

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本

鋼鐵熱處理

上 冊

И. Е. КОНТОРОВИЧ 著

北京鋼鐵工業學院金相及熱處理教研組譯

中央人民政府高等教育部推薦
高等學校教材試用本



鋼 鐵 熱 處 理

上 冊

И. Е. 康 托 羅 維 奇 著

北京鋼鐵工業學院金相及熱處理教研組譯

龍 門 聯 合 書 局

本書係根據蘇聯國營黑色冶金及有色冶金科技出版社(Государственное научно-техническое издательство литературы по черной и цветной металлургии)出版的技術科學博士康托羅維奇(И. Е. Конторович)教授所著“鋼鐵熱處理”(Термическая обработка стали и чугуна) 1951年版譯出。原書經蘇聯高等教育部審定為高等工業學校教學參考書。可供冶金、機械製造及其它高等工業學校教材之用。

本書分兩冊出版。上冊內容為鋼的熱處理及化學熱處理的基本原理及實際操作。下冊內容為合金鋼的原理及分論與鑄鐵的熱處理。

參加本書翻譯和校對工作的為北京鋼鐵工業學院金相及熱處理教研組章守華、楊讓、賴和怡、高瑞珍、宋維錫、孫明久、宋沂生、姜祖賢、任懷亮等九位同志。最後經過錫霖、方正知、章守華等三同志審閱。

鋼 鐵 熱 處 理

上 冊

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА
СТАЛИ И ЧУГУНА

И. Е. КОНТОРОВИЧ 著

北京鋼鐵工業學院金相及熱處理教研組譯

★版權所有★

龍 門 聯 合 書 局 出 版

上海南京東路61號101室

中國圖書發行公司總經售

啓 智 印 刷 廠 印 刷

上海自忠路239弄28號

1953年9月初版 印數0001—6000冊

定價 ¥ 16,000

上海市書刊出版業營業許可證出 029 號

原 序

本書和前版比較起來，是以近年來所發表的新資料予以擴充的。奧司金體的等溫轉變和鋼的淬火及回火的理論等問題的闡明較之前版比較完善。蘇維埃學者們所研究出來的低溫氰化法和氣體氰化法、電熱回火法、零下溫度硬化法和其它處理方法，以及鋼的滲鋁法、滲鉻法與滲砂法等的研究報告也予以引證。

本書關於特殊鋼的部份大大地擴充了。在闡明三元及更複雜的鋼的有關資料以前，先有幾章討論合金元素對於鋼的轉變及性質影響的一般規律。更廣泛地討論到爲了不同使用目的所採用的各種鋼類。除了結構鋼和高速鋼以外，分章敘述了不銹鋼、耐熱鋼、磁鋼等等。

關於鑄鐵及其熱處理和性質，重新分成一篇。在這篇中，除了鑄鐵的熱處理方法以外，也討論到用改良處理來改進鑄鐵的組織及性質的方法。關於鑄鐵的熱處理方面列入單獨一章。

院士 H. T. 顧德錯夫、技術科學博士 B. E. 伏羅維克教授、技術科學博士 K. Ф. 斯塔洛杜波夫教授、技術科學博士 H. Ф. 波爾霍維基諾夫教授、技術科學博士 A. П. 顧立亞耶夫教授、技術科學博士 B. Г. 李夫希次教授、物理數學科學博士 M. И. 札哈洛娃和技術科學碩士 И. В. 巴依索夫副教授參加了本書原稿的審查及評閱。作者對他們的許多寶貴的批評和意見謹致衷心地感謝。

作 者

目 錄

原序	
緒論	1
前言——鑄鋼的組織及缺陷	16

第 一 部 份

鋼的熱處理及化學熱處理

第 一 篇

鋼 的 熱 處 理

第一章 鋼在加熱時的轉變及其組織	25
§ 1. 熱處理的作用和意義	25
§ 2. 鋼的熱處理方法一般的特徵	26
§ 3. 加熱時的轉變	28
§ 4. 關於鋼的晶粒大小底概念	34
§ 5. 奧司金體晶粒大小測定的方法	41
§ 6. 加熱溫度對於奧司金體晶粒大小的影響	43
§ 7. 預先的處理對奧司金體晶粒長大的影響	46

