

上海市机械、鋼鐵工業先進經驗介紹

熱 處 理

中国第一机械工会上海市委員会編

科学技術出版社

上海市机械、钢铁工业先进经验介绍

热 处 理

科学技术出版社

內 容 提 要

本書包括鋼的熱處理經驗介紹四篇,其中上海工具廠的“鋼材性能及金相組織控制”和“高速鋼工具的熱處理”兩文系綜合性的介紹;上海機床廠的“氮化處理”和“變形極小的熔鹽淬火法”兩文系專題介紹,可供各廠熱處理工作人員參考。

上海市機械、鋼鐵工業先進經驗介紹

熱 處 理

編 者 中國第一機械工會上海市委員會

*

科學技術出版社出版

(上海建國西路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可証出079號

上海市印刷五廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號: 15119·440

開本 787×1092 1/32·印張 1 7/8·字數 39,000

1957年1月第1版

1957年1月第1次印刷·印數 1—9,000

定價: (10) 0.28元

編者的話

几年来,上海地区的机电、重工业的职工,在中国共产党的领导和教育下,发挥了高度的社会主义劳动积极性,創造并推广了许多具有重大价值的先进經驗,因此,在生产建設中起了重要的作用。

1956年4~6月,上海市举办的工业生产先进經驗展覽会中的重工业館,集中的展出并介紹了近几年来上海市机电、重工业中的各种先进經驗,这些經驗都有其推广和学习的价值。現在,为了使这些先进經驗能够进一步广泛傳播和交流,我們特邀請了有关單位和同志,編写了若干主要先进經驗的資料,加以汇編出版,以供广大职工和有关方面参考。

这些先进經驗的汇編,由于在時間上比較匆促和整理时缺乏足够的技术力量,因此,有些經驗可能有不够成熟和总结不够恰当的地方,希望有关方面和讀者提供宝贵意見,以使这些經驗更加充实和完整。

中国第一机械工会上海市委員会

1956年6月

目 录

編者的話

一、鋼材性能及金相組織控制	I
二、氮化处理	12
三、高速鋼工具的热处理	35
四、变形极小的熔鹽淬火法	43

一、鋼材性能及金相組織控制

上海工具厂 王長福

金属是制造机器的主要材料，所有机器零件，差不多都是金属材料做成的，所有制造机器零件用的工具和刀具，也差不多全是金属材料所做的，所以在机械制造工业中，金属材料几乎是我們时时刻刻碰到的东西。

金属材料所以那么重要，就在于它具有許多別的材料所沒有或不完全具有的性能。譬如它具有很好的机械性能，能抵抗一定的机械应力（图1）。

金属的性能，如硬度、拉伸力量、冲击力量，都决定于它内部的結構，因此我們可以控制它們的内部組織，以便控制其性能。这就必須首先研究金属的金相組織。这个方法，第一个采用的是俄国冶金学者П. П. 安諾索夫，他在1837年就已經用显微鏡来观察和研究各种金属的組織。

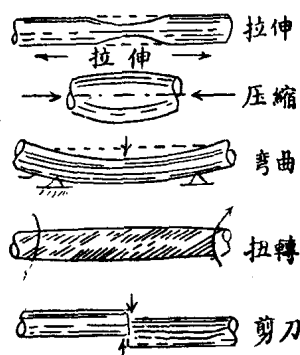


图 1 各种机械应力

1. 各种不同組織的机械性能

奥氏体——碳在 γ 铁的固溶体（图2），它的硬度很低，只有布氏硬度170~220，但韌性很好。发现奥氏体的是苏联科学院

院士亞历山大·亞历山大洛維奇·巴依科。

铁素体——碳在 α 铁中的固溶体(图3),它的硬度只有布氏硬度80~120,抗拉强度25公斤/平方公厘,韌性很好,延伸率为50%。

碳化铁——是铁和碳的化合物,又叫渗碳体、西門太体。渗碳体中含碳量为6.67%,硬度最高,为布氏硬度820,但最脆,不具有延伸率。

珠光体——是铁素体和碳化铁的机械混合物。珠光体中的碳化铁有的呈球状,均匀分布在铁素体的基体上(图4);有的呈层状,碳化铁和純铁体层层間隔分布着(图5)。球状珠光体的硬度为布氏硬度160~190,层状珠光体为190~280,珠光体的抗拉强度为88公斤/平方公厘,延伸率为20~25%。

