

輕 合 金 及其特性的比較

M. B. 沙 洛 夫 著

机械工业出版社

內 容 簡 介

本書系統地闡述了輕合金的各種性能，並對使用較廣的數種輕合金作了全面的比較。近年來，輕合金的應用日廣，尤其對航空工業、電氣工業、儀表工業、汽車工業等更為重要。為了減輕產品的重量，尽可能地採用輕合金來製造。目前，科學家們正在大力研究尋求具有良好性能的新型輕合金。本書可作為研究工作者，特別是工藝研究者的參考書，亦可作為選擇使用輕合金的指導。

蘇聯 М. В. Шаров 著 'Легкие сплавы и их сравнительная характеристика' (Машгиз 1950 年第一版)

№ 1894

1958年8月第一版 1958年8月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字數28千字 印張 $1\frac{1}{2}$ 0,001—3,500冊

機械工業出版社（北京東交民巷27號）出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第008號

定價(10)0.26元

目 次

概 論	5
第一章 輕合金性能的特征	9
第二章 鋁合金和鎂合金的比較	11
物理性能	15
機械性能	15
輕合金的化學安定性	21
鑄造性能	23
流動性	23
縮孔的形成	25
綫收縮	27
產生裂紋的傾向性	29
輕合金同氧的相互作用	31
氣孔的形成	35
輕合金壓力加工性能	41
切削加工性能	44
輕合金的選擇	45
參考文獻	48

75.51
233

輕合金及其特性的比較

M. B. 沙洛夫 著

曹 梅 亭 譯

朱 之 榮 校

34553/31

機械工業出版社

內 容 簡 介

本書系統地闡述了輕合金的各種性能，並對使用較廣的數種輕合金作了全面的比較。近年來，輕合金的應用日廣，尤其對航空工業、電氣工業、儀表工業、汽車工業等更為重要。為了減輕產品的重量，尽可能地採用輕合金來製造。目前，科學家們正在大力研究尋求具有良好性能的新型輕合金。本書可作為研究工作者，特別是工藝研究者的參考書，亦可作為選擇使用輕合金的指導。

蘇聯 М. В. Шаров 著 'Легкие сплавы и их сравнительная характеристика' (Машгиз 1950 年第一版)

№ 1894

1958年8月第一版 1958年8月第一版第一次印刷

787×1092 $1/32$ 字數28千字 印張1 $1/2$ 0,001—3,500冊

機械工業出版社（北京東交民巷27號）出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第008號

定價(10)0.26元

目 次

概 論	5
第一章 輕合金性能的特征	9
第二章 鋁合金和鎂合金的比較	11
物理性能	15
機械性能	15
輕合金的化學安定性	21
鑄造性能	23
流動性	23
縮孔的形成	25
綫收縮	27
產生裂紋的傾向性	29
輕合金同氧的相互作用	31
氣孔的形成	35
輕合金壓力加工性能	41
切削加工性能	44
輕合金的選擇	45
參考文獻	48

£

0078941

概 論

比重不大于 3.5 的合金即为輕合金。根据这一特征，我們知道鋁合金和鎂合金都屬於輕合金类。其他輕金屬（鈣、鋅、鋰等）不能組成独立的合金，这些輕金屬往往添加于鋁合金和鎂合金內，也常常添加于其他种类的合金內。

輕合金比重小，强度适宜，所以各工业部門广泛地采用輕合金。

現在，許多机器制造部門都有利用輕合金来代替鑄鐵及鋼的趋势。为了找出可能用輕合金代替鑄鐵及鋼在技术上和经济价值上的論据，需将其与鑄鐵及鋼作一簡單比較。表 1 所列是一些黑色合金和輕合金的比重及机械性能的数据。显然，它們的比重相差很大，而鋼的屈服点、强度极限却很高，特别是高合金鋼。

如果表 1 所列各有关合金的比重为绝对值，那么将其强度指标比較一下是非常必要的，因为在这种情况下，将要考虑到加厚輕合金制件来增加其强度的可能性。在极限範圍內加厚必須使同样用途的輕合金和黑色合金制件的重量相等。在制件重量相等时，比值 $\frac{\sigma_b}{d}$ （单位强度）就可說明制件强度与合金成分的关系。表 2 所列是一定体积合金相对重量和鋼比重之比（鋼的比重作为 1）及各性能的相对指标。这样計算的結果，在相对单位强度方面，热处理强化变形鋁合金（Л6, Л16），鎂合金（МА5, МЛ5）及高合金鋼最好，鑄鋁

