

中等專業學校教學用書



自由鍛造

格 罗 姆 著

王適玲、黃振華譯

蘇聯運輸機器製造部教育司批准
作為中等機器製造學校的教學參考書

出版者的話

本書的主要內容包括：压力机和鍛錘工作中有关自由鍛造方面的基本工艺問題，鍛造車間所应用的原材料及其在鍛造中的准备工作，自由鍛造的应有設備，鍛造时塑性变形的理論基础，基本鍛造工序及制訂工艺規程的方法，鍛件的質量檢查，等等。此外，还列举了鍛造車間有关技术安全的基本知識。

本書可供中等技术学校鍛压專業作教学参考及从事鍛压工作人員作技术上的参考。

本書根据“И. К. Гром: Свободная ковка, Машгиз 1955г.”，由王迺玲及黃振华譯出。全文經陈景福校訂。

苏联 И. К. Гром 著 ‘Свободная ковка’ (1955 年第一版)

* * *

NO. 1549

1957年12月第一版 1958年8月第一版第二次印刷

850×1168 $\frac{1}{32}$ 字数 245 千字 印張 9 1901—4,950 册

机械工業出版社(北京东交民巷 27 号)出版

建筑工程出版社印刷厂印刷 新华書店發行

北京市書刊出版業營業許可証出字第 008 号 定价 (10) 1.40 元

目 次

原序	6
緒論	7
第一章 鍛工車間的原材料和鍛造前的准备工作	11
1 鍛工車間加工的材料	11
2 鋼錠及其組織、缺陷和品种	15
3 鍛工車間所用粗軋、精軋和压制原材料及其組織与缺陷	20
4 驗收金屬和在倉庫中存放金屬	22
5 切斷材料	24
6 清理坯料	30
第二章 金屬的加热和鍛造的物理基础	31
1 金屬的塑性变形	31
2 塑性、可鍛性和鍛造的溫度范围	37
3 鍛造对鋼鍛件的粗視組織、显微組織和机械性質的影响	45
4 鋼鍛件的加热过程和鍛件的冷却	52
第三章 金屬在塑性状态的变形	65
1 物体变形时的应力状态	65
2 塑性变形的基本定律	72
3 变形条件对于被变形金屬的流动性性質和变形阻力的影响	74
4 計算变形力、变形功和压力机与鍛錘的必需吨数的理論方法	80
第四章 鍛工車間的設備（鍛錘）	82
1 关于鍛工車間設備的一般說明	82
2 蒸汽空气錘	84
3 傳动式鍛錘	103
4 各种鍛錘的比較	108
第五章 鍛工車間的設備（水压机）	109
1 水压机及其主要部件的構造	109
2 水压設備	123
第六章 鍛造工作机械化所用的工卡具和輔助設備	133
1 机器自由鍛造的主要工具	133

2 輔助工卡具	142
3 量具	148
4 鍛造工作機械化的輔助設備	152
第七章 在鍛錘和壓力機上完成自由鍛造的主要工序	158
1 鍛粗	158
2 延伸	171
3 錯開	183
4 沖孔	184
5 砍切	189
6 彎曲	192
7 扭曲	192
8 鍛焊	194
第八章 鍛造工藝 (制訂工藝規程)	195
1 編制鍛件圖紙	196
2 原材料重量和尺寸的計算	209
3 機器設備的選擇	213
4 鍛造工序的選擇	214
5 確定加熱、冷卻和中間熱處理的規範	215
6 工藝卡片	216
第九章 鍛造工藝 (在鍛錘、曲軸壓力機和凸輪式鍛造機上 鍛造)	221
1 在鍛錘上鍛造	221
2 改進在鍛錘上鍛造的方法	233
3 在曲軸壓力機上鍛造	239
4 凸輪式鍛壓機的工作	245
第十章 在壓力機上鍛造的工藝	247
1 壓力機鍛造工藝舉例	248
2 改善水壓機鍛造的方法	258
第十一章 自由鍛造車間的設備布置和工作地的組織	262
1 設備的布置	263
2 工作地的組織	264
第十二章 精整工序和鍛件的質量	268

