

国外压铸机

济南铸造锻压机械研究所

毛主席语录

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

要采用先进技术，必须发挥我国人民的聪明才智，大搞科学实验。外国一切好的经验，好的技术，都要吸收过来，为我所用。学习外国必须同独创精神相结合。

编 者 的 话

遵照伟大领袖毛主席“**洋为中用**”和“**打破洋框框，走自己工业发展道路**”的教导，结合我国压铸生产的实际情况，我们编译了这份《国外压铸机》资料，供有关部门、院校的领导、工人、工农兵学员和压铸工作者参考。

这份资料取材于近几年来美、英、德、日、苏等国主要铸造书刊以及最近我们对进口压铸机的测试资料。内容以压铸设备为主。

由于我们学习毛主席著作不够，专业水平很低，对压铸设备懂得很少，缺乏经验，特别是没有深入到我国压铸机制造厂和使用厂向广大有实践经验的工人和压铸工作者学习，加之时间仓促，错误、缺点和不妥之处一定不少，恳请读者批评指正。

一九七四年五月

目 录

绪论.....	(1)
---------	-------

第一章 压射机构.....	(7)
---------------	-------

第一节 增压系统工作能力基本参数的确定.....	(9)
第二节 现有增压系统的分析.....	(14)
第三节 增压装置动作时间的计算.....	(29)
第四节 蓄能器对压射机构工作的影响.....	(37)
第五节 有增压器压射机构工作性能的研究.....	(38)

第二章 合型机构及其计算	(43)
--------------------	------

第一节 几种合型机构.....	(43)
第二节 合型机构的计算.....	(49)

第三章 各类压铸机.....	(73)
----------------	------

第一节 热室压铸机.....	(73)
第二节 双活塞压铸机.....	(75)
第三节 全立式压铸机.....	(78)
第四节 转子压铸机.....	(82)

第四章 压铸生产的机械化与自动化.....	(88)
-----------------------	------

第一节 压铸工序的自动化装置.....	(89)
第二节 自动化压铸工段和车间.....	(98)
第三节 压铸工艺参数的测量与自动控制.....	(102)

附录	(108)
----------	-------

(一) 国外几家主要压铸机制造公司(厂)的产品系列参数表.....	(108)
(二) 国外几家主要压铸机制造公司(厂)的部分产品照片.....	三

绪 论

压力铸造是最先进的热加工工艺之一。用压铸法可以制造很复杂的薄壁零件。铸件具有表面光滑、尺寸精确（铝铸件目前最小的公差仅 ± 0.025 毫米）、强度高的特点，一般不加工或稍经加工即可应用，因而可以节省大量的金属和机械加工设备。压铸生产周期短、生产率高、易于实现机械化或自动化，从而可以减轻劳动强度，改善劳动条件。

压铸工艺已有六十年左右的历史，但仅在三十年代冷室压铸机普及以后，才在各工业发达国家发展起来。近年来，由于生产的需要和借助其他科学技术的新成就，使它得到了更快的发展。现在铸件不再局限于汽车工业和仪表工业中使用，而已扩大到各工业部门，如农业机械、机床、电工与电子仪器、航空、火箭、兵器、纺织机械、计算机、无线电、照相机等。铸件的重量最大的已达52公斤（连浇注系统）。目前压铸不仅仅用于有色金属，而且已扩大到黑色金属。对黑色金属压铸的研究工作，近十几年来进展较大，一些国家已对灰口铸铁、可锻铸铁、球墨铸铁、不锈钢、合金钢、工具钢等

黑色金属进行了大量的试验研究工作，有些已用于工业生产。

几个国家铝合金铸件产量（千吨） 表1

产 国 量 别 年 份	英国	西德	法国	意大利	美国	日本
1960	27.4	32.0	12.8	11.5	174.9	26.9
1961	23.2	31.0	12.5	20.0	170.5	35.7
1962	25.4	33.0	16.5	25.0	281.7	36.7
1963	30.7	35.0	18.7	33.0	301.8	46.7
1964	40.9	46.5	18.2	30.0	311.8	53.1
1965	42	55.7	23.2	42.0	364.8	58.6
1966	41.2	56.3	31.4	31.4	420.0	70.2
1967	41.3	52.9	30.1	68.0	397.8	85.6
1968	47.6	68.5	33.4	77.0	403.5	111.4
1969	49.3	90.0	43.8	86.0	466.0	136.3
1970	45	—	—	—	427.5	—
1971	45.4	—	57.7	—	465.5	163.7

由于压铸工艺在技术经济上所表现出的优越性，随着工业和科学技术的发展，压铸生产水平也在不断提高。从几个国家的有色金属铸件产量及其在有色金属铸件总产量中所占的比重，可以看出压铸工艺的重要性及其发展趋势。美国有色金属铸件产量从1948年起平均每年增加11.5%，1967年已增到55.6%，而在1969年已经突破了年产百万吨大关。西德1950年的铸件产量仅占10.6%，而在1971年已增到48%。1960年英国铸件产量占24%，1971年增到51%。1971年意大利铸件产量占55%，法国的占41%。日本1960年铸件产量为46,000吨，而1972年已增到262,755

铝压铸件在铝铸件中所占的百分比 表2

年份	英国	西德	法国	意大利	美国	日本
1961	25	25	18	33	50	46
1962	26	26	20	35	53	47
1963	29	26	21	44	55	51
1964	33	28	20	45	55	48
1965	35	30	25	48	57	50
1966	35	32	29	60	56	49
1967	36	34	29	58	57	47
1968	38	36	31	59	51	48
1969	35	39	34	60	61	48
1970	35	—	—	—	60	—

