

鐵路員工技術手冊第十二卷第二冊

鍛造生產

蘇聯鐵路員工技術手冊編纂委員會編

人民鐵道出版社

鐵路員工技術手冊第十二卷第二冊

鍛 造 生 產

蘇聯鐵路員工技術手冊編纂委員會編

許 金 科 譯

戴 玉 升 校

人 民 鐵 道 出 版 社

一九五八年·北京

苏联铁路员工技术手册第十二卷專述機車車輛另件加工工艺，内容包括鑄造、鍛造、焊接、热处理、金屬切削、金屬切削刀具、金屬切削机床、滾压加工、噴强強化、公差及配合、量具等，是铁路員工必备的書籍，本社決定譯本分七冊出版。

本冊是鍛造工生产部分。內容論述了鍛造對於鋼的机械性能及鋼的組織的影响，举出了鋼坯加热規範的資料。關於加热設備和鍛造設備的選擇以及有关工艺規程和計算公式，自由鍛造、模鍛、冷鍛、板料冲压的方法，鍛件的疵病的处理以及安全技术均有詳細說明。

本書供機車車輛制造工厂、修理工厂、机务段、車輛段和一般机器制造工厂工程师、技术員以及有关人員和院校师生研究与参考之用。

第十二卷主編者：教授，技术科学博士 Н·П·左布宁。

铁路員工技术手册第十二卷第二冊

鍛 造 生 产

ТЕХНИЧЕСКИЙ СПРАВОЧНИК ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНИКА

Том 12

ОБРАБОТКА МЕТАЛЛОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

苏联铁路員工技术手册編纂委员会編

苏联国家铁路运输出版社（1954年莫斯科俄文版）

ТРАНСЖЕЛДОРИЗДАТ

Москва 1954

許 金 科 譯

戴 玉 升 校

人民铁道出版社出版（北京市霞公府17号）

北京市書刊出版業營業許可証出字第010号

新 華 書 店 發 行

人 民 鐵 道 出 版 社 印 刷 厂 印

（北京市建国門外七堽廟）

書号：1665 开本350×116³/₄ 印張5号 字数137千

1958年11月第1版

1958年11月第1版第1次印刷

印数0001—2,200册 定价(10)0.90元

目 录

鍛 造 生 产

(工程师М. П. 魯道依)

总論.....	1
鍛造时鋼坯的加热和鍛件的冷却.....	7
加热設備.....	15
燃料的消耗.....	40
鍛造設備的選擇.....	43
自由鍛造工艺.....	63
錘上的热模鍛.....	110
飞边的切除.....	138
錘上的無飞边模鍛.....	143
平鍛机上用的鍛模.....	146
螺旋式摩擦压力机上的模鍛.....	161
冷鍛.....	163
板料冲压.....	165
鍛件的疵病和缺陷.....	168
安全技术.....	171

鍛 造 生 产

总 論^①

在機車車輛的修理中，模鍛生产佔着很大的比重。在鍛工場生产这些半成品—組裝前經過金屬切削机床上額外加工的零件（搖連桿，套筒类，轆轤桿，緩冲器桿，彈簧套，偏心曲拐銷，螺釘，搖枕下梁，吊桿，墊板，銷子等等）以及組裝時不須另外加工的个别緊固的零件和其他零件。

一些機車車輛修理工厂和段里鍛工場的特征和有关它們生产率的数据參看鐵路員工技术手冊第七卷（原文）第88—99、196、207、299、336、357、371、430、436頁。

有关鍛造和模鍛的概念

金屬具有塑性，也就是有在外力作用下金屬分子向各方向移动而並不破坏它們之間的联系。金屬具有这种性質的狀態被称为塑性状态。金屬的塑性是以变形速度、形狀、化学成份、加热温度和其他条件来确定的。金屬塑性变形的范围是在彈性極限和强度極限之間。

使一塊有塑性和流动性的金屬，在冲击和挤压的作用下改变它們的形狀和尺寸的这种金屬机械压力加工方法称为鍛造或模鍛法。

鍛造时金屬經受了外部的（几何的）变形，改变了毛坯的形狀和尺寸，和内部的（物理的）变形，使金屬的組織和物理性能發生改变。

只有选择合宜的和經濟的工艺过程，即最好的鍛造规范，才能得到优良質量的鍛件，这就必須正确地选择鍛造的材料、加工的温度、变形速度、加热時間和加热次数、錘落下部分的重量和压力机的吨位。