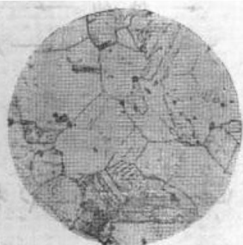


图2 奥氏体

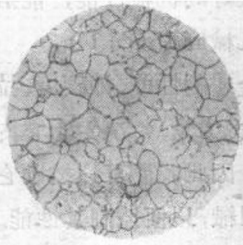


图3 铁素体



图4 球状珠光体



图5 层状珠光体

索氏体——铁素体和碳化铁的较细的机械混合物，它具有比珠光体高的硬度和强度，但韧性显著减少，硬度为布氏硬度 250~300，抗拉强度为 70~141 公斤/平方公厘，延伸率为 10~20%。索氏体在显微镜下呈云雾状，只有在放大 3,000 倍左右的情况下，可以看出成层状分布，或球状分布的碳化铁和铁素体（图 6）。

屈氏体——铁素体和碳化铁的最细机械混合物，具有比珠光体更高的硬度，但韧性更低，硬度为布氏硬度 300~400，抗拉强度为 141~176 公斤/平方公厘，延伸率 5~10%。屈氏体在显微镜下呈细针状，在放大 660 倍下，可看出细针状（图 7），而在 3,000 倍左右，可以看出铁素体和碳化铁呈层状分布。

马氏体——碳在 α 铁的过饱和固溶体，硬度很高，仅次于碳化铁，但韧性很低，硬度为布氏硬度 646~760，抗拉强度为 176~211 公斤/平方公厘，延伸率为 2~8%。马氏体在显微镜下呈针状分布（图 8）。

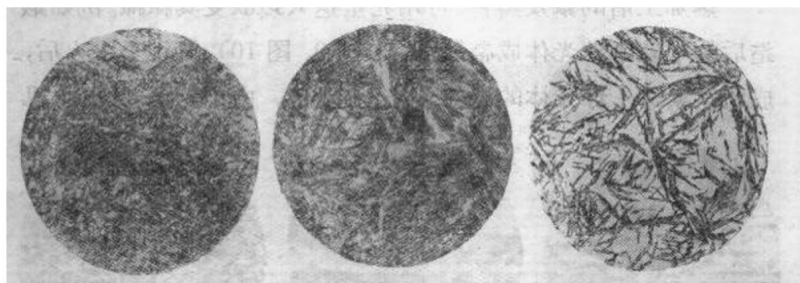


图 6 索氏体

图 7 屈氏体

图 8 马氏体

上面介绍的是几种最基本的组织。要得到不同的组织，就需要经过不同的热处理，究竟采取那一种处理，是决定于各种零件的不同要求——不同的机械性能。也就是说：我们可以用热

处理的方法来改变金属結構,以达到不同性能的要求。

2. 鋼材金相組織的控制

热处理就是把固体状态的金属加热到使它的組織发生变化的一定溫度,并适当的保持这溫度,然后迅速的或緩慢的加以冷却,以达到改变金属的性質。

热处理的基本类型为:退火、正火、淬火、回火。

退火——就是将金属加热至使它的組織发生变化的溫度,并在这个溫度保留适当時間后,再緩慢的冷却。退火的目的是为了减低硬度、細化晶粒、改善加工性能、增加展性和韌性、消除內应力、消除或减少結構的不均匀,并为以后热处理作准备。

退火可分为完全退火不完全退火两种:

(1) 完全退火:是加热至临界溫度以上,金属組織轉变为奥氏体,然后緩慢冷却,使晶粒細化,而且得到均匀的鉄素体和珠光体。全退火适合于亞共析鋼和共析鋼。

热加工后的鋼及鑄件,可用完全退火以改变其組織。例如鍛造后的中碳鋼珠光体成帶狀分布(图9、图10),經過全退火后,成为鉄素体+珠光体的均匀分布(图11)。由于結構的改变,机

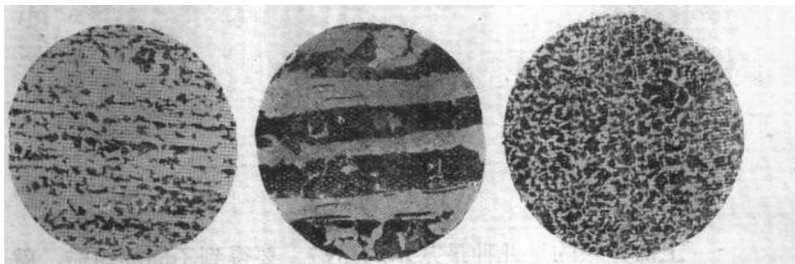


图9 鍛造后的中碳鋼, 鉄素体和珠光体成帶狀分布(100X) 图10 鍛軋后的中碳鋼, 鉄素体成帶狀分布(200X) 图11 退火后中碳鋼, 鉄素体和珠光体均匀分布(200X)

