



机械工人
活叶学习材料

398

鋼 的 退 火

曉霞編著

机械工业出版社

一 內容提要 本書比較全面地講述了各種退火的目的是、應用範圍及操作方法。對退火及常化可能產生的一些疵病的原因及補救方法也作了簡要的敘述。最後還扼要地介紹了鍛熱和快速加熱在退火及常化中的應用。

本書可供熱處理工閱讀，也可作為技工學校熱處理方面的教學參考材料。

編著者：曉霞

NO. 2944

1959年5月第一版 1959年5月第一版第一次印刷

787×1092 1/32 字數 31 千字 印張 1 7/16 00,001—15,050 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百萬莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業

許可証出字第008號

統一書號 T 15033·1851

定 價 (9) 0.14

退火就是把鋼料加熱到臨界溫度以上，或臨界溫度以下，在此溫度保溫一定時間之後，再在爐中緩慢冷卻，使鋼料獲得穩定的組織並消除鋼料中殘存應力的操作。

常化是退火的特殊情形，與退火所不同的，就是在具有較大冷卻速度的空氣中進行冷卻，但所得到的組織與退火相似，仍應是穩定的組織。

退火及常化，往往是熱處理的最初工序，其目的在於消除鋼料經熱加工（例如鑄造、鍛造等）所形成的某些缺陷（如組織不均勻性、殘留有較大內應力等）；或是為以後的加工（例如切削加工、淬火等）準備好條件。但是退火特別是常化作為熱處理的最後的工序也是相當普遍的，當然在這種情況下，經退火或常化後，必須使工件在實用上獲得滿意的性能。

一 退火操作的基本要點

1. 退火加熱時，要求加熱溫度慢慢上升、均勻加熱以及在退火溫度下保持一定的時間，以使新的組織長成，使內應力消除，使組織均勻化。所以退火操作中的重要環節之一，就在於加熱和保溫。

退火的加熱溫度，是按照退火的要求、鋼的化學成分、所經過的加工、工件的大小及形狀而確定的。在高溫的保溫，是為了使工件整個截面都能加熱到同一溫度，並且讓鋼的組織來得及轉變，所以時間不宜過長，否則會使鋼的晶粒粗化而降低鋼的性能。所以保溫時間的長短，要看工件的大小（厚薄）、鋼的原始組織、化學成分以及退火的溫度而定。工件愈大、裝爐量愈多、原始組

組織愈粗、合金元素含量愈多，則所需的保溫時間也就愈長；但是加熱溫度增高時，鋼的組織轉變就會加快，所以使用高溫退火時，保溫時間就可以縮短。

工件退火時，可在室溫，也可在較高溫度 $400\sim 500^{\circ}\text{C}$ 或退火溫度下裝爐。當工件尺寸大，裝爐量多時，入爐後在溫度升至 $500\sim 650^{\circ}\text{C}$ 時，應該保溫一定的時間（碳鋼和低合金鋼可為 $1\sim 2$ 小時，高合金鋼可用 $3\sim 4$ 小時）。如退火的溫度很高（例如在 900°C 以上）時，在 $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ 再保溫一次，然後再繼續升溫。在高溫的保溫時間，應包括工件上下均溫和實際透熱時間。

2. 退火冷卻時的要求是緩慢冷卻，尤其是在 $750\sim 600^{\circ}\text{C}$ 下，鋼中發生珠光體的組織轉變時，更應該如此。退火時的冷卻速度，應該根據鋼料的化學成分而定，含合金元素愈高，冷卻速度也應愈慢，所以碳鋼較合金鋼冷卻速度可以快一些。工件尺寸的大小對冷卻速度也有影響，大尺寸的工件比小尺寸的工件可以快一些冷卻。

當鋼的組織在冷卻過程中已經轉變完成時，冷卻速度可以快一些，一般說來，低於 600°C 時鋼的組織已經轉變完成，可以進行快速冷卻。但是，為了使爐內所有工件上下、左右、前後、內外都能獲得穩定的組織，所以退火工件出爐氣冷的溫度，通常皆低於 500°C 。

3. 退火的裝料量往往很大，為了保證工件加熱均勻、避免加熱不足或過熱等現象的發生，在裝料時，盡量選擇尺寸大小、厚薄相同的工作同一爐進行退火。如工件尺寸不一，而又需要在同一爐中處理時，尺寸小的工件可以裝在心部（不易受熱的地方），尺寸大的工件則裝在外面（容易受熱的地方）。工件與工件之間在裝料時應注意留一定的距離，這對使用火焰爐退火時尤為重要，因