化学成份對於鋼的性能的影响

碳C、硅Si、錳Mn、鎳Ni、鉻Cr、鉬Mo、釩V和鎢W能提高鋼的强度、彈性和硬度。

碳、錳、鉻、釩和鎳等具有使鋼的晶粒變細的影响，

^① 当編写『鍛造生产』这章时，曾引用了文献資料（『機器制造』第6卷及第8卷，機器制造工厂設計師手冊等書）以及一些工厂，設計單位和研究机关的标准。

碳、錳、錳、鋁、鎂和鉍能加深鋼的淬火深度，並且在空氣中冷卻時可以自行淬火性。

硫S和磷P是鋼中有害的夾雜物，因為它們降低了金屬的強度。硫使鋼呈紅脆，這意味著被加熱的金屬在鍛造或軋制時會產生裂紋並且可能破碎成塊。增加含磷量會促進鋼的冷脆性，即在低溫時使金屬具有脆性。碳鋼中的含硫量和含磷量皆不許超過0.050%。

金屬含夾雜物愈少就愈好鍛造。純金屬比合金容易鍛造。純鐵具有最好的可鍛性。各種不同的夾雜物對同樣一種合金的可鍛性、加熱速度和溫度的選擇有著不同的影響。

增加含碳量將降低鋼的塑性，增加它們的脆性，因此也降低了它們的可鍛性。

硅的夾雜物如大於2%時，使晶粒變大；增加了硅的含量將降低塑性和熱處理後的韌性。

中碳鋼含錳量大於1.5%時，塑性就降低。

當含錳量小於1%時，看不出鋼的可鍛性的降低。

鋼中含錳量較高時，只有在比普通鋼的加熱溫度較高時，才可以很好地進行鍛造。當含錳量超過7%時，其加熱溫度與前一情況比較，在較低的溫度下便可很好地來進行鍛造。

鎳能提高強度、塑性和韌性。含鎳量不超過3%時，對鋼的可鍛性沒有顯著的影響。

鋼中含1.5%和較少的鎂時，不降低塑性。含鎂較高時，破壞了鋼的可鍛性，同時這種破壞作用，隨含碳量的增加而加大。

含鉍在0.5~2%的範圍內，並不降低鋼的可鍛性。

鋼中含0.6%以下的鉍時，能提高強度和塑性。

鍛造加工的方法對鋼的纖維性的影響

用於鍛造的鋼錠必須達到以下的質量：

- (1) 同一的化學成份；
- (2) 尽可能使偏析最小；
- (3) 細晶粒組織；
- (4) 尽可能含少量的樹枝狀組織。

鍛造時應該保證鍛鋼的纖維性。在這些纖維方向內，纖維性增加了鋼的強度。

延伸時，鋼的機械性能在縱方向增加，但在橫方向則變低。預先鍛組的

鋼錠可改善其橫方向的機械性能。金屬的纖維應當順應工作的外形；纖維的方向應該與在工作中所發生最大的主應力的方向相一致。圖1是由切槽方法所制的曲軸中的纖維方向——纖維被切斷；圖2系用鍛造法（彎曲法）所得曲軸中的纖維方向——纖維不被切斷並按軸的外形方向而排列。

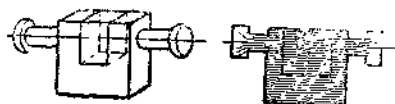


圖1. 用切槽方法所制出曲軸中的纖維方向

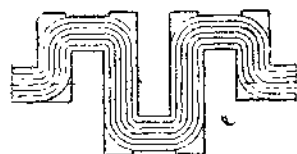


圖2. 鍛造曲軸中的纖維方向

圖3是齒輪的斷面和毛坯的鍛打過程；齒輪是在作用力垂直其半徑方向下工作。為了保證需要的強度，纖維應該按齒輪半徑的方向來排列；將毛坯端部鍛粗可達到上述目的。這樣纖維受彎曲，並和半徑方向相一致。

要用具有高度變形程度的鍛造方法來確保所須纖維的方向。



圖3. 齒輪中纖維的方向

為了得到鋼錠內的纖維組織，在柱狀結晶區域內所需要的變形程度大於得到同樣組織的粒狀區域的變形程度。

纖維性也決定於熱壓力加工的方法，機器和工具等（表1）。

表 1 各種壓力加工方法下的纖維方向

加 工 方 法	纖 維 方 向
自由鍛造	
在汽錘下	延伸時，纖維方向與金屬流動方向有顯著偏差
在壓力機下	與在錘上鍛造相比，其纖維方向與金屬流動方向的偏差較小
模鍛	
在閉式鍛模中	纖維的方向應按工件的幾何形狀排列
在汽錘下由成型毛坯在開式鍛模中進行模鍛	纖維的方向可能與工件的幾何形狀有偏差

