

有色金属锻造与模锻手册

〔苏〕 H. H. 柯尔涅叶夫 等著

蓝书第 译 陈诗荪 校

国防工业出版社

有色金属锻造与模锻手册

〔苏〕Н. И. 柯尔涅叶夫等著

蓝书第 译

陈诗荪 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书较系统而又扼要地介绍了有色金属铝、镁、钛、铜、镍，以及难熔金属与合金铝、铝合金等材料的化学成分、物理与机械性能、锻造与模锻热力学参数、工艺过程和典型工艺过程实例等方面的内容。对从事有色金属与合金热压力加工工作的工程技术人员、工人，以及大专院校压力加工专业的师生均有一定的参考价值。

2470/06

有色金属锻造与模锻手册

〔苏〕H. И. 柯尔涅叶夫等著

蓝书第 译

陈诗荪 校

*

国防工业出版社 出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

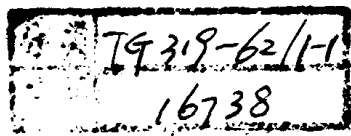
国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 9⁵/₁₆ 237千字

1981年12月第一版 1981年12月第一次印刷 印数：0,001—6,000册

统一书号：15034·2212 定价：1.15元



前 言

目前我国有关有色金属与合金热压力加工方面的资料，尤其是适用于一般机器制造厂有色金属锻件与模锻件生产方面的资料甚少，给有色金属锻件与模锻件的设计、锻件工艺资料的编制等造成一定的困难。

本书比较系统而又扼要地介绍了有色金属与合金的有关资料。其中包括铝、镁、钛、铜、铍、钼、铌等合金的化学成分、物理与机械性能、锻造与模锻热力学参数以及典型工艺过程等。不仅给出了锻件与模锻件生产的有关参数，而且也做了某些基础理论方面的阐述，同时还列举了大量的实例。本书所提供的资料，对航空、航天、航海、兵器、仪表、热核等工业中的有色金属锻件与模锻件的生产具有一定的使用价值。

翻译时保留了原文的材料牌号。为使用方便，于书末收录了铝、镁、铜合金的中国与外国材料牌号对照表以及我国钛合金化学成分表。

全书由陈诗荪同志校对。

目 录

第 1 章 金属与合金	1
合金的种类、特性及应用	1
第 2 章 锻造与模锻方法以及热力学参数	61
锻造与模锻方法	61
锻造与模锻热力学参数	76
第 3 章 锻件与工具的结构要素、机器功率	97
锻粗	97
拔长	102
冲孔	109
切断	110
弯曲	111
锻件图的设计	111
锻造工艺过程的制订	112
第 4 章 模锻件与工具的结构要素、机器功率	113
开式模具中模锻	113
卧式锻压机上模锻	155
精压	161
第 5 章 锻造与模锻工艺	174
原材料的种类	174
匀整的毛坯的切割	177
毛坯的加热	180
锻造工艺过程	191
模锻工艺过程	207
精压	233
模锻件表面的清理	234

主要缺陷及其消除方法	235
第 6 章 铍及其合金的锻造与模锻	238
铍	238
铝-铍合金	253
铍及其合金的毒性、保健要求	263
第 7 章 难熔金属及其合金的锻造与模锻	266
钨及其合金	267
钨	275
文献	279
附录 部分有色金属中外牌号对照表	282

第 1 章 金属与合金

合金的种类、特性及应用

铝 合 金

铝合金的分类、化学成分、物理与机械性能及工艺特性列入表 1~表 5 以及图 1~图 26。

表 1 铝和铝基合金按强度分类

组别	强度和塑性	合 金	机 械 性 能	
			σ_B (公斤/毫米 ²)	δ (%)
I	软的、塑性的	АД, АВ, АМц, АМр1, АМр2, АД31, АД33	小于30	5~22 (与冷作硬化程度有关)
II	中等强度和塑性	Д1, АК2, АК4, АК4-1, АК6, АК6-1, ВД17, АМр6	30~45	10~15
III	高强度低工艺性能	АК3, В93, В95, В96, ВАД23	大于45 (高达60或更高)	5

在设计锻件和模锻件时,除强度之外尚应考虑决定金属密实程度的比重。同样也应考虑热线膨胀系数以及降低蒸汽腐蚀性的可能性(与其他金属零件和部件接触的铝及铝基合金零件)。

