

电机转子立式大比压压铸工艺*

王岳, 杨祎洋, 程国栋

(南通通达矽钢冲压科技有限公司, 江苏南通 226352)

摘要: 鼠笼电机转子质量直接影响电机的性能。立式压铸工艺是工业电机常用的生产工艺。传统立式压铸采用增压方法达到一定的压射比压, 压射系统常在超高压状态下工作, 易产生故障影响生产, 同时增压的滞后对产品质量的提高不大, 转子填充率较低。大比压压铸工艺通过增大压射缸与压铸熔杯的面积比, 利用中等蓄能器压力实现一次性大比压压铸, 设备工作稳定, 不易发生故障, 转子的内在质量明显改善, 填充率比传统工艺提高了 3%~5%, 对整机性能有较大提升。

关键词: 电机转子; 立式压铸; 大比压

中图分类号: TM 305 文献标志码: B 文章编号: 1673-6540(2021)07-0107-04

doi: 10.12177/emca.2021.045

High Pressure Ratio Vertical Die-Casting Technique for Motor Rotor Manufacturing*

WANG Yue, YANG Yiyang, CHENG Guodong

(Nantong Tongda Silicon Steel Technology Co., Ltd., Nantong 226352, China)

Abstract: The squirrel-cage rotor plays a critical role in motor performance. Vertical die-casting is a common production process for industrial motors. The traditional vertical die-casting technique adopts a boosting method to achieve a certain injection ratio pressure, and the injection system is often operated in an ultra-high-pressure state. It is likely to cause failures in production. What's more, the lagging of pressurization has limited help in quality improvement, and the rotor filling rate is low. The high pressure ratio die-casting process increases the area ratio of the injection cylinder to the die-cast melting cup, using the medium energy accumulator to achieve one-time high pressure ratio die-casting. The equipment works stably and is not prone to failure. Compared with the traditional technique, the quality of the produced rotor is significantly improved, and the filling rate is increased by 3%~5%, which greatly improves the overall performance of the motor.

Key words: motor rotor; vertical die-casting; high pressure ratio

0 引言

铝耗是电机五大损耗之一, 约占总损耗的 20% 左右, 因此降低铝耗对提高电机性能具有重要意义。目前中小型低压电机的转子均采用冷室压铸工艺生产。压铸工艺按照压室放置位置的不同分为卧式和立式 2 种形式^[1]。卧式压铸模具结构复杂, 模架较大, 价格昂贵, 对于配套设备大小

及铸铝量有限制; 立式压铸模具结构简单且价格相对便宜, 设备大小和铸铝量可以满足较大产品的需要。因此, 一般较小规格、大批量的转子采用卧式压铸, 较大规格、小批量的转子采用立式压铸。铸铝常因压铸工艺参数选用不当, 使转子产生较多气孔, 影响了铝耗和电机效率。压铸工艺参数主要有比压、填充速度、填充时间、保压时间等, 其中比压是指型腔内单位面积所受的压力, 通

收稿日期: 2021-04-22; 收到修改稿日期: 2021-05-19

* 基金项目: 江苏省科技基础设施建设计划项目(BM2019292)

作者简介: 王岳(1968—), 男, 高级工程师, 研究方向为电机铁心制造工艺。

常以压射熔杯在压铸时产生的压强来衡量。在压铸过程中,压铸机的结构与性能、蓄能器的工作状况、压铸机工作液的性能和温度及浇注系统的形状和尺寸等因素,对比压均有一定的影响。为了提高转子铝笼的致密度,减少气孔和缩孔,保证铝的电导率,提高压射比压是重要的工艺手段。铸铝转子质量越好,电机铝耗与杂散损耗就越低,温升越小,效率越高。

国外转子立式压铸设备均是采用增压工艺达到比较高的比压,采用点浇口进铝,在较大转子产品的生产中,压射比压只能达到 25 MPa 左右,而且设备熔杯较为固定,提供给不同产品的压射参数变化不大,产品的填充率为 90%~92%。国内转子立式压铸也是采用增压工艺,大部分采用风叶进铝,转子填充率与国外相当。

电机行业 2021 年 6 月 1 日开始执行 GB 18613—2020 能效标准,最低能效等级由符合 IE2 上升到 IE3,对于电机效率的要求有了不同程度的提高,从而对电机的设计、制造工艺等方面提出了更高的要求。本文介绍一种电机转子立式大比压压铸工艺^[2]。应用该技术可将转子填充率提高 3%~5%,对于电机铝耗的降低和效率的提升具有非常重要的意义。

