

內容提要 鍛工加熱是鍛工車間的一個很重要的問題，加熱得是否正確，會直接影響鍛件的質量。在這本小冊子里，作者有系統地講解了鍛工加熱的基本知識，同時還講到加熱規程的主要內容和制鑄方法。對於由加熱所引起的缺陷也有扼要的分析。最後還介紹了最常用的一些測量溫度的方法。

這本小冊子可作為四、五級鍛工和加熱工的學習材料，也可作技工學校學員學習鍛件加熱時的參考資料。

編著者：辛宗仁

NO. 0668

1954年10月第一版 1960年2月第一版第三次印刷

787×1092 1/32 字數 22 千字 印張 1 1/16 28,301—31,300 冊

機械工業出版社(北京阜成門外百子莊)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業
許可証出字第008號

統一書號T15033·1131

定價(9) 0.10 元



机械工人
活叶学习材料

193

鍛工加热的基本知識

辛宗仁編著

机械工业出版社

15.7

64/193

在機械製造工廠中，鍛工車間



僅爲的是製成一定形狀的鍛件直接

工所用的毛坯，同時重要的是要想經過鍛造得到機械性能更好的鍛件。在許多機械中受力較大的或是高速運動的零件絕大多數都是用鍛造方法生產出來的。例如汽車中的曲軸，連桿；火車的車軸，大連桿；機床中的主軸及許多傳動齒輪等，都是由鍛工車間製造出它們的毛坯。但是如果在加熱的時候，由於加熱不好，不但得不到優質的鍛件，往往更會造成廢品，例如內裂、外裂、脫碳、過燒、過熱等現象常是由於加熱不好而引起的。

隨着祖國建設事業空前的發展，我們鍛工車間的任務也將更加重大，所以加熱問題跟其他問題一樣，都要更加複雜一些。爲要趕上國家的需要，必須不斷地提高技術水平。在鍛工車間的工人同志，不僅要更熟練地掌握操作，並且也要知道關於鍛工加熱方面的一些基本知識。

一 燃燒的基本條件

1 燃燒 在鍛工車間加熱毛坯的時候，主要是依靠燃料的燃燒來把金屬加熱到要求的溫度。所以我們必須要知道「燃燒」是怎樣一回事。

燃燒是一種很快的「氧化作用」。什麼是「氧化作用」呢？「氧化」就是一種物質或元素跟氧化合生成另外一種新東西。但是並不是說每一種東西都可以氧化。而且氧化的快慢跟氧化時的條件很有關係。比如拿一塊鐵來說，它在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 的空氣中氧化得很慢，最後生成一層鐵銹。但是，要是把它放在 $1150\sim 1250^{\circ}\text{C}$ 的高溫爐

中，就會很快地氧化而生成一層氧化鐵皮（鐵屑）。這就是由鐵和氧氣發生氧化作用所生成的氧化鐵。燃料的燃燒跟上面所講的道理一樣，也是一種氧化的作用。因為燃料和氧氣氧化得很快，所以能放出很多熱量來把毛坯加熱。

2 燃料在燃燒時必須具有的條件 由上面看來，在燃燒時必須具有下面兩個基本的條件：第一是氧氣，第二是可以燃燒的東西。

一、氧氣——在鍛工車間加熱時所用的氧氣是從空氣中得來的。爲了要保證燃料燃燒得很好，就要必須把空氣通到爐柵中去。

在空氣中有兩種主要的氣體，一種是氧氣，它只佔空氣的21%，也就是說在空氣中含有21%氧氣（按體積計算），其餘的主要是氮氣，它約佔空氣總體積的79%。氧氣本身雖然不能燃燒，但它是幫助燃燒的必要氣體。如果沒有氧氣，就不可能燃燒。氮氣本身不能燃燒，也不能幫助燃燒。但是通常在空氣中不可能把氧氣和氮氣分開，所以只能跟氧氣一起加到爐中去。

二、燃料加熱時可燃燒的東西就是燃料，如煤、木柴、煤氣、重油等；因為它們所包括的東西不同，有的容易氧化，有的比較困難，所以開始燃燒時的溫度也各不相同。例如木柴只要 300°C 就可以燃燒；煤差不多要 450°C 。在燃燒後就會放出熱量來，只要燃料中還有可燃的東西，並不停地供給氧氣（由空氣中取得氧氣）的話，燃燒就會一直繼續下去。

