

高速釜用磁力驱动器涡流分析和隔离套的设计

吴剑武* 钱观良

(温州市工业科学研究所)

摘要 针对釜用磁力驱动器在高速运转时金属隔离套产生的涡流损耗, 分析了涡流损耗的影响和控制因素, 减少涡流的设计要点, 并提出了一种能够有效带走涡流热的内冷却流道设计的隔离套结构形式。

关键词 磁力驱动 高速 磁涡流 隔离套

永磁驱动技术应用在反应釜上很好地解决了搅拌容器动密封泄漏的问题, 近几年发展得很快, 特别是在高真空、高压的环境下显示出独特的技术优势。然而导电金属材料制成的隔离套存在着磁涡流, 并且随着转速的提高急剧增加, 导致隔离套温度迅速升温, 这使得磁力驱动技术在高转速下应用成为一个难题, 基于这种情况, 本文提出用内冷却方式来设计隔离套以解决涡流产生的升温问题。

1 涡流的产生及其影响因素

磁力驱动器工作时, 金属隔离套处于一个交变的磁场中, 作为导体将产生环绕磁通量变化方向的涡电流。涡流的产生, 一方面削弱了气隙磁场, 降低了传递扭矩, 另一方面涡流损耗以热量的形式释放出来, 消耗原动机的能量。随着热量的积累, 隔离套温度会迅速上升, 导致磁钢退磁失效和承压元件强度降低, 如果不加以控制就可能发生容器爆炸事故。一台采用稀土钴磁钢制造、传递扭矩为 $250\text{N}\cdot\text{m}$ 的传动器, 在转速 $1440\text{r}/\text{min}$ 条件下, 会产生 7.2kW 的热涡流。对于采用组合推拉磁路的磁力驱动器, 文献[1]推导出隔离套中的涡流损失为(基本结构模型见图1):

$$P_j = L r^3 t \frac{\pi^2 n^2 B_0^2}{900} \gamma$$

式中 P_j ——涡流损失功率, W

t ——隔离套壁厚, m

L ——磁化长度, m

r ——隔离套半径, m

n ——电机转速, r/min

B_0 ——磁感应强度, T

γ ——电导率, s/m

由式(1)可知, 影响磁涡流有以下几方面的因素:

(1) 磁化长度 L 和磁场旋转半径 r 的影响

这两个参数确定了磁转子的长径比, 在满足磁力传递扭矩的前提下, 适当增加长径比是有利的, 由隔离套引起的涡流损失与半径的三次方成正比, 缩小半径不仅能够减少涡流损失, 同时也减少了高速运转产生的流体摩擦损失。然而磁转子的半径也不能过小, 否则会导致磁化长度 L 过长, 磁路效率降低, 给加工、安装也带来不便。

(2) 隔离套材料的电导率 γ 和隔离套厚度 t 的影响

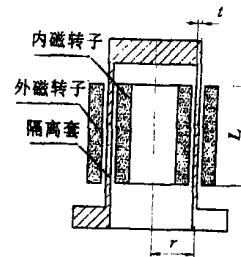


图1 隔离套磁涡流基本结构模型

* 吴剑武, 男, 1973年7月生, 工程师, 温州市, 325028。

由式(1)可以看出, 隔离套材料的电导率 γ 和隔离套壁厚 t 与涡流损失成正比, 在满足隔离套耐腐蚀要求和强度要求的情况下, 材料的电导率及隔离套壁厚越小越好。目前适合制作隔离套的金属材料是奥氏体不锈钢和哈氏合金的C类合金。不锈钢是应用广泛的耐腐蚀材料。哈氏合金C是具有很多优异性能的耐蚀合金, 其C2000在氧化性和还原性腐蚀环境中均具有优异的耐均匀腐蚀能力, 并且具有优异的抗应力腐蚀开裂和良好的耐局部腐蚀的能力。哈氏合金C的电导率低于不锈钢, 因此采用哈氏合金C材料制造隔离套有利于减少涡流损失。

(3) 磁感应强度 B_0 的影响

由式(1)可以看出, 涡流损失与磁感应强度 B_0 的平方成正比, 因此在满足输出转矩要求的情况下, 磁感应强度不应太大, 计算输出转矩时要考虑温升引起的退磁效应。磁感应强度与采用的永磁材料密切相关, 在高速釜用磁力驱动器的应用中要求永磁体能承受较高的温度。生产实际中应用的永磁材料有铁氧体、钕铁硼和钐钴磁钢。其中钕铁硼因为不耐高温、容易退磁, 不适合在有涡流热量影响的环境中使用。铁氧体可以在150℃下安全使用, 其磁能积较低, Y30H磁钢只有4MGOe, 表面剩磁为0.38~0.4T, 比较适用于扭矩要求较低的场合。钐钴磁钢具有很高的磁能积, 对于烧结SmCo2-17磁钢其表面剩磁 B_r 达1.1~1.15T, 最大磁能积高达28~30MGOe, 最高工作温度可以承受350℃而不退磁。

2 高速釜用磁力驱动器隔离套的特点及结构设计

与磁力离心泵不同, 在反应釜中, 隔离套处于容器顶部, 无法通过介质带走涡流产生的热量, 只好采用外部通冷却水的方式加以冷却。在低速运转下, 这是一种有效的冷却方式。然而在高转速下却无能为力, 一方面涡流产生的热量是急剧增加而且大量的, 另一方面冷却水进入外转子壁后, 在离心力的作用下被高速向外甩出, 根本无法到达隔离套部位, 冷却效果不理想。所以一直以来, 高转速是釜用磁力驱动使用的禁区。如何解决高转速情况下隔离套的冷却问题, 是解决高速磁力驱动器应用于反应釜的关键。