1 技术背景

图 1 是转子压铸模具、压射熔杯及压射缸部分的示意图。

立式冷室压铸通常采用慢压射、快压射、增压三级压射。一般快压射时蓄能器压强 p 为 20 MPa,

提供的压射缸压强 p_y 为 15~20 MPa,增压后压射缸压强 p_z 达到 25~30 MPa。增压后压射比压 p_b 等于压射油缸面积与熔杯面积之比乘以增压压强,即

$$p_b = p_z(D^2/d^2) \quad (1)$$

式中: D 为压射油缸直径; d 为压射熔杯直径。

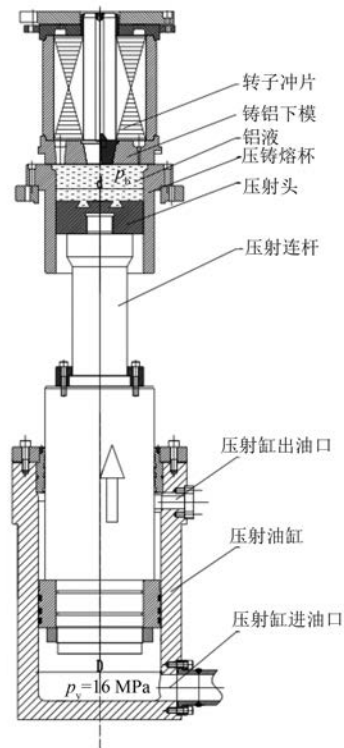


图 1 转子压铸模具、压射熔杯及压射缸部分的示意图

表 1 对比了 2018 年前意大利 TCS 公司、灌南压铸机公司、南通巨能公司生产的 500 t 压铸设备的基本参数及比压。

表 1 国内外压铸设备部分参数对比

设备	合型缸直径/mm	压射缸直径 D /mm	熔杯直径 d /mm	蓄能器压强 p /MPa	压射压强 p_y /MPa	增压压强 p_z /MPa	压射比压 p_b /MPa	进铝方式
TCS500	500	360	320	20	15~17	20	25.30	点浇
灌南 500	500	300	400	20	15~17	28	15.75	风叶
	500	300	300	20	15~17	24	24.00	风叶
巨能 500	500	400	400	20	15~17	23	23.00	风叶

压铸设备系统压力一般不允许超过 20 MPa。压射过程需要通过蓄能器提供快速供油并建压,一般采用 18~20 MPa 的蓄能压强。传统工艺通过增压来获得较高的压射比压,但增压存在滞后,

且有压强过高密封圈等部件易损的缺陷,给生产带来设备维修率高、产品质量不稳定、增压效果差等问题。进铝方式对压铸下模的强度有一定影响,风叶进铝下模结构简单,容易制造,但模具寿

命不如点浇口工艺。

表 2 列出了采用增压工艺达到的压射比压理论值^[3]。增压存在滞后。压射结束稍有延迟,进铝口就会凝固。虽然压射比压理论值够大且有增压动作,但压力不能很好地即时传递到铝环型腔,因而不能很好地起到铝环补缩的效果。这种工艺

在过去很长时间没有得到突破性的改善,考虑增压滞后的影响,实际压射比压只能达到表 2 中所列理论值的 70%左右。受此影响,H200 以上的转子产品填充率为 88%~92%,设备非增压状态下基础比压较小,即设备的能力存在不足,因此传统立式压铸转子质量很难提高。

表 2 传统典型压铸采用增压工艺后 H80~355 电机转子压射比压

中心高/mm	80	90	100	112	132	160	180	200	225	250	280	315	355
风叶外圆/mm	83	89	111	117	145	177	198	224	254	278	318	382	435
压射比压/MPa	80	70	60	50	40	35	32	30	28	25	25	20	20

2 改进工艺实施方案

所提出的电机转子立式大比压压铸工艺采用风叶进铝,并且对进铝面积与净用铝量比值作了要求,即进铝面积 $S(\text{cm}^2)$ 与净用铝量 $G(\text{kg})$ 之比 ≥ 1.8 。此系数达不到要求的,需增加风叶厚度或增加辅助进料口。通过加大设备压射缸直径获得较高的压射比压,将压铸设备合型油缸与压射油缸大小按 1:1 配置(表 3),根据产品的大小及用铝量设置合适直径的熔杯并获得理想的压射比压,压射动作完成的瞬间即达到较高的压射比压,压力 100%传递到型腔内部,配合较低的型腔铝温,得到较小的缩孔和较高的材料致密度,最终获

得较好的转子质量及填充率,实现电机性能的提升。

表 3 新工艺与传统工艺设备油缸直径对比

设备型号/t	200	315	500	630
合型缸直径/mm	320	400	500	560
原压射缸直径/mm	220	300	300/360/400	450
本工艺压射缸直径/mm	320	400	500	560