表 1

各种黑色合金和輕合金的性能

合 金	比 重 γ 克/公分 ³	强度极限 σ_B 公斤/公分 ²	屈服点 σ_s 公斤/公分 ²	相对延 伸 率 δ %	疲劳极限 σ_w 公斤/公分 ²	弹性系数 E 公斤/公分 ²
軟鋼.....	7.85	40	20	20	14	21100
低合金鋼...	7.85	65	35	15	26	21100
高合金鋼...	7.85	100	85	8	41	21000
鑄鉄.....	7.20	21	14	0	7	8400
鑄造鋁合金						
АЛ4.....	2.65	25	20	4	9	7200
硬鋁 Д6, Д 16.....	2.80	46	30	15	11.5	7200
鑄造鎂合金						
МЛ5	1.80	25	10	5	10	4300
变形鎂合金						
МА5	1.80	30	20	8	13	4300

合金和低合金鋼次之，而生鉄最差。

屈服点高低能更确切地表示出合金的工作性能。由相对单位屈服点之数值的比較得知，鑄造鎂合金和变形鎂合金是显然不同的。

鋼的彈性系数比鋁合金的彈性系数大得多，而比鎂合金的彈性系数則更大一些。計算强度时，彈性系数是評定性能的重要因素，它决定了制件的剛性。表 2 說明重量相同的制件采用輕合金，特別是采用鎂合金可以保証其具有最大的剛性。而生鉄的剛性单位指标却很低。

这样，根据上面比較的結果，說明了輕合金显然优于鑄鉄，而且能与高合金鋼相抗衡。

表 2

各种黑色合金和輕合金的性能相对值

指 标	合 金							
	軟 鋼	低 合 金 鋼	高 合 金 鋼	鑄 鐵	AJ4	Д6 Д16	МЛ5	МА5
一定体积的相对重量 d_0	1	1	1	0.92	0.34	0.35	0.23	0.23
相对单位强度极限 $\frac{\sigma_b}{d_0}$	1	1.6	2.5	0.6	1.80	3.3	2.7	3.3
相对单位屈服点 $\frac{\sigma_s}{d_0}$	1	1.7	4.2	0.7	2.9	4.3	2.2	4.3
相对单位疲劳极限 $\frac{\sigma_w}{d_0}$	1	1.8	2.1	0.5	1.9	2.4	3.1	4.0
重量相等的板材，放在四个支点上弯曲时的相对单位刚性 $\frac{E}{d_0^3}$	1	1	1	0.51	8.5	8.5	17.0	17.0
在与上述相同的情况下，刚性相同的板材的相对重量 $\frac{d_0}{\sqrt[3]{E}}$...	1	1	1	0.25	0.50	0.50	0.38	0.38

然而，利用上述比較方法时，必須很謹慎，并且有許多附加条件，因为用輕合金代替黑色合金，在設計和工艺条件方面远非任何时候都允許增加零件的壁厚。如果零件受載荷不大时，在很多情况下用輕合金代替黑色合金完全可以不增

加零件的厚度。这样一来，上述理由只不过有其一定的意义。

在选择合金时，經濟方面的問題具有很大的意义。表 3 是根据国外文献中的資料說明鑄鉄、鋁合金、鎂合金鑄件的

表 3

各种金屬、合金鑄造零件的相对費用

金屬和合金	相 对 費 用			
	加入合金 內的金屬	制造鑄件	未經机械 加工的零件	机械加工
鑄 鉄	1	1	1	1
鋁 合 金	6.2	2.0	2.4	0.9
鎂 合 金	4.8	7.8	7.6	0.6

相对費用。不难看出，輕合金，尤其是鎂合金無論是在金屬的价值上或是在鑄造过程的費用上都比鑄鉄貴得多。其所需之費用高的原因如下：

- 1) 由于原金屬的冶炼过程复杂而且昂貴；
- 2) 由于零件，尤其是鎂合金零件生产工艺的費用大；
- 3) 因为个别工业部門对輕合金制件的要求很高，故廢品多。

毫無疑問，由于輕合金生产的进一步发展及其在各主要工业部門广泛的采用，并对它的質量提出标准的要求，輕合金制件的成本会降低一些。但要使其成本和鑄鉄鑄件的成本相等，这是很难的。所以必須指出，輕合金制件今后只有在制件重量具有很大意义的工业部門中才能得到广泛的采用。在很多情況下，由于鋁合金比鑄鉄和鋼的导热性好，因而促