鍛造對於鋼的機械性能和顯微組織的影響

鍛造金屬的機械性能根據毛坯（鋼錠）在鍛造時的變形程度或它的斷面縮小程度而定。鍛造金屬的變形程度

$$\varepsilon = \frac{F_{\text{max}} - F_{\text{кон}}}{F_{\text{max}}} 100\%。$$

毛坯（鋼錠）原来横断面的最小尺寸与鍛成坯的最大終鍛横断面的比值称为鍛造比：

$$\beta = \frac{F_{\text{max}}}{F_{\text{кон}}}。$$

变形程度对鍛鋼的机械性能的影响见表 2。

表 2 变形程度对鍛鋼机械性能的影响

机 械 性 能	縱 向 的 样 品	橫 向 的 样 品	
	鍛 造 比 的 倍 率		
	3 ~ 10	2~6	6~10
	提 高 (%)	降 低 (%)	
断面收縮率.....	10~20	20~30	40~50
延伸率 δ	10~20	20	30
冲击韧性 σ_K	10~20	20~40	50~60
耐疲極限.....	等量的	6	15
屈服極限.....	3~6	—	—
强度極限.....	3~6	—	—

由表中看出，提高鍛造比的倍率的鍛造和模鍛对彈性極限、屈服極限、比例極限和强度極限的影响較小，但对断面收縮率、延伸率、耐疲極限和冲击韧性，有很显著的影响。这样將鍛造比程度提高（到10）在样品縱方向中（也就是沿着纖維的方向）的机械性能和横断面（橫向纖維）比較起来是提高了的。

如果將样品横断面的各个部分的机械性能加以比較时，則在中心部份有以下几項是降低的：延伸率約20%，断面收縮率約20~25%，冲击韧性約10%〔14〕。

鍛造比为 5 ~ 6 是值得介紹的，它可保証纖維方向和最大主应力的方向所生的偏差較小。在工件工作的情况下，按其几何形狀不能保証纖維方向与主应力方向相一致时，可採用鍛造比为 3 ~ 4.5〔14〕。

由輾鋼來鍛造工件时，鍛造比是要降低的。

鍛造方法也影响到鍛造比的选择。在变形金屬的温度不均匀的情况下，在鏈上进行鍛造和模鍛时，用不均匀的鍛压方法並具有很大的变形速度时，同样地产生不均匀的变形。在具有較小的变形速度的鍛造压力机和其他一些

機器上進行鍛造和橫鍛時，這些缺點的影響顯著地得到減輕。

將鋼錠（毛坯）進行預先鍛粗（透鍛）可達到需要的鍛造比。

對鐵路運輸所用的鍛件的技术條件，由碳素鑄鋼和普通輾鋼在延伸時的鍛造比採取不小於3，但鍛粗時不小於2.5。

鍛造對於鋼的晶粒大小的影響

鑄鋼的組織是粗晶粒的。具有粗晶粒組織的鋼，其機械性能較低，並且韌性不好。

鑄鋼的粗型組織隨鍛造比而變化。鍛造鋼錠時，由於沖擊或緊壓，鋼錠中的晶粒不僅伸長而且被击碎；鋼錠的粗晶粒組織變為細晶粒的組織。

當鋼錠軋壓時，晶粒是受到伸長的。當鍛造軋壓的毛坯時，伸長的晶粒將會相互混合和碎成細晶粒。

由於熱鍛，晶粒被击碎，這樣晶粒就變細和變得較為均勻。鍛件的機械性能由於晶粒的變細而提高。在熱壓力加工時，鋼的再結晶晶粒的大小決定於變形程度，加熱溫度和變形速度。在這種情況下，應估計到有時終鍛溫度較低於再結晶溫度，並且有着大的變形程度和變形速度時會影響到金屬的加工硬化程度。在鍛件的個別區域內應具有非臨界的變形程度。