为这样容易使爐內的工件上下、左右、前后、内外溫度均匀一致。

二 各种退火方法

1 扩散退火

目的 为了在鑄鋼錠或大型鑄鋼件中，减少或消除树枝状偏析，去除固溶体顆粒中化学成分的不均匀現象，扩散退火的操作，常常是在热机械加工（軋压或鍛造）之前进行的。这种处理可以减少形成毛細裂紋的可能性，改善鋼材的性能，如使展性增加等。由于鋼材結構的均匀，也使得热机械加工容易进行。高温扩散退火，同样可以减少鋼錠中柱状結晶的显著程度和晶体間破裂的傾向。

操作 把鋼料加热到 $A_{c3} + 150 \sim 250^\circ\text{C}$ ($1100 \sim 1200^\circ\text{C}$) 的溫度，加热速度不宜过快，一般在 $100 \sim 200^\circ\text{C}/\text{小时}$ ，保温時間應該較長，一般为 $6 \sim 12$ 小时（用有效厚度来計算，可用 $2 \sim 3$ 分/公厘），然后随爐緩慢冷却到約 350°C 时出爐。

一般鋼錠的扩散退火过程，包括加热、保温及冷却的时间，約为 $80 \sim 100$ 小时。如果鋼錠在澆鑄后，在 $700 \sim 800^\circ\text{C}$ 的溫度脫模乘热装爐进行扩散退火时，可以显著地縮短操作時間。

扩散退火的操作示意曲綫如图 1 所示。

由于某些合金鋼，在經過高温扩散退火以后，常常發生硬度过高的現象，所以在發生了上述情况以后，还必须把它們加热到 $650 \sim 700^\circ\text{C}$ 进行軟化处理。

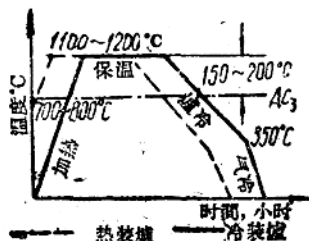


圖 1 扩散退火的操作示意图。

經過扩散退火的鋼材，由于处理的溫度很高，保持在高溫的時間又很長，所以奧氏体晶粒特別粗大，对于成形的鑄件还必須經過細化晶粒的退火，而对于还需要經軋压加工的鋼料，就可省略這道工序，因为在軋、压加工和以后的退火，可以使奧氏体晶粒細化。

应用范围 在由于化学成分复杂、鋼錠較大或其他原因而使枝状偏析可能比較严重的情况下，才应用扩散退火。又如鋼中含錳量極少，硫化物呈低熔点的共晶以網状分布在晶界周圍，而使鍛造时發生熱脆現象，如在 $1100\sim 1150^{\circ}\text{C}$ 进行扩散退火，可使偏析部分扩散消除，而使硫化物呈細顆粒状态分布于鋼中。易切削鋼由于硫的含量較高，对高溫熱机械加工極為有害，常須先进行扩散退火，加以改善。

由于扩散退火的溫度高，時間長以及設備費用高（爐溫高，爐子壽命短）的原因，而使價格昂貴，所以它在实际生產上極大多數是用于優質高合金鋼方面，而对一般的碳鋼及低合金鋼則不大常用。

2. 完全退火

目的 完全退火主要是为了改善鑄鋼件和停鍛溫度太高的鍛件所發生的不良組織，同时并能降低硬度，增加韌性以及改善可切削加工性，也有为以后熱处理作好准备的作用。

操作 完全退火的加熱溫度，对于亞共析鋼是 $A_{c3} + 20\sim 80^{\circ}\text{C}$ ，而对共析鋼則为 $A_{c1} + 20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。其加熱時間，碳鋼可用 $1.5\sim 1.8$ 分/公厘，合金鋼可用 $1.8\sim 2.0$ 分/公厘的有效厚度來計算，而对高合金鋼則以 $100\sim 200^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 的速度加熱到退火溫度，此后再保溫 $2\sim 2.5$ 小时（以上是工件在氣體輻射爐中加熱到退火溫

