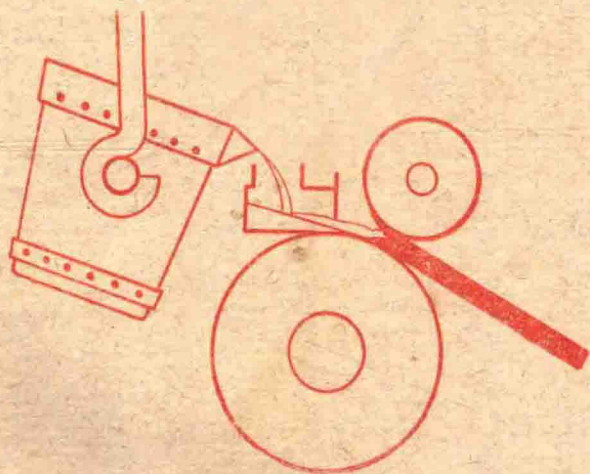


# 金属工艺学

中 册



浙江大学金属工艺学教研组编

1960

數

## 第一篇 金屬的冶煉

頁 數	行 數	字 數	誤	正
1-4	4	1	廢	度
1-17	圖 內		$3\text{FeO} \leftarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{Fe}$	$3\text{FeO} \leftarrow \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Fe}$
1-17	末	8-11	煉鋼开展	开展了快速
1-21	5	9	他	化

## 第二篇 金屬學

頁 數	行 數	字 數	誤	正
2-2	12	21	溫	強
2-3	6	倒5	O	δ
2-3	7	倒6	“較”字不要	
2-3	12	7	2	16
2-3	15	7·8·9	总种	種類
2-4	3	倒2	件	作
2-8	11	1	3	§3
2-8	倒4	12	20%	10%
2-9	圖2-10		81%	87%
2-10	12	17	AB	A·B
2-10	倒8	11	其中	一段
2-11	圖2-13		碳碳	鐵碳
2-11	倒4	7	40-50	40-50%
2-12	5	10	80%	50%
2-12	倒2	2	圖2-14 <sup>a</sup>	圖2-15 <sup>a</sup>
2-14	19	6	萊	奧
2-17	9	16	點	類

2—18	倒5	21	珠状	球
2—25	2	21	未	末
2—25	14	23	来用	用来
2—31	6	5	收	大
2—35	倒3	3	鍛	鉄
2—36	表2—10		$M_0, M, M, M, M$	$M_0, M_1, M_2, M_3, M_4$
2—38	表2—12		硬佔	硬鋁

### 第三篇 鑄造生产

頁 数	行 数	字 数	誤	正
3—3	倒11	3	是	不
3—6	倒7	1	③	④
3—6	倒9	11—12	式升	或
3—7	2	9—11	選擇分…	選擇：分…
3—7	4	10—13	治块最小	活块最少
3—8	倒7	10	层	及
3—11	10	19	后	合
3—11	19	3	木	本
3—15	1	末	点缺	缺点
3—15	14	13	的	消
3—16	倒12	7—8	高度	度高
3—17	1	18—19	用水	水用
3—18	4	8	F	下
3—18	8	末	环	杯
3—18	倒10	2	A为	图3—17
3—18	倒2	12	壁	壁



3-19	23	2	极	板
3-20	1	27	极	板
3-20	倒6	15	具	其
3-22	8	3	墅	壁
3-22	8	6	再	将
3-22	18	1	字	子
3-22	倒7	末	则	则用
3-23	1	4	修	低
3-23	5	13	犹	炉
3-23	7	26	氩	氩
3-24	4	24	犹	炉
3-24	7	17	車	火
3-24	10	2	φ	φ
3-26	6	10	7	1
3-26	24	7	碳	鉄
3-26	倒2	13	由于	促使
3-27	18	5,10	毫下	柱座
3-27	21	11	自	白
3-28	11	11	再	由
3-28	13	19	鑄	鎂
3-28			A 悬挂式振动器图的方向倒轉180°	
3-29	14	末	I	γ
3-29	16	7	样	桿
3-30	6	19	I	1
3-31	22	8	800°C	800°C

# 目 录

## 第四篇 金屬压力加工

概論	( 4—1 )
§1 金屬压力加工的一般概念	( 4—1 )
§2 金屬压力加工在国民經济中的作用	( 4—2 )
§3 我国在金屬压力加工方面的成就	( 4—2 )
第一章 金屬压力加工的基本原理	
§1 彈性变形和塑性变形	( 4—3 )
§2 冷变形与热变形	( 4—3 )
§3 影响塑性变形的因素	( 4—5 )
第二章 金屬的加热及加热設備	
§1 金屬的加热	( 4—6 )
§2 加热設備	( 4—8 )
§3 金屬的冷却	( 4—10 )
第三章 軋制	
§1 軋制过程的实质	( 4—10 )
§2 軋制工艺	( 4—12 )
第四章 拉絲	
§1 拉絲过程的实质	( 4—15 )
§2 拉絲設備	( 4—16 )
§3 拉絲工艺	( 4—17 )
第五章 擠压	
§1 擠压的实质	( 4—18 )
§2 擠压方式	( 4—19 )
第六章 鍛造	
§1 鍛造的一般概念	( 4—19 )
§2 自由鍛造	( 4—20 )
§3 模型鍛造	( 4—30 )
第七章 冷冲压	
§1 冷冲压的一般概念	( 4—37 )
§2 冷冲压工艺	( 4—37 )
§3 冲模的构造	( 4—41 )
§4 冷冲压設備	( 4—43 )
§5 冷鍛	( 4—43 )