燃燒除了需要氧氣和燃料外，還要在適當的溫度下，才可能發生很快的氧化，也就是說發生燃燒現象。

任何燃料中都可分作兩部分，一部分是可燃燒體，另一部分是不可燃燒體；前一種有碳、氫氣、硫等，後一種有氮氣、氧氣、水分、灰分等。這些東西在燃料中都是化合在一起的，用普通方法不能分

開。燃燒時它們大部分都變成揮發物，留下的只有灰分。揮發物就是在加熱後，可以變成氣體，從燃料中跑出來的東西。現在把燃料中各種成分的作用略述於下：

碳分和揮發物：揮發物是燃料中主要成分，它在各種固體燃料中的數量不同。如果揮發物越多，越容易從燃料中分出來的話，這種燃料就越容易燃燒。碳是燃料中的主要燃燒成分，它的燃燒溫度差不多是 750°C ，氫的燃燒溫度約在 600°C 左右。實際上燃料燃燒的溫度要比上面所說的溫度低一些。這是因為燃料是碳氫等的化合物的緣故。

氫氣：氫對加熱的影響不同，主要看氫氣在燃料中和什麼元素化合。比如氫和碳化合就變成很好的燃料，電石氣就是一種碳氫化合物。但是氫要跟氧化合在一起就變成了水分。燃料燃燒時水分將變成蒸汽，它不但不會發熱，並且還要吸收一部分熱量。

硫：硫可以燃燒而放出熱量。但是我們不希望在燃料中含有硫。因為硫在燃燒時發生二氧化硫氣體，使毛坯產生較厚的氧化鐵皮，這樣就增加了金屬材料的火耗。這種氣體對砌爐子的磚侵蝕比較厲害，同時空氣中含有這種氣體太多時對人的健康也有妨礙。

氮氣：燃料中的氮氣不能燃燒，也不能幫助燃燒。前面已講過，燃燒主要是靠氧氣來起氧化作用的。實際上燃燒時的氧和氮氣都是從空氣取得，而不是從燃料中得來的。

灰分：灰分對燃燒也有影響。因為它也要從燃料所發生的熱量中吸去一部分熱量。假如在燃料中所含水分及灰分太多，則叫它做[劣質燃料]。

加熱毛坯所採用的燃料通常有四種：固體、液體、氣體和粉末狀燃料。固體燃料主要的是煤，它是在我國目前廠內廣泛採用的一種燃料，雖然它有很多缺點例如燃燒時煙灰很大，運送不方便等，

但是由於它的價錢很便宜，所以應用比較廣。其次是氣體燃料，這種燃料種類很多，通常有天然煤氣，人造煤氣和副產品煤氣（如高爐及煉焦爐煤氣）。煤氣是一種非常好的燃料，價錢不很貴，使用、運送都非常方便，燃燒時容易跟氧氣混合，所以需要的過量空氣少，溫度控制也比較容易。雖然目前採用的還不多，但是隨着祖國工業的發展，將在許多新型的工廠中採用。液體燃料主要的是重油或柴油，一公斤液體燃料能發出的熱量較大，可到 10000 大卡/公斤（即一公斤燃料發出 10000 大卡熱量）。溫度也容易控制，但是因為價錢較貴，同時又是其他國民經濟中不可缺少的東西，所以在鍛工車間中採用不多。粉末狀燃料通常叫做煤粉，很早以前，煤粉就被採用於火力發電工業中。它的優點是能够使用劣質煤，又因為能跟空氣容易混合，所以對燃料來說要比普通燒法節約 25~40%。但是由於裝置比較複雜，所以還沒有廣泛採用。它常用於沒有便宜的或是適合種類燃料的地區。

二 燃燒時火焰的種類

燃料在燃燒時由於空氣的數量不同，所以燃燒後所生成的東西也不相同。因此火焰的性質不同，它對所加熱毛坯的影響也不相同。

拿碳分來說，在正常的情況下，供給爐子的空氣很夠的話，燃料就可以充分燃燒，也就是說完全把碳和氧化合，生成二氧化碳（俗稱碳酸氣），把碳中的熱量全部放出來。它們的化學變化可用下列式子表示出來：