吨, 苏联有色压铸件产量亦占50%左右。表1、表2列出了近十年来几个国家铝合金压铸件的产量及其占铝合金铸件总产量的百分比。如果把表1中1960年的产量定为基数, 则英国1971年的产量为1960年的166%, 日本为610%, 法国为451%, 美国1970年的产量为1960年的247%, 西德1969年的产量为1960年的280%, 意大利为750%。意大利的增长率最快, 日本次之, 英、美较慢。就铝压铸件所占比例来看, 美国和意大利都达到60%, 日本近50%, 其他各国约为30%。

国外锌合金铸件中绝大部分为压铸件。近年来日本锌压铸件增长最快, 1960年产量

仅为12,120吨而1972年增至63,830吨, 日本1969年锌压铸件产量占锌铸件总产量的98%。西德1969年锌合金铸件总产量为61,527吨, 其中压铸件为61,274吨, 占99.5%。

镁合金压铸尚不普遍, 表3列出了几个国家镁合金压铸件的产量。从表中可以看出西德镁合金压铸件产量最大, 1969年约占镁合金铸件总产量的95%, 这主要是因为Volkswagen汽车厂压铸镁合金曲轴箱和变速箱。

铜合金压铸, 近年随着压型材料的初步解决而有所发展。美国1969年黄铜压铸件产量为13,785吨, 1971年为15,000吨。西德1969年黄铜压铸件产量比1960年增加了60%。日本1972年黄铜压铸件产量为2,124吨, 比1967年增加了64%。

各国的压铸厂数量也不小, 美国近一千个左右, 小厂仅一台设备, 而大厂则拥有几个车间和成百台设备。日本压铸厂有三百多家, 三分之二为专业压铸厂, 三分之一为兼业的。表4所列为近似统计的几个国家压铸厂的数量。

随着压铸生产的扩大, 对压铸机的需求量不断增加。同时随着工业和科学技术的发展, 机器的自动化水平也不断提高。近十年来, 国外压铸机的发展特点是: 大型化、系列化、自动化, 而且在结构方面有了很大改进, 尤其是压射机构, 发展与改进更为迅速。目前冷室压铸机一般都装有增压式三级压射机构。过去老式压铸机压射速度只1~2米/秒, 而现在已普遍提高到5米/秒左右, 有的已达8~9米/秒, 如意大利Triulzi

几个国家镁合金压铸件产量 (吨) 表 3

产 量 年 份	西德	英国	法国	美国	日本
1969	38,709	144	66	8,1410	204
1970	38,929	95	6	6,365	254
1971	37,884	56	6	8,500	158

公司的Castmatic-500型压铸机的压射速度实测值为9米/秒。一些先进的压射机构,其增压时间极短,如西德Wotan公司的Mültiject压射系统仅0.01秒。瑞士Bühler公司制造了四级压射机构,美国的Harvi公司和意大利的Triulzi公司也设计制造了四级压射机构的压铸机。压射机构的改进是与

几个国家压铸厂数量 表 4

国名	英国	西德	法国	意大利	美国	日本
数量	350	230	150	40	950	400

人们对压射力和压射速度在压铸过程中所起作用的研究分不开的。应该指出的是现代国外压铸机的改进,都与采用先进的电子测试技术有着密切的关系。在现代的一些压铸机上使用了成套测试仪器,来检测压铸过程中各工艺参数,如压射力、压射速度显示监控装置和合型力自动控制装置。西德Wotan公司设计制造的2500吨汽车汽缸体专用冷室卧式压铸机,除配备了自动浇注、自动取件、自动润滑等机构外,还配备了成套的检测仪表——Wotan CS 测量、监控、显示仪。另外,现代压铸机广泛使用集成电路元件印刷线路的无触点电控系统来代替继电器——触点式电控系统,特别是对中大型压铸机尤为如此。

压铸机的主参数是合型力。目前,压铸机按合型力吨位的分类如表5所列。

压铸机按其自动化程度,可以分为半自动和全自动两种,因为手动压铸机已很少使用。大部分压铸机是半自动的,全自动压铸机以热室为多。冷室的也有,如瑞士Bühler公司生产的H-400-D₂型全自动压铸机等。

压铸机按合型力的分类 表 5

压铸机 类 型	合 型 力 (吨)	
	冷 室	热 室
小 型	~200	~50
中 型	200~600	50~400
大 型	600~	400~

压铸机按其结构型式总的可以分为冷室压铸机和热室压铸机。使用最多的是冷室压铸机,主要用于压铸铝合金。冷室压铸机按其压射室所处位置又分为立式和卧式两种。由于冷室卧式压铸机具有生产率高、操作程序少,结构简单、便于自动化,且可用于大吨位等优点,因此目前世界各国冷室卧式压铸机在数量、品种、吨位上均超过了冷室立式压铸机。例如,西德在第二次世界大战期间及其后一段时间内,主要是采用立式压铸机,由于要求不断提高生产率,不久卧式压铸机的应用就超过了立式压铸机。在卧式压铸机上采用中心浇口装置以后,更扩大了卧式压铸机的使用范围。现在,美国和苏联已经停止生产立式压铸机。但是,立式压铸机也有其特点,即能够压铸中心浇口铸件。虽