鍛造時加熱溫度對鋼的組織的影響

當確定鍛造及模鍛的溫度範圍時，應考慮到機械的力重、變形程度和變形速度，同時也要遵循着組成圖（見鐵路員工技術手冊（中譯本）第十二卷第三冊第68頁圖1）。

加熱時，金屬內部發生組織的變化以及晶粒的增大。冷卻狀態下亞共析碳鋼的組織是由鐵素體和珠光體所組成。在 Ac_1 （即 723°C ）以前加熱，鋼的組織不發生變化（如果在這以前沒經過冷加工或淬火）。 723°C 時珠光體變為奧氏體。由 Ac_1 開始，合金將由鐵素體和奧氏體所組成。再繼續加熱，鐵素體溶解在奧氏體中，直到過臨界點 Ac_3 後，鋼錠僅僅是細晶粒的、唯一的奧氏體組織。

接近峯點時，由於晶粒之間的聯系減弱，可鍛性就很快地下降。過熱的粗晶粒的金屬或燒過的金屬具有氧化的晶粒週界，當變形時，往往會生成裂紋而損壞。熱模鍛時，碳鋼中的硫化共析物或錳鋼、高速鋼中的碳化共析物沿晶粒週界析出，能使金屬破壞。

當加熱超過 Ac_3 （亞共析鋼的 GOS 線）時，奧氏體組織尚不變化。在由 P 到 N 的溫度範圍內只是個別奧氏體晶粒長大。但是加熱溫度不應該超過晶

粒已经开始迅速长大的这一温度。加热时，这一温度被称为晶粒长大的临界温度（表3）。

繼續加热就要發生引起鍛件粗晶粒組織的过热。加热接近熔解温度时，就会开始燒毀，使鍛件报废，不能补救。如超过此温度再

表 3 加热时鋼的晶粒長大的临界温度

鋼 的 名 称 和 牌 号	加热时晶粒長大的临界温度(°C)
含0.12% C的碳鋼·····	1300
含0.39%~0.45% C的碳鋼·····	1150
低合金 X+ 錳鋼·····	1150
低合金 20X, 40X 錳鋼·····	1050~1100
鎳錳鋼·····	1100~1150
38XM GA 鎳錳鋼·····	1100
Ж175 鎳錳鋼·····	1150
18XHBA(Э-16, Э-18) 鎳錳鋼·····	1200

如含碳 0.3% 的碳鋼加热到 1200°C 是不会产生过燒的。

高温时金屬的流动性增大，为了使其变形只需較小的作用力，也就是鍛造鍛件时所需的机械功率較小。金屬在冷却状态或低温时的变形將产生大的内应力，这在金屬内部会引起裂紋。

低於 A_{r1} 点所进行的鍛造被称为『冷鍛』，它与終鍛时接近临界点 A_{r3} ，被称为『热鍛』的鍛造不同。冷鍛后鋼的机械性能要降低。在冷鍛的情况下，晶粒並不被击碎，仅在鍛造的方向延伸而已。这时鋼的强度显著地增大，金屬帶有加工硬化，但另一方面显示着脆性。