§ 8. 預先的冷塑性變形對於純鐵體晶粒長大的影響·····	48
第二章 鋼的退火·····	52
§ 9. 退火的種類和目的。緩慢冷卻時奧司金體的轉變·····	52
§ 10. 退火對於組織的影響·····	54
§ 11. 鋼的反常性·····	61
§ 12. 退火對鋼的性質的影響·····	62
§ 13. 退火的應用·····	65
第三章 過冷奧司金體的轉變·····	68
§ 14. 連續冷卻時奧司金體的轉變·····	68
§ 15. 馬金體的轉變·····	72
§ 16. 淬火鋼中的殘留奧司金體·····	76
§ 17. 奧司金體的均勻度對轉變產物的影響·····	78
§ 18. 奧司金體在恆溫時的轉變(奧司金體等溫相變)·····	81
§ 19. 奧司金體轉變的動力學·····	83
§ 20. 珠光體的轉變機構·····	85
§ 21. 馬金體的轉變機構·····	87
§ 22. 奧司金體轉變成針狀屈司體的機構·····	91
§ 23. 在等溫停留與連續冷卻時,奧司金體轉變之間的關係·····	98
§ 24. 各種不同因素對奧司金體分解的影響·····	99
§ 25. 淬火鋼的性質和組織·····	102
第四章 鋼的淬火操作·····	108
§ 26. 淬火的目的是進行淬火的實際條件·····	108
§ 27. 淬火的應用·····	115
§ 28. 淬火以後的內應力·····	116
§ 29. 鋼的分級淬火與等溫淬火·····	120

§ 30. 在零度以下的溫度鋼的硬化(冷處理).....	127
§ 31. 鋼的可硬性.....	128
§ 32. 鋼的表面電熱淬火法.....	140
第五章 加熱時馬金體的轉變。鋼的回火	152
§ 33. 回火的目的是本質.....	152
§ 34. 淬火鋼的物理性質在回火時的變化.....	153
§ 35. 回火產物的本質.....	155
§ 36. 馬金體與殘留奧司金體的回火產物底顯微組織.....	159
§ 37. 回火對於鋼的機械性質的影響.....	160
§ 38. 淬火時的過熱對回火後鋼的機械性質的影響.....	166
§ 39. 回火後鋼的脆性.....	169
第六章 鋼的回火操作.....	180
§ 40. 回火條件的選擇.....	180
§ 41. 鋼的電熱回火.....	181
§ 42. 回火對內應力大小的影響.....	184
§ 43. 單一熱處理.....	187
§ 44. 索比體化處理.....	188
§ 45. 鉛淬火.....	190
§ 46. 調質.....	193
§ 47. 常化.....	195
第七章 鐵合金的分散硬化.....	197
§ 48. 合金分散硬化的本質和原因.....	197
§ 49. 分散硬化後合金的性質.....	199
§ 50. 分散硬化的機構.....	201
§ 51. 鐵合金的分散硬化.....	204

第 二 篇

鋼的化學熱處理

第八章 鐵與周圍介質的平衡條件及相互作用的條件·····	209
§ 52. 總論：鐵與氣體介質的平衡條件·····	209
§ 53. 熱處理時擴散的作用·····	217
第九章 鋼的脫碳及氧化·····	220
§ 54. 爐氣成分的影響·····	221
§ 55. 保護氣氛的選擇·····	224
第十章 鋼的滲炭·····	229
§ 56. 滲炭過程的實質·····	229
§ 57. 滲炭條件的選擇·····	235
§ 58. 用固體滲炭劑滲炭·····	236
§ 59. 氣體滲炭·····	243
§ 60. 進行氣體滲炭的方法·····	244
§ 61. 滲炭層的組織和性質·····	248
§ 62. 滲炭後的熱處理·····	249
第十一章 鋼的滲氮·····	253
§ 63. 操作的實質。滲氮層的組織·····	253
§ 64. 滲氮過程進行的條件及化學原理·····	258
§ 65. 滲氮鋼的性質·····	265
§ 66. 滲氮的實際操作及其控制·····	270
第十二章 鋼的氰化·····	272
§ 67. 過程的化學原理。在熔鹽中的氰化。鹽池的成分·····	272

