

非铁合金铸造用 熔剂和中间合金

罗启全 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



非铁合金铸造用熔剂 和中间合金

罗启全 编著



机械工业出版社

本书全面系统地介绍了非铁合金铸造用熔剂和中间合金的种类、作用、配制工艺、使用方法，以及相关的环境和劳动保护等内容。本书的特点是汇集了我国非铁合金铸造实践中行之有效的配方、技术及经验，介绍了国内外的最新科研成果，并按不同类别合金介绍了所用熔剂和中间合金的配制工艺、使用方法及所用设备和工具；所用原材料大多采用了现行国家标准，便于读者快速查阅。

本书可供熔剂和中间合金生产厂及非铁合金铸造厂（车间）的技术人员、工人阅读，也可供从事非铁合金铸造工艺和熔剂及中间合金研究的人员、相关专业在校师生及供销采购人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

非铁合金铸造用熔剂和中间合金/罗启全编著. —北京：
机械工业出版社，2013.2
ISBN 978-7-111-40891-8

I. ①非… II. ①罗… III. ①铸造合金-铸造-熔化-熔剂②中间合金法 IV. ①TG1136②TG223③TF111.13

中国版本图书馆CIP数据核字（2012）第302816号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：陈保华 责任编辑：陈保华 程足芬
版式设计：霍永明 责任校对：胡艳萍
责任印制：张楠
北京京丰印刷厂印刷
2013年2月第1版·第1次印刷
148mm×210mm·9.625印张·303千字
0 001—3 000册
标准书号：ISBN 978-7-111-40891-8
定价：39.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
电话服务

策划编辑：(010) 88379734

社服务中心：(010) 88361066

网络服务

销售一部：(010) 68326294

教材网：<http://www.cmpedu.com>

销售二部：(010) 88379649

机工官网：<http://www.cmpbook.com>

读者购书热线：(010) 88379203

机工官博：<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

前 言

改革开放以来，我国家电、建材、车辆、飞机、舰船、信息产品等工业飞速发展，使原来仅用于航空航天等少数军工产品上的有诸多性能优势的非铁铸造合金在上述民用工业和生活用品上也被广泛使用并呈急剧增加的态势，各地的非铁合金铸造厂（车间）和废料回收厂也随之大增，如广东的精铸厂就由零发展到2010年的106家（仅东莞市就有29家）。其他类型的非铁合金铸造厂（车间），如铝合金铸造厂、镁合金铸造厂、压铸厂等就更多了，处在其产业链下端的为上述铸造厂提供熔剂和中间合金的厂家也随之发展起来。

现在，我国已成为全球最大的制造国，而作为当今金属成形主要手段的非铁合金铸造，在我国十二五规划和国务院在十二五规划执行期间的七大战略性新兴产业发展政策之一的新材料研发应用中无疑将担任重要角色，发挥更大作用，这也将使熔剂和中间合金的需求量（包括出口）大增，因而性能好、作用强的熔剂和中间合金的生产、研发也是任重而道远，因此，这也势必使熔剂和中间合金的生产研发有非常广阔的发展前景。

据了解，目前上述铸造厂（车间）在使用熔剂和中间合金中还存在很多技术问题。一些熔剂和中间合金生产厂则由于技术水平不高，设备档次低、配制工艺落后、能耗高、信息不通，生产熔剂和中间合金的技术水平较低、效果较差。这些问题都严重地影响了产品质量和经济效益。

面对我国非铁合金铸造及其所用的熔剂、中间合金生产、研发的大好形势，考虑到迄今国内尚无一本介绍非铁合金铸造用熔剂和中间合金技术的专著出版，为把先进的军工技术向民用转移，使国外的技术为我所用，促进我国非铁合金铸造和熔剂、中间合金生产、研发的技术进步及产品质量的提高，作者编著了此书。

本书汇集了国内外有关非铁合金铸造用熔剂和中间合金的品种、

性能、作用，所用原材料的品种、性能、配制工艺、使用方法，环境和劳动保护及研发动向等内容，并按合金类别编写。本书是国内多家军工企业、民品企业、科研单位、大专院校的科技人员和作者五十多年来技术经验的总结，内容丰富齐全、工艺参数可靠，并与生产紧密结合，文图兼备，所以实用性很强。本书可供非铁合金铸造厂（车间）和熔剂、中间合金生产厂的工人、工艺技术人员以及从事熔剂和中间合金研制的科技人员阅读，也可供从事与此专业技术相关的教学、生产管理、供销等人员参考。