低於550°C的情况下，鋼就不能进行鍛造；因为在此温度鋼具有显著的脆性。

終鍛温度应该不超过800~900°C，否则会生成粗晶粒的組織；因此在热鍛情况下为了保证得到細晶粒組織，应该遵守鍛造的温度范围。

鍛件鍛完部分的第二次加热能引起晶粒的重新長大。因此，在必需进行第二次加热的情況下（当鍛造大型零件时）应採取中間退火。

低碳鋼和中碳鋼、低合金鋼和中合金鋼具有較高的塑性和較好的可鍛性。当加热到800~1200°C进行热鍛时，这些鋼是不显示出其脆性的。

鋼中含碳量愈高就愈硬，同时其变形抗力亦就愈大。

表4是鍛造和模鍛的温度范围。

表 4 鍛造和模鍛的溫度範圍

金 屬	鍛造溫度 (°C)		金 屬	鍛造溫度 (°C)	
	開 始	終 了		開 始	終 了
碳鋼:			鎂合金:		
1.5% C	1000	800~850	MA-1和MA-2	440	350
1.45~0.9% C	1050~1000	800~850	MA-3	400	300
0.9~0.5% C	1100~1050	800~850	MA-5	375	300
0.5~0.3% C	1150~1100	800~850	黃銅:		
0.3% C	1200~1100	800~850	ЛТ-90	850	700
0.2~0.1% C	1200~1150	800~850	Л-68	800	650
工具鋼:			Л-62	780	630
Y7和Y7A, Y8 和Y8A	1150	800~840	С-59和ЛС-59	750	600
Y9~Y13和 Y9.1~Y13.1	1120	820~870	特种黃銅:		
高速鋼	1200	925	ЛМЛ, ЛАЖ, ЛТМ, ЛЕЖ	720	600
低合金鋼	1100	825~850	~59	750	600
中合金鋼	1100~1150	850~875	ЛМ-6	750	600
高合金鋼	1150	875~900	鋁青銅	900	750
鋁合金:			鐵青銅	900	700
AK-2, AK-4, AK-6	490	380	德銀, 新銀	850	700
AK-8	470	400	БРАЖ-9	350	770
硬鋁	470	350	БРАЖ МЛ 10- 3-1,5和БРАЖ K 10-4-4	850	700

鍛造時鋼坯的加熱和鍛件的冷卻

爐中加熱的條件

就工藝的經濟性和正確地加熱鋼坯的觀點來看，選擇加熱速度是重要的環節（見鐵路員工技術手冊第一卷『熱量』章有關傳熱問題的資料）。

允許的加熱速度決定於金屬參數（均勻程度、化學成份、導熱性、熱容量、溫度傳導率）和傳熱條件（爐子的類型和構造，毛坯的形狀和尺寸以及它們在爐底的分佈情況）。

鋼中含碳、硅、錳和其他元素愈多，它的導熱性就愈低。

鋼的溫度傳導率、熱容量、導熱性和比重等參數見鐵路員工技術手冊第二卷（原文）第640和647頁。

鍛造毛坯的正確加熱過程的基本條件〔9，11〕：

1. 直徑在 150 公厘以下的結構鋼的小毛坯可裝入爐溫接近於始鍛溫度或高於鍛造的必需溫度以上 $100 \sim 150^{\circ}\text{C}$ 的爐內。

2. 當爐中裝入具有低的溫度傳導率的合金鋼冷毛坯或大斷面毛坯以及大的冷鋼錠處的温度應該顯著低於它們的鍛造溫度：裝入 3 噸以下碳鋼的鋼錠時，這溫度裝入鋼錠處的温度是 $700 \sim 900^{\circ}$ ，高合金鋼鋼錠是 $450 \sim 600^{\circ}$ ，所有牌號的大鋼錠是 $200 \sim 300^{\circ}\text{C}$ 。這種毛坯在連續加熱爐中進行加熱較好。毛坯裝入處的加熱時間佔據了全部加熱時間的 $60 \sim 70\%$ 。爐的高溫部分的溫度應該超過始鍛溫度 $100 \sim 200^{\circ}$ 。

3. 金屬應該漸漸地加熱，但既達 $700 \sim 800^{\circ}$ 以後，加熱速度應增大，以避免晶粒的迅速增大，表面脫碳和生成氧化皮。

4. 必需保證毛坯的縱向和橫向的溫度達到最均勻，保證最小量的表面脫碳和加熱金屬的完整。

5. 氧化層應尽可能地減少。

6. 燃料應與空氣很好地混合及用最少量的過剩空氣以保證完全燃燒。

7. 不應讓冷空氣通過爐縫而進入爐內，爐子應具有穩定的過程。

火 耗

在加熱過程中金屬的表面不斷地生成氧化皮。這是按下列方式來進行的：由廢氣中過剩的氧和鐵化合而生成氧化皮。氧化皮的外層落下和爐底材料化合，變為熔渣；後者當接觸被加熱金屬時，也在其氧化皮的表面融化；金屬一面露出，一面與爐氣（過剩氧）的作用，結果重新生成氧化皮。

鍛造時毛坯和空氣接觸，在氧氣的作用下也生成氧化皮；金屬在加熱過程中由於氧化和熔成爐渣所造成的損耗稱為爐耗。但是由於在鍛造時氧化而造成的損耗稱為鍛造的損耗。

氧化皮的數量決定於加熱規範，金屬在爐中最高溫度下的延續時間和爐氣的成分。金屬在達到它的要求溫度後如在爐中停留愈久，則火耗量就增加愈快。

鋼的快速加熱能減少它的氧化。

一次加熱中，金屬損耗的總量採取：在感應爐中約 1% ，電爐中約 1.5% ，在煤氣爐或煤爐中約 3% ，在油爐中約 3.5% 。

鍛造時氧化皮被壓入金屬中，降低了鍛件的質量，並且往往會造成全部的報廢。總的來說火耗造成了金屬的大量損失。

為了減低火耗應當：

(1) 依靠改進爐子和噴嘴結構來改善燃燒過程，同時也需調整燃燒；

- (2) 減少毛坯在炉中高温下的停留時間，縮短了加熱規範；
- (3) 在最少量过剩空气中进行加热；
- (4) 在控制炉气的情况下使鋼加热；
- (5) 炉中裝滿有适当压力的保护气体；
- (6) 由基本耐火材料砌成的炉底不能与氧化皮熔成炉渣。