度所需要的时间，如为了防止工件的氧化脱碳使用退火箱加热时，应增加时间1~2小时。其保温时间，可按上述方法所计算出来的加热时间的1/2~1/3计算。

有人指出，锻制钢件每1吋（約25公厘）的厚度，保温时间为1/2~1小时即可。

当爐溫預先已加热到900°C的高温；直径小于150公厘的工件，如从各方向等速加热，由0°C加热到850°C所需要的时间，一般可应用下面的计算公式：

$$Z_1 = K \times D^{1.5}$$

式中 Z ——加热时间（小时）；

D ——工件直径（公尺）；

K ——系数，从各向加热时铁和软钢为5，合金钢为13.3；

如果仅从两个方向加热时， Z 必须增大2倍，单方向加热时，增大4倍。

保温所需的时间，可根据下式计算。

$$Z_2 = 2.7 D^{1.5}$$

工件尺寸愈大，单位尺寸（直径或厚度）所需的保温时间，也将逐渐减少，表1可作为参考。

表 1

尺 寸 (公厘 ³)	加热时间 (小时)	保温时间 (小时)	尺 寸 (公厘 ³)	加热时间 (小时)	保温时间 (小时)
25	1/2	1/3	150	2	1 1/2
50	1 1/2	1/2~1	175	2~3	2
75	2	1	200	3	2
100	2	1	500	10	5
125	2	1	750	15	7

鑄鋼件的退火和鍛件或熱軋件的退火比較，在退火溫度的保溫時間，應增長 1.5~2 倍。鑄鋼件的退火加熱時間，以最大厚度為準，可按每 25 公厘保溫 1~2 小時來計算。在 150 公厘以上的大型鑄件，其保溫時間，可按上述計算方法酌量縮短，並不一定成直線比例關係。

完全退火的冷卻，一般是將工件在爐中或埋在砂子中緩慢冷卻到 $500\sim 600^{\circ}\text{C}$ 時，便可放置在空氣中冷卻。工件在爐中的冷卻速度，碳鋼可為 $100\sim 200^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ ，合金鋼可為 $50\sim 100^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ ，高合金鋼則為 $20\sim 60^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ ，鑄鋼件的冷卻速度可為 $80\sim 120^{\circ}\text{C}/\text{小時}$ 。

完全退火的操作示意曲線如圖 2 所示。

應用範圍 完全退火常用於處理中、小型鑄鋼件、鍛件和熱軋件，通過這種處理，可以消除魏氏組織，而使鋼件成為均一的細珠光體和鐵素體的組織，對於大型鑄鋼件一般需要進行兩次完全退火（常用一次常化，一次完全退火）方能達到滿意的結果。

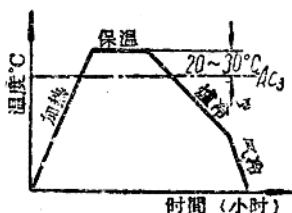


圖 2 完全退火操作示意圖。

完全退火適用於各種亞共析鋼，尤其是中碳結構鋼所製成的各類鑄、鍛工件。

3 不完全退火

目的 為了改變鋼的珠光體組織，使珠光體重行結晶，消除鋼件在機械加工前的內應力，以及降低硬度改善切削加工性能，這種處理對於加熱到退火溫度後仍然過剩的鐵素體或碳化物無多大影響。

操作 加热温度对亚共析钢而言，在 A_{c1} 与 A_{c3} 之間，对一般常用的鋼材都采用 $770\sim 800^{\circ}\text{C}$ 的温度，而对过共析钢則采用 $A_{c1} + 20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 的温度，加热和保温时间以及冷却情况，一般均可采用完全退火的数据。

对于高碳工具鋼，低合金高碳工具鋼，模子用鋼以及表面渗碳鋼，在退火时，若加热爐无保护气体需要密封退火时，則热穿容器及容器內保护物質的时间，須計算在加热时间之內，普通中型容器所需加热时间，以不少于 2 小时为原则，其加热速度应緩慢而均匀，冷却速度則应不超过 $10^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ （当温度低于 550°C 时可以快些）。