1 鍛件的缺陷	268
2 檢查鍛件質量的方法	273
第十三章 自由鍛造車間的安全技術	275
1 鍛造車間發生傷人事故的原因及其防止方法	275
2 鍛錘鍛造時的安全技術	277
3 壓力機鍛造的安全技術	283

原 序

〔自由鍛造〕这本教学参考書，是依据苏联高等教育部批准的中等机械制造技术学校教学大綱編写的，内容包括鍛工車間的工艺規程和设备，以及必要的鍛造时金屬塑性变形的理論基础。

在編写这本书的时候，我們假定学生們在學習〔自由鍛造〕这门課程以前，已經学过与它直接有关的〔金屬学和热处理〕以及〔加热爐〕这两門課程。

因为自由鍛造的教学大綱包含的实际材料太多，而本書的篇幅又有限，所以就不可能說明某些次要的問題（金屬的酸洗和矯正，弯曲和扭曲，蒸汽錘廢汽的利用和蒸汽錘基础的計算理論，等等）。

为了把內容叙述得更加紧凑，关于选择鍛件的加工余量和公差，以及計算所需鍛錘吨數的問題，正像教学大綱里規定的那样，我們不是抛开工艺，而是当作制訂鍛造工艺規程的一个組成部分来討論的。此外，我們把鍛錘与压力机的鍛造工艺方法和工具放在一起研究。只有在列举鍛造实例的时候，才把鍛錘鍛造和压力机鍛造分开来。

作者謹向审閱人潘克拉辛（В. П. Панкрашин）、厄都阿尔多夫（М. С. Эдуардов）以及編輯奧波杜也夫（Г. Т. Оболдуев）等工程师致謝。他們在評閱和編輯本書的过程中都提出了寶貴的意見和指正。

作者將深深感謝为本書提出一切希望和意見的人，并請把意見函寄基輔克列夏克街（Крещатик）十号国立机械制造書籍出版社烏克蘭分社。

緒 論

鍛造生产包括自由鍛造和模鍛，自由鍛造是主要的鍛造生产之一。所謂自由鍛造，就是这样一种金屬压力加工的过程，即借助于不限制金屬在垂直于軸心綫的平面上流动的平底錘来击压坯料，使坯料的形狀作必需的改变。在模鍛的时候，有鍛模的模壁阻碍金屬自由流动而限制金屬移动，这样就可获得所需要的形狀。

自由鍛造的目的，不仅在于改变坯料的形狀，而且要金屬在鍛造过程中改变組織，以改善金屬的机械性質。

原始的鍛压生产过程是手工自由鍛造，这是一种古老的金屬加工方法，許多考古学家和历史学家的研究都証明，紀元前兩千多年在我国烏拉尔地区就已經使用了鍛压加工的方法。在十世紀和十一世紀的时候，西欧还在使用石斧当武器，而我們的祖先却已經使用了俄罗斯[鉄匠和鍛工]制造的鉄器来保卫自己的边境，免遭土耳其和蒙古人的入侵。韃靼人的入侵并没有使鉄和鉄制品的生产停止發展，那时的鉄和鉄制品就已經行銷国外——保加利亞、捷克、日耳曼、斯堪的那維亞和其他国家。用外国人的話說，十六世紀的俄罗斯是外国的粮倉和金屬倉庫[43]●。

俄罗斯鍛工們的技艺和創造，永远享有盛誉。还在伊凡雷帝时代(1533~1584年)，俄罗斯的大炮制造師們——杰出的大炮制造家——就已經开始鍛制大炮。在十七世紀，俄罗斯的鍛工們鍛造了一种火銃炮，尺寸是那时尚未見过的，其重量超过了1000公斤，长达5500公厘左右。