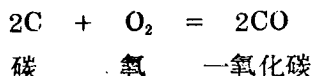


碳 氧 二氧化碳

也就是說，一個碳原子在燃燒時得到兩個氧原子生成一個分

子的二氧化碳。

如果在加熱時煤加得很多，而供給的空氣不夠的話，一個碳原子在燃燒時得不到兩個原子的氧氣，所以這時所形成的氣體不是二氧化碳，而是一氧化碳。它們的化學變化如下：



也就是說，兩個碳分子只能分到一個分子的氧。形成這種一氧化碳時表示燃燒不完全，因為一氧化碳遇到氧氣後還可以繼續燃燒而生成二氧化碳，並放出熱量來。但是，因為在爐中缺少空氣（氧氣）的緣故，生出來的一氧化碳並不能繼續燃燒。

同樣多的碳，如果把它燃燒成一氧化碳時跟生成二氧化碳所放出的熱量大不相同；生成二氧化碳要比生成一氧化碳所能放出的熱量多 3.35 倍。所以，我們要想燃料燃燒時能放出大量的熱量，就必須要供給足夠的氧氣。

由於上面所講的原因，在鍛工爐中加熱時要想得到較高的溫度，就要供給較多的空氣。在燃燒時超過燃燒時所需要的空氣叫做「過量空氣」有了過量空氣才能保證燃料和空氣遇到的機會增加，也就是說，使燃燒能比較完全。各種不同的燃料需要的過量空氣不同。如燒固體燃料需要得較多，而燃燒氣體燃料時需要的數量就少一些。這是因為氣體跟氣體混合要容易些。

根據爐子在加熱時爐腔中所生成氣體含有氧氣的多少不同，可以有下面三種情形：

1 氧化火焰 如果進入爐中的空氣比燃燒所需要的空氣多的時候，所生的火焰比較明亮，火焰比較短，邊界也很清楚。由於火焰裏有多量的空氣，而空氣中又有氧氣，所以這種火焰是氧化性的，人們把這種火焰叫做「氧化火焰」。用氧化火焰加熱的時候，多餘的

氧氣跟鋼鐵化合，所以表面很容易生成一層較厚的氧化鐵皮。但是前面已經講過，這種火焰的溫度比較高，加熱比較快，對燃料來說也比較節省。可是由於加熱比較快，爐溫比較高，很容易使加熱毛坯的內外溫度不均勻，同時也容易發生過熱和過燒現象，金屬消耗也較多，所以加熱時應該注意控制加熱的溫度和時間。

2 還原火焰 如果燃燒時進入爐中的空氣比燃燒所需要數量還要少的話，所生成的火焰就有顫動扭絞的現象，顏色也比較晦暗，在火焰的尖端有很清楚的黑烟。這種火焰叫做「還原火焰」。又因為這種火焰是燃料沒有得到完全燃燒的結果，所以它又叫「碳化火焰」。用這種火焰加熱的時候，鋼料溫度升高得很慢，它的內外比較均勻，生出的氧化鐵皮也比較少，因此在加熱某些高級合金鋼或很薄的鋼板時使用這種火焰比較合適。尤其是薄板加熱，如果生出較厚的氧化鐵皮時，板就有報廢的可能。但是前面已經講過，這樣燃燒時氧化不完全，所以加熱同一種重量的毛坯時所要消耗的燃料要比生成氧化火焰多得多。

3 中性火焰 如果爐中的空氣正好够燃燒使用，這時火焰是透明色，沒有鮮紅的火舌。因為這種火焰中沒有多餘的氧氣，也沒有燃燒不完全的一氧化碳，所以叫做「中性火焰」。用這種火焰可以縮短加熱時間，可把毛坯加熱得很勻透，並且形成的氧化鐵皮很薄，燃料消耗也最經濟。但是，事實上得到這種火焰很不容易，通常火焰中總是有些過量空氣。

三 加熱時金屬發生的現象

金屬材料由於加熱的結果，會發生許多變化，例如尺寸、金屬組織、機械性能和傳熱率等。對鍛工來說，這些都是很重要的變化。如果我們能懂得這些變化，掌握了變化的規律，就會減少廢品，提