## 第五篇 金屬的焊接与切割

概論	( 5-1 )
第一章 电弧焊	
§1 电弧的发生	( 5-2 )
§2 焊接电弧和电源	( 5-3 )
§3 手工电弧焊的设备和工具	( 5-5 )
§4 电焊条	( 5-6 )
§5 手工电弧焊工艺	( 5-7 )
§6 自动电弧焊	( 5-10 )
第二章 气焊	
§1 气焊用的气体	( 5-11 )
§2 乙炔—氧火焰	( 5-12 )
§3 气焊设备	( 5-13 )
§4 气焊工艺	( 5-15 )
第三章 保护气体中的电弧焊	
§1 原子氢焊	( 5-16 )
§2 惰性气体中的电弧焊	( 5-17 )
§2 二氧化碳气体保护下的电弧焊	( 5-17 )
第四章 接触焊	
§1 对焊	( 5-18 )
§2 点焊	( 5-20 )
§3 滚焊	( 5-20 )
第五章 其他焊接方法	
§1 电渣焊	( 5-21 )
§2 钎焊	( 5-22 )
§3 摩擦焊	( 5-23 )
§4 冷焊	( 5-24 )
第六章 金屬的焊接性能与焊接接头缺陷及檢驗方法	
§1 金屬的焊接性能	( 5-25 )
§2 焊接接头(焊缝)的缺陷	( 5-25 )
§3 焊缝质量的檢驗方法	( 5-26 )
第七章 金屬的切割	
§1 金屬的气割	( 5-27 )
§2 金屬的电弧切割	( 5-29 )

# 第四篇 金屬壓力加工

## 概 論

### §1 金屬壓力加工的一般概念

壓力加工是利用金屬的塑性，將金屬在一定條件下，受外力作用，使其改變形狀，尺寸而得到需要的機器零件或其他工件的方法。

壓力加工過程不但可以獲得具有一定形狀的零件，而且由於塑性變形的過程中，金屬內部的組織也發生了變化，因此採用正確的加工工藝過程，會使金屬的機械性能提高，同時由於這種加工方法的生产率很高而成本又較低，所以壓力加工也是製造機器零件或其他工件的主要方法。

金屬壓力加工包括：

1. 軋制——使金屬通過軋鋼機上的迴轉軋棍間的空隙，藉軋棍的軋壓力使金屬變形（圖4-1）。
2. 拉絲——將金屬坯料拉過拉絲模上的一定形狀和大小的孔型，藉孔型壁的壓擠作用使金屬坯料的截面積縮小（圖4-2）。

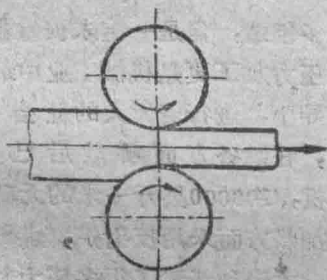


圖4-1 軋制簡圖

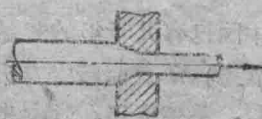


圖4-2 拉絲簡圖

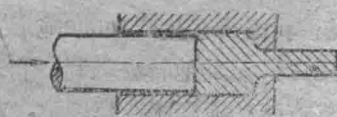


圖4-3 擠壓簡圖

3. 擠壓——將放在封閉模型內的金屬從模的孔型內擠出去的過程（圖4-3）。
4. 自由鍛造（無型鍛造）——利用錘的連續錘擊力量，或具有往復運動的壓鍛機上的壓頭力量，使金屬坯料變形而獲得一定形狀和尺寸的零件（圖4-4）。

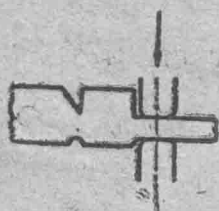


圖4-4 自由鍛造簡圖

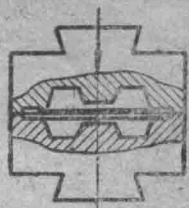


圖4-5 模型鍛造簡圖

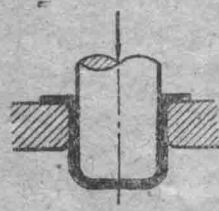


圖4-6 冷沖壓簡圖



5. 模型鍛造——將金屬坯料置入一個和鍛件形狀相似的鍛模型腔內，對上模加以錘擊力或壓力，強迫使金屬在型內變形而充滿型的各部分（圖4—5）。

6. 冷沖壓（薄板沖壓）——利用薄板條料或帶料作為冷沖壓的原材料，並將它置入沖模內，藉沖壓力使坯料在型內變形（圖4—6）。

## §2 金屬壓力加工在國民經濟中的作用

金屬壓力加工是工業建設中一個重要組成部分，例如在運輸工業中的大發動機主軸，鋼軌以及飛機，汽車，火車的另件，在動力和化工工業中的高壓容器，無縫鋼管；在國防工業中的炮筒，裝甲鋼板；在建築工程上所用的結構鋼材；以及在輕工業中生產的許多機器和日用品等。這些種類繁多，為現代化經濟建設所必須的原料，器材都是金屬壓力加工的產品。