由于作者水平有限，书中可能有错漏之处，敬请读者指正，作者将深表感谢！

罗启全

目 录

前言

第1章 金属及合金液的性质	1
1.1 粘滞性	1
1.1.1 粘滞性的内涵	1
1.1.2 影响粘度的因素	4
1.1.3 粘度在熔铸中的意义	5
1.2 流动性	8
1.2.1 概述	8
1.2.2 流动性在熔铸中的意义	8
1.2.3 影响金属液流动性的因素	8
1.3 表(界)面张力	10
1.3.1 概述	10
1.3.2 影响表(界)面张力的因素	13
1.3.3 润湿现象	15
1.3.4 表面张力在熔铸中的意义	17
1.4 金属及合金液与气体的作用	18
1.4.1 概述	18
1.4.2 熔铸中遇到的气体类型	19
1.4.3 气体与金属液相互作用的形式	19
1.4.4 气体在金属中的溶解与吸收	20
1.4.5 影响气体在金属中溶解度的因素	21
1.4.6 气体在金属及合金中的溶解度	25
1.4.7 气体从金属中析出	27
1.4.8 气体与金属的化学作用	31
第2章 熔剂及其原材料	34
2.1 熔剂及其作用	34
2.1.1 熔剂的概念及我国熔剂工业的发展概况	34
2.1.2 熔剂的类别	34

2.1.3 熔剂的作用	35
2.2 对熔剂的技术要求	36
2.3 配制熔剂用原材料	39
2.4 对熔剂用原材料的要求	45
2.4.1 对熔剂用原材料的技术要求	45
2.4.2 熔剂用原材料的技术标准和技术规格	47
第3章 熔剂的配制和使用	57
3.1 熔剂的种类及特性	57
3.2 熔剂的配制工艺及设备	82
3.2.1 熔剂的配制工艺	82
3.2.2 配制熔剂用的设备和工具	87
3.3 熔剂的选择	97
3.4 熔剂的使用	99
3.5 各类熔剂的使用方法	100
3.5.1 铸造铝及铝合金用熔剂的使用方法	100
3.5.2 铸造镁及镁合金用熔剂的使用方法	100
3.5.3 铸造钛及钛合金用熔剂的使用方法	100
3.5.4 铸造铜及铜合金用熔剂的使用方法	123
3.5.5 铸造锌及锌合金用熔剂的使用方法	129
3.5.6 各类铸造轴承合金用熔剂的使用方法	130
3.5.7 铸造钴基高温合金用熔剂的使用方法	130
3.5.8 各种铸造镍基高温合金用熔剂的使用方法	131
3.5.9 各种铸造永久磁铁合金用熔剂的使用方法	131
3.6 使用各种熔剂的实践经验、工艺参数及实例	132
3.6.1 铝及铝合金铸造用熔剂	132
3.6.2 镁合金熔铸用熔剂	145
3.6.3 铜合金熔铸用熔剂	150
3.7 添加溶剂所用的设备和工具	155
3.7.1 添加熔剂所用的设备	155
3.7.2 添加熔剂所用的工具	160
第4章 中间合金及其原材料的技术要求	163
4.1 中间合金及其作用	163
4.2 对中间合金的技术要求	166
4.2.1 化学成分、冶金质量	166

4.2.2	物理性能	166
4.2.3	加工工艺性能	167
4.2.4	合金的料块尺寸及规格	167
4.2.5	合金的表面状况及标示	167
4.2.6	合金的质检	167
4.2.7	合金的储存及保管	168
4.3	配制中间合金用原材料	168
4.3.1	金属材料	168
4.3.2	非金属材料	172
4.4	对原材料的技术要求	182
4.4.1	对金属材料的技术要求	182
4.4.2	对非金属材料及非金属化合物的要求	182
第5章	中间合金的配制和使用	185
5.1	中间合金的种类及特性	185
5.1.1	中间合金的种类	185
5.1.2	各类中间合金的品种牌号	192
5.2	中间合金的配制	196
5.2.1	中间合金的配制方法	196
5.2.2	中间合金的配制工艺	199
5.2.3	中间合金的配制实例(镍硼中间合金的配制工艺)	240
5.2.4	中间合金的检验	251
5.3	中间合金的使用	251
第6章	环境和劳动保护	254
6.1	熔剂的生产和使用	254
6.1.1	熔剂生产的作业特点及危害	254
6.1.2	熔剂生产的环境和劳动保护	255
6.1.3	熔剂使用过程中的环境和劳动保护	265
6.2	配制中间合金	269
6.2.1	配制中间合金的作业特点及危害	269
6.2.2	配制中间合金的环境和劳动保护	270
附录		271
附录 A	某些熔盐的表面张力	271
附录 B	氢在纯铝中的溶解度	272
附录 C	熔铸非铁铸造合金和非铁中间合金炉料计算中金属元素	