高質量，提高鍛件的生產率。

1 尺寸的變化 物體在加熱以後，它的尺寸有一種向外伸長的能力，這種能力叫做線膨脹。例如我們把一根鋼棒燒到 1200°C ，它就要比在常溫下原來的長度大些。要是我們鍛一根比較長的軸，如果在停鍛的時候（例如在 850°C 左右）尺寸正好跟所要求的尺寸相同的話，等到冷卻後就要變短，因此可能造成廢品。到底一種鍛件在冷卻時要縮短多少呢？也就是應該留多大的[抽頭]呢？下面來談一談它的計算方法。

大家都知道，各種金屬在同樣的溫度變化範圍內，它們伸長或縮短的大小不同。金屬加熱時伸長的能力，我們用[線膨脹係數]來表示。線膨脹係數就是指溫度升高 1°C 時物體比原來增長的倍數。冷卻時溫度每降低 1°C 所縮短的大小和溫度升高 1°C 所伸長的相同。拿鐵來說，它的線膨脹係數等於 0.000012 。也就是說 1 公尺長的鐵棒，每當它的溫度上升或降低 1°C 時，則它的長度要比原來的長度增加或減少 0.012 公厘。這數字看起來很小，但是停鍛溫度一般都在 800°C 以上，這樣算下來變化就不小了。除鐵以外，鋼（未淬火的鋼）是 0.000011 ，銅是 0.0000165 。

求一件鍛件在高溫時的伸長或溫度降低時的縮短都可用下式來計算：

$$l = l_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

式中 l —軸在熱狀態下的長度；

l_0 —軸在冷狀態下的長度（也就是工作圖上所規定的長度）；

α —線膨脹係數；

t —軸在停鍛時的溫度（ $^{\circ}\text{C}$ ）。

例如，我們要求出一根 2000 公厘長的軸，在鍛造終了時要比工作圖上所規定的長度長多少？

假如這根軸的停鍛溫度是 800°C ；它的線膨脹係數是 $\alpha = 0.000011$ ；於是代入(1)式中，得出：

$$l = l_0(1 + \alpha t)$$

$$= 2000(1 + 0.000011 \times 800) = 2017.8 \text{ 公厘}$$

這就是說，鍛完時鍛件的尺寸要比鍛件圖上所規定的長 17.8 公厘。如果是 1 公尺的軸可留出 8.8 公厘的收縮量來。通常在車間中爲了減少計算的麻煩，可以預先把收縮尺寸用圖解法或計算法求出來，列成表格，以備查用。

爲了減少由於尺寸冷縮而產生廢品，通常在 25 公厘以上的鍛件都要加上收縮量。

2 金屬組織和機械性能在加熱時的變化 金屬材料的強度和金屬晶粒的大小關係很大。一般來說，晶粒越小，則金屬的強度越大。金屬晶粒的大小跟金屬在高溫中保持時間的長短和鍛打的程度有直接的關係。如果鋼料在臨界溫度以上保溫時間較長，則金屬的晶粒可以漸漸跟附近的晶粒結晶成大的晶粒。如果鍛打程度不夠，鍛件冷卻後仍保持有較大的晶粒。鍛打的時候用力越大，打擊越快，則晶粒越小。因爲在鍛打以後（溫度要在臨界溫度以上）。原有[固溶體]的結晶就被打碎，打碎後又立即重新結晶成較小的晶粒。如果停鍛溫度接近於臨界溫度，於是鍛件在冷卻時，晶粒在臨界溫度以上來不及長大，因此就得到晶粒較小的鍛件。由上面看來，我們在加熱的時候，不希望它在較高的溫度中停留過久，同時停鍛溫度不要過高於臨界溫度，否則由於晶粒粗大，會減低鍛件的強度。停鍛溫度對含碳在 0.83% 以下的碳鋼來說，最好在固溶線即 A_{c_3} 以上 $50 \sim 30^{\circ}\text{C}$ ，碳分超過 0.83% 的碳鋼，可略比 700°C 高一些（在鋼碳平衡圖中的 A_{r_1} 線）。