§ 68. 溫度和停留時間對氰化過程的影響。在氰化層中碳和氮的濃度.....	274
§ 69. 液體滲炭.....	275
§ 70. 氰化層的熱處理、組織和性質	279
§ 71. 低溫氰化.....	280
§ 72. 鋼的氣體氰化及其進行方法.....	282
第十三章 用鋁、鉻和矽飽和鐵的表面	288
§ 73. 鋼的滲鋁.....	288
§ 74. 鋼的滲鉻.....	293
§ 75. 鋼的滲矽.....	299
人名、地名和廠名對照表	301
名詞對照表.....	304

緒 論

著名的俄國科學家,巴維爾·彼特洛維奇·阿諾索夫及德米特立衣·康斯坦基諾維奇·契爾諾夫是科學的金屬學及合金熱處理的奠基者。

他們的偉大發現是關於金屬和合金及其組織結構的轉變、性質以及改善它們底方法的現代知識底起源。

П. П. 阿諾索夫是世界上運用顯微鏡於金屬科學中的首創者。冶金學者們在改進鋼的品質的鬥爭中獲得了強有力的武器,就是金屬的顯微研究。



П. П. 阿諾索夫
(1797—1851)

Д. К. 契爾諾夫藉着鋼的臨界點(契爾諾夫臨界點 a 和 b)的天才

發現,使金屬的熱處理從手工藝轉變成真正的科學。Д. К. 契爾諾夫也確定了合金結晶及變形的基本規律,這些基本規律雖然從它發現的時候起已經經歷好幾十年,但是到現在還保持着它本身的價值。Д. К. 契爾諾夫的發現對於鐵碳合金及其它合金理論的發展起着巨大的影響。

巴維爾·彼特洛維奇·阿諾索夫(1797—1851)在1817年畢業於採礦工程師訓練團(現在是列寧格勒採礦學院),他是第一名,又是金質

獎章的獲得者，畢業後，即往茲拉托烏斯托夫工廠，在那裏一直工作了三十年（到1847年）。烏拉爾在過去是俄羅斯的主要冶金基地，當時鐵是用昂貴及小產量的炒鐵方法生產的。П. П. 阿諾索夫在探求優質鑄鋼的製造方法方面所作的研究，如在他的經典著作“關於達馬司革鋼”（即劍鋼——譯者）中所敘述的，是他在茲拉托烏斯托夫工廠中最著名的事業之一。

П. П. 阿諾索夫企圖得到具有良好機械性質：硬度、強度及韌性的鋼。達馬司革鋼上的花紋可作為估計鋼的品質的外在標誌。但是在有些鋼上花紋太少。那時（在1831年）П. П. 阿諾索夫提出卓越的意見，利用顯微鏡來研究它們。

在“關於達馬司革鋼”書中，有着一系列的如下的記載：「花紋在顯微鏡下微微的顯露」；「在顯微鏡下有些地方可以看見細小花紋」；「在顯微鏡下有些地方可以看見與達馬司革鋼相類似的花紋」。必須着重指出，П. П. 阿諾索夫是世界上使用顯微鏡研究金屬的首創者；要比英國人索比早三十多年，過去認為索比是首創使用顯微鏡來作金屬組織的研究，這是不正確的。П. П. 阿諾索夫也是第一個注意到合金性質發生改變的原因是在於顯微組織及粗型組織的改變，他也採用顯微鏡來研究爐渣。

在1833年 П. П. 阿諾索夫在熔化熟鐵和石墨時，得到優質鋼，由此鋼鍛成帶有「哈拉撒」花紋的「第一把真正達馬司革鋼的劍」。其後，用石墨和鐵礦熔煉時得到同樣的結果。這是冶金學中巨大的發現，因為直到那時，誰都沒有能夠從礦石熔煉成可鍛的金屬。П. П. 阿諾索夫認為古代的達馬司革鋼就是用同樣的方法得到的，因為即使在技術水平很低的時候，這個方法也是可以實現的。

П. П. 阿諾索夫也研究過熱處理的問題。他確定了鋼在退火以後

[較易鍛造，鑄品較柔韌，淬火中損壞較少，並且試驗結果較堅強]，而英國的冶金學者們[未能很好地注意到在不同情況退火時鋼內的變化]。

П. П. 阿諾索夫曾將劍淬火於水、油及壓縮空氣中。按照他的意見：淬火於熱油中，淬火的物件較堅韌，因為油液具有大的流動性，並且很快的將鋼冷卻。這就說明了 П. П. 阿諾索夫聰敏的智慧，不滿足於事實，並總是尋求事實的解釋。П. П. 阿諾索夫仔細地研究了鋼的回火問題，指出在黃的氧化色時物件達到最大的堅硬度，在深藍色時達到最大的彈性，在綠色時彈性開始消失。П. П. 阿諾索夫曾經這樣寫着：「由好的達馬司革鋼所製造出來的劍身，很好地磨出銳刃，並且很合適地進行淬火，當彎曲時可以既不折斷，也不彎曲到以致失去彈性的程度；當彎曲到直角時，它不會折斷，並被弄直時，它不喪失原有的彈性。無疑的，它未達到鋼的彈性的極限」。