导热系数和比热值用于计算锻件和模锻件的加热和冷却时间。

表 2 铝和铝基合金的化学成分

合金	合金元素 (%)					有害杂质不超过 (%)									
	Cu	Mg	Mn	Si	其它	Si	Fe	Cu	Mn	Ni	Zn	Mg	其它	Fe+Si 或 Fe+Ni 之和	全部 杂质 总和
铝															
AD1	—	—	—	—	—	0.35	0.3	0.05	—	—	—	—	—	0.6Fe+Si	0.7
AD	—	—	—	—	—	0.55	0.5	0.1	0.1	—	0.1	0.1	0.1	1.0Fe+Si	1.2
铝 锰 合 金															
AMц	—	—	1.0~0.6	—	—	0.6	0.2	—	—	—	0.1	0.05	—	—	1.75
AMц2	—	0.8~1.3	0.9~1.4	—	—	0.7	0.7	0.1	—	—	—	—	0.1	—	1.6
铝 镁 合 金															
AMr1	—	0.5~1.8	—	—	—	0.05	0.05	0.01	—	—	—	—	0.07	—	0.18
AMr2	—	1.8~2.8	0.2~0.6	—	—	0.4	0.4	0.1	—	—	—	—	—	0.6Fe+Si	—
AMr3	—	3.2~3.8	0.3~0.6	—	—	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	—
AMr4	—	3.8~4.8	0.5~0.8	—	0.05~0.25Cr 0.02~0.1Ti 0.0001~0.005Be	—	—	0.05	—	—	0.2	—	0.1	—	—
AMr5Π	—	4.7~5.7	0.2~0.6	—	—	0.4	0.4	0.2	—	—	—	—	—	0.6Fe+Si	—
AMr6	—	5.8~6.8	0.5~0.8	—	0.02~0.1Ti 0.0001~0.005Be	—	—	0.1	—	—	0.2	—	—	—	1.2
铜 钎 铝 合 金															
Д18Π	2.2~3.0	0.2~0.5	—	—	—	0.5	0.5	—	0.2	0.1Ti	0.1	—	0.1	—	1.4
В65	3.9~4.5	0.15~0.3	0.3~0.5	—	—	0.25	0.2	0.1Ti	—	—	—	—	—	0.45Fe+Si	0.65

	硬 铝				热 强 铝 合 金				耐 腐 蚀 铝 合 金			
	3.8~4.8	0.4~0.8	0.1~0.8	—	0.7 0.7	—	0.1	0.3	—	0.1	0.3	—
Д1	2.6~3.2	2.0~2.4	0.45~0.7	—	0.3 0.3	—	—	0.1	—	—	0.1	—
ВД17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Д20	6~7	—	0.4~0.8	—	0.3 0.3	—	0.2	0.1 0.05	—	—	—	—
AK2	3.5~4.5	0.4~0.8	—	0.5~1.0	—	—	—	—	—	—	—	—
AK4	1.9~2.5	1.4~1.8	—	0.5~1.2	—	—	0.2	—	—	—	—	—
AK4-1	—	—	—	—	0.35	—	—	—	—	—	—	—
ВАД23	4.9~5.8	—	0.4~0.8	—	0.3 0.3	—	0.15	0.1 0.1	—	—	—	—
САП-1	—	6~9	AL ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—
САП-2	—	9~13	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
САС-1	—	—	—	25~30	—	—	—	—	—	—	—	—
锻 造 铝 合 金												
AK6	1.8~2.6	0.4~0.8	0.4~0.8	0.7~1.2	—	—	—	—	—	—	—	—
AK6-1	—	—	—	—	0.01~0.2Cr	—	—	—	—	—	—	—
AK8	4.9~4.8	0.4~1.0	0.4~1.0	0.6~1.2	0.02~0.1Ti	—	0.1	0.3	—	0.1	0.7Fe + Ni	1.1
В93	0.8~1.2	1.6~2.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1.2
В95	1.4~2.0	1.8~2.8	0.2~0.6	—	6.6~7.5Zn	—	0.1 0.1Ti	—	—	—	—	—
В96	2.2~2.8	2.5~3.2	0.2~0.5	—	0.15~0.4Fe	—	—	—	—	—	—	—
AB	0.2~0.6	0.45~0.9	0.15~0.35	0.5~1.2	5.0~7.0Zn	—	—	—	—	—	—	—
АЛ31	—	0.4~0.9	—	0.3~0.7	0.1~0.25Cr	—	—	—	—	—	—	—
АЛ33	0.15~0.4	0.8~1.2	—	0.4~0.8	7.6~8.6Zn	—	—	—	—	—	—	—
АЛ35	—	0.8~1.4	0.5~0.9	0.08~1.2	0.1~0.25Cr	—	—	—	—	—	—	—