現在談一下金屬在加熱時強度的變化。溫度越高，則金屬的強

度就會減小，同時黏度增加，這樣會使金屬變得很軟，於是我們可以不太費力地把它鍛成各種形狀的鍛件。所以鍛坯加熱的時候，保證在不過熱的情況下溫度越高越好。爲了安全起見，通常把金屬加熱到開始熔解（固相線）的溫度以下 $200\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。當然，溫度高的時候就要多費燃料。但是鍛件在溫度高時容易形成，因此，提高了鍛壓設備的生產率，同時也可以減少動力（電或蒸汽等）消耗。一般來說，我們希望始鍛溫度高一些。但必須指出，如果鍛件不能一火鍛成時，最後一火的始鍛溫度要考慮到操作的時間，不要使停鍛溫度太高，以免金屬晶粒長大。

有的金屬材料可以用冷壓的方法得到所需的形狀而不會破裂，但是這時所需要機器的動力要比熱加工時大得多。在表 1 中列出各種不同金屬在不同溫度下的強度。

表 1 不同溫度下金屬強度的變化

金屬材料	在各種溫度下的強度（公斤/平方公厘）								
	15.20	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300
鋼 A	40	12	7.2	6.25	5	3.1	2.5	2	1.8
鋼 B	60	25	16.2	11.2	7.6	5.5	3.7	2.5	2
鋼 C	80	37.5	24.4	17.5	11	7.0	4.9	3.1	2.5
鋼 D	100	52	32	21	13.5	8.5	6.2	3.8	2.6
銅（硬）	50	20	15	9	—	—	—	—	—
鎳	22	4	1.2	—	—	—	—	—	—
鋁	11.5	0.3	—	—	—	—	—	—	—

從表 1 中可以看出，各種金屬的強度在高溫時比低溫時要降低得很多。各種不同的材料隨着溫度的增加，它的強度減低程度不同。例如鋼加熱到 600°C 時，它的強度減少到正常溫度下的 $30\sim 52\%$ ，而銅減少到 40% ，鎳減少到 18.2% ，而鋁減少更多，僅爲常溫下強度的 2.6% 。

從表 1 中還可以看出，軟鋼(鋼 A) 600°C 和 700°C 強度差得很多，所以這種鋼溫度低於 700°C 時就不要繼續鍛打；因為再繼續鍛打的話，不但對金屬的組織會發生不好的影響，而且還需要大一倍的力量，才可能使它變形。

3 傳熱率的變化 毛坯在加熱爐中加熱的時候，有兩種方式可以從爐中得到熱量。第一種是[輻射]，就是熱直接從爐壁或是其他發熱體直接把熱射到物體上，好像太陽光把熱直接射到地球上一樣。毛坯在爐中加熱，主要是靠這種方法得到熱量。另一種方法是[傳導]，就是熱通過物體本身的一部分傳到另一部分，例如毛坯加熱時，熱從金屬表面漸漸傳到內層。事實上，毛坯加熱的時候，這兩種方式都是存在的。

毛坯在加熱爐中加熱的時候，它的表面總是先由爐中得到熱，然後傳到材料的內層。熱向內層傳導時有一定的速度，這種速度是隨着金屬傳熱的能力不同而改變的。通常傳熱的能力叫做傳熱率。

各種東西的傳熱能力相差很多。例如我們把一根木棒放到爐子裏面，一頭着了火，另外一頭還是涼的。但拿同樣一根鐵棒來，把它的一頭放入火裏，另外一頭很快地就熱起來。這就說明鋼鐵的傳熱率要比木頭高得多。傳熱率對毛坯加熱的速度有着直接的影響，各種鋼的傳熱率都不相同，如果我們不把它們搞清楚，在加熱的時候很容易使得毛坯發生裂紋。

傳熱率的單位是 大卡/公尺小時 $^{\circ}\text{C}$ ，也就是說，一公尺長的東西(兩端溫度差是 1°C) 在 1 小時內把熱量從一端傳到另一端的大卡數。傳熱率的大小決定於金屬的導熱係數。例如銅是 300~400，鋼是 32~50。隨着溫度的改變，毛坯的傳熱能力就會有變化。碳鋼和低合金鋼在高溫時傳熱要比低溫時慢。而高合金鋼正好相反，它在高熱時反而要比溫度低時快。這就直接影響了各種鋼在不同溫度