然卧式压铸机也能压铸中心浇口零件,但操作不便,工艺装备复杂,容易发生故障,质量也不及立式的。所以目前尚不能断言要淘汰立式压铸机。现在立式压铸机在冷室压铸机的总产量中约占10%。

根据现有资料,目前世界上所生产的最大的冷室压铸机为意大利 IDRA 公司的 OL-3500S 型压铸机,其合型力为 3500 吨。可压铸 52 公斤以下的铝铸件。其次是意大利 Triulzi 公司的 Castmatic-3000,其合型力为 3000 吨,可用来压铸八缸汽缸体,铸件净重为 31 公斤,连浇注系统重 45 公斤。

热室压铸机多用于压铸锌合金。热室压铸机整个工作过程大多数是自动化的,因而有较高的生产率。近年来发展了用热室压铸机压铸镁合金和铝合金铸件。西德 Frech 公司生产了 DAM-40、DAM-63 和 DAM-100 型镁合金热室压铸机,意大利 IDRA 公司生产了合型力自 80 吨到 600 吨的镁合金热室压铸机。

美国的热室压铸机比较多。在工厂的压铸车间中,热室压铸机约占 40%,而在专业压铸厂,冷、热室压铸机几乎各占一半。在日本根据 203 家工厂的统计,热室压铸机约占 30%。随着压铸机和压铸件的大型化,今后热室压铸机所占的比重可能要相应缩小,但是由于热室压铸机的生产率高、易于实现自动化和新的耐热材料、热强度高的材料的不断出现,热室压铸机仍将具有一定的发展前途。

另外,按机器的用途,压铸机可分为普通和专用两类。专用压铸机的基本结构与普通压铸机没有很大区别。只是液压系统和电器系统是单一的,但也有个别的小型压铸机的结构与普通的完全不同。专用压铸机只适用于大量生产,以发挥它的最大技术经济效益。在专用压铸机中,各国使用最广泛的是电机转子压铸机。压铸铜合金和黑色金属的专用压铸机尚未定型,现仍然使用普通的冷室压铸机进行生产或试验。一般认为普通冷室卧式压铸机无需大的改进,即可用于压铸黑色金属。

此外,为压铸带镶嵌件的压铸件,使镶嵌件容易放入型腔和固定,而且为了在真空压铸时,便于在型腔中形成真空,设计制造了水平分型的全立式压铸机。如美国 Press Automation Systems 公司在 1960 年开始制造全立式压铸机,称之为 Verticast 真空压铸机。这种型式压铸机现应用较广,美国和一些欧洲国家正在制造这种压铸机。这种压铸机亦可列为专用压铸机。

国外制造压铸机的公司、工厂,较大的有几十家,主要国家有捷克斯洛伐克、西德、意大利、瑞士、美国和日本。著名的公司有:美国的 Lester、Kux、H.P.M.,意大利的 IDRA、Triulzi,西德的 Wotan、Fries—Sohn,瑞士的 Bühler,日本的“东芝”以及捷克斯洛伐克的 Vihorlat 工厂等。几个主要压铸机制造公司所生产压铸机的系列参数见书末附表 1~13。

捷克斯洛伐克 Vihorlat 工厂原制造的 Polák 系列压铸机已于十几年前停止生产。尔后设计制造了 GLP 系列冷室立式压铸机和 GLO 系列冷室卧式压铸机。近年来又新设计制造了 GLOO 系列冷室卧式压铸机、GLPO 系列冷室立式压铸机和 CLT 系列热室压铸机。新系列产品与老系列产品相比较,无论是在结构、控制系统和外形上都做了比较大的改进。全部采用了曲肘合型机构或混合式合型机构,压射机构采用了三级或四级压射系统。

西德有八家压铸机制造厂,比较有名的是 Wotan 厂。该厂生产的压铸机,在某些吨位上系组合式的,即只更换压射机构,便可组装成立式、卧式和热室三种压铸机。近年来生产的新的 DMKb 型压铸机,采用了新的比较先进的压射机构——Mütiect 压射系统。

意大利有五家压铸机制造厂。Triulzi 公司生产的压铸机分标准压铸机和超级压铸机两大类。已生产出 10 吨到 3000 吨的各种压铸机。每月平均生产 50 台。该公司的压铸机采用曲肘合型机构,所生产的超级压铸机开型行程较长。在压射机构中采用了所谓“PK+R”系统。该公司还生产了带有双活塞压射系统和调换装置(以便在不需要时,改而采用通常的压射机构)的压铸机,以满足用户的需要。IDRA 公司生产 10 吨到 3500 吨的各种压铸机,每月可平均生产 30 台平均吨位为 300 吨的压铸机,拟设计制造 5000 吨的压铸机。机器已采用了较先进的三级压射系统,并在此基础上又研究设计采用了 Biconstant 增压调节器和 Idrostat 快压射系统。上述两公司的一些压铸机上还采用了合型力自动监控仪和压射力、压射速度测量显示仪。