不完全退火的操作示意曲线如图 3 所示。

应用范围 不完全退火常用于过共析鋼中，圖 4 所示是某厂对 42 号鋼所使用的不完全退火操作曲线。对于亚共析鋼来说，不

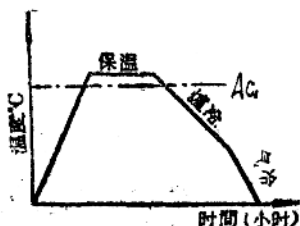


圖 3 不完全退火操作示意圖。

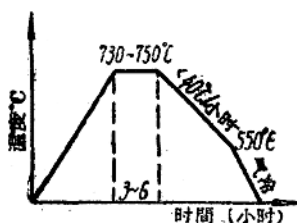


圖 4 42 号鋼不完全退火操作曲线。

完全退火常用于型钢、鍛件和軋件，在热机械加工后已經获得了比較滿意的組織，在这种情况下，主要是消除应力和細化珠光体組織。

4 球化退火

目的 使鋼中碳化物团聚，形成球状碳化物的組織，并且还

可以消除过共析鋼輕微的碳化物網。球化后可降低鋼的硬度，增加塑性及韌性，改善切削加工性能，提高切削速度，延長刀具的壽命。但球化后加工表面不够光滑。球化处理，同时也是为以后的淬火作好了准备，它能减少淬火时發生变形和裂紋。

操作 使鋼中碳化物球化的热处理方法很多，具体选择何种操作方法，应視鋼材原始組織，鋼的化学成分而定。常用的球化处理方法，有下述数种：

(一) 一次球化处理

把共析或过共析鋼加热到稍高于 A_{c1} 的溫度，一般以不超过 760°C 为宜，常用在 $A_{c1} + 10 \sim 20^{\circ}\text{C}$ 的溫度。其加热、保温時間，可參閱上述完全退火所用数据。冷却可用以 $20 \sim 60^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 的冷却速度，在爐中冷却到 $500 \sim 600^{\circ}\text{C}$ ，然后出爐在空气中冷却，其操作曲綫如圖 5 中曲綫 1 所示。冷却也可用以 $20 \sim 60^{\circ}\text{C}/\text{小时}$ 的冷却速度，在爐中冷到 $650 \sim 700^{\circ}\text{C}$ ，保温一段時間（碳鋼用 $1 \sim 2$ 小时，合金鋼用 $3 \sim 4$ 小时），然后将工件出爐，在空气中冷却，其操作曲綫如圖 5 中曲綫 2 所示。这种方法在工厂中应用較為广泛。

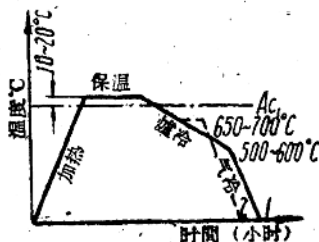


圖 5 一次球化处理的操作系统圖。

如国外某工厂，高碳鉻鋼 ($0.9 \sim 1.1\% \text{C}$; $0.4 \sim 0.6\% \text{Mn}$;

$1.1 \sim 1.5\% \text{Cr}$) 的球化处理规范是：在 600°C 爐中加料，以 3.5 小时將爐溫升至 780°C ，保温 4 小时，再以 8 小时將爐子冷至 660°C ，而后出爐。所用的加热爐是輻射爐，其爐膛尺寸高为 0.7 公尺，寬为 1.8 公尺，長为 9.6 公尺。

又如我国某厂对滾珠軸承鋼，在鍛造良好的情况下，其球化

退火的操作曲线如图 6 所示。这种处理是在装料量为 4 吨的火焰爐中进行的。

(二) 低于 A_1 温度的球化处理

把鋼料加热到稍高于 A_{c1} 的温度，經保持很短一段时间后，冷至 A_{r1} 稍下的温度（650~700°C），保持一段相当长的时间，讓其球化，其操作示意曲线如图 7 所示。

如有的資料中所載球化处理的捷徑办法，實質上就是这种方

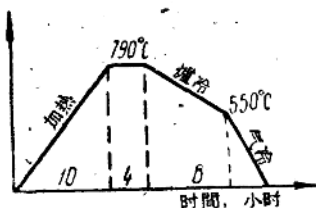


圖 6 15 号鋼球化退火操作曲线。

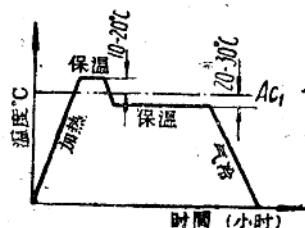


圖 7 在 A_{c1} 温度下球化退火操作示意图。

法的运用。其方法及各个过程所需的时间，如表 2 所列。

表 2

含碳量 (%)	开爐加热温度及保温时间	高热温度及保温时间	球化温度及保温时间	硬度 H_B
0.46	730°C, 2 小时	743°C, 1 小时	710°C, 8 小时 727°C, 8 小时	134
0.63	730°C, 2 小时	749°C, 1 小时	721°C, 2 小时	128
0.85		749°C, 1 小时	725°C, 6 小时	143
1.16		760°C, 1 小时	725°C, 3 小时	174