俄罗斯的鍛冶事業，在十八世紀的前25年——彼得第一时代，特別發达。那时，建立了許多工厂，特別是新都尔工厂早在1712年就建立了。在这个工厂工作的，有俄国最早的一批机器制造師——鍛工

● 參参考書號碼，見原文書。——編者

馬克·西多羅夫 (Марк Сидоров) 和發明家雅柯夫·巴提謝夫 (Яков Батищев), 後來又有著名的武器製造專家華西里·安東諾維奇·巴斯杜霍夫 (Василий Антонович Пастухов), 他是 1800 年在俄國第一個在工廠內使用模鍛錘和螺旋壓力機進行熱模鍛造的。

十九世紀鍛冶事業進一步發達的特點, 是增大了鍛件的尺寸, 制訂了特種優質鋼的鍛造方法, 改善了鍛造工藝。研究金屬壓力加工某些理論問題的第一批科學著作, 也是在這個時期出現的。

為了保證造船業和大炮生產對大型鍛件的需要, 大型的鍛錘和壓力機也開始製造了。在十九世紀以前, 只使用杠桿式的機動錘, 這是一種十六世紀發明的水力驅動機器, 用這種機動錘可以加工 70~100 公斤的鍛件。

在 1842 年, 按照涅斯米特 (Несмит) 的圖樣製造了第一台蒸汽錘, 這是一個很大的進步。它有點像現代的橫形鍛錘, 落下部分重約 3000 公斤。以後, 又開始製造比這更大的鍛錘。在 1873 年的俄國, 帕爾姆工廠和奧布霍夫工廠安裝了幾台本國設計的 50 噸蒸汽錘。某些外國工廠也有安裝重達 100 噸鍛錘的。最大的一台蒸汽鍛錘是 1891 年裝在美國比弗里斯工廠鍛造鋼錠用的 120 噸蒸汽錘。

但是應用這種重型鍛錘並不合算, 因為既不經濟, 又不方便, 所以後來無論是在外國還是在俄國, 很快就改用水壓機來代替蒸汽錘了。1895 年, 俄國的一家工廠安裝了一台重達 7500 噸的水壓機。

對於優質鋼的鍛造, 是當時一位杰出的工程師、金屬顯微組織研究法的奠基者——巴維爾·彼得羅維奇·阿諾索夫 (Павел Петрович Аносов) (1797~1851 年) 最先研究的, 他在烏拉爾的斯拉托烏斯托夫工廠 (即現在的列寧工具廠) 工作過 30 多年。阿諾索夫根據研究結果制訂了用大馬士革鋼製造優質刀劍的方法。

鋼材鍛造方法的科學基礎, 是阿諾索夫事業的優秀繼承人——季米特里·康士坦京諾維奇·切爾諾夫 (Дмитрий Константинович Чернов) (1839~1921 年) 奠定的。最初他是奧布諾夫工廠鍛工車間的工程師, 從 1889 年起到逝世為止, 便一直是炮兵學院的教授。

切爾諾夫早在 1868 年就證明，必須把鋼坯加熱到再結晶臨界點以上的溫度才能得到優良的鍛件。此外，他在 1878 年還研究了鋼水的凝固過程，確定了鋼錠結晶組織的性質，從而制訂出保證鍛件得到最高機械性質的顯微組織的正確方法。

雖然俄國的學者們在鍛冶生產方面有了世界意義的科學發現，雖然俄國的工程師們在製造大型鍛錘方面取得了許多成就，但在偉大十月社會主義革命以前，俄國的整個鍛冶生產還是落後於資本主義國家的技術發展水平的。

造成這種落後的原因，就是封建地主制度和沙皇政府阻礙了俄國科學和生產力的發展。

大型鍛件的生產對於發展重型機器製造和船舶製造的重大意義，以及中小型鍛件的生產對於鐵路運輸機器製造、汽車拖拉機製造、農業機器製造和其他工業部門的重大意義，黨和政府在我國工業化時期都把它們估計到了。