烧损率的经验值	272
附录 D 铸造铜合金中元素烧损率	272
附录 E 金属元素与氧的亲合力大小顺序	272
附录 F 浇注合金液时锭模的浇注温度	273
附录 G 精炼后合金液允许停留时间	273
附录 H 永久磁铁熔炼的规定时间	273
附录 I 卤化盐类对铝液的浸润能力	273
附录 J 配制熔剂和中间合金所用金属、非金属及辅助材料	273
附录 K 元素周期表	295
参考文献	296

第 1 章 金属及合金液的性质

采用铸造工艺在大气压下铸造各种非铁金属及合金铸件时都要使用熔剂。金属及合金液的一些性质对正确地使用熔剂，充分发挥熔剂的作用，保证铸造出合格的铸件（锭）具有很重要的作用，对生产、研制出适合非铁合金铸造需要的作用强、效果好的熔剂同样具有很重要的作用。因此，了解和掌握金属及合金液与使用熔剂、研制熔剂相关的一些基本性质及其基础理论知识，无论对从事非铁金属及合金铸造的人员，还是对从事非铁合金铸造用熔剂生产、研制的人员来说，都具有十分重要的意义及重要的理论指导作用。为此，本章专门介绍了与使用熔剂和生产、研制熔剂密切相关的几个金属及合金液的基本性质，供读者参考。

1.1 粘滞性

1.1.1 粘滞性的内涵

金属及合金液是一种高温的流体。流体在流动时，流层与流层之间相对滑动。由于流体分子之间有凝聚力，便使相邻两流层起着带动流动或阻止流动的相互作用。这种在流体流动时使两相邻流层的流速趋向均一、大小相等、方向相反的剪切力称为流体的内摩擦力（或粘性力）。由于这种内摩擦力的存在，流表现出的流动不通畅的性状叫做流体的粘滞性（粘性）。它是液态金属原子迁移能力的一种表现，它反映了原子间结合力的大小，是重要的熔体敏感物理性状之一，是金属熔体微观结构改变的宏观表现。这种具有内摩擦力的流体称为粘性流体。因为任何摩擦都会产生能量损失，所以粘性流体流动时也不可避免地要损失一部分流体中所含的能量。按物理学的观点，金属液的流动性即粘性的倒数。由于粘性，各流层的流速 v 不一样，分布如图 1-1 所示。

从图 1-1 可知，管中心层流速最大，而靠管壁的那层的流速最小。

按照牛顿粘性定律，粘性力 F 与相邻两流层间的接触面积 A 及垂直于粘性力方向的速度梯度 dv/dh 的关系如图 1-2 所示。可写成等式

$$F = \eta \frac{dv}{dh} - A \quad (1-1)$$

式中 η ——动力粘度。

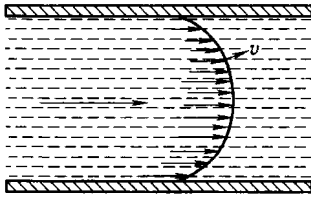


图 1-1 粘性流体各流层
流速分布状态图

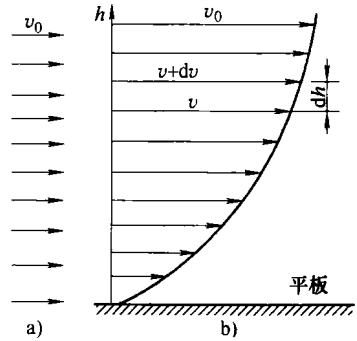


图 1-2 流体流过平板
前后的流速变化

- a) 流过平板前流体的速度分布
b) 流过平板后流体的速度分布

当 A 及 dv/dh 为定值时，流体的 η 值越大，其粘性力也越大。当流体停止流动时，速度梯度 dv/dh 为零，所以静止的流体没有内摩擦力，因而也没有切应力。

由式 (1-1) 可知粘度 η 的意义，当相邻两流层相距 1cm ，接触面积为 1cm^2 ，相对滑动速度为 1cm/s 时，此时的阻力即代表粘性。它的单位在物理学中以 P (泊, Poise) 表示，即 $\text{dyn} \cdot \text{s}/\text{cm}^2$ 。它们之间的关系为

$$1P = 1\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1} = 0.1\text{Pa} \cdot \text{s}$$