壓力加工與機器製造業的關係很大，機器製造業中所必需的毛坯和另件，除了可用鑄造方法獲得以外，幾乎全部是用壓力加工方法生產出來的，例如鍋爐和船舶製造用的鋼板，製造小型另件用的棒料，作彈簧用的鋼絲等。由於壓力加工可以改善金屬的機械性能，因此一些重要的機器另件，通常都應用壓力加工方法來製造，如汽車和機床中的傳動齒輪，軸類，汽車發動機的曲軸連桿等。冷沖的方法，生產率很高且加工後另件尺寸很精確，表面也很光滑，所以用來直接製成品：如子彈殼，自行車鏈子，儀表另件，齒輪及各種容器等。

## §3 我國在金屬壓力加工方面的成就

壓力加工在中國已有幾千年的歷史，勞動人民有着很多創造，但是一直未被重視，因而處於極端落後的狀態，解放前歸中國機械工業非常落後，壓力加工更是機械工業中最落後的一部分，解放以後，全國人民在黨中央和毛主席的正確領導下，進行着偉大的社會主義建設，機械工業有着重大的發展，而壓力加工更是突飛猛進，在設備方面解放後已生產了20000多台，現在我國已在生產10000噸以上的自由鍛水壓機，100000公斤—米的無砧座錘，3500噸的機械壓床，及其他特種軋制，自動化等設備，在加熱方面採用反射爐，煤氣爐甚至電加熱。在工藝方面：推廣了胎膜鍛造，雙邊鍛造等工藝，擴建和新建了很多壓力加工工廠和車間：如鞍山鋼鐵公司的大型軋鋼廠，無縫鋼管廠，長春第一汽車廠鍛造車房間等。



# 第一章 金属压力加工的基本原理

## §1 弹性变形和塑性变形

1. 弹性变形——当作用于金属的力小于该金属弹性极限时，则使金属晶格常数发生变化而引起的变形如图4-7所示。当力去除后，晶格就恢复正常状态金属的变形亦随之消失。

2. 塑性变形——当作用于金属的力大于该金属的弹性极限时，则由于金属内部晶格间产生滑移而引起的变形，当力去除后，金属并不能恢复其原来之位置，变形被保留下来。

由于金属压力加工是通过金属的塑性变形来实现的，要想很好地掌握金属的压力加工工艺，就必须对金属的塑性变形加以研究。

塑性变形可分为晶内变形和晶间变形

1) 晶内变形——在晶粒内部一定的结晶平面上按照一定的方向所产生的变形。

i) 滑移——晶体的原子群或晶格的一部分与其他一部分沿着一定的晶面和方向产生相对位置的移动(图4-8)

ii) 双晶变形——变形晶体的一部分与另一部分形成镜面对称位置(图4-9)。

3) 晶间变形——晶粒间之相互位移。

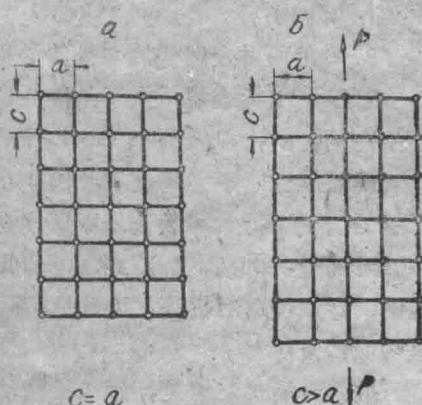


图4-7 弹性变形示意图

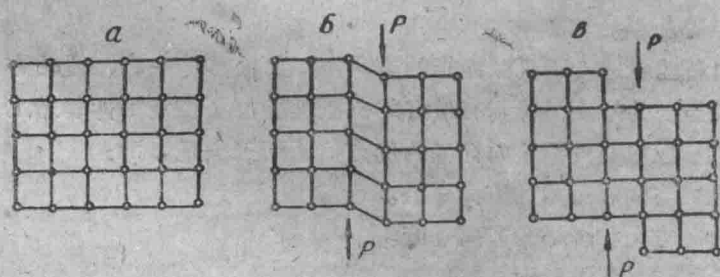


图4-8 滑移塑性变形示意图

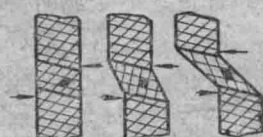


图4-9 双晶变形示意图

## §2 冷变形与热变形

冷变形——当金属变形后，只有加工硬化组织而没有再结晶组织。

热变形——当金属变形后，具有再结晶组织而无加工硬化痕迹。

1. 冷变形对金属组织与性能的影响

金属在变形的过程中，晶粒形状改变了，它向着拉延的方向伸长，形成所谓纤维组织，

在滑移面上形成了許多很小的晶粒碎片，这些碎片使滑移面凹凸不平。此外，不論是破晶粒本身或与滑移面相邻的晶格，都发生了歪扭如图4—10所示，这一现象称为加工硬化。

由于产生了加工硬化现象，因此提高了金属的硬度和强度，而降低了金属的塑性及韧性。同时金属的物理和化学性能也发生变化，如导热性，导电性，导磁性降低了，而溶解性，顽磁力和磁滞增加了。