在戰前三個五年計劃期間，我們許多舊機器製造廠的鍛造車間都經過了改建，裝備了新的設施，許多新廠（如烏拉爾機器製造廠、新克拉斯諾托爾工廠等）還建立了大型的自由鍛造車間。

但，鍛壓機器的生產有很長時間落在其他機器製造部門的後面，所以在十九次黨代表大會關於 1951~1955 年蘇聯發展的第五個五年計劃的指示中，提出必須把重型鍛壓設備的產量增加七倍，而機器製造業的產品製造水平則平均提高一倍。

現在，自由鍛造主要是用在單件和小批生產和修配車間里。自由鍛造對於重型機器製造部門特別重要，因為重型機器製造就其性質來說，大凡是單件生產或小批生產，如水力發電機的軸、渦輪機的葉輪、曲軸、高壓蒸汽鍋爐的爐膈、機車軸和聯杆等類的零件，對它們的強度要求很高，只可用鍛造的方法製造。

現在重型機器製造業製造的有重達 150~200 噸的鍛件，所用鋼錠（鋼坯）的重量達 300~350 噸。

自由鍛造需要大量地花費熟練鍛工的勞動，是機器製造部門最昂

貴的生产方法之一。所以現在人們正在努力設法改用模鍛來代替自由鍛造。模鍛件的重量正在不斷提高，現在已經達到 200 公斤以上。即使零件不能全部模鍛，也常常採用分段模鍛法（例如曲軸和聯杆）。

自由鍛造的方法正在日漸改善，在這方面，我國生產革新者——先進的鍛工們取得的成就有着很大的意義。

除了用鍛錘和水壓機進行鍛造工作之外，近來還採用曲軸壓力機鍛造，這種鍛造方法是完全正確的。毫無疑問，將來也一定有發展前途。

在鍛工車間採用電力加熱以及使繁重的勞動過程機械化，可以改善鍛造時的工作條件，使鍛工車間在技術裝備方面也可以進入現代機器製造廠的先進車間之列。

外國的鍛造技術也有這種總的趨勢，就是用模鍛代替自由鍛造，使鍛造生產過程機械化和利用電力加熱坯料。鍛件常用高合金鋼和鋁合金與鈦合金製造，以降低機器的重量；關於鍛造對改進鍛件機械性質的影響，他們也特別注意研究。鍛件的尺寸也在不斷增大，例如，1955 年美國為了製造一台 45000 噸的模鍛水壓機，就曾鍛造了高 33 公尺、直徑約 1 公尺的鋼柱。每根這樣的鋼柱都是用重 275 噸的鋼錠鍛制的。

在英國，外徑為 2 公尺、長度不超過 15 公尺的蒸汽鍋爐，現在已經全部都是鍛造的；這種鍋爐的爐筒經過最後加工之後，重約 60～70 噸。

對於鍛造過程的研究，無論是俄國還是外國，都是從上個世紀開始的（Кик, Рейто, Зибель, Тиме, Сонгин 和 Гавриленко 等人）。蘇聯學者在這一個領域中更廣泛地推進了一步。古勃金（С. И. Губкин）、文克索夫（Е. П. Унксов）、斯多羅熱夫（М. В. Сторожев）以及其他等人建立了鍛造過程的理論；馬爾柯維奇（Я. Н. Маркович）、季明（А. И. Зимин）和其他等人建立了鍛壓設備的計算理論，並奠定了設計與製造鍛壓設備的科學基礎。

第一章 鍛工車間的原材料和

鍛造前的准备工作

1 鍛工車間加工的材料

自由鍛造是一種金屬在熱態下的塑性變形過程，所以在鍛工車間加工的材料，必須在相當的高溫下具有塑性，也就是說，具備不致破壞而變形的能力。這種材料就是鋼和大多數有色金屬的合金。