进了采用鋁合金（鑄鉄—— $0.12 \text{卡/公分} \cdot \text{秒}^\circ\text{C}$ ，鋁合金—— $0.34 \text{卡/公分} \cdot \text{秒}^\circ\text{C}$ ）。

此外，鋁合金还具有良好的导电性，且比重小，故可以代替电气工业上所用之銅及銅合金。

第一章 輕合金性能的特征

按照輕合金的一般特征，可預計出供測定以下情况的性能：

- 1) 成品制件的使用情况；
- 2) 制品生产工艺过程之复杂程度及在此过程中所能造成的缺陷。

只有按照这两个特点来正确地选择合金，問題才算圓滿地解决。

使用条件对合金提出了一定的要求。凡符合这些要求的合金特性称为使用性能。

凡能确定选择和編制制件生产工艺規程的合金特性，称为工艺性能。

物理、机械及化学性能必須列入使用性能之內。

在能确定制件使用情况的物理性能之中，設計師最感兴趣的是以下几点：

- 1) 比重：它决定了結構的重量；
- 2) 导热系数：选择制造在較高温度下工作的零件所用的合金时，导热系数起着重要作用；
- 3) 綫膨脹系数：一切輕合金都具有很大的綫膨脹系

数，设计师应将其作为零件在较高温度下工作的特点来考虑；

4) 导电性：在特殊情况下起着重要的作用。

机械性能中最主要的是强度极限、屈服点及相对延伸率。

由表 4 可知，根据强度极限不可能判断出弹性，因为随着成分和热处理方法的不同，各种合金之屈服点和强度极限值具有很大的差别。

表 4

某些铝合金和镁合金之机械性能比较

合金牌号	基本金属	合金状态	屈服点 σ_s 公斤/公厘 ²	强度极限 σ_b 公斤/公厘 ²	$\frac{\sigma_s}{\sigma_b}$	相对延伸率 $\delta\%$
АЛ1	Al	硬模鑄造，淬火及人工时效……	26	30	0.87	0.5
АЛ2	Al	砂模鑄造，变性处理……	8	18	0.44	6.0
АЛ7	Al	砂模鑄造，淬火…	11	22	0.5	8.0
АЛ7	Al	砂模鑄造，淬火及人工时效……	33	36	0.92	1.5
Д6, Д16	Al	淬火及自然时效…	32	46	0.7	17.0
АК3	Al	淬火及人工时效…	38	49	0.8	12.0
В95	Al	淬火及人工时效…	55	60	0.9	10.0
МЛ5	Mg	砂模鑄造，淬火…	12	27	0.44	10.0
МЛ5	Mg	砂模鑄造，淬火及人工时效……	16	27	0.59	4.5
МА5	Mg	变形后并淬火……	22	30	0.73	8.0

热处理（退火、淬火和自然时效）能保証輕合金具有高的塑性，并可同时降低其彈性。同一种合金采用其他热处理规范（淬火及人工时效），能使彈性显著地增加，而塑性降低（見表4）。

設計师不可忽略这些特性，否則就易于造成錯誤，并且对所选材料的工作能力也沒有正确的估計。除前述輕合金机械性能中三項最重要的性能外，同时还必須考虑到冲击强度或冲击韌性、疲劳极限、硬度以及彈性系数。

合金之化学性能系指抵抗机器在工作时所遇到的各种銹蝕介質腐蝕作用的能力，特别是在运输中遇到的銹蝕介質：如水、潮湿空气、內燃发动机的燃料等。

有关特殊介質和互相作用的条件在这里不作論述，这些介質可在化学工业中所用器械和机器上遇到。

关于繁多的工艺性能，这里只研討下列几种：1）鑄造性能；2）压力加工性能；3）切削性能；4）焊接性能（特殊情况下）。

合金之鑄造性能对该合金鑄件的机械性能和各种缺陷的产生都有影响，并根据鑄造性能可决定鑄件的質量。如果設計师只考虑到使用性能而未注意到工艺性能，則不可能正确地选用合金。

决定輕合金鑄件質量的最重要的鑄造性能是：1）流动性；2）体积收縮率；3）綫收縮率；4）形成热裂紋和冷裂紋的傾向性；5）氧化性；6）气孔率。

目前，我們对合金之鑄造性能的了解，已不仅根据單純的實驗資料。А.А.包赤瓦尔（А.А.Бочвар）院士及其学派

的研究工作，以及В.И.达巴特金 (В.И.Добаткин) 和В.А.利瓦諾夫 (В.А.Ливанов) 等人对鑄錠連續澆鑄过程的研究都証實了合金鑄造性能与其所含成分有一定的关系。下面所談到的許多鑄造和变形合金，都屬於在固体状态下有限度地溶解并具有共晶体的一系內。图 1 所示的曲綫图是 А.А.包赤瓦尔院士繪制的，它表明了合金的平衡图与一些主要鑄造性能的变化关系〔1〕。