美国压铸机制造厂比较多,约有 17 家。1967 年压铸机的产量为 382 台。到 1968 年,美国和加拿大共拥有各种型号规格的压铸机 16,700 台。目前所使用的压铸机中,大多数是近十年安装的新产品,据统计,87% 的压铸机其使用年限没有超过 15 年。表 6 所列美国 和加拿大各种规格压铸机的分配比例。由表中可见目前所使用的压铸机,90% 是 675 吨以下,其中合型力在 200~600 吨之间的占 60% 以上。超过千吨的很少,而超过 1800 吨的只占 0.3%,这说明大型压铸机除了结构复杂、制造困难外,在使用上也有一定的局限性。美国宣称,正设计合型力为 4000 吨的压铸机。美国压铸机大部采用曲肘式合型机构,压射机构一般都设有增压器, Lester 公司压铸机则采用预填充式压射机构,并在其合型机构中采用了整体铸钢的框架。H.P.M. 公司的 Cast-master 系列压铸机,可按要求装设新的压射活塞速度伺服控制系统,以稳定铸件质量,降低废品率。

美国各种规格压铸机分配比例

表 6

合型力 (吨)	90 以下	91~ 225	226~ 360	361~ 450	451~ 675	676~ 900	901~ 1350	1351~ 1800	1801 以上
百分比 (%)	15.8	16.5	19.7	19.5	19.7	6.7	1.3	0.5	0.3

瑞士 Bühler 公司在 1966 年提供了一种全新的压射机构即所谓“D”系统,该机构能在 0.015 秒时间内完成增压动作。近年来又发展成“D₂”系统。生产了 H-400-D₂ 新的全自动压铸机,机器一次浇注铝合金量为 15 磅。用称之为 Injectrol 仪自动记录压力和速度曲线,并能连续监控生产过程。H-400-D₂ 还备有 Lockmat 合型力自动监控仪、Telemetal 金属自动输送装置、自动中心润滑装置,并采用了美国 Unimate 型机械手进行自动取件。在机器全自动操作、一次浇注金属为 2.4 磅时,每小时可生产 120 件。

日本约有 12 家压铸机制造厂,其中东芝机械制造公司为最大。东芝公司于 1955 年开始制造压铸机,目前年产约 300 台左右。该公司生产 DC 型(冷室)和 DH 型(热室)压

铸机。采用曲肘合型机构和带增压的三级压射系统。所生产的压铸机最大合型力为3300吨，并可按用户要求，附双活塞压射装置。表7所列为日本《机械统计年报》报道的日本近十年来压铸机产量。据日本的203家压铸厂统计，其压铸机拥有量为2234台，其中冷室占70%，热室占30%，绝大部分压铸机在600吨以下，表8所列为203家压铸厂中各

日本压铸机年产量 表7

年份	1960	1965	1970	1971	1972
台数	590	228	435	247	445

种不同规格压铸机分配情况。目前日本压铸机正向大型化、高性能、全自动方向发展。

日本各种规格压铸机分配表

表8

台 机 种	合 型 力	100吨 以下	100~	200~	400~	600~	1000~	1500~	2000吨 以上	总计
			199	399	599	999	1499	1999		
冷	室	545	284	419	124	145	20	5	3	1545
热	室	445	64	137	33	10		—	—	689

第一章 压射机构

压铸机性能的可靠性和参数直接影响到铸件质量和劳动生产率，而压铸机的压射机构则是实现压铸工艺的最关键部件。它的结构和正确的作用，是决定压铸工艺过程中充型和增压的工艺参数的主要因素。因此，压铸机的压射机构对于获得良好的和质量稳定的铸件具有决定性的意义。若干年来，国外压铸机的研究工作也多着重于对压射机构的结构和性能的试验研究。

最早的冷室卧式压铸机，其压射机构采用简单的活塞系统，压铸过程中活塞始终以比较慢的速度运动。后来发展为二级压射系统，而活塞先慢速启动，然后快速压铸。这种二级压射装置在快速压射过程终了时，即在液态金属充满压型以后，由于突然制动而产生的液压冲击，使压射压力产生一较大的峰值，它由活塞传递到液态金属上，使铸件产生一系列缺陷。随着铸件品种的不断扩大和对铸件质量的要求不断提高，二级压射机构不能满足压铸工艺的要求，因而发展了三级压射系统，也称为增压压射系统，其实质是用提高压射速度和瞬时增加压射力的方法对液体金属进行有效的增压，以提高压铸件的致密性。

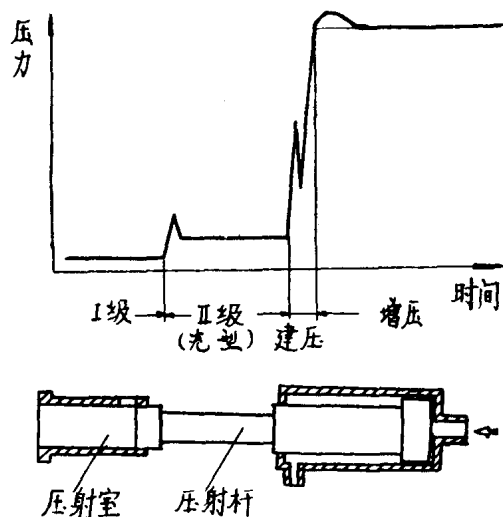


图1 典型的三级压射系统压力变化过程

压射速度为4米/秒时，冲击压力峰值不超过20~30%。

压铸机压射系统发展的总趋势在于获得高的压射速度、压射终止阶段的高压力和降低液压冲击。因此，现代压铸机的压射机构一般达到了下述水平：

1. 作用于压射室内金属上的比压为400~2000公斤/厘米²；
2. 压射头具有二级、三级压射速度，并能在整个范围内作无级调节。最高压射速度为5~9米/秒，速度应稳定，速度变化的过渡区间应最短；
3. 达到最大速度时的加速度距离最短，例如，当达到压射速度4米/秒时，其加速度距离应小于80毫米；
4. 增压压力建立时间小于30毫秒；
5. 增压时冲击压力峰值最小，当