製造鍛件是使用碳鋼和合金結構鋼。

送進自由鍛造車間的鋼材，是鋼錠和鋼材。

軋鋼材（初軋坯）的最大斷面，按標準只有 450×450 公厘，因此對於需要坯料斷面尺寸較大的鍛件就只好用鋼錠。無論是鋼錠還是初軋坯，都是用各種化學成分的（各種牌號）鋼製造出來的。

機械製造中最常用的鋼材是結構鋼，其成分可分為三組，即普通碳鋼、優質碳鋼和合金結構鋼。與此相應的就有三個劃分鋼號的全蘇標準（ГОСТ）。

普通碳鋼 這種鋼（ГОСТ 380-50）若按機械性質供應（A組鋼），這時就不檢查其化學成分；若按化學成分供應（B組鋼），這時就不必檢查機械性質。

普通碳鋼的牌號及其主要機械性質和近似含碳量列在表1上。用來表示鋼號的數字只是一種假定的符號，同鋼的化學成分和機械性質並無直接關係。在按照化學成分供應的普通碳鋼的鋼號前面，還可以增加表示熔煉方法的字母，例如 МСт. 3 表示馬丁鋼，БСт. 3 表示貝氏鋼等。

普通碳鋼也要在冷的狀態下經受抗彎試驗。試驗就是把試樣繞一根直徑一定的心棒彎曲一次。

Ст. 1、Ст. 2 和 Ст. 3 號鋼的試樣要彎曲 180° ，直到試樣的兩端接

表 1 普通碳鋼的机械性質和近似含碳量
(根据 ГОСТ 380-50)

鋼 号	抗拉强度 (公斤/公厘 ²)	延伸率(%) (不小于)		含碳量(%) (近似)	
		長試棒 δ_{10}	短試棒 δ_5	馬 丁 鋼	貝 氏 鋼
Ст. 0	32~47	18	22	不大于 0.23	不大于 0.14
Ст. 1	32~40	28	33	0.07~0.12	不試驗
Ст. 2	34~42	26	31	0.09~0.15	不試驗
Ст. 3	38~40	23	27	0.14~0.22	不大于 0.12
	41~43	22	26		
	44~47	21	25		
Ст. 4	42~44	21	25	0.18~0.27	0.12~0.20
	45~48	20	24		
	45~52	19	23		
Ст. 5	50~53	17	21	0.28~0.37	0.17~0.30
	54~57	16	20		
	58~62	15	19		
Ст. 6	60~63	13	15	0.38~0.50	0.26~0.40
	64~67	12	14		
	68~72	11	13		
Ст. 7	70~74	9	11	0.50~0.63	不試驗
	75~79	8	10		
	80 及 80 以上	7	9		

触为止；Ст. 0 和 Ст. 4 号鋼的試样要繞直徑等于試样厚度 2 倍的心棒弯曲 180°；Ст. 5 号鋼的試样要繞直徑等于試样厚度 3 倍的心棒弯曲 180°。

Ст. 6 和 Ст. 7 号鋼的試样不必在冷的状态下經受抗弯試驗。

試驗时，試样的表面上不可产生裂紋。

普通碳鋼只用来制造不太重要的鍛件（多半用Ст. 3、Ст. 4 和 Ст. 5 号鋼）；制造机器的重要零件的鍛件要用優質碳鋼或合金鋼。

優質碳鋼 優質碳鋼（ГОСТ 1050-52）同普通碳鋼的區別，就是有害雜質（硫和磷）的含量比較少，化学成分比較穩定。这种鋼的牌号只用 2 位数字表示，而不用字母（表 2）。鋼号的数字就是表明鋼中平均含碳量的百分之零点儿。例如 08 号鋼就是平均含碳量 0.08% 的

表2 正常含錳量的優質碳結構鋼化學成分和機械性質

(根據 ГОСТ 1050-52)