## 2. 热变形对金属组织与性能的影响

加工硬化的金属，由于晶格歪扭，原子处在不平衡的位置，以及许多细小碎片的形成，使金属组织处于不稳定状态，因此金属组织就要再发地由不稳定状态转向稳定状态。由于在低温的情况下，大多数金属原子没有具备足够的活动能力，因此这一过程很难进行。当温度稍许升高时，例如钢加热到200—300°C时，晶格的歪扭被消除了。金属的机械性能也有一些变化，即塑性略有提高，而硬度和强度则略有降低，但不能观察到显微组织的变化，这一现象叫做恢复。

继续升高加热温度，原子的活动能力加大，则沿晶界处以及在滑移面上的细小碎片就起着晶核作用，并由此进行晶粒长大，形成新晶粒，这一过程叫做再结晶。各种金属有其一定的再结晶温度，它与金属的熔化温度有下式关系：

$$T_{\text{再结晶}} \approx 0.4 T_{\text{熔化}}$$

式中 T — 再结晶和熔化的绝对温度

金属在再结晶温度以上的温度进行变形时，金属也产生加工硬化，但立即被再结晶所消除，因此最后金属所得到的是再结晶组织。

金属经过热变形后，也具有纤维组织造成了机械性能的方向性，如象木材一样，纵的方向机械性能好些，横的方向性能差些。为了使零件具有最好的机械性能，在拟定零件制造工艺过程时，要注意零件受力的方向，应尽量发挥纵向纤维的优点，下面三点是原则：

- 1) 零件工作时发生最大正应力的方向和纤维的方向重合。
- 2) 零件工作时发生最大切应力的方向和纤维的方向垂直。
- 3) 纤维不得被切断，而且必须围绕零件的轮廓。

现在举几个例子来说明。图4—11是由不同加工方法获得的螺栓工件。

a. 用切削加工方法所获得的螺栓，最大切应力的方向和纤维方向不是垂直而是重合的故机械性能不好。

b. 用延伸的锻造方法，机械性能较好。

B. 用墩粗的锻造方法，使最大切应力的方向和纤维方向垂直，故机械性能最好。

图4—12是几种加工方法获得的齿轮工件。

a. 用最大截面原料制成的齿轮，最大正应力的方向和纤维的方向不是重合而是垂直，机械性能不好。

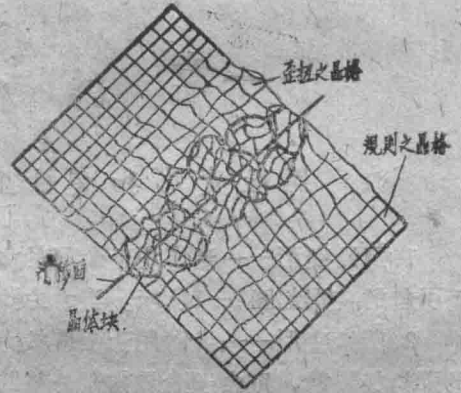


图4—10 在滑移面附近晶粒构造的变化示意图。

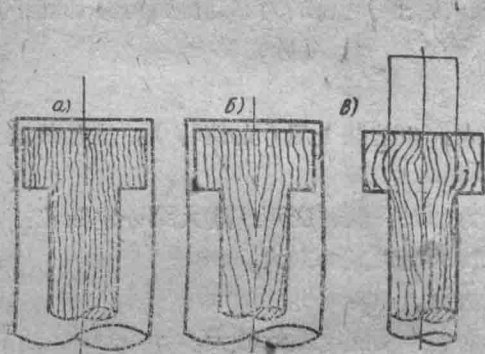


图4—11 由不同方法制成螺栓的目見組織簡圖

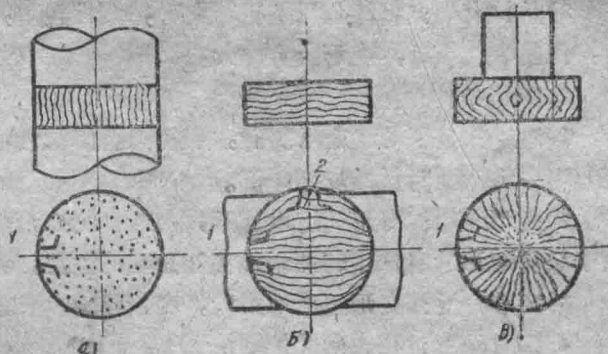


图4—12 由不同方法制成齒輪的目見組織簡圖

6. 用板料制成，1 齿机械性能好，2 齿机械性能不好。

6. 用鍛造方法制成的齒輪，最大正應力的方向和纖維的方向重合，機械性能最好。

图4—13a 用切削方法制成的曲軸，纖維被切斷，機械性能不好。

6. 用彎曲方法制成，纖維圍繞另件的輪廓，機械性能好。

鍛造比	鋼錠中心部份 (什亂的樹枝狀結晶)	鋼錠週邊部份 (柱狀樹枝狀結晶)
2 ~ 3	纖維質目見組織形成	樹枝狀結晶明顯地離開它們原來在鋼錠中的方向
3 ~ 6	纖維質目見組織	纖維質表現得很明顯，但所有的樹枝狀結晶並不趨向於金屬流動的方向
10 和 10 以上	沿所有截面纖維質組織都是均勻的、明顯的。	