鍛造毛坯和鋼錠的加热時間

一般都应用H·H·达勃洛霍都夫教授的公式來計算加热所需要的時間。加热時間是以小时來計算的：

軟鋼（碳鋼）的加热時間

$$t=10D\sqrt{D};$$

高合金鋼的加热時間

$$t=20D\sqrt{D};$$

高合金鋼的加热時間：

由 0 到 850°

$$t=13.8D\sqrt{D};$$

由 850° 到 1200°

$$t=6.7D\sqrt{D};$$

毛坯的放置	修正系数	毛坯的放置	修正系数
	1		1
	1		1.4
	2		4
	1.4		2.2
	1.3		2
	1.3		1.8

圖4. 鋼坯在炉中的放置情况对加热速度的影响

公式 D ——毛坯圓料的直径或方料的一边（公尺）。

軟鋼由 0 到 850° 的加热時間和 850° 到 1200° 的加热時間相等。

当裝料溫度不低於 500° 的情况下，热鋼錠的加热時間，約等於冷鋼錠加热時間的一半。

圖 4 是鋼坯在炉中的放置情况对它們加热速度的影响。

契日科夫公式是为了在連續炉內確定優質鋼的鋼錠和毛坯的加热時間的：

$$t=kD \text{ 小時};$$

式中 D ——鋼錠直径或方鋼边長（公分）；

k ——系数，高速鋼（和它的代用鋼）和高合金鋼採用 0.25~0.30，而所有其余的碳鋼和合金鋼為 0.175~0.200。

由於改善炉子的技术、採用鍛工革新者的經驗和科学研究工作的成果，从上式得出的加热時間就可以跨越了許多先进的鍛工場。

表 5 ~ 7 中考虑到所有的这些成就。但在使用时必须根据当地的条件来进行校正。

表 5 强钢毛坯的加热延續时间 (分鐘)

直徑 d 或方鋼 的邊長 a (公 厘)	毛 坯 斷 面							
	圓 形				方 形			
	爐 中 毛 坯 的 放 置							
	單 个	相隔 d	相隔 $\frac{d}{2}$	緊 接 着	單 个	相隔 d	相隔 $\frac{d}{2}$	緊 接 着

由15到1200° (当炉子工作空間的温度是1300°时)

10	2.0	2.0	3.0	4.0	2.5	3.5	4.5	8.0
20	3.0	3.5	5.0	7.0	4.5	6.0	8.0	13.0
30	5.0	5.5	7.0	10.0	6.0	8.5	11.0	19.0
40	6.5	8.0	9.5	13.0	8.0	11.0	14.0	25.0
50	8.0	9.5	12.0	16.0	10.5	14.5	17.5	32.0
60	9.5	11.5	14.0	19.5	12.5	17.5	21.0	38.0
70	11.0	13.5	16.5	22.5	14.5	20.5	25.0	44.0
80	13.0	15.5	19.5	26.0	17.0	23.5	28.5	52.0
90	15.0	18.0	23.0	31.0	19.5	27.0	33.5	62.0
100	18.0	21.5	27.0	36.0	23.0	32.5	40.0	72.0

由15到1250° (当炉子工作空間的温度为1300°时)

10	2.0	2.5	3.0	4.0	3.0	3.5	5.0	8.0
20	4.0	4.5	5.5	7.5	5.0	6.5	9.0	15.0
30	6.0	7.0	8.5	12.0	8.0	10.5	13.5	25.0
40	8.0	9.5	12.0	16.0	10.5	14.5	18.0	32.0
50	10.5	12.0	15.5	20.5	13.5	18.5	23.0	41.0
60	12.5	14.5	18.5	25.5	16.0	22.0	27.0	50.0
70	14.5	17.5	22.0	29.0	19.0	26.0	32.0	58.0
80	16.5	20.0	25.0	33.0	22.0	30.0	37.0	66.0
90	19.9	22.5	28.0	37.5	24.5	34.0	42.0	76.0
100	21.0	25.5	31.5	42.0	27.5	38.0	46.0	84.0