П. П. 阿諾索夫研究出用壓縮空氣進行鑷刀淬火的方法。他的鑷刀在品質上遠遠超過了瑞士沙夫豪森的和奧地利石泰爾馬克的以及英國的。在 1838 年為了改善鑷刀的生產，莫斯科農業經濟學會給予 П. П. 阿諾索夫金質獎章。П. П. 阿諾索夫在優質鋼的生產和加工方面的努力，為茲拉托烏斯托夫工廠的生產技術奠定了基礎。這個工廠鑄鋼業的先進經驗很快地推廣到其它工廠。

採礦工程師 П. М. 郭布霍夫根據了茲拉托烏斯托夫工廠的經驗與傳統，大大地改善了生產的方法，並獲得了顯著的成績。郭布霍夫的鋼具有優良的品質。用此鋼製成的炮及槍筒，在試用時得到光輝的成就，經受 4000 發射擊不致損壞。

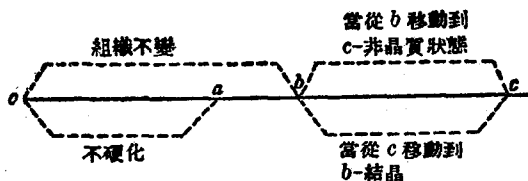
六十年代初，按照計劃，在郭布霍夫的領導下，在別傑爾堡格建立了有名的郭布霍夫工廠，即現代的“布爾什維克”工廠。在 1866 年德米特立衣·康斯坦基諾維奇·契爾諾夫被邀請到那裏去改進鋼炮的加

工方法。Д. К. 契爾諾夫在短期內所獲得的輝煌成就，開創了金屬科學的偉大時代，因而聞名世界。他首先建立了金屬學的科學基礎，促使重新研究並改善當時所採用的鋼的加工方法。

遠在鐵碳合金組成圖被研究出以前，Д. К. 契爾諾夫就確定了鋼的組織變化發生於特定的溫度，即現在大家所知道的契爾諾夫的 a 及 b 點。1868 年在對工業學會所宣讀的“對於拉夫托夫及卡拉庫次基先生們關於鋼及其工具論文的嚴格評論及 Д. К. 契爾諾夫對同一題目的個人研究”的報告中，Д. К. 契爾諾夫曾敘述如下：

「從坩鍋中取出鑄成的鋼塊，如果曾經讓它像我所指出的那樣，非常緩慢地冷卻，這個鋼塊是結晶質。如果您把這鋼塊加熱到亮紅色熾熱時，再讓它冷卻，並不進行任何機械加工，那末在折斷後您就看出它的組織改變了。

爲了明顯地表示鋼由於加熱而發生組織改變的規律，我畫一直線，在此直線上，如同在溫度計格度上一樣，記下相當於某些一定溫度的若干特定點。



用 o 點表示溫度計格度的零點， a 點表示暗櫻紅色， b 點表示不發亮的紅色， c 點作爲此鋼的熔化溫度。 a 、 b 及 c 點在格度上沒有一定不變的位置，隨着鋼的性質而移動（對於純鋼而言，這種移動是直接決定於鋼中碳的含量百分數）；鋼愈硬，這些點就愈趨近於零點，而鋼愈軟，這些點就離開零點愈遠，一般地說是以不同的速度而移動的。移動的範圍是相當狹窄的，例如，對於沒有經驗的眼睛就未必能察覺出這些移

動。當不可能採用物理儀器測量這些溫度時，我不得不限於根據熾熱的顏色來描述它們，只有有經驗的眼睛才能區別所有這些色彩；我認為必須補充說明，上面所指的熾熱的顏色是關於硬的與中級鋼的；至於最軟的近於鐵的鋼類， α 及 b 點已經是離開 o 點很遠，例如，鐵的 b 點相當於白熱。