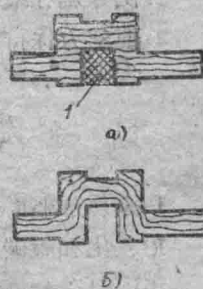


图4—13 由不同方法制成曲軸的目見組織

鍛造比  $\gamma = \frac{F_0 \text{ (原始鋼錠的橫截面面積)}}{F \text{ (變形後橫截面面積)}}$  的大小和纖維質的目見組織形成過程之間

有一定的關係如表4—1所示。

### §3 影響塑性變形的因素

#### 1. 金屬的本性

1) 化學成分：純淨的金屬塑性好些，低碳鋼的塑性較高碳鋼好些，而合金鋼的塑性通常是差的。

2) 相態：固溶體比機械混合物的塑性好，退火狀態比淬火狀態的塑性好。



3) 晶粒大小：脆性金属晶粒越大时，塑性越差，韧性金属晶粒的大小对塑性好坏影响不大，但晶粒越小时，变形阻力越大。

## 2. 变形条件

1) 温度：金属的温度增高时，一般都会使塑性增大，但某些金属（如铝等），当加热温度超出一定范围时塑性反而降低。

2) 变形速度：变形速度增加时，一般都使变形阻力加大，但若变形速度大到一定数值，由于金属变形时所产生的热量提高了金属的温度，金属的塑性反而加大。

3) 变形程度：变形程度增加时，变形阻力也随之增加。

4) 应力状态：在各向受拉的情况下，塑性较小，而各向受压时塑性较大。

# 第二章 金属的加热及加热设备

金属加热的目的是为了降低变形阻力，提高塑性使变形容易，但加热的不恰当会产生各种毛病，影响产品的质量，甚至成为不可补救的废品，因此研究金属在压力加工时的加热情况，对于各种热加工方法（如轧制，锻造等）有着重大的意义。

合理的加热有下列两项要求：

1. 使金属在最均匀的加热情况下获得规定需要的温度。

2. 要努力保持金属的完整性，氧化铁皮产生最少和脱碳层最小。

## §1 金属的加热

### 1. 金属加热时的不良现象

#### 1) 氧化和脱碳

在高温时金属表面易和氧化合，产生一层氧化铁皮，如果燃烧时有多余的空气，炉膛温度越高坯料在炉中停留时间越长那么生成的氧化铁皮越多，同时金属的化学成分也影响生成氧化铁皮的多少，例如含碳量少生成氧化铁皮多，如金属中含铬镍达13~20%时就没有氧化铁皮生成。这种在加热过程中由于氧化而造成的金属损失是很大的。为了减小氧化铁皮的损耗，现在采用了快速加热法。

在加热时，金属表面层的碳和氧起了化合作用而被烧掉叫做脱碳，脱碳会影响到机械性能，由于表面层碳成分减少，金属的表面硬度就降低。

#### 2. 过热和过烧

由于加热温度过高，所发生晶粒长大现象叫做过热，过热的钢料，机械性能降低了并且变脆，过热的钢料可以用退火的热处理方法来消除。

当加热温度更高时，氧化气体渗透到金属内部，使晶粒边界发生局部熔化和氧化。因此晶粒之间的连结大大削弱，如果一受压力就会裂成很多碎片，这种现象叫做过烧，过烧的金属是不可改正的废品，除回炉之外别无用处。

#### 3 温度应力

由于加热的不均匀，使金属受热膨胀不均匀而产生的应力叫做温度应力。温度应力超过在该温度下金属的极限强度时，就会在毛坯上形成外裂纹和内裂纹。

## 2. 加热规范

### 1) 加热温度

在决定加热温度时，应该考虑如果温度过高会产生过热和过烧，温度过低（再结晶温度以下）产生加工硬化，因此加热温度应该选择在过热过烧温度以下再结晶温度以上的范围内。不同化学成分的合金有各自不同加热温度范围。具体的可以在手册中查到，图4—14所示为碳钢的加热温度范围。