由15到1260° (当炉子工作空間的温度为1400°)

10	1.5	2.0	2.5	3.0	2.0	2.5	3.5	6.0
20	2.0	2.5	3.0	4.0	2.5	3.5	5.0	8.0
30	3.0	3.5	4.5	5.5	3.5	5.0	6.5	11.0
40	3.5	4.5	5.5	7.5	4.5	6.5	8.0	15.0
50	4.5	5.5	6.5	9.0	5.5	8.0	10.0	18.0

續表 5

直徑 d 或方鋼 的邊長 a (公 厘)	毛 坯 斷 面							
	圓 形				方 形			
	爐 中 毛 坯 的 放 置							
	單 个	相 隔 d	相 隔 $\frac{d}{2}$	緊 接 着	單 个	相 隔 d	相 隔 $\frac{d}{2}$	緊 接 着
60	5.0	6.0	8.0	10.5	6.5	9.5	12.0	21.0
70	6.0	7.5	9.0	12.5	7.5	11.0	13.5	24.0
80	7.0	8.5	10.5	14.0	9.0	12.5	15.5	28.0
90	8.0	9.5	11.5	15.5	10.0	14.0	17.0	31.0
100	9.0	10.5	13.0	17.5	11.5	15.5	19.0	35.0

註1. 低合金鋼的加熱時間可採用和碳鋼一樣。

2. 碳素工具鋼和中合金鋼的加熱時間必須增加25~50%。

3. 高合金鋼的加熱時間比上表要增加50~100%。

4. 在鍛造機構連續工作的情況下，毛坯在爐中一次加熱的數量可按公式計算：

$$N = \frac{T}{T_{\text{очн}} + T_{\text{счн}}} + 1,$$

式中 N ——毛坯的數量；

T ——毛坯的加熱時間（分鐘）；

$T_{\text{очн}}$ 和 $T_{\text{счн}}$ ——鍛造或模鍛的基本時間和輔助時間（分鐘）。

5. 確定加熱時間時，應計算毛坯的長度。因此表5所載的時間要乘以系數

C ，這系數是決定於毛坯的長度 l 和毛坯斷面 a 的比值：

$\frac{l}{a}$	3	2	1.5	1.0
C	1.0	0.98	0.92	0.71

表5是碳鋼毛坯的加熱規範（根據蘇聯人民委員會技術定義標準局的數據）。表6是B·B·喀列喀西工程師所介紹的冷的碳鋼和合金鋼的鋼錠加熱規範。表7為鋼坯的感應加熱時間。

鍛造毛坯的快速加熱是能夠達到較高勞動生產率的先進鍛工們工作的一部分。在這領域內引起注意的不僅是關於加熱毛坯所預計到的消除損耗的問題，而且也是關於提高加熱速度的問題。

所引証的蘇聯論文中指出在鍛造火焰爐有增加鋼坯加熱速度的實際可能性。鍛造毛坯的快速加熱能夠縮短到幾分之一的加熱時間，增加爐子的單位生產率，由於降低了氧化皮和余量的損耗，因而節省了金屬，改善了爐子工作條件、鍛模等。

快速加熱主要在大量生產中採用（在鍛制有正確形狀的多為細長的鍛件的情況下）。

表 6 冷鋼錠的加熱延續時間[11]

鋼錠直徑 (公厘)		鋼錠的 重 量 (噸)	裝料時 的最高 爐 溫 (°C)	在裝料下 溫度的保持 時 間 (小時)	加熱到 650 °C (小時)	在 650 °C時的 保 持 時 間 (小時)	加熱到 鍛 造 溫 度 (小時)	在鍛造 溫度下 的保持 時間 (小時)	總 共 (小時)
上 部	下 部								
牌號10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50的碳鋼									
455	385	1.2	900	1.0	—	—	3.5	1.0	5.5
550	470	2.1	900	1.0	—	—	4.5	1.5	7.0
630	530	3.1	800	1.0	—	—	6.0	2.0	9.0
630	545	3.8	800	1.0	—	—	6.5	2.0	9.5
690	595	4.9	700	1.5	—	—	6.5	2.5	10.5
795	695	6.1	700	1.5	—	—	9.5	3.0	14.0
895	785	8.7	600	2.0	5.0	1.0	4.5	3.5	16.0
1000	915	12.3	600	2.5	6.0	2.0	5.0	4.0	19.5
1070	980	15.0	500	2.5	6.5	2.0	6.5	4.5	21.0
1135	1040	18.0	500	2.5	7.5	2.5	5.5	5.0	23.0