械性能有很大的提高,如 30 号鋼鑄件在退火前的抗拉强度为每平方公厘 47 公斤,經完全退火后,增为 51 公斤。

退火时要注意溫度不能太高,如超过临界溫度很多时,会使晶粒变粗、性質变坏(图 12)。

(2) 不完全退火: 將鋼加热到略高于下临界点,此时鋼組織不完全变为奥氏体。保持这个溫度一个短時間,然后緩慢冷却。在这样情况下,亞共析鋼中的鉄素体仍保留,而在过共析鋼中也未使碳化鉄变成固溶体,因此鋼沒有获得完全的重結晶,但由于珠光体的細化和重結晶,所以仍能使鋼变軟。

例如: 45 鋼中的层狀珠光体(图 13),經不完全退火后变成球狀(參看图 4),球狀珠光体比层狀珠光体容易加工,因为球狀珠光体的硬度为布氏 163,而层狀珠光体則为 228。

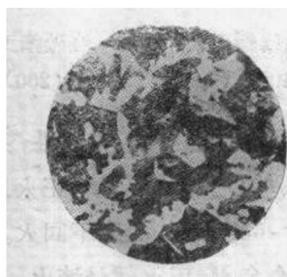


图12 中碳鋼退火状态,
退火时过热,晶粒
粗大(200X)

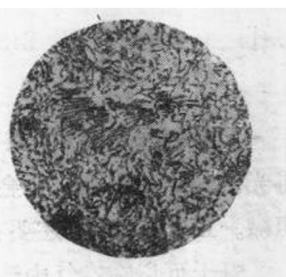


图13 45 鋼层狀珠光
体(500X)

从上面的情况来看: 全退火是适用于一般的成形鑄件和鍛軋的中碳鋼; 而过共析鋼在全退火情形下, 使碳化鉄呈网狀分布, 从而惡化了鋼的性質。不完全退火适用于在过共析鋼, 而亞共析鋼則很少采用。

正火——就是把鋼加热至超过临界点 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，并在这个溫度保留适当時間后，在靜止空气中冷却(比退火时冷却速度快)。正火用来細化晶粒，改善加工性能，在某种程度上提高鋼的强度和韌性，例如：40 号合金鋼結構經过正火后，硬度从布氏硬度 255 提高到 293 (图 14、15)。高碳鋼正火后碳化鉄成网状分布 (图 16)。

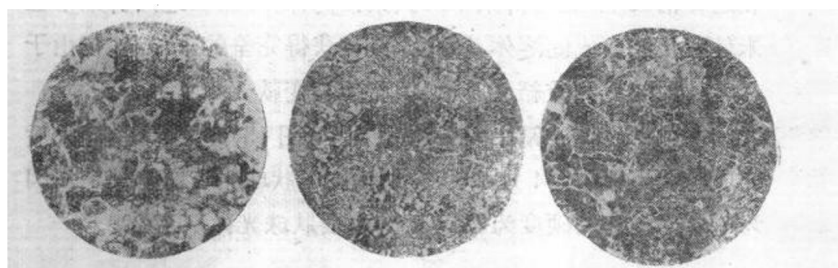


图14 合金結構鋼退火状态(400X) 图15 合金結構鋼正火状态(400X) 图16 高碳鋼正火状态(200X)

亞共析鋼正火后，具有高的强度、硬度和冲击韌性，并可获得光洁的加工表面。合金鋼鍛件、冲件、軋件应进行正火以改善組織。正火后，通常还要在 $600^{\circ}\sim 650^{\circ}\text{C}$ 的溫度下回火。

对于可以在空气中淬硬的高合金鋼，正火就是淬火。

淬火——使鋼加热到略高于临界点以上的溫度，在此溫度下停留一定時間后，接着就給以迅速的冷却，这就是淬火。淬火的目的是为了提高鋼的机械性能，工具鋼淬火后提高了鋼的硬度和耐磨性；結構鋼淬火后提高了强度，同时保留有足够的韌性和塑性。