表3 铝和铝基合金的物理性能

合金	密度 (克/厘米 ³)	电阻系数 (欧姆·毫米 ² /米)	导热系数 ^② (卡/厘米·秒·°C)	线膨胀系数 ^③ $\alpha \cdot 10^{-6}$ (1/°C)	比热 ^④ (卡/克·°C)
Al1	2.71	根据导电率推 导的电导系数(%)	0.52 ^① (20) AH	22 (由 -50 到 +20)	
Al		59% (AM); 57% (AH)	0.54 (20) AM	25.6 (20~300)	
AMn	2.73	40% (AMnH); 50% (AMnM)	0.43 (25); 0.45 (400) AMnM	21.6 (由 -50 到 +20) 25.0 (20~300)	0.26 (100) 0.31 (400)
AMn2	2.68	0.0476	0.37 (25); 0.38 (100)	22.2 (由 -5 到 +20) 24.3 (20~200)	0.23 (100) 0.26 (400)
AMr1	2.7	0.0341	0.44 (25); 0.45 (400)	26.2 (20~400)	0.22 (100) 0.26 (400)
AMr2	2.68	0.0476	0.37 (25); 0.40 (400)	22.2 (由 -5 到 +20) 25.8 (20~300)	0.23 (100) 0.26 (400)
AMr3	2.67	0.0496	0.35 (25); 0.38 (400)	23.5 (20~100) 26.1 (20~400)	0.23 (100) 0.255 (400)
AMr4		0.0509	0.32 (25); 0.33 (100)	24.3 (20~100)	0.22 (100)
AMr5B	2.65	0.0640	0.29 (25); 0.35 (400)	—	0.26 (400)
AMr6	2.64	0.0710	0.28 (25); 0.33 (400)	24.7 (20~200) 26.5 (20~400)	0.22 (100) 0.26 (400)

Д18П	2.76	0.039	0.39(25); 0.46(400)	23.4(20~100) 25.2(20~300)	0.22(100) 0.28(400)
В65	2.8	0.0504	0.36(25); 0.44(400)	—	0.23(100)
Д1		0.054(Д1Г)	0.28(25); 0.42(400)	21.8(由-50到+20) 25.0(20~300) 23.6(20~100)	0.28(400) 0.19(100); 0.23(300) 0.20(100)
ВД17	2.75	0.055	0.32(25); 0.41(400)	26.9(300~400)	0.23(400)
М40		0.0613(М40Г)	0.29(25); 0.34(300)	24.2(20~100)	—
Д20	—	0.0610	0.33(25); 0.35(200) 0.38(400)	22.6(20~100); 30.2(300~400)	—
АК2	2.8	0.047	0.37(25); 0.43(400)	22.3(20~100) 24.2(20~300)	0.18(100) 0.24(400)
АК4	2.77	0.05	0.35(25); 0.41(400)	21.8(20~100) 24.9(20~300)	0.20(100); 0.25(400)
АК4-1	2.8	0.055	0.34(25); 0.39(400)	19.6(20~100) 24.7(300~400)	0.19(100); 0.22(350)
ВАД23	—	0.0912	0.23(100); 0.29(400)	24(20~100); 29.9(300~400)	0.23(100) 0.31(400)
САП-1	2.7	0.39	0.42(20); 0.40(400)	21.2(20~100)	0.21(100); 0.27(200)
САП-2		0.04		22.9(100~200)	—
САС-1	2.75	0.105	0.21(25)	14.5~15.5(20~100)	0.1(100); 0.19(300)
АК6			0.42(25); 0.45(400)	21.4(20~100)	0.19(50)
АК6-1	2.76	0.041		35.6(400~500)	0.24(400)