### 2) 加热速度

影响加热速度的因素有：

i) 炉温——炉膛温度愈高，加热速度愈快。

ii) 工件的形状和尺寸

表面面积/体积，的比值愈大，则加热愈迅速，坯料的尺寸愈大，加热愈慢。

iii) 在炉内放置方法

如果坯料加热时，由于旁边另一排坯料挡住了热射线，那么加热坯料所需的时间，应该乘一个系数，图4—15是表明这修正系数与坯料在炉底排列方法之间的关系。

iv) 材料的导热率

$$\text{温度升高率 } a = \frac{\lambda}{C\gamma}$$

式中：λ——导热率

C——热容量

γ——比重

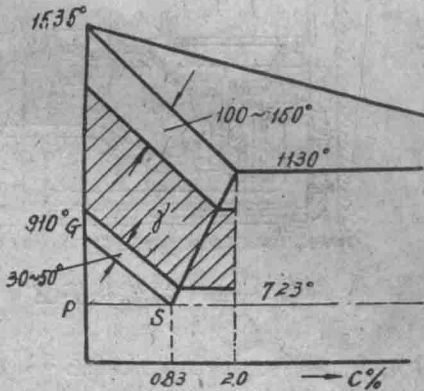


图4—14碳钢的加热温度范围

序号	坯料的排列	修正系数	深料的排列	修正系数
1		1		1
2		1		1.4
3		2		3
4		1.4		2.2
5		1.3		2
6		1.3		1.8

图4—15钢坯在炉子中的位置对加热时间的影响

温度升高率愈大，则加热进行得愈快，对钢来说，温度升高率是因含碳量和合金成分的增加而减小。

在上列因素中，炉膛温度是当其他条件相同时，用来调整炉内金属加热速度的基本因素。

关于加热速度有几种计算公式，下面所举其中之一

加热时间  $T = KD\sqrt{D}$  (小时)。

式中:  $D$ ——坯料直径(米);

$K$ ——系数, 碳钢和低合金钢  $K=12$

高合金钢  $K=25$

### 3. 快速加热法:

快速加热的区别在于加热温度的规范不同, 即先把加热炉升温至  $1200^{\circ}\text{C}$ , 并保持这个温度为工作温度。然后将冷锭料直接装入  $1200^{\circ}\text{C}$  的炉内, 但冷锭温度必须在  $+20^{\circ}\text{C}$  以上。此时金属温度即迅速上升, 至金属料表面达到比锻造温度高约  $30$  至  $40^{\circ}\text{C}$ , 例如锻造温度为  $1150$ — $1170^{\circ}\text{C}$  的金属料, 则加热至  $1190^{\circ}\text{C}$ , 即可取出锻造, 并不要  $\frac{1}{3}$  的保温时间。因此锭料可以在炉温不变 ( $1200^{\circ}\text{C}$ ) 的情况下取出和装入, 可以组织流水作业, 大大地提高加热炉的运用效率。减少炉子的数量, 大小和维护费用, 这样不但减低生产成本, 而且节省由于氧化所引起的金属损耗。

## §2 加热设备

在现代工业中进行热加工时, 加热金属所采用的设备有以下几种类型: 1) 打铁炉, 2) 火焰炉, 3) 电炉, 4) 接触电热器, 5) 感应电热器。

### 1. 打铁炉

打铁炉是一种最简单的加热设备, 它一般用在手工锻造小的零件, 图4—16所示, 是使用固体燃料(煤)的打铁炉, 燃料撒在炉池1内, 燃料急剧燃烧所需的空气由空气管3通过风咀2送入炉池, 而空气管的气体是由鼓风机送入的。

### 2. 火焰炉

火焰炉可用固体、液体和气体燃料, 最完善的火焰炉是用液体或气体的燃料, 根据炉膛温度分布的特点, 火焰炉可分为两种: 一种是整个炉膛温度都相同的, 称为箱式炉, 另一种炉膛温度由装料口到出料口之间, 逐渐增高, 称为连续式火焰炉。

#### 1) 箱式炉

箱式炉的简单构造如图4—17所示, 该炉子有一个燃烧室1, 加热室2及烟道3, 燃烧室与加热室之间有隔墙4, 金属坯料6置于炉底5上, 烟道一般都位于炉子底部, 炉气通过炉底而将坯料底部加热, 这样能使坯料受热均匀, 坯料的装炉和出炉均经料门7, 在燃烧室中有炉篦8, 燃料即在炉篦上燃烧。

使用液体和气体燃料的箱式炉, 一般没有燃烧室, 燃料和空气, 通过喷咀进入炉中后, 即在加热室中燃烧。箱式炉可用于加热各种不同体积和重量的坯料。

#### 2) 连续式加热炉(图4—18)。

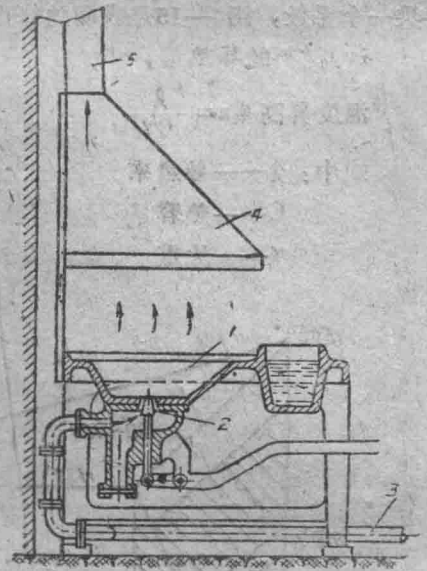


图4—16 打铁炉简图



在連續式加熱爐內，坯料是逐漸加熱的，這種爐子具有較長的工作空間，其各個部位的溫度不同，裝料口溫度較低，出料口溫度較高。坯料由進料口推入爐內，逐漸地沿工作空間向出料口移動，當坯料進入高溫區（接近出料口部分）時，已充分預熱，加熱好的坯料經出料口出爐，爐內的坯料是利用機械推桿來移動的。連續式加熱爐的燃料消耗，較箱式爐為少，而且裝料和出爐能夠機械化，因此，它被廣泛應用於成批生產或大量生產中。