時的加熱速度和加熱時間。在圖 1 中表示出兩種不同金屬在不同溫度下傳熱係數變化的情形。圖中實線是 40 號碳鋼(Ст. 40)，虛線是高鎳鉻合金鋼 18 XHBA (成分: 碳 0.14~0.21; 矽 0.17~0.37; 錳 0.25~0.55; 鉻 1.35~1.65; 鎳 4.00~4.50。)

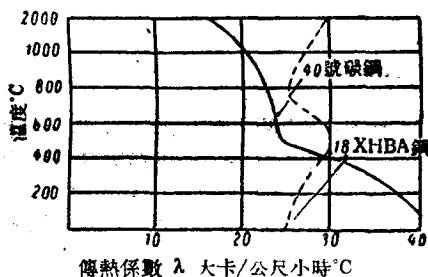


圖 1 隨着溫度提高傳熱率的改變。

從圖 1 中看出，在常溫的時候 40 號碳鋼的傳熱係數是 40，而 18 XHBA 鋼是 25 左右，但當到 1200°C 時，40 號碳鋼却減少到 16 左右而 18 XHBA 鋼却增加到 30。同時還可以看出

18 XHBA 鋼在 700~800°C 之間傳熱率最小，所以它在這個溫度範圍內的溫度升高要慢一些，也就是說，要很仔細的來控制升溫速度。關於加熱的速度可參看第四章加熱時間一節。

四 加熱規程

加熱規程就是在加熱時必須遵守的方法。如果按照這種方法進行加熱，就可能使毛坯加熱得既[好]又[快]又[省]。[好]就是要達到正確的鍛造溫度，使毛坯在這個溫度下鍛造起來不但省勁，還要能保證質量。[快]就是要在保證質量的條件下，在最短的時間內加熱到要求的溫度。[省]跟上面所講的[快]和[好]都有關係。一般來說，要能作到[快]，就能達到[省]的目的。例如最近在國內幾個廠內推行了快速加熱，由於縮短了加熱時間，燃料比過去用舊法加熱可節省到 50 %。

在加熱規程中，除了規定出加熱溫度，加熱時間外，還要規定

加熱時毛坯排列的方法和裝入爐中毛坯的數量等。加熱要達到的溫度，在「鍛件加熱」這本活葉學習材料中已經講過，所以下面只談一下加熱的時間、裝料的數量和毛坯在加熱爐中排列的方法。

1 加熱時間 加熱時間在整個加熱規程中最為重要。某些高合金鋼、高碳鋼或大型鋼錠，如果升溫太快會使毛坯發生裂紋。但是如果加熱太慢或是在高溫停留時間太長，不但會使毛坯的晶粒長大，並且也會過多地消耗燃料，同時還使得毛坯產生較厚的氧化鐵皮而使金屬材料火耗（燒損）增加。這種損失對較薄的鍛件和環形鍛件來說更為嚴重。所以在毛坯加熱的時候，一定要規定出正確的加熱時間。

影響金屬加熱時間的原因很多，除了毛坯的始鍛溫度和停鍛度溫外，還有下列許多原因：

(1) 爐膛溫度——爐膛溫度越高，所需要加熱時間越短。(2) 鋼的成分和它的傳熱率，熱容量；傳熱率前面已講過，熱容量就是金屬升高 1°C 所需要的熱量（用卡表示）。如果金屬所含的合金成分越高，則它的傳熱率越低。換句話說，就需要較長的加熱時間。但熱容量對加熱的時間影響較小，通常可不考慮。(3) 加熱毛坯的大小，形狀和它們在爐中排列的情況。毛坯尺寸越大，在爐中排列越緊密，加熱需要的時間越長，反之鍛件越小，排列比較鬆時需要加熱的時間可以短些。通常為了方便起見，加熱時間一般都是用表格、圖表或是經驗公式來決定的。