动力粘度除以液体密度 ρ ，即得运动粘度，以 ν 表示

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

运动粘度的单位为斯 (Stokes)，用 St 表示， $1\text{St} = 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$ 。

实际上，我们通常采用的是运动粘度 ν 。各种金属的动力粘度和运动粘度见表 1-1。

从表 1-1 可知：

1) 金属液的粘度与过热温度有很大的关系，过热温度越高，其粘度越小。

表 1-1 各种物质的动力粘度和运动粘度

材 料	温度 /°C	动力粘度 $\eta/\text{Pa} \cdot \text{s}$	运动粘度 $\nu/(\text{cm}^2/\text{s})$
水	+20	0.0105	0.0105
汞	高于熔点	0.0210	0.00155
铁	高于熔点	0.040	0.00556
钢($w_{\text{C}}=0.3\%$)	1535	0.0285	0.00407
	1555	0.0260	0.00375
	1610	0.0230	0.00339
可锻铸铁($w_{\text{C}}=3.1\%$)	1340	0.0265	0.00279
	1405	0.0190	0.00276
灰铸铁 ($w_{\text{C}}=4.0\%$) ($w_{\text{C}}=3.1\%$)	1250	0.0210	0.00317
	1250	0.0120	—
钢($w_{\text{C}}=0.45\%$)	1550	—	0.0055
铝硅合金(硅铝明)	750	0.010	—
熔渣	1300~1400	0.5~3.0	—
铜	1102	0.033	0.041

2) 铸铁的动力粘度与运动粘度都小于钢, 即铸铁的流动性比钢好。

3) 金属液的动力粘度大于水, 但运动粘度小于水, 故金属液达到湍流之前的临界速度比水要小。

4) 铝硅系合金(硅铝明)的动力粘度与水很相近, 因此铝硅系合金液的流动性(即充满铸型的能力)很好。

5) 熔渣的动力粘度远大于金属液, 故金属液中含有熔渣时, 会使金属液的粘度增大, 从而降低其流动性。

6) 金属液的运动粘度越大, 则由层流变为湍流的临界速度也越高。假如金属液在铸型中保持层流流动(实际很难), 则流动阻力就很小。

1.1.2 影响粘度的因素

各种纯金属液的粘度大小与其原子体积大小有关，金属液的原子体积较大，粘度就较小。许多金属在熔点附近呈液态时，其运动粘度 ν 与原子体积 V 成反比，即

$$\nu = K \frac{1}{V}$$

式中 K ——常数，取值范围为 4~5。

许多金属运动粘度的计算值与试验值是相等的。因为熔融金属的原子与相邻原子发生相对移动时，相互之间的摩擦阻力随两个原子中心距的增加而减小，所以原子体积较大、中心距较远的原子之间的摩擦阻力和粘度较小。

另一原因是某金属的绝对熵较大时，运动粘度也较小。因为绝对熵的大小，反映了金属原子有序化的程度。当绝对熵较大时，原子的排列的规律性就较差，即无序程度较大，两原子间的联系和相互作用力减小，粘度也较小。

通过金属的原子体积和绝对熵，就可以比较各种金属的粘度大小，但对某些金属或合金来说，其粘度还受温度、杂质及合金元素的影响。

1. 温度

温度对粘度的影响是温度升高，粘度将减小。由于温度升高，原子的热运动加强，原子间的结合力减弱，因而使粘度减小。

2. 杂质

当金属液中有悬浮着的外来金属或非金属杂质时，一般都会使其粘度增大。因为这些悬浮在金属液中的微粒子会阻碍金属液的流动。若杂质占金属液体积的比例较小且呈球状，则对金属液粘度的影响就较小；若杂质的形状为多角形，则对金属液粘度的影响就较大；若杂质在金属液中已熔化成液态，还有可能减小金属液的粘度。如酸性炉内夹有易熔化的硅酸盐时，就反使钢液的粘度降低，流动性提高。若夹杂物的直径较小，且密度比金属液小，则很易上浮，因而对金属液粘度的影响也就较小。