在实际生产中, 我们设计的将冷却水直接通入隔离套壁的内冷却方法有效的解决了这个问题。内冷却方法主要有两个关键的地方: 永磁气隙确定和流道的设计。

2.1 确定永磁气隙 L_g

隔离套是受压部件, 首先保证设计压力下的设计厚度 c , 在这个厚度的基础上设计合理的流道深度 s , 以保证强度和永磁气隙 L_g 的要求:

$$L_g = c + s + 3.5 \text{ (mm)}$$

一般而言, 对采用Y30铁氧体磁钢要求 $L_g = 10\text{mm}$, 对采用SmCo2-17稀土钴磁钢要求 $L_g = 14\text{mm}$ 。

2.2 流道设计

为了使冷却水能充分冷却隔离套筒壁, 必须设计合理的流道, 即要保证足够的冷却表面积, 同时尽量减少液体流动阻力。结合生产实际, 设计了以下两种流道: 环型迷宫流道和多头螺旋流道。

2.2.1 环型迷宫流道

环型迷宫流道结构形式见图2, 在隔离套外布置若干蛇形回路, 使冷却水从一侧底部流到顶部, 再从顶部回到另一侧底部出水口, 这种方法加工较简单, 但流体阻力相对较大, 进水口需要较高的水头。

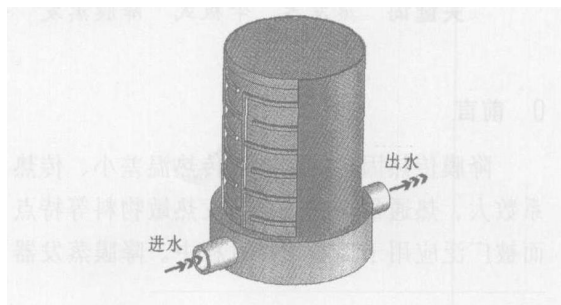


图2 环型迷宫流道

2.2.2 多头螺旋流道

多头螺旋流道结构形式见图3, 一般设计为双头螺旋结构, 流道截面为扁平矩形, 螺纹下部两头分别与进出水口连通, 上部通过环道相贯, 冷却水从一条螺纹上去沿另一条螺纹下来, 流体阻力很小, 冷却效果好。缺点在于螺纹端部的加工存在一定的难度。

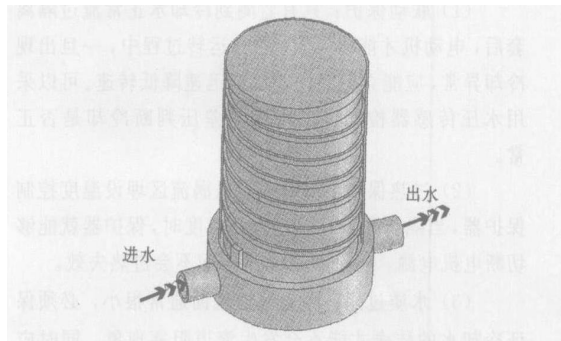


图3 双头螺旋流道

伞板式降膜蒸发器传热性能的实验研究

蔡江* 张敏革 赵斌 赵景利

(河北工业大学)

摘要 针对专用设备伞板式蒸发器,建立了一套实验装置。以水和5%~40%的碳酸钾水溶液为工作介质,对实验装置的传热性能进行了实验研究,分析了影响伞板式降膜蒸发器传热的主要因素,并且得到了伞板式降膜蒸发器侧无因次传热系数的实验关联式。通过对液膜破裂的实验研究,证明了该结构的蒸发器在小流量情况下液膜不易破裂的特性。

关键词 蒸发器 伞板式 降膜蒸发 传热系数 破裂 传热性能

0 前言

降膜传热因其具有有效传热温差小、传热系数大、热通量高、适合蒸发热敏物料等特点而被广泛应用于工业蒸发过程中。降膜蒸发器

以其独特的优点而在化工、轻工、医药、食品加工、海水淡化以及污水处理等行业中得到越来越广泛的应用。

对于降膜传热性能,人们已经做了不少实验研究与理论分析,其中1981年Ganie和

* 蔡江,男,1979年8月生,硕士。天津市,300130。

2.3 辅助保护措施

在高速磁力驱动器工作时,磁涡流产生的热量必须及时带走,否则可能产生灾难性的后果。如何保证设备运转时冷却水的正常流通是非常关键的。具体涉及到以下几方面的安全保障措施:

(1) 联动保护:只有监测到冷却水正常流过隔离套后,电动机才能正常启动。在运转过程中,一旦出现冷却异常,应能立即自动停机或迅速降低转速。可以用水压传感器检测进出水口的差压判断冷却是否正常。

(2) 过热保护:在隔离套磁涡流区埋设温度控制保护器,当隔离套温度超过设计温度时,保护器就能够切断电机电源,保证隔离套和磁钢不会过热失效。

(3) 水质过滤:因为流道截面通常很小,必须保证冷却水的洁净才不会发生流道阻塞现象,同时应尽量使用去离子水,避免流道结垢。一般将过滤装置设

置在进水口的管路上或设备进水口处。

3 结论

实践证明,通过将冷却水直接引入隔离套涡流热产生区域,可以十分有效地带走热量。通过合理的优化,选择合适的参数,能够使涡流损失减至最低。设计合理的流道和配备多重安全保护措施,可有效地解决磁力驱动器高速运转的难题。

参 考 文 献

- 1 赵克中,徐成海,等.磁力驱动器涡流损失的研究.化工机械,2003,30(6)
- 2 赵克中.磁力驱动技术与设备.北京:化学工业出版社,2004
- 3 于华宇,萧建邦.对屏蔽套磁涡流的探究.通用机械,2004(11)

(收稿日期:2005-02-01)