图1为三级压射系统压铸时压力变化过程，图中上面部分为压铸过程中典型的压力变化曲线。下面部分为压射活塞，箭头表示推动压射活塞的液压压力，图中未示出增压器部分。

第I级压射：压射头慢速移动，越过压射室浇注孔。目的是使金属液在压射头越过浇注孔时不致溅出，同时以利于在液态金属进入型腔时减少气体的卷入。

第II级压射：当金属液将近内浇口高度时开始加速，这时通过蓄能器开启排出工作液实现第二级压射，即高速充型。此时，压射活塞以高速将金属液压入型腔。在快速压射时，由于加速而产生一较小的液压冲击，然后充型，在充型过程中压力几乎是不变的。

增压阶段（第III级压射）：充型结束后，压射压力急剧上升，经过一段时间（往往这个时间是极短的）后，在型腔中建立一定的静压力。所谓“增压”，就是指从充型结束到铸件凝固前传递到金属上的静压力的建立过程，这个阶段总称为压力建立阶段。

对于具有简单活塞系统的压射机构（图2、1），增压力 P 等于机器的压射力 $P_{\text{压射}}$ ，这一压力由压射缸的直径决定：

$$P = P_{\text{压射}} = P_{\text{蓄能器}} \frac{\pi D_{\text{压射缸}}^2}{4} \quad (\text{公斤}) \quad (1)$$

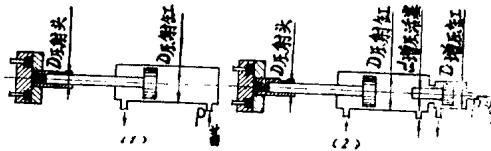


图2 压射机构示意图

作用于压射室中金属上的压力（比压） $P_{\text{增压}}$ ，由压射头直径 $D_{\text{压射头}}$ 决定：

$$P_{\text{增压}} = P_{\text{蓄能器}} \left(\frac{D_{\text{压射缸}}}{D_{\text{压射头}}} \right)^2 \quad (\text{公斤/厘米}^2) \quad (2)$$

对于具有增压器的压射机构（图2、2），增压力 P 取决于压射力和增压缸直径与增压活塞杆直径的比：

$$P = P_{\text{蓄能器}} \frac{\pi D_{\text{压射缸}}^2}{4} \left(\frac{D_{\text{增压缸}}}{d_{\text{增压活塞杆}}} \right)^2 \quad (\text{公斤}) \quad (3)$$

增压过程中，作用于压射室中金属上的压力 $P_{\text{增压}}$ 为：

$$P_{\text{增压}} = P_{\text{蓄能器}} \left(\frac{D_{\text{压射缸}}}{D_{\text{压射头}}} \right)^2 \cdot \left(\frac{D_{\text{增压缸}}}{d_{\text{增压活塞杆}}} \right)^2 \quad (\text{公斤/厘米}^2) \quad (4)$$

式中： P ——增压力；

$P_{\text{蓄能器}}$ ——蓄能器工作压力；

$P_{\text{增压}}$ ——作用于液体金属上的增压压力（比压）；

$D_{\text{压射缸}}$ ——压射缸直径；

$D_{\text{压射头}}$ ——压射头直径；

$D_{\text{增压缸}}$ ——增压缸直径；

$d_{\text{增压活塞杆}}$ ——增压活塞杆直径。

第一节 增压系统工作能力基本参数的确定

根据增压压力的大小和增压装置的建压时间，可以比较正确地区分增压系统的类型。所谓增压装置的建压时间是指从增压机构接通的瞬间到静压力在型腔中开始作用的时间间隔。

增压压力的大小和建压时间是确定增压系统工作能力和效率的基本参数。

图3引用两条简单的典型压力曲线，对增压器“压力建立阶段”这一概念加以说明。从图可以看出，压力建立阶段的总时间包括液压阀关闭时间和压力上升时间，因为液压阀最后的关闭时间所引起的压力上升的延缓，这对于增压器是不可避免的，也是必须的。

铸件压铸工艺需要的增压压力 $P_{\text{增压}}$ ，取决于铸件的壁厚和复杂程度、浇铸合金的性能以及对铸件的强度和致密性的要求。

增压压力主要消耗在压缩包含在铸件所有截面中的气体上，在压铸厚壁铸件以及铸件有不等壁厚或局部粗大部分时，增压压力还应能保证消除缩孔。

在对厚壁铸件的增压过程中，压射室中液态金属余料起补缩冒口作用。对于薄壁铸件，在某种程度上增压作用可促使减小晶间缩松。

压缩气体夹杂的结果，使铸件体积发生变化，这可用公式进行计算：

$$\Delta V = V \frac{n\gamma(t)RT + P_{\text{增压}}}{E_M} \quad (\text{厘米}^3) \quad (5)$$

由此得出，为了保证达到预定的压缩程度，必须的增压压力为：

$$P_{\text{增压}} = \frac{\Delta V}{V} E_M - n\gamma(t)RT \quad (\text{公斤/厘米}^2) \quad (6)$$