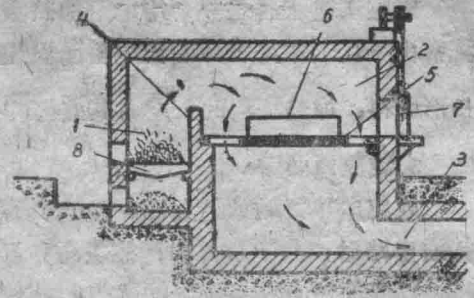


圖4—17 箱式爐示意圖

火焰爐的重大缺點是金屬表面燒損量很大，此外，當需要非常準確地控制加熱溫度範圍時，用火焰爐往往是辦不到的。

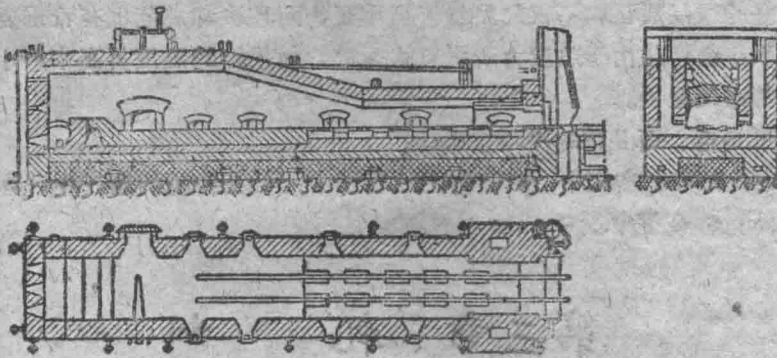


圖4—18 連續式火焰加熱爐

### 3. 電爐

電爐主要是用作加熱有色金屬坯料，如鋁，鎂合金等，它的構造如圖4—19所示，它是一個由耐火磚砌成的箱子，在爐壁和爐拱內裝着電阻絲，當電流通過後，使電阻絲發出熱量，把金屬加熱。

電爐的特點是能很準確地保持加熱的溫度範圍，但缺點是不能產生高溫，因此無法加熱鋼的坯料。

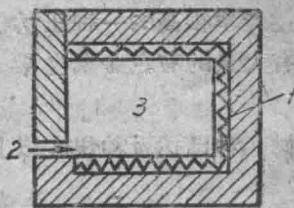


圖4—19 電爐

- 1—電阻絲 2—爐門 3—爐膛  
4. 接觸式電熱器

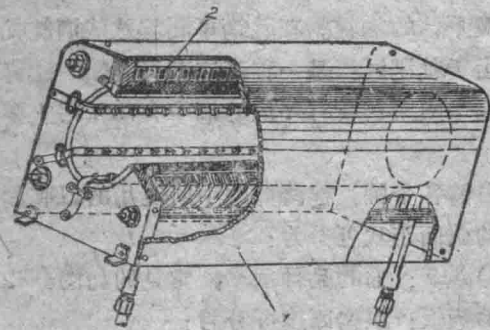


圖4—20 感應電熱器

接触式电热器是一个用电阻加热金属的装置，它夹住坯料两端和电源相連，並通以强电流，由于坯料本身成为直流电阻而发生热量。这种方式适用于加热小截面（小于50毫米）的长形坯料，加热坯料的长度与其直径的平方之比不得小于1.5即  $\frac{l}{d^2} > 1.5$ 。

### 5. 感应电热器

感应电热器的构造如图4-20所示，在外壳1内装有感应器2，坯料放在感应器2中，当接通电路时，由于金属内产生磁滯和渦流而被加热。

感应加热有許多突出的优点，如加热时间短，燒损小，因而节约金属，沒有脫炭层，温度准确，不会过热並且改善了車間的环境和劳动条件等，所以它是最先进的加热方法。

## §3 金屬的冷却

为了获得好的成品质量，不仅加热规范很重要，而且冷却规范也有着重要的意义，过分迅速冷却的结果，会产生由于热应力所引起的裂紋。如果鋼的温度昇高率愈小和坯料的尺寸愈大，那么冷却必須愈慢。

在实用上可考虑下面几种的冷却方式：

1. 在空气中；2. 堆在空气中；3. 在密閉的箱子中；4. 在密閉的箱子中，埋在沙子，炉渣，鉄渣等里面；5. 在炉中。

# 第三章 軋 制

## §1 軋制过程的实质

将金属坯料或鋼錠通过一对迴轉着的元柱体(軋棍)間的比坯料厚度小的空隙，坯料受压缩，而使截面縮小，长度加大。这种方法称为軋制。

軋制生产是冶金生产的一个組成部分，組成冶金工厂的主要車間是炼鉄車間，炼鋼車間和軋鋼車間。在炼鉄車間从矿石中炼出生鉄，在炼鋼車間炼鋼並將鋼注入鋼錠模，得到必須重量及形状的鋼錠。在軋鋼車間将这些鋼錠軋成必須形状的产品。