α 點的意義如下：無論鋼是怎樣硬，當在 α 點以下加熱時，無論怎樣快地冷卻它，不會發生硬化，它變得較軟，比較容易鋸開¹。

[b 點的意義：鋼被加熱到 b 點以下，其後緩慢地或急速地冷卻，它不改變本身的組織¹。

[鋼的溫度剛升高到 b 點，鋼塊立刻很快地從晶粒狀（或一般的說晶質的）過渡到非晶質的（似臘質的）狀態²，當繼續加熱時，這種狀態保持到它的熔點，即到 c 點¹。

[所以我說，爲了保持非晶質的狀態，並增加鋼錠的強度，必須在加熱以後，把它浸沒於水中。也可以浸沒在油中，但是首先油很貴，其次需要防止油的發火¹。

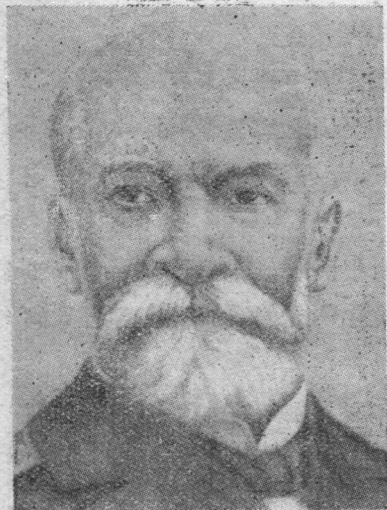
[我用這意見來作結束，即按照我的判斷，不僅是所有鋼製的炮兵武器，而且一般所有鋼的製品，例如車箱及火車的軸、結構架、機器的軸等，都必須經過我所提出的操作¹。

奠定科學的金屬學基礎的臨界點的天才發現是在羅勃特-奧司金作出第一個鐵碳合金 ($Fe-Fe_3C$) 組成圖的卅五年以前。Д. К. 契爾諾夫就是這樣地創立了當時的科學，以致在 1893 年美國冶金學家索維爾在芝加哥礦業及冶金會議上作下述題目的講演‘顯微金相之應用於鋼軌生產’，法國冶金學者歐斯孟德指出，索維爾提出的情況是確鑿的，可是所有這些都是根據 Д. К. 契爾諾夫最早確定的、記載於他的有價值的

● 這種過渡完全像物態的變化 (Д. К. 契爾諾夫 1914 年所註解的)。

備忘錄中的規律。

在 1878 年 Д. К. 契爾諾夫在工業學會的會議上發表一篇“關於鑄鋼錠組織的研究”的報告，在這裏面提出來了嚴整地，輝煌卓著地研究鋼的結晶理論。這個理論至今仍不失其本身的意義。



Д. К. 契爾諾夫
(1839—1921)

在 1884 年的“關於加工鋼的一些新觀察的綜述”著作中，Д. К. 契爾諾夫提出關於金屬壓力加工一系列的問題，並擬定金屬學中新的篇章——關於塑性變形的學說。這個著作在 1902 年被譯成法文發表，歐斯孟德在法文譯本的註解中寫道：「在 1884 年發表的備忘錄的譯文中，看起來彷彿是昨天剛寫成的。著者是著名的契爾諾夫教授，他在鋼的加工方面所作的研究，對於鋼鐵冶金的發展有着如此巨大的作用，再一次表示出他是現代的先驅者」。

這樣，Д. К. 契爾諾夫，沒有測量溫度的儀器，用肉眼來確定溫度及金屬斷面的組織，首先發現了鋼的臨界點，發展了把鋼作為結晶集合體的科學，確定了硬化的原因及其對於強度的影響，並且也指出了硬化應用於許多鋼件生產的必要性。Д. К. 契爾諾夫建立了一系列的規律與條件，這些規律與條件至今仍是鋼的熱加工和熱處理科學的基礎。

Д. К. 契爾諾夫因自己的發現而聞名全世界，他被選為米哈依洛夫炮兵學院，別傑爾堡格工業學院的名譽委員，俄羅斯工業學會和別傑爾堡格工業學會的名譽會員，俄羅斯冶金學會及其他學會的名譽主席。