鋼號	C	Mn	Si	S	P	抗拉強度 (公斤/公厘 ²)	延伸率 (%)
				不 大 于			
沸騰鋼						不 試 驗	
05	不 大 于 0.06	不 大 于 0.35	不 大 于 0.03	0.040	0.040	不 試 驗	
05	不 大 于 0.05	不 大 于 0.20	不 大 于 0.20	0.030	0.025	不 試 驗	
08	0.05~0.12	0.25~0.50	不 大 于 0.03	0.040	0.040	32	33
10	0.07~0.15	0.35~0.65	0.17~0.37	0.045	0.040	34	31
15	0.12~0.20	0.35~0.65	0.17~0.37	0.045	0.040	37	27
20	0.17~0.25	0.35~0.65	0.17~0.37	0.045	0.040	41	25
25	0.22~0.30	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	44	23
30	0.27~0.35	0.80~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	48	21
35	0.32~0.40	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	52	20
40	0.37~0.45	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	57	19
45	0.42~0.50	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	60	16
50	0.47~0.55	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	63	14
55	0.50~0.60	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	64	12
60	0.55~0.65	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	65	10
65	0.60~0.70	0.50~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	66	10
70	0.65~0.75	0.55~0.80	0.17~0.37	0.045	0.040	67	8

鋼，25 號鋼就是平均含碳量 0.25% 的鋼。

按 ГОСТ 1050-52 的規定，也熔煉含錳量比較高的優質碳鋼，在這種鋼的鋼號內，除了代表含碳量百分比的數字以外，後面還要加一個字母 Г，有時在字母後面再加上一個代表含錳量百分比的數字。例如 50Г，這就是含碳量 0.5% 和含錳量約為 1% 的優質碳鋼，60Г2 就是含碳量 0.6% 和含錳量 2% 的優質碳鋼，等等。

製造鍛件用得最多的是 25 和 30 號優質碳鋼以及 35、40 和 45 號優質碳鋼，前面兩種鋼的機械性質大約與 Ст. 4 號鋼相當，後面三種鋼的機械性質大約與 Ст. 5 號鋼相當。

優質碳鋼製造的鍛件要經過熱處理——退火或正火（有時還要經過調質處理，也就是淬火之後再高溫回火）。

合金結構鋼 合金結構鋼除了含有一般的碳、鈔及錳的成分之外，

还含有几种赋与钢材以某种特性的特殊成分(铬——增加硬度, 镍——增加韧性, 钛——增加硬度, 钨——增加耐高温性, 等等)。

合金结构钢用得最多的是铬钢和镍铬钢。合金钢的牌号同时用数字和字母来表示(字母前面的数字代表结构钢中含碳量百分之零点儿, 字母表示合金成分, 字母后面的数字则代表它前面字母表示的合金成分之百分数。如果在字母后面没有数字, 这就是说, 那种合金成分的含量不超过1%)。

表3是最常用的合金结构钢的化学成分和机械性质。合金结构钢是用来制造重要的锻件, 需要经过热处理。

有色合金 在有色合金当中, 最常用黄铜(铜和锌的合金)和可

表3 合金结构钢的机械性质和化学成分

(根据ГОСТ 4543-48)

鋼 号	化 学 成 分 (%)					其 它 元 素	淬 火 温 度 (°C)	热 处 理 后 机 械 性 质	
	C	Cr	Ni	Mn	Si			抗拉强度 (公斤 公厘 ²)	延伸率 (%)
铬 鋼									
20X	0.15~ 0.25	0.70~ 1.00	≤0.40	0.59~ 0.80	0.17~ 0.37	—	840	80	10
30X	0.25~ 0.35	0.80~ 0.10	≤0.40	0.50~ 0.80	0.17~ 0.37	—	830	90	11
40X	0.35~ 0.45	0.80~ 1.10	≤0.40	0.50~ 0.80	0.17~ 0.37	—	800	100	9
镍 铬 鋼									
40XH	0.35~ 0.45	0.45~ 0.75	1.00~ 1.50	0.50~ 0.80	0.17~ 0.37	—	770	100	10
12XH3	≤0.17	0.60~ 0.90	2.75~ 3.25	0.30~ 0.60	0.17~ 0.37	—	790	95	11
复杂的優質低合金鋼									
20XГA	0.18~ 0.25	0.90~ 1.20	≤0.40	0.90~ 1.20	0.17~ 0.37	—	830	80	12
18XГT	0.16~ 0.24	1.00~ 1.30	≤0.40	0.80~ 1.10	0.17~ 0.37	钛0.08 ~0.15	850	—	—
30XГCA	0.28~ 0.35	0.80~ 1.10	≤0.40	0.80~ 1.10	0.90~ 1.20	—	830	110	10