淬火組織——当把鋼加热到超过临界点后，在鋼中就有了奥氏体，如果緩慢的冷却，奥氏体就轉变为珠光体和鉄素体 (亞

共析鋼); 如果很快的冷却, 奥氏体来不及转变, 而在更低的温度下发生转变。冷却得越快, 过冷奥氏体就需在更低的温度下进行分解, 就得了特别的硬化组织。如果奥氏体过冷至 200°C 左右, 在此温度下, 碳来不及从奥氏体中析出, 形成了碳在 α 铁中过饱和固溶体——马氏体 (参看图 8)。马氏体有高硬度和很小的塑性, 并且与奥氏体相对, 有着最小的密度和大的体积, 因而淬火时, 促使钢产生应力。

获得马氏体组织的冷却速度, 称为淬火临界速度。淬火的临界速度是视钢的含碳量、特种元素及钢中奥氏体晶粒的尺寸 (粒度) 而定, 如果冷却的速度比淬火的临界速度为小, 那么奥氏体还来得及分解, 并形成铁素体 + 碳化铁的混合物。奥氏体过冷的温度愈低, 那么这个混合物就越细。虽然形成的组织按其成份来说, 是相同于珠光体, 亦即是铁素体 + 碳化铁的混合物, 但是由于它们的结构比珠光体为细, 因而是具有特别的名称。

在过冷使奥氏体约在 400°C 左右分解的情况下, 获得了屈氏体 (图 17)。

如果淬火时更慢地冷却, 使奥氏体的在 $550^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 的温度下进行分解, 就获得索氏体 (图 18), 那么获得了较屈氏体粗

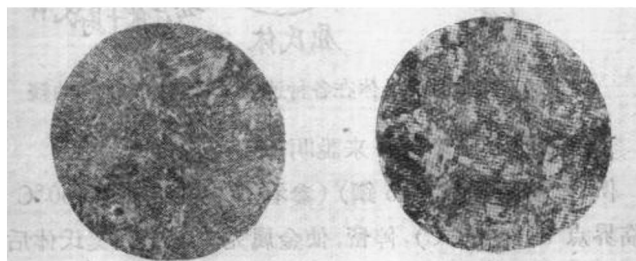


图17 合金结构钢淬火状态 (400X)

图18 高碳钢淬火状态 (400X)

大的鉄素体和碳化鉄混合物,但仍比珠光体为小。图 19 是淬火时奥氏体在各种速度下所获得組織曲綫。所以当淬火时, 奥氏体便发生了变化,从而获得了馬氏体、屈氏体、索氏体的組織。按照这个变化,就可規定出淬火規程。

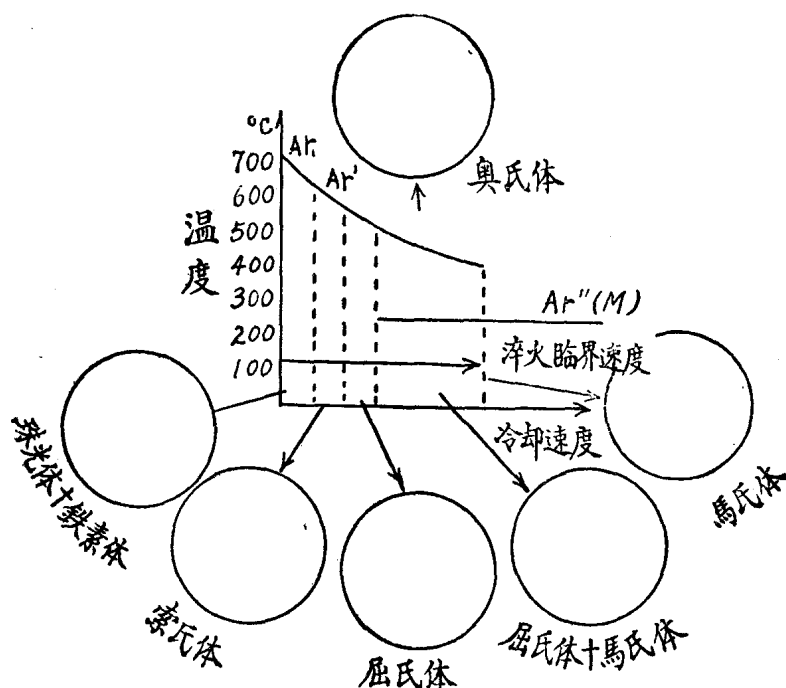


图 19 淬火时奥氏体在各种速度下所获得的組織曲綫

下面我们举二个例子来说明一下:

例一: 將中碳鋼 (45 鋼) (參看圖 11) 加熱到 850°C (超過上臨界點 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{C}$), 停留, 使金屬完全轉變為奧氏體后, 即予迅速冷卻 (超過臨界速度), 因而形成馬氏體 (圖 20), 並立即在油中冷卻, 則形成了屈氏體 + 馬氏體 (圖 21)。

亞共析鋼在低於臨界溫度(790°C)淬火是不夠的,因在此溫度下鐵素體來不及轉變為奧氏體,這樣淬火後的組織,將由馬氏體和降低淬火鋼硬度的鐵素體所組成(圖 22)。

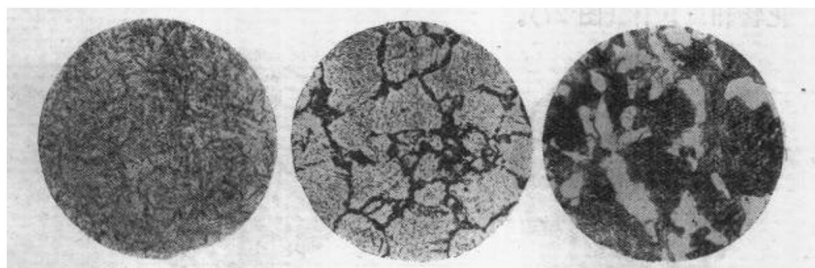


圖20 45鋼 850°C 水淬 (400X) 圖21 45鋼 850°C 油淬 (400X) 圖22 35鋼 760°C 水淬 (400X)

例二: 過共析鋼(如合金鋼和高碳鋼), 淬火時只要稍許超過珠光體開始溶解的溫度就可以了。因為在過共析鋼中, 有碳化鐵存在, 它的硬度較馬氏體為高, 全部溶解碳化物是沒有意義的, 當用上述溫度加熱時, 得到奧氏體碳化鐵的組織, 迅速冷卻後, 就形成馬氏體和碳化鐵。

從圖 23 圖 24 可以看出高碳鋼(圖 23) 合金鋼(圖 24) 的原材料和淬火後的組織(高碳鋼的原材料組織可參看圖 4)。

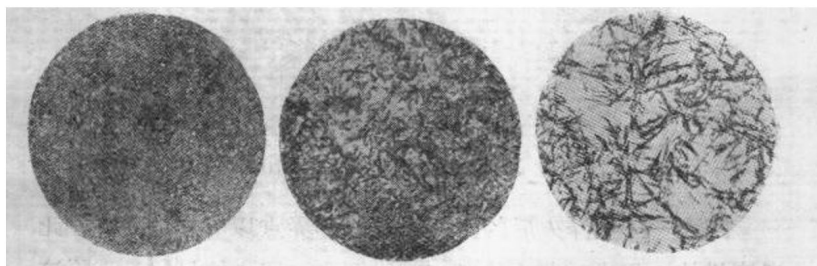


圖23 高碳鋼 770°C 水淬(400X) 圖24 合金鋼淬火狀態(500X) 圖25 Y12鋼油淬後200°C 回火(400X)

高速鋼由于含有多量的合金元素，所以加热溫度可以提至 $1,270^{\circ}\sim 1,300^{\circ}\text{C}$ ($\Delta 18$), $1,200^{\circ}\sim 1,260^{\circ}\text{C}$ ($\Delta 9$) 也不致过热。

高速鋼的原材料为碳化物+索氏体 (图 26), 淬火組織为碳化物和馬氏体 (图 27)。

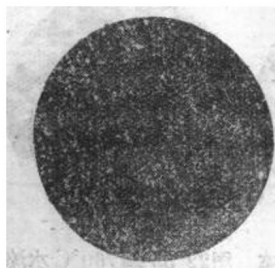


图 26 高速鋼退火状态(100X)