式中： ΔV ——液体金属和气泡两相混合物体积的变化（厘米³）；

V ——压铸件的体积（厘米³）；

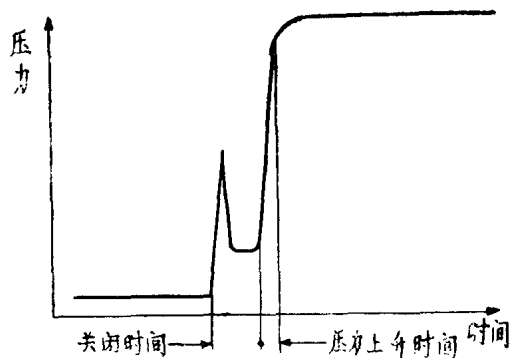
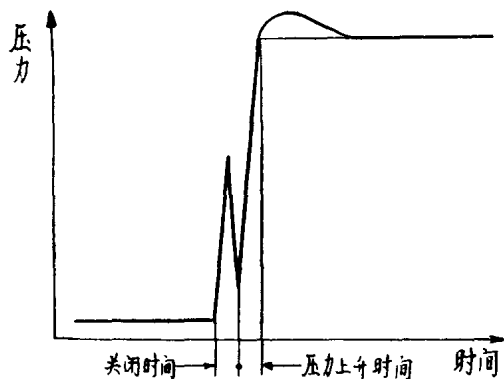


图3 压铸过程压力建立时间的解释

n ——气体体积与型腔体积的比；

T ——气体的绝对温度 $^{\circ}K$ （采取与金属的温度相等）；

$\gamma(t)$ ——温度为 t 度时气体的比重（公斤/厘米 3 ）；

E_M^* ——液态金属和固态金属弹性模数的算术平均值：

$$E_M^* = \frac{1}{2} (E_M' + E_M)$$

E_M' ——液态金属弹性模数（公斤/厘米 2 ）；

E_M ——固态金属弹性模数（公斤/厘米 2 ）。

对于铝合金，体积相对变化 $\Delta V/V$ 由公式⑤计算的一些数据列举于下，计算时取 $n = 1$ ：

$P_{\text{增压}}(\text{公斤/厘米}^2)$	500	1000	2000	3000	5000	10000
$\frac{\Delta V}{V} \cdot 10^2$	0.15	0.17	0.20	0.24	0.37	0.71

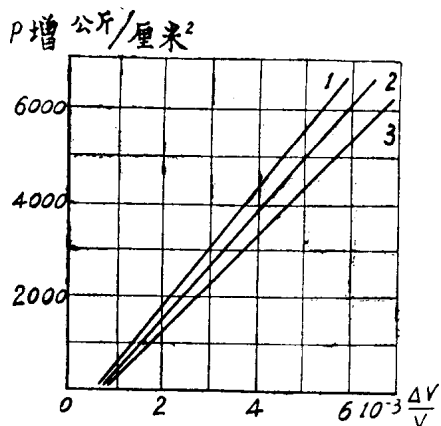


图4 增压压力与铸件体积相对变化的关系

图4为增压压力 $P_{\text{增压}}$ 与铸件体积相对变化 $\Delta V/V$ 的关系曲线。图中曲线1为铝合金，曲线2为镁合金，曲线3为锌合金。这些曲线是根据公式⑥，当 $n = 1$ ，也就是在大气压下气体夹杂的体积等于铸件的体积时建立的。

根据所需要的增压压力的不同，可以将各类压铸件分为三组：

第一组：包括简单的薄壁铸件和外形复杂壁厚为2~4毫米的铸件。对这类铸件，应以高速充型，以便克服型腔中运动流体的阻力。高速充型时金属流被击碎并裹入了气体夹杂，因而沿铸件的整个断面形成分散状疏松，这时产生的气孔尺寸为

0.01~0.1毫米。为了消除可见气孔，下述相对压缩程度是足够的：

$$\frac{\Delta V}{V} = (1 \sim 1.3) \times 10^{-3}$$

从图4可知，其相应的增压压力为1000~1200公斤/厘米 2 。

对于外形简单的薄壁铸件，如某些仪器的盖子之类的铸件，当充型速度为25~30米/秒和 $\delta_{\text{内浇口}}/\delta_{\text{铸件}} = 0.5 \sim 0.6$ （ $\delta_{\text{内浇口}}$ ——内浇口厚度、 $\delta_{\text{铸件}}$ ——铸件壁厚）时能保证充满所有型腔。对于这种铸件，压力应为500~700公斤/厘米 2 。在压铸外形复杂的薄壁铸件时，对于铝合金充型速度应提高到40~45米/秒，对于镁合金充型速度应为60~70米/秒，对于锌合金应为120米/秒，而 $\delta_{\text{内浇口}}/\delta_{\text{铸件}}$ 应降到0.2~0.3，为了推进薄截面

内浇口中的合金，需要提高压射室中金属上的压射比压到1000~1200公斤/厘米²。

第二组：包括壁厚4毫米以上的厚壁铸件，压铸时金属液以连续流充型。

对外形简单的厚壁铸件，增压过程中热交换和液态静压力规范应该促成在铸型的内部深处和外表面得到同等条件。

在外形复杂铸件的充型过程中，金属流充型速度应该保证比简单铸件充型时有较高的功能，同时，充型速度不应该超过连续流体破坏的临界值。糊状合金的粘度高于过热合金液的粘度好几倍。糊状合金充型时，当速度为30~35米/秒时，有保持连续流体的可能性，在连续湍流流体充型过程中，气孔联成相当大的夹杂，尺寸达到1~2毫米。为了消除可见气孔，相对压缩程度应为 $\Delta V/V = 5 \times 10^{-3}$ ，从图4可知，其相应的增压压力为3000~3500公斤/厘米²。