变形铝合金（铝和铜、镁、镍、钎的合金，亦即硬铝合金）来锻制零件。镁基合金（特轻合金）用得比较少。

铜合金之所以被采用，是因为它有很高的耐磨性，铝合金和镁合金之所以被采用，是因为它们的比重很小，而强度又和中等钢的强度相等（钢的比重约为7.8，铝合金的比重为2.8，镁合金的比重为1.8）。

表4是各种牌号黄铜的化学成分，表5是可变形铝合金的化学成分。黄铜要在 $650\sim 750^{\circ}$ 的温度下锻造，铝合金要在 $400\sim 480^{\circ}$ 的温度下锻造。

表4 黄铜的化学成分

（根据ГОСТ 1019-47）

牌 号	铜①(%)	牌 号	铜 (%)	铅 (%)	其他元素① (%)
Л96	95~97	ЛС59-1	57~60	0.8~1.9	
Л90	88~91	ЛАН59-3-2	57~60	—	铝 2.5~3.5
Л80	79~81				镍 2~3
Л68	67~70	ЛМц58-2	57~60	—	锰 1.0~2.0
Л62	60.5~63.5	ЛО62-1	61~63	—	锡 0.7~1.1

① 其余是锌。

表5 可变形铝合金的化学成分

（根据ГОСТ 4784-49）

钢 号	化学成分(%) (其余是铝)				
	铜	镁	锰	镍	硅
Л1	3.8~4.8	0.4~0.8	0.4~0.8	≤ 0.1	≤ 0.7
Л16	3.8~4.9	1.2~1.8	0.3~0.9	≤ 0.1	≤ 0.5
AK2	3.5~4.5	0.4~0.8	≤ 0.2	1.8~2.3	0.5~1.0
AK4	1.9~2.5	1.4~1.8	≤ 0.2	1.0~1.5	0.5~1.2

送入锻工车间的有色合金，是合金锭块和压制过的坯料，有时是轧坯。

2 钢锭及其组织、缺陷和品种

钢锭的组织 根据要求的不同，钢锭的重量由1吨到350吨。一

般來說，合金鋼制的鋼錠，其特点是尺寸比碳素鋼鋼錠小。鋼錠的形狀是截頭圓錐狀（棱錐狀），其長度與平均橫断面尺寸之比為 $2\sim 3$ 。鋼錠的橫断面有圓形、正方形和多邊形的（六角形、八角形和十二角形）。大型鋼錠的側面是鑄成凹形的，這樣在鋼錠受熱和冷卻的時候就有助於表面的變形，并可防止裂紋的產生。在澆鑄鍛造用的鋼錠時，液體金屬只可從上向下澆。

鋼錠的形狀和組織如圖1所示。在鋼錠的表面上，形成一層緊密的細晶層I。這一層的組織晶粒很細，因為在沸騰的鋼水同溫度較低的鋼錠模壁板接觸的地方有很大的冷卻速度。在這層細晶層I的里面，是一層伸長結晶或柱狀結晶層II，它的方向與鋼錠模的模壁垂直。第III層是帶有雜亂的樹枝狀組織的中央區，這一區內的結晶方向很亂。第V部分是收縮疏松區，第VI部分是縮孔區，第IV部分叫做鋼錠底部。存在着收縮疏松和縮孔的鋼錠上部分，以及存在着垂直排列的柱狀結晶而與鋼錠主體部分連接很弱的鋼錠下部分，都是質量不好的金屬。這種金屬在鋼錠頂部約占 $22\sim 25\%$ （A—B綫以上——冒口），在鋼錠的下部約占 $5\sim 7\%$ （a—b綫以下——底部），鍛造的時候都要切掉送去重煉。