(续)

合金	密度 (克/厘米 ³)	电阻系数 (欧姆·毫米 ² /米)	导热系数① (卡/厘米·秒·°C)	线膨胀系数● $\alpha \cdot 10^{-6}$ (1/°C)	比热① (卡/克·°C)
AK8	2.8	0.043	0.38(25); 0.43(400)	25.5(20~100) 24.5(20~300)	0.20(100); 0.26(400)
B93	2.84	0.0408	0.39(25); 0.39(400)	24.1(20~100) 40.7(30~400)	0.19(20); 0.27(400)
B95	2.85	0.042(B95T)	0.37(25); 0.38(400)	22(由-50到+20) 26.2(20~300)	—
B96	2.89	0.0579(B96T)	0.27(25); 0.39(300)	22.84(20~100) 24.66(100~200)	0.19(100)
AB	2.7	0.055(ABT和ABT1)	0.37(25)	21.8(由-50到+20)	0.23(300)
AD31	2.71	0.0344	0.45(25); 0.45(400)	24.3(20~200) 26.7(20~400)	0.22(100) 0.25(400)
AD33		0.0438	0.34(25); 0.41(300)	24.1(20~200) 25.0(20~300)	0.225(100) 0.25(300)
AD35	2.69	0.038	0.44(25)	24(20~200)	0.21(100)

① 括号内数字为温度°C。

表 4 铝和铝合金半成品的机械性能

合金	半 成 品	供应状态	σ_B	$\sigma_{0.2}$		δ_{10}			
			(公斤/毫米 ²)	(公斤/毫米 ²)	(%)				
			切 制 试 样 方 向						
			纵	横	纵	横	纵	横	
АД1 和 АД1	各种尺寸 棒 材	冷作硬化的	15	—	10	—	6	—	
		退火的	8~11		3		25~35 $l = 5d$		
АМп	退火的或 未热处理	不大于 17	—		20 $l = 5d$				
АМr1	模 锻 件 件	退火的	17		15 $l = 5d$				
АМr2	各种尺寸 棒 材	半冷作硬化的	16~23 25		21		10 $l = 5d$ 6		
АМr3	模 锻 件 件	退火的	19		7 17		15		
АМr5	模 锻 件 件		28		15				
АМr6	模 锻 件 件		退火的 (与重量有关)		29~32		12~16		11~15
Д18П	棒材和线材	淬火后自然 时效 退火的	30 16		17 6		24		τ 平均 20 —
В65	线 材	淬火后自然 时效	40		—		20		τ 平均 25~26
Д1	模 锻 件 件	淬火后时效	38	36	20	18	12	6	
	锻 件		36	34	—	—	10	5	
ВД17	模 锻 件 件		40	—	26	—	—		
М40	锻 件	淬火后人工 时效	40	38	30	28	10 $l = 5d$	8	
Д20	模 锻 件 件		38	37	26	—	10	4	
Д21	模 锻 件 件		40	38	27 26	—	7 6	4 3	

(续)

合金	半 成 品	供应状态	σ_B (公斤/毫米 ²)		$\sigma_{0.2}$ (公斤/毫米 ²)		δ_{10} (%)	
			切 制 试 样 方 向					
			纵	横	纵	横	纵	横
AK2	模锻件 锻件	淬火后人 工时效	37 36	—	24 —	—	5 4	—
AK4	模锻件 锻件		38 36	—	26 —		4 3	—
AK4-1	模锻件 锻件		40 38	38	26 —		5	4
BAД-23	棒 材	不热处理	55~56	—	50~52	—	4	—
САП-1	棒材和 带 材		29~31 32		20 —		7 ~ 9 l = 5 d 4	
САП-2							d = 5 0.5	
САС-1	棒 材		22~24		21~23			
В 95	模锻件 锻件	淬火后人 工时效	52 50	46 45	41 42	—	6 5	4 3
В 93	模锻件 锻件		49 48	49 48	44	44 43	6	3.5
В 96	模锻件		60	54	54	—	5	3
	锻 件		57	52	50		4	
AB	模锻件		30	27	22	—	12	—
	锻 件		28	—	—	25	10	7
AK6	模锻件		39	37	28		8	
	锻 件		37	35	—	—	10	7
AK6-1	模锻件		39	37	28	25	8	6
	锻 件		37	35	—	—	10	
AK8	模锻件 锻件			44 42	40 36		32 —	8 8

