承鋼;
- б) 工具鋼。

滾珠及滾柱軸承鋼

滾珠及轉子軸承鋼是結構鋼中之一類，按其成分及性能來說，屬於工具鋼。

全蘇國定標準¹⁾規定下列鉻碳鋼為軸承鋼(表1)。

表 1

鋼 種	化 學 成 分					
	碳	鉻	錳	矽	硫	磷
ШХ 6	1.05—1.15	0.40—0.70	0.20—0.40	0.15—0.35	<0.020	<0.027
ШХ 9	1.00—1.10	0.90—1.20	0.20—0.40	0.15—0.35	<0.020	<0.027
ШХ 15	0.95—1.10	1.30—1.65	0.20—0.40	0.15—0.35	<0.020	<0.027
ШХ 15Г	0.90—1.10	1.30—1.65	0.90—1.20	0.40—0.65	<0.020	<0.027

各鋼種含銀不應超過 0.3%，含銅不應超過 0.25%。

在軸承製造中用得最多的是 ШХ 15，可製軸套、大型轉

1) ГОСТ 801-47。

子及滾珠。小的轉子及滾珠用 IIX 9 及 IIX 6 製作，鉻含量之所以隨滾珠尺寸的減少而降低是因為要平衡淬火作用的影響，淬火物體積愈小，淬火作用愈劇烈。

表 2 上的數據代表不同尺寸工作物使用不同含鉻量的鋼。

表 2

鋼 種	鉻含量(%)	製造滾珠的尺寸(毫米)	製造轉子的尺寸(毫米)
IIX 6	0.40—0.70	<13.5(17/32")	直徑 <10.0
IIX 9	0.90—1.20	13.5(17/32")—22.5(7/8")	直徑 10.0—15.0
IIX 15	1.30—1.65	>22.5(15/16")	直徑 15.0—50

為統一軸承鋼種類起見，直徑小於 10.0 毫米的軸套宜於用 IIX 6 鋼製作，直徑為 10.0—15.0 毫米用 IIX 9 鋼製作。

鉻錳鋼 IIX 15 CF 近來被用於巨型軸承（厚度 > 30 毫米）的生產，以改善它的淬火性能。

滾動軸承廣泛採用鉻碳鋼的事實可用下列原因解釋：因其為低合金鋼，價格便宜，同時具有許多優點：高強度、高的耐疲勞及耐磨性能。

軸承鋼是在電爐中冶煉的。但若有能煉出純淨的鋼的相當原料，也可以在酸性馬丁爐中冶煉。一般的平爐鋼僅當在冶煉時不含非金屬夾雜物，方能用於軸承。但因一般的平爐不能保證冶煉時純淨的程度，所以這種鋼用於軸承是不恰當的。

軸承製造要求鋼含非金屬夾雜物的純淨程度是很嚴格的。在特殊鋼中對減除鋼中夾雜物、氣體、碳化物偏析的要求以滾珠軸承鋼為最高。

對滾動軸承有這樣高的要求是因為滾動軸承要在硬化狀態承受高的、集中的、反覆變化的負荷，同時產生嚴重的磨損。非金屬夾雜物在滾動面上所引起的缺陷會顯著地減低軸承壽命，因此鋼中不均勻的組織、非金屬夾雜物便受到嚴格的限制。

表3說明能容許的夾雜物和不均勻的組織的最大限度（依照ГОСТ 801—47）

表3

鋼之種類	氧	硫	碳化物偏析	總點數
	點數不大於			
冷拔鋼	2	2	1	4
熱軋退火鋼	2.5	2.5	1.5	5
熱軋退火鋼	3	2.5	3	6

除了在冶金上的一致性、無裂紋及氣孔外，軸承鋼還要求在性能方面，特別是硬度的高度一致性，並應具有最高的化學均勻性。雜質應限制在極小的範圍內。這已經部分地反映在全蘇國定標準所規定的軸承鋼的成分中。但是應該注意，ШХ15鋼的碳含量的變動範圍很大。

有害的雜質在軸承鋼中的含量應當非常低。

硫含量的增高，使得硫化物的含量和它們尺寸都變大，這對工作面和運轉槽的金屬薄層特別不好。因為會引起呈剝皮狀或開裂狀的過早的磨損。磷含量增高會促進晶粒變大，並且使脆性增加，軸承零件因而對動力負荷變得敏感，在正常的熱處理規程下，淬火時，特別是研磨時形成裂紋的傾向急劇增大，

靜力及動力強度顯著減小。因此全蘇國定標準 (ГОСТ) 規定硫的含量不得超過 0.020%，磷的含量不超過 0.027%，二者的總量不應超過 0.045%。

由於鋼錠中碳化物偏析的結果而生成的碳化物帶，也像非金屬夾雜物一樣，能成為破裂的起點，生成細小的裂紋，因此成為軸承過早破壞的原因。

因此，還沒有經過熱機械加工的軸承鋼中不允許有碳化物的偏析（表 3），允許存在的只是因碳化物不均勻分佈而產生的能夠用熱處理方法改正的小的碳化物條帶。固然這也是不好的。

一些偶然的雜質——滾珠軸承鋼中的銅及鎳，因為會在淬火後引起鋼在性質上的不良變化，許可的含量不大於 0.25%—0.35%。

軸承鋼是在熱軋之後或者是以冷拔成一定直徑的鋼棍或鋼絲形式供給機械製造廠的。熱軋鋼供在軸承工廠進行熱機械加工之用。例外的是一小部分斷面小的鋼材和管子，這是在退火後供給軸承工廠，可以立即在機床上施行機械加工的。