制造鍛件只能利用鋼錠中質量好的部分，這一部分約占鋼錠整個體積的 $68\sim 75\%$ 。

鋼錠的缺陷 由圖1可見，鋼錠不是質量均勻的凝固金屬，而且有缺陷；這對於鍛件的質量是有不良影響的。ГОСТ 3703-47對鋼錠的缺陷規定有統一的名稱和符號。鋼錠的缺陷大都是在金屬澆鑄和凝固的過程當中產生的。主要的鋼錠缺陷如下：

1) **收縮疏松和縮孔** 這是因為鋼水凝固後體積減小而形成的。鋼水澆入以後，在鋼錠模的模壁四周和鋼錠的上部分便產生一層形同

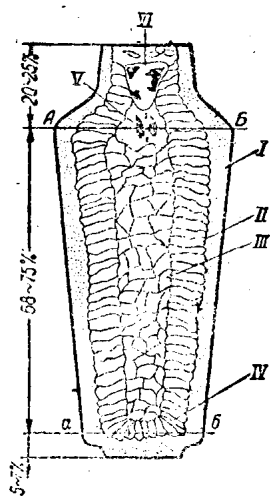


圖1 從上部澆鑄的鋼錠組織。

容器一样的硬皮，里面充满了液态金属。当继续冷凝时，这个容器的容量很少改变，而装在里面的液态金属体积却大大地减小，结果在钢锭的内部便产生砂眼、气孔和疏松。收缩疏松的体积约占整个钢锭体积的1.5~2.5%。

使用普通铸造方法的时候，这些缺陷是不可能消除的。不过，只要采取各种办法疏松和气孔的大小还是可以减小的。这种办法之一就是使用保温帽（即内衬耐火泥的铸铁圈），用了保温帽，钢锭上部分的金属就可较长时间保持熔化状态，这便使缩孔和收缩疏松分布在保温层的上部分。在保温帽中凝固的钢锭一部分，就叫做冒口。

在中央黑色冶金科学研究所新设计的浇铸机上实行连续浇铸，可以获得不生收缩疏松和缩孔的钢锭[8]。不过，用这种方法所制出的铸件其断面尺寸和重量都很小，所以在自由锻造方面用得有限。

2) 鑄疤 鋼水澆入鋼錠模的時候，特別是在澆鑄初期，這時液態金屬沖擊鋼錠模底部，於是便產生濺斑。這些濺斑附在鋼錠模四壁，像許多大大小小的凝固的肉瘤一樣，保留在鋼錠模壁上。當繼續進行澆鑄而溶化的液態金屬液面升高，鋼水便與這些已凝固的金屬瘤接觸，但根本不和它們熔合（因為濺射金屬的表面層已氧化了），結果就在鋼錠的表面形成鑄疤。

3) 偏析 鑄鋼件最大的缺陷之一是化学成分分布不均，就是所謂偏析[●]。產生偏析的原因是在鋼錠內部擠出的金屬微粒中含有大量的硫、磷和碳，因此凝固的溫度比其餘的鋼水較低。

偏析區含有大量的上述雜質，特別在鋼錠上部分，所以同鋼錠其它部分的機械性質相比，偏析區的金屬機械性質就很低。

大部分偏析區可以在切除冒口的時候去除。在空心鍛件上去除軸向偏析區的最好辦法是用一個空心沖子沖去鋼錠的中部。

在鍛製實心鋼錠的過程中，須盡量使偏析區在鋼錠上是位於鋼錠軸心綫的方向上，而不在靠近表面的地方，應使鋼錠的外表質量好的

● 偏析有區域性偏析，樹枝狀偏析或內結晶偏析等幾種，這裡所指的是區域性偏析產生的原因。——作者