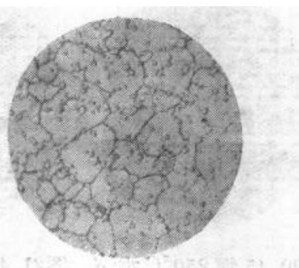


图 27 高速鋼淬火状态

例二所述的只使珠光体变成奥氏体的溫度 (亞共析鋼的鐵素体和过共析鋼的碳化鐵, 在不完全淬火的加热溫度下, 不形成奥氏体) 的淬火, 称为不完全淬火。

加热溫度过高会把鋼燒坏 (图 28)。

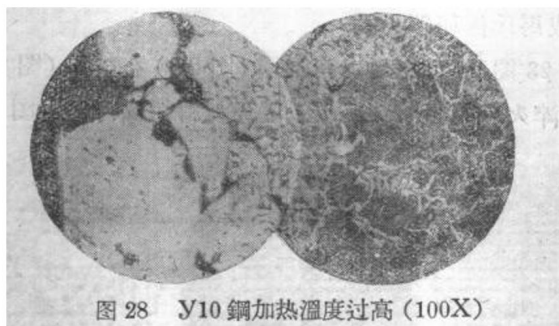


图 28 Y10 鋼加热溫度过高 (100X)

回火——把淬火后的鋼件加热至临界点以下的溫度，在此溫度維持一相当時間再冷却，就叫回火。回火的目的是消除淬火时的应力, 适当的降低硬度, 获得需要的韌性。由于加热溫度

低,因此仍保留馬氏体的組織形狀,称为回火馬氏体(图 25)。淬火馬氏体可参看(图 8),当回火溫度升高时,馬氏体即行分解,形成回火屈氏体和回火索氏体。在 $300^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 回火时,产生屈氏体, $500^{\circ}\sim 600^{\circ}\text{C}$ 回火时,得到索氏体。

回火屈氏体、索氏体和淬火屈氏体、索氏体之区别是:

淬火的屈氏体、索氏体:鉄素体和碳化鉄的混合物,为层狀結構。

回火的屈氏体、索氏体:鉄素体和碳化鉄的混合物,为圓球狀結構(在低倍显微鏡下观察系为点狀和云雾狀)。可从图 18 和图 6 来观察比較。更高溫度的回火,馬氏体分解成球狀珠光体(参看图 4)。具有高溫回火的淬火称为調質。

下面也举两个例子來說明一下:

例一:高碳鋼淬火后得到馬氏体和碳化物(参看图 23)。用 $300^{\circ}\sim 400^{\circ}\text{C}$ 回火,淬硬鋼硬度便显著降低,韌性提高,获得屈氏体結構(可参看图 7),并仍保持着馬氏体的針叶状态。

更高溫度的回火(但仍不超过临界点),就形成索氏体(参看图 6),索氏体的組織成云雾狀,在 500 倍的显微鏡下可看出来,在更高倍数(3,000 倍左右),可以看出球狀結構。

例二:图 29 是合金鋼 9%T 鋼号的回火組織,可与图 24 的淬火組織观察比較。

从以上的說明,我們知道金属經過最基本的热处理后。可以改变金相的組織,以达到控制金属的性能的目的,使金属更好的服从于我們社会主义建設,服从于我們的需要。



图 29 合金鋼淬火回火状态(500X)

二、 氮化处理

上海机床厂 朱培瑜

1. 氮化处理及試驗經過

氮化是表面硬化方法的一种，它是苏联先进經驗。其操作过程是把特殊鋼料制成的机件，放在密闭的容器中，使和氨相接触，再加热到 $500^{\circ}\sim 550^{\circ}\text{C}$ 的溫度范围内，保持相当的时间。这样，氨受热之后，便分解成氢和氮。这种氮是原子状态的，活性很大，便象渗碳的作用一样，渗入了鋼料的表层。如果鋼料内含有特殊的合金元素（如铝、铬、钒等），便化合成为一层硬度极高，而且富于耐磨性、抗腐蚀性的表面硬化层，大大提高了机件的表面硬度。又由于氮化处理的溫度比較低，而且在氮化之后不再經過其他的处理，因此，在整个过程中鋼料的内部組織并无变化，变形极小。在苏联和其他先进国家中，氮化常用来制造汽车、飞机或拖拉机的汽缸襯套、活塞等相对摩擦很剧烈的、需要很高表面硬度的机件。在机床制造方面，氮化也常用来制造各种要求很高的耐磨耗性能的高速主軸、齿輪、蜗輪，以及严格要求尺寸不能变形的重要主軸，如镗床主軸等。

我厂自从制造精密工作母机 75 公厘橫镗床以来，它的主要零件——主軸（又称为镗杆或镗軸，全長 1,930 公厘，一端有 5 号莫字錐孔和两个槽孔，在全長上又有两条銷子槽），见图 1，由于形狀細長而复杂，当采用旧的热处理方法在鹽浴炉中加热