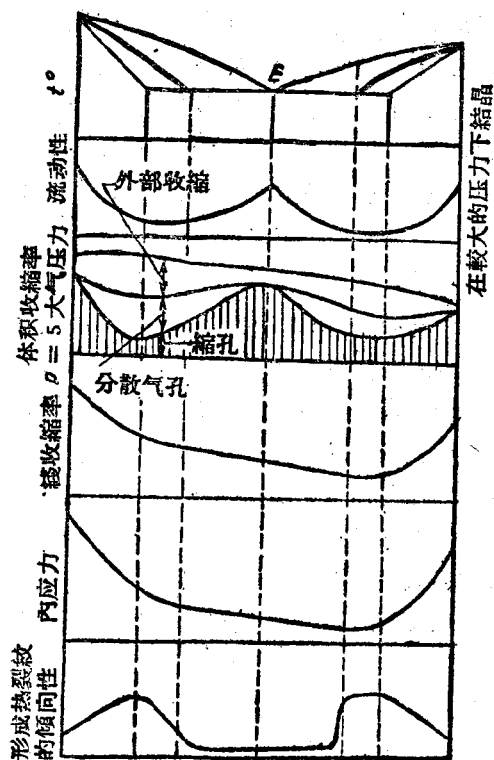
变形輕合金在机械制造业中占着非常重要的地位，变形合金所包括的合金种类很多。根据金屬塑性变形的能力，可用各种压力加工的方法（軋制、挤压、鍛制和模鍛）将合金制成毛坯。塑性应理解为固态物質变形后不恢复其原有的形状，也不破坏致密性的一种能力。所以借塑性变形可使金屬获得所需要的形状。

因为塑性是能够不恢复其原有形状，也不破坏物質致密性的状态，故不能規定其绝对标准〔2〕。在評定工艺塑性时，首先必須考虑所采用金屬塑性变形的特点，变形的温度和速度条件，以及决定这些条件的变形材料的性能。因此評定工艺塑性时，必須研究金屬各种性能的指标及这些性能因变形温度和速度的改变而引起的变化情况。以上所說的各种性能包括強度极限、屈服点、硬度、实际应力、冲击韌性、弯曲角度、相对延伸率、在靜載荷和动載荷下断裂时頸部的收縮率以及在不同速度下鍛鍛至出現第一条裂紋时的变形度。

根据需要情况，上述性能亦可用来比較各种輕合金的压力加工性能。

可以用切削加工时垂直加于刀具上的压力、允许速度和走刀量来鉴定轻合金的可切削性。

各种轻合金的焊接性能的鉴定方法，将在说明有关的合金时谈到。



——液相线和固相线
 ——开始收缩的温度曲线

图1 合金成分与合金铸造性能的关系

第二章 鋁合金和鎂合金的比較

在二十世紀初期鋁合金就開始在工業上應用。而上世紀末葉在個別情況下也曾採用過這些合金的鑄件。由於航空工業的發展就更擴大了鋁合金的使用範圍。首先是用它來鑄造航空發動機的活塞。於第一次世界大戰末期，已經用鋁合金來鑄造機匣、油泵、排氣管以及水冷式航空發動機的其他零件。但此時鋁合金的品種還不多。

1909年發明了一種最重要的變形合金——硬鋁，並發現了用熱處理來提高輕合金機械性能的方法。由於航空工業大量需要硬鋁合金，並且對適合工業上需用的新成分合金進行了研究以及採用強化熱處理方法有了可能，所以第一次世界大戰以後，鋁合金制件的生产得到了飛躍的發展。

鋁合金制件在各種工業部門都得到了廣泛的採用。目前，用於特型鑄造和壓力加工的鋁合金的品種是很多的，而各品種之間有極大的區別，並且還可以按照規定的技術指標和經濟指標來選擇鋁合金。鎂合金在本世紀二十年代末才在工業上得到應用。採用鎂合金的主要部門是航空工業。鎂合金在許多情況下能同鋁合金相抗衡。假如把現代的航空發動機內所採用輕合金鑄件的重量作為 100%，而其中鎂合金鑄件約占 30%。如以體積百分比來表示，這個比例將會更準確。用體積表示時，鎂合金的鑄品約占 39%。

鎂合金只能在一定的範圍內來代替鋁合金。鋁合金在某