本工艺的实施,对 H180 以上的电机转子压铸中的压射比压均有不同程度的提高。以压射完成时蓄能器压强 16 MPa 计算,达到的压射比压如表 4 所示。

表 4 电机转子与压铸设备及配备熔杯参数

中心高/mm	180	200	225	250	280	315	355/400	355/400
风叶最大外径/mm	198	224	254	278	318	382	435	435
熔杯直径/mm	190	210	230	260	300	360	400	400
设备最大合型吨位/kN	2 000	2 000	3 150	3 150	5 000	5 000	5 000	6 300
压射缸直径/mm	320	320	400	400	500	500	500	560
蓄能器压强/MPa	16	16	16	16	16	16	16	16
压射比压/MPa	45.4	37.2	48.4	37.8	44	30.9	25	31.4

表 4 中列出的是本工艺对应的机座号中最大外径转子参数,实际生产过程中还要根据转子直径和用铝量选择合适的熔杯,例如同机座 2 极转子直径比 6 极小得多,用铝量可能不同,可以按实际需求选择不同号的熔杯进行生产。生产过程中,蓄能器冲液压强 19~20 MPa,压射过程结束,蓄能器压强为 16~17 MPa,整个压射系统均在中等压强下工作,设备的稳定性和寿命有很大提高。

本工艺仍然采用风叶进铝,没有增压动作,压射过程一次性完成,转子填充率达到 93%~97%,压铸转子产品质量大幅提高。

3 产品试制

2020 年 12 月中旬采用此工艺试制 M3BP400,740、800 mm 带中间短路环双转子产品,填充率达到 95%以上。表 5 是试制产品的生

产记录表。740 mm 高度的产品转子填充率达到 96.23%，800 mm 高度的产品转子填充率达到 95.3%。客户此前采用 TCS 设备生产的转子填充

率为 90%~92%。表 6 对比了 TCS 设备和新工艺设备(TD500)的工艺参数及产品的填充率。

表 5 试制产品生产记录表

序号	型号	高度/ mm	冲片 质量/kg	铁心 质量/kg	用铝量/ kg	理论用 铝量/kg	填充率/ %	铝温/ ℃	冲液压强/ MPa	铸完压强/ MPa
1	M3BP400LC/LKC6	740	679.5	751.4	71.9	74.71	96.23	750	19.5	16.5
2	M3BP400LD/LKD6	800	807.0	884.2	77.2	81.00	95.30	735	19.5	16.0
3	M3BP400LD/LKD6	800	806.7	883.9	77.2	81.00	95.30	745	19.5	16.0

表 6 不同工艺的参数和产品填充率对比

压铸设备	TCS500	TD500
熔杯直径/mm	320	400
是否增压	有	无
压射动作	三级	二级
压射比压/MPa	25.6	25.0
进料方式	点浇口	风叶+平衡柱
填充率/%	90.0~92.0	95.0~96.5

此外,这种大型压铸转子的初始不平衡量也非常小,如表 7 所示。

表 7 800 mm 转子校平衡数据

序 号	转子 端	初始不 平衡量/g	初始不平衡量 位置/(°)	残余不 平衡量/g	残余不平衡量 位置/(°)
1	N 端	196	270	3.49	118
	D 端	144	250	3.45	311
2	N 端	101	359	3.53	47
	D 端	137	68	2.23	133

客户反馈表明,使用该转子的电机,性能比原来更好。

4 结 语

本工艺的实施有效提高了电机转子填充率,可以降低转子铸铝的电阻和转子不平衡量,降低转子损耗,从而降低电机损耗、提高效率。随着超高效电机的各种能效政策的颁布实施,电机行业转子压铸工艺水平提升势在必行。本工艺的实施与推广具有较大的意义和较好的前景。

【参 考 文 献】

- [1] 赵朝会. 电机制造工艺学[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2018: 242-245, 248-251.
- [2] 王岳, 王晓峰, 姜予践. 一种电机转子立式大比压压铸工艺:202010178138.6[P]. 2020-03-14.
- [3] 曲永恒. 电机铁心制造工艺手册[M]. 上海: 上海交通大学出版社, 2013: 191.

欢迎订阅 2022 年《电机与控制应用》

2021 年在邮局漏订的读者,可联系编辑部补订,具体请咨询编辑部

地址: 上海市武宁路 505 号《电机与控制应用》编辑部

邮编: 200063

电话: 021-62574990-462

邮箱: eec@seari.com.cn

国内邮发代号: 4-199

每册定价: 15.00 元

全年定价: 180.00 元