在這種情況下，鋼應具有均勻粒狀珠光體的組織。照蘇聯國定標準，硬度應為布氏硬度 170—207（印痕直徑 $d=4.2 \div 4.6$ ）為了在淬火後能獲得優良組織，理想的硬度容許範圍應縮小到布氏硬度 187—207（ $d=4.2 \div 4.4$ ）。

退火的 ШХ 15 鋼應有如下的機械性能：

張力強度極限	65—70 千克/平方毫米
延伸率	≥ 15%
斷面收縮率	≥ 35%

所採用的 IIIХ 6—IIIХ 15 鋼的彈性係數等於 21,000 千克/平方毫米。

除了分析宏觀和微觀組織外，還應分別察看鋼的壓縮變形和斷面（在原狀態和淬火後）。

工 具 鋼

全蘇國定標準¹⁾ 規定以下幾類鉻碳合金鋼為工具合金鋼。

表 4

鋼 種		化 學 成 分 %			
		碳	鉻	錳	矽
第一類	9 X	0.80—0.95	1.4—1.7	0.25—0.35	0.25—0.45
	X ²⁾	0.95—1.1	1.3—1.6	≤0.40	≤0.35
	X 09 ³⁾	0.95—1.1	0.75—1.05	≤0.40	≤0.35
第二類	X 05	1.25—1.40	0.4—0.6	0.2—0.4	≤0.35
	XГ	1.3—1.50	1.3—1.6	0.45—0.70	≤0.35

還有一類鋼其中含少量錳、矽、鎢。

這些鉻錳鎢鋼和鉻矽鋼有下列成分（表 5）。

表 5

鋼 種	化 學 成 分 %				
	碳	鉻	錳	鎢	矽
XБГ	0.80—1.05	0.9—1.2	0.8—1.1	1.2—1.6	0.15—0.35
9ХБГ	0.85—0.95	0.5—0.8	0.9—1.2	0.5—0.8	0.15—0.35
9ХС	0.85—0.95	0.95—1.25	0.3—0.6	—	1.20—1.60

1) ГОСТ 14958-39。

2) 其碳及鉻含量相當 IIIХ 15 鋼。

3) 其碳及鉻含量相當於 IIIХ 9 鋼。

上面所舉幾類鋼的用途相近，在機械製造中廣泛使用，用這些鋼可以製造：

(1) 模鍛及其他工具：拉延、彎曲、切割及鑿伐等。鍛模用的陰陽模子、打印模、打印用陽模、滾壓用的螺絲板等等。

(X, X 09, 9 XC, XГ, 9 XBГ);

(2) 量具：卡規、模範、量規、量儀上的工作零件、螺紋規。(XГ, XBГ, 9 XBГ, X, X 05);

(3) 機件：偏心凸輪、冷軋用的軸桿、導棍及軋棍、梳形刀、附屬裝置(凸輪、銷子、擋板)等等。(9 X, X, X 09 等);

(4) 切削工具：在不引起激烈發熱的切削操作規則下工作的工具：

切刀、鑽頭、絞刀、絲錐、螺絲板、銼刀等。(9 XC, X 05, XBГ, XГ, X 等)°。

所有以前有關軸承鎢碳鋼的敘述，也可用之於工具鋼。但是大多數工具(切削工具除外)沖模及卡具的平均負荷比之軸承零件要低。為保證軸承使用效能，軸承鋼的物理及化學性能不能低於某個安全極限。在這方面，對工具鋼的要求就要低很多。雖然是這樣，氣泡、裂紋、爐渣夾灰等等仍是不允許的。但除去少數例外，對工具鋼可不進行非金屬夾雜物計點的組織檢查。由斷面來檢驗鋼的質量，其斷面應該是細晶粒。也像對軸承鋼一樣，在此場合下也要進行淬火試驗，硬度應保證在 $R_c = 62 \div 64$ (C 標)。工具鋼一般是在退火後供應，供應時硬度應為：

X, 9 X, X 09 等鋼——布氏硬度 187—229 ($d = 4.0 \div 4.4$)

XГ, X 05, 9 XC, 9 XBГ 等鋼——布氏硬度 197—241
($d=3.9 \div 4.3$)

XBГ 鋼——布氏硬度 207—255 ($d=3.8 \div 4.2$)

可以看出，工具鋼所允許的硬度稍高於相同成分的軸承鋼所容許的硬度，這是因為工具鋼是在萬能機床上加工，和軸承鋼要在生產率高的自動或半自動式的機床上加工是不同的。

這樣我們所考察過的幾種鋼，成為一類鉻碳鋼，其含量為 0.8—1.3% 的碳和 0.5—2.0% 的鉻。

這些鋼中用得最多而且最有代表性的是 IX 15 (X) 鋼，含碳量 ~1.0%，含鉻量 1.5%。

在上列諸鋼種中，IX 15 (X) 的熱處理規程及其基礎是最典型的。為了這個緣故，在下面的討論中大部分的敘述都以它為對象。

2. 鉻對過共析鋼的性質的影響

鉻是一種形成碳化物的原素，其原子結晶結構與 α 鐵類似，也就是說，鉻有着體心立方晶格，晶格參數為 2.876 Å。鉻的比重為 7.1 克/厘米³，在 20° 時的膨脹係數等於 8.2×10^{-6} ，它的熔點為 1615°C。

固態的鐵鉻合金形成一系列連續的固溶體，固溶體的 γ 區域受鉻的影響而縮小。因為鉻的原子結晶結構與 α 鐵相似，隨鉻的加入， α 鐵轉變為 γ 鐵便困難些。

圖 1 是鐵鉻系的平衡圖^[1,15]。