第三组：包括壁厚不等，外形简单和复杂的铸件。增压的条件和压力的大小取决于内浇口厚度和位置。对这类铸件，保证增压效果的重要因素之一是缩短充型时间。对壁厚不等的铸件增压压力传递的可能性，不仅取决于 $\delta_{\text{内浇口}}/\delta_{\text{铸件}}$ 和压铸机增压压力，而且还取决于浇注系统的结构。例如，制造片状散热器压铸件时，在中部处引入内浇口1（图5，1），这是不能保证铸件薄筋条质量的浇口结构。利用附加的横浇口2、溢流槽3（图5，2），则大大地改善了纵向筋条的充型性能及其致密性。在某些情况下，为了向铸件的粗大部分传递增压压力，在压铸大型铸件时可以适当地利用可变截面的内浇口。

压铸机增压系统的结构应该保证建压时间等于或小于压铸工艺要求的时间间隔。这个时间间隔由金属液在内浇口和铸型中凝固时的热交换条件来确定。

增压的最大效果，仅仅在这种情况下是可能的，即保证增压的时间间隔 $\tau_{\text{增}}$ 和增压作用的时间 $\tau_{\text{增压}}$ 的总和小于或等于内浇口中的合金冷却到固液相曲线温度时的时间，这个时间是由排出过热热量的时间和凝固时间所组成的，即：

$$(\tau_{\text{增}} + \tau_{\text{增压}}) \leq (\tau_{\text{浇放热}} + \tau_{\text{浇凝}})$$

铸件的定向凝固可以使金属在铸型中产生不大的过热，因而，这种过热可以忽略不计，故可以认为增压作用的时间等于铸型中铸件凝固的时间 $\tau_{\text{铸凝}}$ 。

在这种情况下，工艺要求的增压时间间隔由以下不等式确定：

$$\tau_{\text{增}} \leq (\tau_{\text{浇放热}} + \tau_{\text{浇凝}} - \tau_{\text{铸凝}})$$

式中 $\tau_{\text{浇放热}}$ 、 $\tau_{\text{浇凝}}$ 和 $\tau_{\text{铸凝}}$ 由有关公式确定：

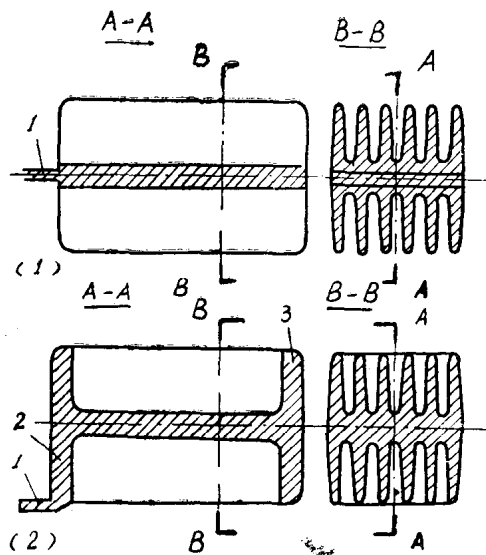


图5 散热器铸件的金属浇注方法

$$\tau_{\text{浇放热}} = 0.196 \left[\frac{\delta_{\text{浇}} C' \rho}{b} \left(\frac{t_{\text{铸件}} - t_{\text{液相}}}{t_{\text{铸件}} - t_{\text{浇}}} \right) \right]^2$$

$$\tau_{\text{浇凝}} = 0.196 \left[\frac{\delta_{\text{浇}} \rho r}{b(t_{\text{晶}} - t_{\text{浇}})} \right]^2$$

$$\tau_{\text{铸凝}} = 0.196 \left[\frac{\delta_{\text{铸}} \rho r}{b(t_{\text{晶}} - t_{\text{型}})} \right]^2$$

$$\text{则: } \tau_{\text{增}} \leq 0.196 \left(\frac{\rho}{b} \right)^2 \left\{ \delta_{\text{浇}}^2 \left[\left(C' \frac{t_{\text{铸件}} - t_{\text{液相}}}{t_{\text{铸件}} - t_{\text{浇}}} \right)^2 + \left(\frac{r}{t_{\text{晶}} - t_{\text{浇}}} \right)^2 \right] - \left(\frac{\delta_{\text{铸}} r}{t_{\text{晶}} - t_{\text{型}}} \right)^2 \right\} \quad (7)$$

式中: ρ ——液体金属密度 (公斤秒²/米)

b ——铸型蓄热系数 (千卡/米²·秒^{0.5}·度);

$\delta_{\text{浇}}$ ——内浇口厚度 (米);

$\delta_{\text{铸}}$ ——铸件厚度 (米);

C' ——液态合金比热 (千卡/公斤·°C);

$t_{\text{铸件}}$ ——增压开始作用时内浇口附近铸件断面的温度 (°C);

$t_{\text{液相}}$ ——液相线温度 (°C);

$t_{\text{浇}}$ ——增压过程中内浇口壁的平均温度 (°C);