(续)

合金	半 成 品	供应状态	σ_B (公斤/毫米 ²)		$\sigma_{0.2}$ (公斤/毫米 ²)		δ_{10} (%)	
			切 制 试 样 方 向					
			纵	横	纵	横	纵	横
АД31	各种尺寸 棒 材	淬火后自然时效	14	—	7	—	13	—
		淬火后人工时效	20		15		8	
АД33	各种尺寸 棒 材	淬火后自然时效	18		11		15	
		淬火后人工时效	27		23		10	
АД35	棒 材 和 带 材	淬火后自然时效	33		20		10~15	
		淬火后人工时效	33		28		8	

表 5 铝合金的工艺特性

合金	20°C时的强度	锭的最大直径 (毫米)	锻件的复杂程度	使用温度 (°C)
AK6、AK6-1 AK8	中等 高	1100~1200	最复杂的 中等复杂的	150~180
AK4-1	中等		复杂的	250以下
B93	高	1100	中等复杂的	100~120以下
A-B АД31 АД33 АД35	低	500~600	最复杂的	150~180以下
АД、АД1 AMr1 AMr2 AMr3 AMr4 AMr5B AMr6	低 不高 中等	500~1100	复杂的和不复杂的	
Д1	中等	800以下	中等复杂的	150以下
B95、B96 BAД-23	高	300~500 500~600	不复杂的	100~120以下 160~180以下
Д20	中等	1100		300以下
САП-1 САП-2	不高和 中等	—	中等复杂的	300~500