有人曾提出球化处理是工具鋼在机械加工与淬火前最合理的預先热处理，并提出了含 1% C 鋼的球化处理规范：在盐浴爐中

用 15 分鐘的時間將鋼料加熱到 800°C ，再拿到溫度為 680°C 的鹽浴中，保溫 3 小時，然後再放到空氣中冷卻。對於高鉻鋼（1.5% C，12% Cr），鹽浴的溫度應當相應的改為 850°C 及 710°C ，保溫時間可與前同。這種處理規範，對於數量不多的工件退火，適應性較大。

（三）多次球化處理

對於球化特別困難的合金鋼，若採用一次球化處理，鋼中碳化物往往不能全部球狀化，所以在實際生產中，常用多次球化退火（或稱周期循環退火）。這種退火包括下列步驟：和普通球化退火一樣，加熱稍高於 A_{c1} 的溫度保溫，在保溫一定時間後，冷卻至 A_{r1} 溫度稍下，也保溫一定的時間，再行加熱到原來退火溫度，經保溫後又復冷到 A_{r1} 溫度稍下保溫。如此反復處理 4~6 次，就能使鋼中獲得良好的球狀組織。其操作示意曲線如圖 8 所示。

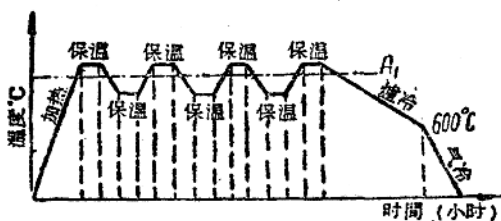


圖 8 多次球化處理操作示意圖。

如有資料曾介紹過我國某廠對高碳鉻鋼（1 力 15 號鋼）球化退火的經驗，其退火操作曲線如圖 9 所示。

又如有的資料曾介紹過所謂「短期循環退火的經驗」，推薦去 7—去 12 號鋼的循環溫度為 $715\sim 735^{\circ}\text{C}$ ，而對 1 力 L、力 X L、1 力 15 號鋼則為 $740\sim 760^{\circ}\text{C}$ 。但由於所推薦的循環溫度範圍太窄，只有當生產批量小，鋼件原始組織比較細密的情況下才能達到良好

的效果。

应用范围 球化处理，一般用来处理含碳量大于0.65%的鋼制工件毛坯或棒料，主要是改善鋼材的切削加工性能。工具鋼在

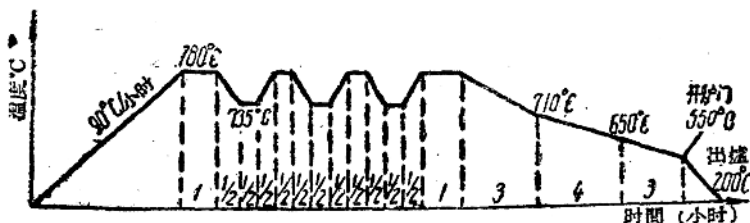


圖9 45号鋼多次球化处理操作曲线。

机械加工前，都采用此种工序。对中碳鋼或低碳鋼來說，在一般退火后，其組織为鉄素体+珠光体（層状），它的切削性能已經很好，再进行球化处理就沒有必要了。所以球化退火極大多數是用来处理共析和过共析的碳素鋼和合金鋼。但鋼材原来組織中有較严重的網状碳化物分布时，用上述处理方法則很难使碳化物全部球化。

5 等温退火

目的 等温退火是用来代替完全退火或不完全退火的。处理后的組織与性能彼此也很相似，但处理所需要的时间常常可以大为縮短。等温退火同样有細化組織、消除內应力以及降低硬度的效果。

操作 等温退火的加热温度，对亞共析鋼來說为 $A_{c3} + 20 \sim 30^\circ\text{C}$ ，而对共析和过共析鋼則为 $A_{c1} + 20 \sim 30^\circ\text{C}$ 。其加热及保温的时间，可以沿用上述完全退火所用的时间。等温退火的等温保持温度，一般常选用 $A_{r1} - 20 \sim 30^\circ\text{C}$ ，具体的温度，应看所处理