1) 熱軋鋼料或鋼坯在箱式或開隙式爐中加熱的時間 關於熱軋鋼料或鋼坯的加熱時間可用下面的經驗公式計算：

$$t = \alpha K d \sqrt{a} \quad (2)$$

式中 t —加熱需要的時間（小時）；

d —圓形毛坯的直徑或方形毛坯的每邊長度（公尺）；

K —考慮到毛坯成分的係數。對 0.4% 以下的碳鋼來說

$K=10$; 對高合金鋼來說 $K=20$ 。

α —考慮到毛坯斷面形狀和在爐中排列所採用的係數, 對方料來說可以由 1~4; 對圓料來說可由 1~2。毛坯在各種排列時的 α 值請參考圖 2。

序號	毛坯的排列	修正係數	毛坯的排列	修正係數
1		1		1
2		1		1.4
3		2		2
4		1.4		2.2
5		1.3		2
6				1.8

圖 2 毛坯在各種排列時 α 的數值。

舉例 有一批直徑為 100 公厘的圓鋼, 它的含碳量是 0.3%; 長度 300 公厘, 加入 1300°C 的爐膛中。在爐中排列時, 它們之間的距離是 50 公厘, 試求加熱這批鋼料的加熱時間是少?

根據公式 (2) $d = 100$ 公厘 = 0.1 公尺; 含碳 0.3% 的碳鋼 $K=10$; 毛坯之間的距離是 50 公厘, 所以它們之間距離等於 $\frac{d}{2}$, 因此 $\alpha = 1.4$

$$t = \alpha K d \sqrt{\frac{d}{a}} = 1.4 \times 10 \times 0.1 \sqrt{\frac{0.1}{0.1}} = 0.448 \text{ 小時}$$

所以加熱時間約 27 分鐘。

在前面一節中已經講過, 在高溫時碳鋼和低合金鋼的傳熱要比高溫時慢, 所以毛坯從 0~850°C 所需要的時間和從 850~1200°C 相等。但對高合金鋼來說, 高溫傳熱反而要比低溫時快, 所以在決定加熱時間的時候, 只按公式 (2), $K=20$ 還不夠, 最好是根據下列公式計算。

$$\text{從 } 0 \sim 850^{\circ}\text{C} \quad t_1 = 13.3d\sqrt{a} \quad (3)$$

$$850 \sim 1200^{\circ}\text{C} \quad t_2 = 6.7d\sqrt{a} \quad (4)$$

所以加熱到始鍛溫度的時間應為 $t_1 + t_2$ 。

爲了方便起見，鋼坯的加熱時間可參考下表。這個表是根據普通碳鋼製訂出來的，在應用時請注意下面幾件事情。

(1) 低合金鋼的加熱時間和低碳鋼相等；

(2) 加熱碳工具鋼和中合金鋼時，加熱時間必須增加 20~50%；

(3) 加熱高合金鋼時，表 2 中的加熱時間要增加 50~100 %。

表 2 中第三部分溫度從 700~1200°C 時間是重熱時間。比如我們在鍛造一個零件時，第一火沒有打成，必須重新加熱到鍛造溫度然後再鍛，這個時間要比從 15°C 加熱到 1200°C 短的很多。

表 2 主要是用於熱軋鋼料和鋼坯的。在我們決定加熱時間時必須要考慮到毛坯的長度。所以從表 2 中查出的加熱時間根據毛坯的長度和直徑或邊長的比，乘上不同的係數。所乘係數可參看下面數字。

$$\begin{array}{ccccc} l/n \geq 3 & 2 & 1.5 & 1.0 \\ C = & 1.0 & 0.98 & 0.92 & 0.71 \end{array}$$

比如前面所舉例子中的碳鋼，如果它的尺寸不是 $\phi 100 \times 300$ 公厘而是 $\phi 100 \times 100$ 公厘，換句話說，如果它的長度和直徑相等的话，那麼長度和直徑的比例爲 $\frac{100}{100} = 1$ ，於是 $C = 0.71$ 。因此加熱所需要的時間應該把上面例題中所求出的時間乘以係數 C ，就是：

$$\text{加熱時間} = 27 \times 0.71 = 19.2 \text{ 分鐘。}$$

這是因爲毛坯受熱面相對增加的結果。當毛坯長度小的時候，熱量不但可以由圓周向毛坯內部傳導，而且可從兩端向中心傳導，因此毛坯熱透需要的時間就短了。