牌號15X、30X、35X、45X、3CH、40H、27XM、OXM、45Г、
30Г2、35ГГ、35ХГГ、50ГГ、30ХСМ、12ХНГ、40ХН的合金鋼

455	385	1.2	700	1.0	—	—	3.5	2.0	6.5
550	470	2.1	700	1.0	—	—	5.5	2.0	8.5
630	530	3.1	600	1.5	3.0	0.5	3.0	2.5	10.5
630	545	3.8	600	1.5	3.0	0.5	3.5	2.5	11.0
690	595	4.9	500	1.5	3.5	0.5	4.0	3.0	12.5
795	695	6.1	500	2.0	5.0	1.0	4.5	3.5	16.0
895	785	8.7	450	2.5	5.5	1.5	5.0	4.0	18.5
1000	915	12.3	450	2.5	7.5	2.5	5.0	4.5	22.0

牌號CX8、OXH2M、OXH3M、OXH4M、55XHМ、OXMΦ、
ЗЯ1、ЗЯ2的高合金鋼和無碳鋼

630	545	3.8	450	2.0	4.0	1.0	4.0	2.5	13.5
690	595	4.9	400	2.5	5.0	1.0	4.0	3.0	15.5
795	695	6.1	400	2.5	7.0	1.0	5.5	3.5	19.5
895	785	8.7	350	2.5	8.5	1.5	6.5	4.0	23.0
1000	915	12.3	350	3.0	10.0	2.5	7.0	5.0	27.5

註1. 裝爐時鋼錠的溫度應和車間的溫度相等。

2. 在裝料 (的溫度下) 時間內, 要將燃燒器關閉。

3. 所有鋼錠在爐中應用墊高之。

4. 鋼錠加熱的最高溫度, 高合金鋼是1150~1180°C, 其餘的鋼錠是1170~1250°C。

快速加热所用的炉子应该是机械化的。

当确定钢坯的加热时间时，应该知道炉温愈高，钢的加热愈快。研究的結果确定：被加热工件中的热应力并不能引起金属的破坏。

为了合理地确定圆形和方形毛坯加热到 1200°C 的快速加热时间，可利用如图 5 所示的曲线。

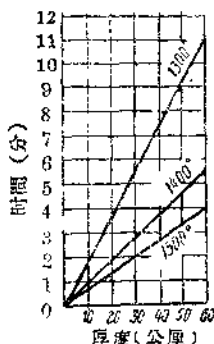


图5. 计算钢坯快速加热的延续时间的曲线

锻件的冷却

为了消除锻件在冷却时所产生的应力，和消除由此而生成的裂纹，要采用缓慢冷却：

- (1) 空气中冷却——锻件成排地放在架子上；
- (2) 空气中冷却——锻件成层地堆放；
- (3) 在箱中或地坑中冷却——按锻件的最造方式来放置；

- (4) 在空气中冷却到 600°C ，然后放在箱中（充满砂、灰、渣等等）。

下面是各种牌号钢经过锻造和模锻后的锻件或模

锻件的冷却规范；

在空气中成堆地冷却——钢的牌号有：Y⁺，Ys，Y10，Y12，Y13，30X，40X，45X，55X，55XMOA，58XMOA，Ж1，Ж2，CX2，CX8，CX12，Я1，Я2，Я1T，H25，H36，H42，XH25，H12XГ，XH50。

成堆地放置，不使风吹——钢的牌号有：

ШХ6，ШХ9，ШХ12，ШХ13，X，7X，9X，7X3，ЭХ3А，XГ，9XC，4XC。

在整温器（小型尺寸）中或被加热的箱中冷却，当不超过 150°C 时拿出——钢的牌号：XBГ，B2，Ж3，Ж4，ЭН107。

表7 当频率为1000~2500赫(7.25)时，碳钢和合金钢的锻坯锻造的感应加热的概要时间

毛坯直径 (公厘)	加热的延续时间 (秒)	毛坯直径 (公厘)	加热的延续时间 (秒)
20	10~50	100	175~280
40	14~105	120	225~340
60	70~165	140	280~405
80	120~210		

注：非磁性的合金钢坯的加热延续时间应加20%以上。