表 3

鋼 号	退火加热温度(°C)	等温保持温度(°C)
太8(太8号)、太9(太9号)	750~770	600~650
太10(太10号)	750~770	620~660
太11(太11号)、太12(太12号)	750~770	640~680
为05	770~790	670~700
×1	750~770	670~700
为×5	800~820	670~700
为09、为、85为C	770~790	670~720
9为丁	780~800	680~720
为×2、9为×2	770~790	690~720

鋼材的奧氏体等溫轉變曲綫上，所表示的等溫保持時間，最短又能保證獲得所需硬度的溫度範圍而定。碳素及合金工具鋼的退火溫度及等溫保持的溫度如表3所示。在冷卻時，可由加熱溫度迅速冷對 A_{r1} 以下的溫度而進行等溫保持，保持到奧氏体完全分解的時候為止，而後取出空氣中冷卻。一般碳素鋼的等溫保持時間可取1~2小時，合金鋼則取3~4小時。等溫冷卻時可與加熱爐分開，另置一個等溫爐以作等溫冷卻之用，等溫退火的操作示意曲綫如圖10所示。

应用範圍 等溫退火适用于处理小批中型工件、重型鑄件和鍛件以及冲压件。等溫退火对于合金鋼的退火，更有着特別的意义。因为合金鋼的退火，往往即使緩慢冷卻，还是得不到足够的硬度。这是因为合金鋼轉变成稳定的組織需要的时间很長，虽然采用了較慢的冷卻速度，也可

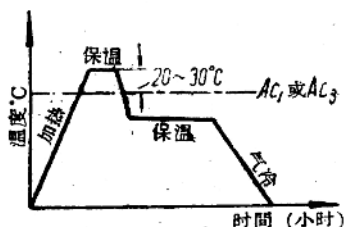


圖10 等溫退火操作示意圖。

能沒有來得及全部轉變成硬度低的穩定組織。而部分奧氏體在低溫發生相變，生成高硬度的不穩定的組織，以致使退火後的硬度增高。在這種情況下適宜於用等溫退火的方法來進行處理。

例如常用來作大型主軸和齒輪的高強度結構鋼 40 分廿一號鋼，使用普通的完全退火時，假使冷卻速度稍快，退火後的硬度常在 $R_c 30$ 以上，很難進行切削加工。這就可以考慮使用等溫退火。40 分廿一號鋼的奧氏體等溫轉變曲線如圖 11 所示。

由圖 11 可知，若用普通退火，雖以極緩慢的冷卻速度（如 $v_1 \approx 20^\circ\text{C}/\text{小時}$ ），還不能使奧氏體全部轉變成較為穩定的組織，致使退火後的硬度过高。若採用等溫退火，先使其冷到 650°C 的溫度，保持約 3 小時左右，就可以使奧氏體轉變完全，而後即使快冷，硬度仍然很低。

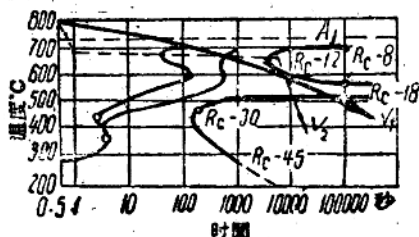


圖 11 40 分廿一號鋼奧氏體等溫轉變曲線（加熱溫度為 900°C ）。

在工具鋼中，使用等溫退火的也很廣泛。如有資料曾介紹過高速鋼的退火規範，一般所用的不完全退火是加熱到 A_{c1} 以上約 $860 \sim 880^\circ\text{C}$ 的溫度，經保溫後，以 $20 \sim 25^\circ\text{C}/\text{小時}$ 的冷卻速度緩慢冷卻到 600°C 而後出爐。但由圖 12 所示的高速鋼的奧氏體等溫轉變曲線看來，用等溫退火可以節省時間。等溫退火的加熱溫度如仍為 $860 \sim 880^\circ\text{C}$ ，經保溫後冷到 $720 \sim 740^\circ\text{C}$ 進行等溫保持。等溫保持的時間，有 3 小時已完全足夠，而後即可出爐。經這種速度較快的退火後，鋼的硬度為 $H_{207} \sim 255$ ，合乎高速鋼的退火要求。但如增高退火的加熱溫度，由於奧氏體的穩定，等溫保持的時間就需要延長，也就是