$t_{\text{晶}}$ ——结晶期间的平均温度 (°C);

$t_{\text{型}}$ ——铸型温度 (°C);

r ——浇注合金的结晶比热 (千卡/公斤)。

不等式⑦由增压过程中铸件成形的条件确定。在浇注糊状合金时金属在内浇口中没有过热, 不等式⑦的第一项等于零, 这样, $t_{\text{铸件}} = t_{\text{液相}}$ 在这种情况下, 不等式⑦取:

$$\tau_{\text{增}} \leq 0.196 \left(\frac{\rho r}{b} \right)^2 \left[\left(\frac{\delta_{\text{浇}}}{t_{\text{晶}} - t_{\text{浇}}} \right)^2 - \left(\frac{\delta_{\text{铸}}}{t_{\text{晶}} - t_{\text{型}}} \right)^2 \right] \quad (8)$$

厚壁铸件充型时, 铸型的温度梯度被拉平, 这时, 保证增压的时间间隔为:

$$\tau_{\text{增}} \leq 0.196 \left[\frac{\rho r}{b(t_{\text{晶}} - t_{\text{型}})} \right]^2 \left(\delta_{\text{浇}}^2 - \delta_{\text{铸}}^2 \right) \quad (9)$$

在进行工艺计算时, 用一定的系数代入不等式⑦, 例如对于钢铸型则用钢铸型系数 b 的数值代入, 并相应地代入各种合金的 ρ 、 C' 和 r 的数值, 得:

$$\tau_{\text{增}} \leq \delta_{\text{浇}}^2 \left[K_1 \left(\frac{t_{\text{铸件}} - t_{\text{液相}}}{t_{\text{铸件}} - t_{\text{浇}}} \right)^2 + \frac{K_2}{(t_{\text{晶}} - t_{\text{浇}})^2} \right] - K_2 \left(\frac{\delta_{\text{铸}}}{t_{\text{晶}} - t_{\text{型}}} \right)^2 (\text{秒}) \quad (10)$$

或者, 当内浇口中的液态金属不过热时:

$$\tau_{\text{增}} \leq K_2 \left[\left(\frac{\delta_{\text{浇}}}{t_{\text{晶}} - t_{\text{浇}}} \right)^2 - \left(\frac{\delta_{\text{铸}}}{t_{\text{晶}} - t_{\text{型}}} \right)^2 \right] (\text{秒})$$

对于各种合金的系数 K_1 、 K_2 列于表 9:

各种合金的系数 K_1 、 K_2 值 表9

合 金	K_1	K_2
锌 合 金	0.015	550
铝 合 金	0.012	1225
镁 合 金	0.006	289
铜合金(黄铜)	0.025	2300

分析不等式⑦表明,当 $\left(\frac{\delta_{\text{铸}}\gamma}{t_{\text{晶}} - t_{\text{型}}}\right)^2$

项的绝对值超过头两项绝对值的总和时,则建立增压的热规范是可能的,而保证增压工艺的时间间隔为负值或者在极端的情况下等于零,实际上这就是说,完全的增压作用是不可能的,因为内浇口中液态金属比型腔中的金属凝固得早。在这样的情况下,压铸机应该采用具有最小建压时间的

增压机构。

表10为根据计算得到的在不同的浇注温度下保证增压的时间间隔 $\tau_{\text{增}}$ 与铸件壁厚和内浇口厚度的关系。在计算时,对于ЦАМ4—3合金,铸型的起始温度 $t_{\text{型}}$ 取 150°C ;对АЛ12合金, $t_{\text{型}}$ 取 200°C ;对于МЛ15合金, $t_{\text{型}}$ 取 250°C ;对于黄铜ЛС59—1, $t_{\text{型}}$ 取 300°C 。分析表10的数值表明,在 $\tau_{\text{增}}$ 为正数的情况下,为了保证完全的增压作用,必须使内浇口厚度和铸件壁厚保持一定的比值,对于铝合金和镁合金,比值 $\delta_{\text{浇}}/\delta_{\text{铸}} \geq 1/2 \sim 1/3$;对于锌合金和黄铜,比值 $\delta_{\text{浇}}/\delta_{\text{铸}} \geq 2/3 \sim 1/2$ 。

各种合金的增压时间间隔(秒)

表10

$\delta_{\text{铸}}$ 毫米	$\delta_{\text{浇}}$ 毫米	ЦАМ4-3		АЛ12		МЛ15		ЛС59-1	
		浇 注 温 度 $t_{\text{浇}}$ ($^{\circ}\text{C}$)							
		390	430	590	630	610	660	900	950
2	1.0	-0.231	-0.021	-0.050	+0.042	-0.030	0	-0.315	-0.008
	1.5	0	+0.048	0	+0.194	0	+0.021	-0.102	+0.056
4	1.0	-0.540	-0.250	-0.480	-0.200	-0.240	-0.052	-0.580	-0.176
	2.0	-0.256	-0.084	0	+0.168	-0.118	0	-0.250	-0.032
	3.0	+0.015	+0.190	+0.020	+0.770	+0.019	+0.044	0	+0.108
6	2.0	-0.830	-0.465	-0.643	-0.242	—	—	-1.215	-0.304
	4.0	+0.022	+0.193	+0.037	-1.230	—	—	+0.050	+0.266
8	2.5	—	—	-0.750	-0.538	—	—	—	—
	6.0	—	—	+0.120	+2.405	—	—	—	—