3. 合金元素

金属液的粘度与加入的合金化元素的种类和质量有关，即与各类各

系合金的状态有一定的关系。当加入的合金化元素能使该金属液形成稳定的化合物时，则这种成分的金属液的粘度比较大。由 Mg-Sn 系相图可知，有化合物 Mg_2Sn （熔点 $778^\circ C$ ）生成的合金的粘度较大；由铝合金的相图可以看出，在具有共晶成分的合金系列中，于共晶成分处（合金相图上的共晶点处）的合金的粘度比较小，如在 Al-Si、Al-Cu、Al-Mg-Sn 等系相图上的共晶点处的合金。同一种基体金属形成的化学成分不同的同系合金，其粘度也有所不同。

1.1.3 粘度在熔铸中的意义

金属液的粘度对合金在熔铸过程中有很多影响，掌握粘度的一些基本性质，对于从事非铁合金铸造和非铁合金铸造用熔剂及中间合金生产、研制的工人，尤其是工艺技术人员以及从事各种新合金和新熔剂研制的专业科技人员都具有十分重要的理论指导作用，因为粘度在非铁合金熔铸过程中会对金属造成很多不利影响。具体介绍如下：

1. 影响合金液的精炼变质效果

在空气中熔铸非铁合金时，需要添加熔剂保护并作精炼变质处理，以获得成分合格、质量纯净、外形完整的铸件（铸锭）。在对金属液作精炼变质处理时，金属液的粘度会降低精炼剂去气除渣的效果，使悬浮在金属液中的夹渣（杂）难以上浮而被排除。金属液的粘度还会影响变质剂的均匀分布，降低变质剂对结晶组织的变质和细化效果及变质的均匀性，从而影响合金的力学性能、耐磨性能的提高。

2. 影响合金的冷却凝固过程，导致铸造缺陷的产生

在非铁合金铸件或铸锭的冷却凝固过程中，粘度会阻滞气体、熔渣、夹杂物上浮被排除掉，而在铸件或铸锭内形成气孔、夹杂（渣）等铸造缺陷，并使金属液难以补充到要补缩的位置而形成缩孔、疏松等缺陷。

对于上述两个方面的影响，用粘度和流体力学的相关理论简要地解释如下：

金属液中的夹杂质点很小，上浮或下沉的速度很小，其受力分析如图 1-3 所示，质点

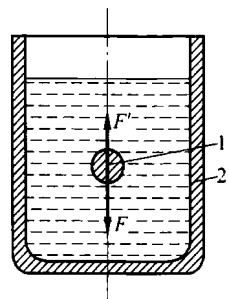


图 1-3 金属液中夹杂物质点受力分析

1—夹杂物质点 2—坩埚

1 本身受重力 F 和浮力 F' 的作用, 若 $F > F'$, 则质点 1 下沉, 反之亦然。设夹杂物的密度小于金属液的密度, 这时质点 1 受上升力的作用, 则可写成以下等式:

$$F_1 = F' - F = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_1 - \rho_2)g$$

式中 F_1 ——质点上升的作用力 (N);

r ——质点的半径 (mm);

ρ_1 ——金属液的密度 (kg/L);

ρ_2 ——夹杂物的密度 (kg/m³);

g ——重力加速度 (m/s²)。

据斯托克斯公式, 质点在运动中所受阻力为

$$F_2 = 6\pi\eta rv$$

式中 F_2 ——质点运动时所受的阻力 (N);

η ——金属液的粘度 (Pa·s);

v ——质点的运动速度 (m/s)。

如果升力与阻力相等, 则质点的上浮是等速运动。这时

$$F_1 = F_2 = 6\pi\eta rv = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_1 - \rho_2)g$$

$$v = \frac{2}{9}r^2 \frac{\rho_1 - \rho_2}{\eta} g \quad (1-2)$$

式 (1-2) 为夹杂物质点在金属液中上浮速度的计算公式, 也可称为斯托克斯公式。这一公式仅用于 r 小于 0.1mm 的质点。由此公式可知:

1) 夹杂物质点的浮沉取决于 v 值的正或负, $\rho_1 > \rho_2$ 时, 则 v 为正, 质点就上浮; $\rho_1 < \rho_2$ 时, 则 v 为负, 质点就下沉。

2) 浮沉速度 v 值与 $(\rho_1 - \rho_2)$ 的绝对值及质点半径 r 的平方成正比, 而与金属液的粘度 η 成反比。

在精炼金属液时, 应设法使其中很小的夹杂物质点以较快的速度 v 上升到金属液表面的熔剂中结成渣壳或沉降到熔池底部而予以排除。升高金属液的温度能使金属液的粘度 η 降低, 则钢液中的熔渣和铝合金液中的氧化物夹杂物易于上浮到液面; 而镁合金液中吸附了氧化夹杂物的精炼溶剂就易于下沉。增大非金属夹杂物质点的半径 r , 有利于夹杂