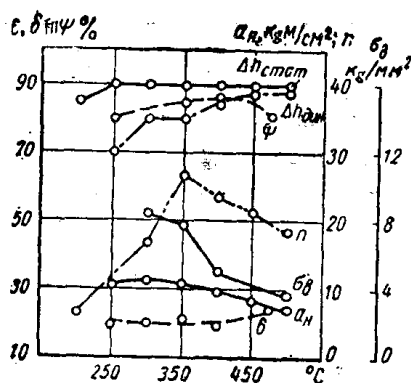


图1 铝合金AMu(挤制的)塑性图

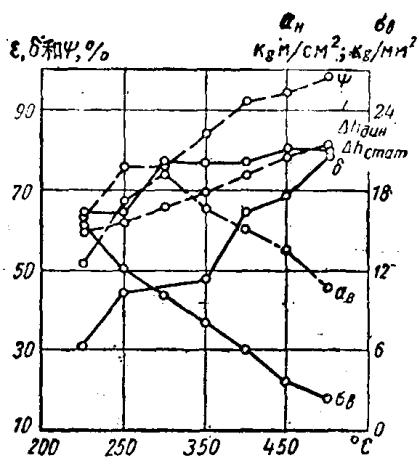


图2 铝合金AMr(挤制的)塑性图

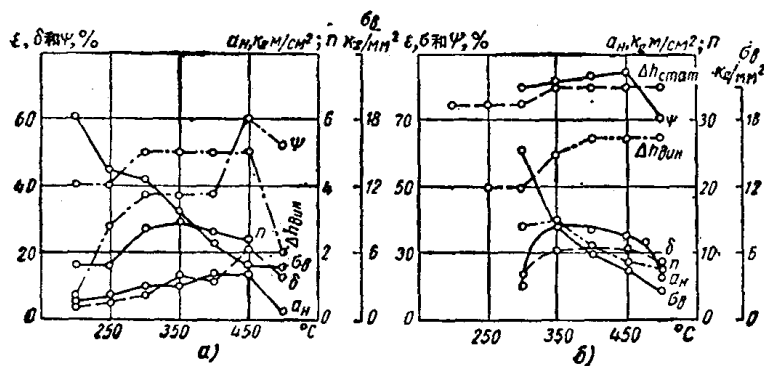


图3 铝合金AK6的塑性图

a—铸态的, б—变形的。

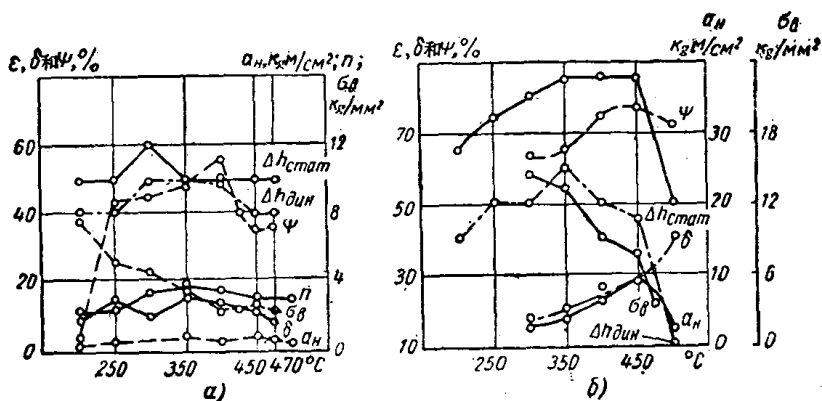


图4 铝合金AK8的塑性图

a—铸态的, б—变形的。

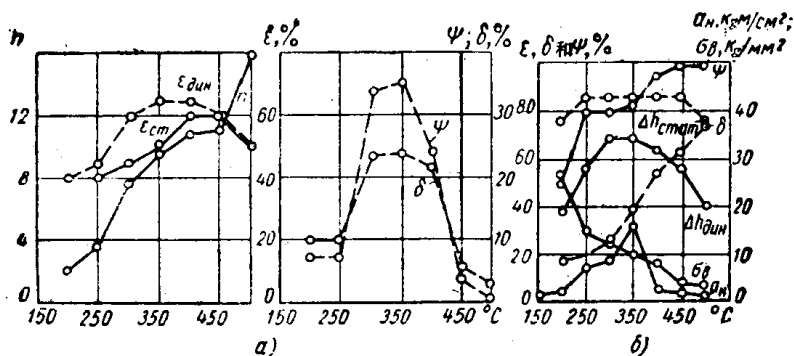


图5 铝合金B93的塑性图
a— $\phi 145$ 毫米锭；б—变形的。

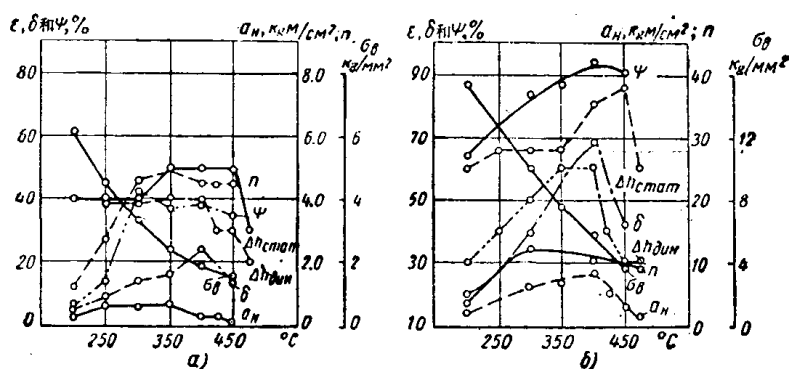


图6 铝合金B95的塑性图
a—铸态的；б—变形的。

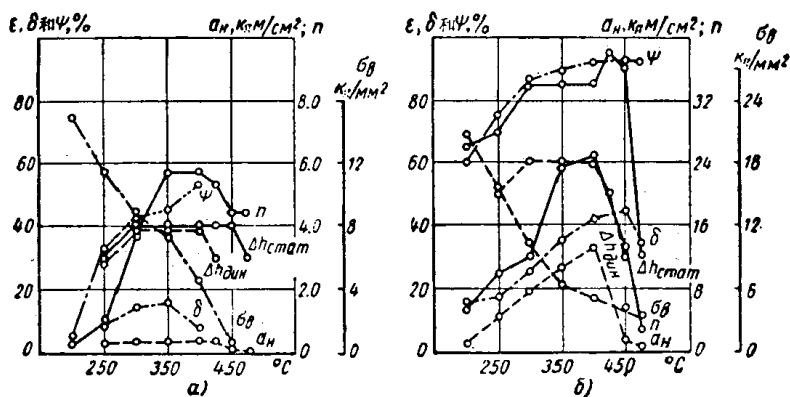


图7 铝合金B96的塑性图
a—铸态的；б—变形的。