說这样会延緩了整个退火过程,所以高速鋼的退火温度不宜过高。

力、力 $\angle$ 号鋼的等溫退火,操作曲綫如圖 13 所示。

又如有資料曾介紹过我国某厂鉻硅耐热鋼的等溫退火經驗:

力9T2号耐热鋼在鍛造后,其硬度在 R_c40 以上,將鍛件裝在箱中以木炭填充密封,裝入 950°C 的爐中加热,退火箱升到爐溫約 1 小时左右,在 950°C 的温度

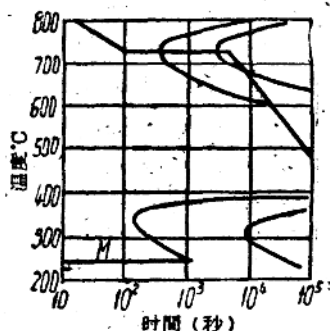


圖12 $\angle$ 18号鋼的奧氏體等溫轉變曲綫(加热温度, 900°C)。

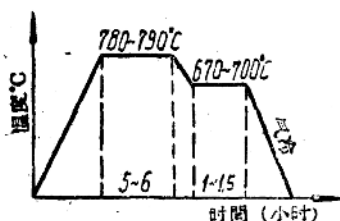


圖13 力、力 $\angle$ 号鋼的退火操作曲綫。

下,保溫 2~2.5 小时,而后爐冷,約經 10~11 小时,緩慢冷却到 500°C 左右,把退火箱拉出爐外,冷却到室溫出箱。按上述处理計需 13~14 小时,鋼件的硬度在 $R_c20\sim30$ 之間,但如冷却稍快,其硬度往往就在 R_c30 以上;以致加工困难。

若采用等溫退火,則時間可大大縮短。普通退火及等溫退火的操作曲綫对比如圖 14 所示。

这种等溫退火的具体操作,是先将爐溫升至 $960\sim1000^{\circ}\text{C}$,將經密封的鍛件入爐,保持爐溫在 $940\sim960^{\circ}\text{C}$ 的温度約 1 小时,再把爐溫降低至 850°C 左右,在 $830\sim850^{\circ}\text{C}$ 保溫 1 小时(大工件時間長些),而后將爐溫自由冷至 $600\sim700^{\circ}\text{C}$ 的温度出爐,气冷至室溫開箱。整个操作所化時間仅为 7~8 小时,而鋼件的硬度則降低

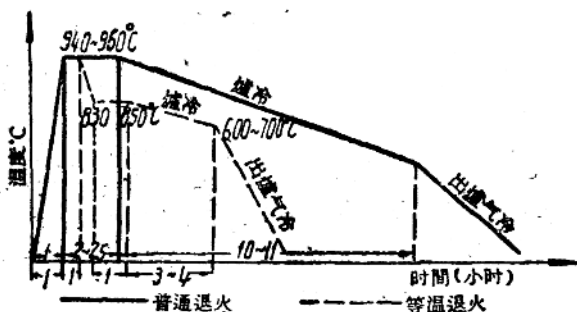


图14 铬硅耐热钢的普通退火与等温退火操作曲线。

到 $R_c15 \sim 20$ 左右，比普通退火的还低。

6 低温退火

目的及应用 低温退火，常用来消除铸件及锻件的內应力。对形状复杂、厚薄相差很大的工件，为了防止在淬火过程中产生变形和开裂，也常常在淬火之前机械加工之后进行一次为了消除內应力的低温退火，如弹簧夹头等工件在淬火加热之前皆需进行这种处理。为了消除內应力的低温退火，通常就直接称为消除应力处理。

低温退火，也有降低硬度、改善切削性能的功效。它可用来处理如18分世 $\times$ 4、18分世 $\square$ 4、12分2世4等合金结构钢所制的渗碳件，以促使渗碳层中大量殘留奥氏体的转变，为以后的加工工序作好准备。它也可以用来处理过共析钢的锻件。但低温退火主要还是用于使某些高合金钢锻件的软化。例如，铬镍钨型的18分世 $\times$ 4、25分世 $\times$ 4等钢，由圖15可以看出，在这类钢中是没有珠光体转变区域的，因此这类钢使用一般的退火，达不