质点的上浮或下沉而予以排除。

3) 夹杂物质点的形状对金属液粘度影响很大。球形夹杂物比三角形、菱形等多角形夹杂物的影响小得多。

4) 当金属液中的夹杂物不在重力作用下,而在其他力(如离心力等)场作用下,式(1-2)就要改为

$$v = \frac{2}{9} r^2 \frac{(\rho_1 - \rho_2)}{\eta} R_x \omega^2 \quad (1-3)$$

式中 R_x ——夹杂物质点距旋转中心的距离(即质点移动的平均半径)(mm);

ω ——旋转的角速度(rad/s)。

$R_x \omega^2$ 就是旋转时,夹杂物质点在 R_x 距离上的离心加速度。

从式(1-3)可知,液体的粘度越大,夹杂物质点半径越小,液体与夹杂物的密度差越小,则夹杂物的上浮速度就越慢,而在金属液中形成铸件夹杂缺陷的可能性就越大。当夹杂物质点的半径 $r > 0.1\text{mm}$ 时,其浮沉速度较大,可用下式计算

$$v = \sqrt{\frac{8r(\rho_1 - \rho_2)}{3K\eta}}$$

式中 K ——夹杂物质点的形状系数。

当金属液中的夹杂物质点呈悬浮状态时,则 η 增大。

3. 影响浇注时金属液充满铸型的能力

当金属液的粘度增大时,金属液的流动速度和流量则减小。由于金属液的粘度往往随温度下降而不断增大,故当金属液的浇注温度较低时,如在铸型型腔内散失热量过多,则可能无法充满铸型。同时,当铸型型腔中的管道或缝隙尺寸较小时,粘度对金属液能否充满此类狭窄型腔的影响就更为明显。总之,粘度大的金属液充型困难,甚至不能获得形状完整、表面光滑、轮廓清晰的铸件(铸锭)。

4. 影响熔铸过程中合金元素在溶液中的扩散及均匀分布

由于金属液的粘度较大,则合金元素在金属液中分布不均匀且扩散移动很慢,导致金属液在型腔中形成铸件(铸锭)后铸件各部位的成分不均匀,从而使其力学性能也不均匀。

5. 影响浇注系统的设计和设置

对于粘度大的金属液,其浇注系统一般要设计扩散式,而不能设计

成封闭式。因为粘度大的金属液流动较慢，与型腔壁的摩擦阻力较大，因此充型能力较差。内浇口应设置在型腔的最大尺寸部位，以使其快速流动充型。

1.2 流动性

1.2.1 概述

所谓金属液的流动性是指金属液流过铸型狭窄缝隙和无间隙地充满整个铸型型腔每个角落的能力。流动性是金属液铸造性能中最主要的性能。它的好坏直接关系到能否获得外表轮廓清晰、健全完整和内部无缩孔、疏松等缺陷的铸件（铸锭），它是金属液的基本铸造工艺性。

1.2.2 流动性在熔铸中的意义

金属液的流动性是最重要的铸造工艺性指标，它是直接关系到能否铸造出合格的铸件（铸锭）的重要的工艺参数。了解不同合金品种的流动性，对于铸造工作者编制熔炼浇注工艺，选择合适的精炼剂、变质剂及其使用方法，设计铸型，选择铸型材质，设计浇注系统及其安设位置，降低铸件废品率，获得合格优质的铸件（或铸锭）等都具有很重要的意义；对于熔剂生产和研制人员根据现有合金品种的流动性指标，研制出保护覆盖、精炼变质效果好、有助于提高金属液流动性的熔剂，也具有很重要的意义。

1.2.3 影响金属液流动性的因素

通过铸造工作者长期的铸造生产实践和各种科学实验得知，各类金属的流动性受热物理特性和合金成分（即合金在相图中的位置）、初晶形状、温度、微量元素等因素的影响。

1. 热物理特性的影响

热物理特性包括熔化热、比热容和导热性。其中，熔化热对金属液的流动性的影响最大，其值越高，流动性就越好。比热容越大，流动性也越好；而导热性越好，则流动性越差。

2. 合金成分的影响

1) 在铝硅系合金中，其成分在共晶点处（硅的质量分数达15%）的合金，流动性最好，在亚共晶点处的合金，则流动性最差。这是因为