由于軋制过程是一种高速而又連續的过程，因此軋制是生产率很高的一种压力加工方法，一个国家在所有熔炼的鋼中有75%以上要进行軋制，还有大量的有色金属也要进行軋制。

目前各个国民經济部門中所使用的以軋制方式生产的鋼材品种已达万种规格以上，根据它們的截面形状可分为：

1) 型钢：它的品种很多，常見的如图4-21所示。

2) 鋼板：根据厚度可分为：

i) 厚板：其厚度范围为4~160毫米。

ii) 薄板：其厚度为0.2~4毫米，鋼帶是变相的薄板。

3. 鋼管：它有焊管和无縫鋼管兩大類。
4. 周期截面鋼材：凡鋼材上各處的截面尺寸是不相同，按周期改變，稱為周期截面鋼材。
5. 其他軋制產品如車輪，輪圈，滾珠，鋼球，齒輪，螺絲，絲槓等。

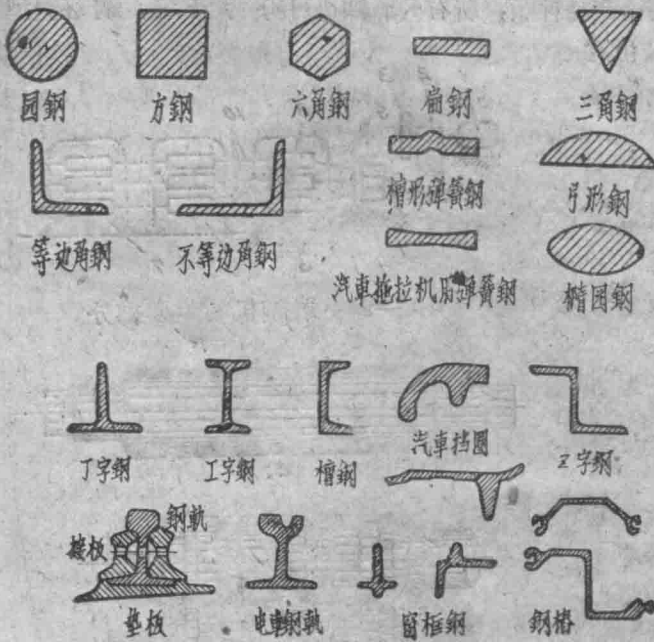


圖 4—21 各種截面的型鋼

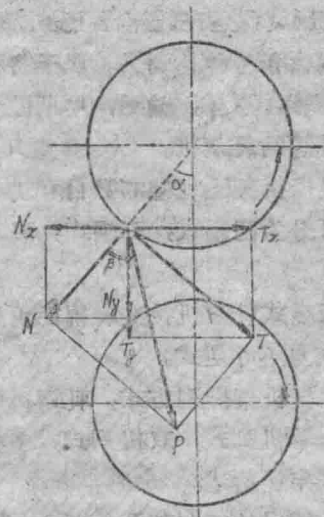


圖 4—22 咬入情況

軋制過程是由金屬被軋棍咬入的一瞬間開始，當金屬坯料和軋棍接觸時，出現了軋棍作用於坯料並垂直於軋棍表面的兩個力 $N$ 和在切綫方向的兩個摩擦力 $T$ （圖4—22）。

根據平衡的條件並作出力 $N$ 和 $T$ 在運動方向的投影，則得：

$$2N\sin\alpha = 2T\cos\alpha$$

這兩個力中，力 $2T\cos\alpha$ 是曳入力，力 $2N\sin\alpha$ 是阻礙金屬進行軋制的排斥力。很明顯，只有當曳入力大於排斥力時，才能使坯料進入軋棍空隙，即 $T\cos\alpha > N\sin\alpha$ ， $T > N\operatorname{tg}\alpha$ 而 $T = \mu N = \operatorname{tg}\beta N$ ， $\therefore \operatorname{tg}\beta > \operatorname{tg}\alpha$ ， $\beta > \alpha$ 。

從上式可以看出，為了改善軋棍咬入金屬條件可以：

1. 減小咬入角 $\alpha$ ——增加軋棍直徑，減少压下量，增加軋棍間的空隙得到。而軋制速度對咬入角也有很大的影響。

2. 增加摩擦係數——如軋棍表面較粗糙，金屬在熱狀態下，摩擦係數較大。

金屬坯料在軋制過程中其體積是保持不變的，即 $V_1 = V_2$ ； $F_1 l_1 = F_2 l_2$ ， $\mu = \frac{l_2}{l_1} = \frac{F_1}{F_2}$

式中： $V_1$ ——軋制前金屬坯料體積，

$V_2$ ——軋制後金屬坯料體積，

$F_1$ ——軋制前金屬橫截面面積，