他被認為是「金相學之父」。他也是合金熱處理科學之父，這個科學的基礎是奠定在他所發現的臨界點上的。

A. K. 契爾諾夫的發現對於冶金工業及金屬加工工業的發展有着很大的影響。1900年在巴黎舉行的全世界展覽會上，在第一次檢驗專家及冶金專家的委員會的會議上，法國一大冶金工廠鮑爾·孟果立費的經理評定 A. K. 契爾諾夫工作的價值：「我認為我有責任當着這樣多的專家面前公開地宣稱，我們的工廠以及所有鑄鋼業應當以現代我們的大規模發展及成績來感謝俄羅斯工程師 A. K. 契爾諾夫的著作和研究。請你們以全冶金工業的名義對他表示真誠的謝忱」。

H. B. 卡拉庫次基是十九世紀後半期和 A. K. 契爾諾夫同時的傑出冶金學家，炮兵少將，在茲拉托烏斯托夫冶金工廠中工作。為炮兵系統方面研究改進巨大鑄件的品質問題和提高炮筒使用壽命問題，他在金屬學中曾有很很有價值的貢獻。H. B. 卡拉庫次基發現了鑄鋼中偏析的作用，鋼錠中氣孔及縮穴的分佈的基本工作都是屬於他的。關於這些工作，A. K. 契爾諾夫敘述如下：「我們的文獻必須以拉夫洛夫及卡拉庫次基的著作而自豪；他們首先說明關於鋼錠中氣孔的分佈及其對熔煉和澆鑄情況的依賴關係，關於鋼的密度在鋼錠中不同位置的分佈及其化學成分的不均勻性等等……」。

鑄件中內應力的發現的優先地位也是屬於 H. B. 卡拉庫次基的。他首先確定鑄件中內應力的存在，這個內應力提高或降低製品的強度，並決定於這些製品的形狀和冷卻速度。關於這個問題的材料，第一次發表於1867年的炮兵雜誌（第5, 7, 9及10期），後來才以「鑄鐵及鋼中內應力的研究（1887, СПб）」單行本出版，而被積極採用。H. B. 卡拉庫次基首先提出用按照次序切取圈環的方法來使內應力顯現並作定量的測定，認為這個方法的發明是屬於德國人格因和巴烏耶爾的，這是

不正確的。內應力對於製品的強度的作用是很大的，直至現在，內應力的影響仍不斷的在研究着。十九世紀俄羅斯傑出的冶金學者的發現引起了二十世紀第五十年代的工程師們的特別注意，此時才開始加緊地研究這些問題。

A. A. 烈灼塔爾斯基是鄂布霍夫工廠中 Д. К. 契爾諾夫晚年的助手。A. A. 烈灼塔爾斯基繼續並發展了他先生的事業，而且在車間的實踐中廣泛地運用金屬的科學研究方法。在 1895 年，在鄂布霍夫工廠他爲了控制裝甲鋼和大炮鋼的生產，籌建了俄羅斯第一個顯微照相（金相）實驗室，很快的成爲其他冶金工廠建立類似實驗室的範例。

A. A. 烈灼塔爾斯基也曾致力於鋼鐵金相熱處理問題理論上的研究。在 1882 年他出版了“硬化的理論”的著作，在 1893 年又出版了“鐵、鋼和鑄鐵的顯微研究”書與圖相集，這就總結了累積的經驗並闡明了在[熱處理和機械加工對於鐵合金的顯微組織的影響]領域內科學的發展情況。

A. A. 烈灼塔爾斯基的學生，亞歷山大·亞歷山大洛維奇·巴依可夫，後來是院士，在 1904 年對“鐵、鋼和鑄鐵的顯微研究”著作予以很高的評價。不僅在俄羅斯而且在全世界的文獻中，當時沒有這樣的經典著作。1902 年 A. A. 烈灼塔爾斯基在新開創的別傑爾堡格綜合性工業學院講授冶金學。在那裏，在他的指導下，A. A. 巴依可夫開始他的科學研究工作，A. A. 巴依可夫傑出的活動是我們這一代冶金學者衆所週知的。

A. A. 巴依可夫巨大的科學活動及社會活動在祖國冶金學和金屬學的發展上起了極大的作用。在別傑爾堡格綜合性工業學院工作中，他培養了一大批學者（H. T. 顧德錯夫院士，全蘇科學院的常務委員 B. H. 司維契尼科夫，蘇聯科學院通訊院士 B. B. 司達爾克等人），他們現正在