



大块金属在交变磁场中或相对磁场运动时,在金属内会出现流线为闭合涡旋状的感应电流,该电流叫涡旋电流,简称涡流。

一、涡流产生的原因

由法拉第电磁感应定律知,当通过闭合回路的磁通量发生变化时,将产生感生电动势,形成感生电流。由于金属内部处处可以构成回路,当大块金属处在变化着的磁场中或相对磁场运动时,穿过金属任意回路的磁通量都可能发生变化,在磁通量变化过程中,金属块内将产生感应电流,这种电流的流线在金属块内自行闭合,形成涡流。如图1所示,对绕在圆柱形铁心上的螺线管通以交变电流时,在铁心内沿轴线方向产生交变的磁通,从而在铁心横截面上激发交变的涡旋电场,铁心中的自由电子就在这涡旋电场作用下绕铁心轴线往复地做涡旋运动,形成涡旋电流。涡旋电流的强度与加在螺线管上的交变电流的频率成正比。

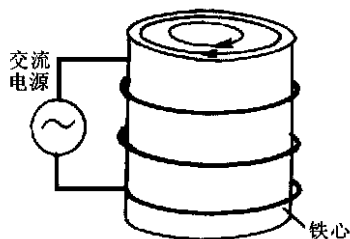


图1 涡电流
(线圈中的电流正在增加)

二、涡流应用

涡电流热效应及应用

因大块金属电阻非常小,不大的感应电动势往往可以在大块金属内部激起强大的涡流,产生大量的焦耳热,这就是涡流的热效应。涡流的热效应,在北宋沈括著《梦溪笔谈》中对一次遭雷击有这样记载:“有一宝刀,极艰钢,就刀室中熔为汁,而室亦俨然。”描述的是由于遭暴雷,宝刀熔化为液体,而刀鞘安然无恙。其原因就是遭雷击时,空间出现高频变

化的电磁场,宝刀产生强大的涡流,放出大量的焦耳热,使宝刀熔为液体,而刀鞘因电阻大,涡流小,热效应十分微弱,所以完好无损。利用涡流的热效应来加热金属,这种加热方法叫感应加热。如图2所示,为高频感应加热炉原理图。该加热炉对金属加热时,在金属内部同时进行加热,加热温度高,加热速度快,操作简单,也避免用其他燃料加热对环境造成的污染。为了使被加热金属不受污染,在高温下不发生氧化,可以将其在真空室里加热。这适合于熔炼特种钢,难熔或活性较强的金属。在真空技术中,用高频感应加热的方法加热真空系统内部的金属部件以除去所吸附的气体,提高真空度。涡流的热效应还广泛用于焊接、半导体材料的提纯、晶体管 and 集成电路的外延生长技术等方面。

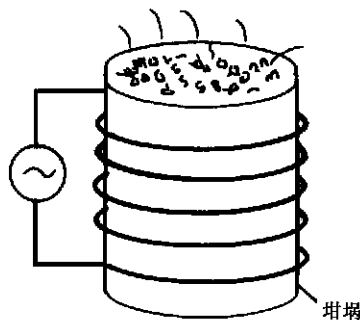


图2 高频感应炉

涡流的热效应在某些场合却是十分有害的。如变压器和电机的铁心,它们处于交变磁场中,产生很强的涡流,使铁心发热,将损耗能量,也易造成变压器和电机损坏。在这种情况下应尽量减少涡流的发热,如将铁心用很薄的一片片彼此绝缘的硅钢片迭成,并使硅钢片平面与磁感应强度平行,这样使涡流大为减少。

涡流的机械效应及应用

当大块金属与磁场发生切割磁力线的相对运动时,金属块内的涡流将受到安培力的作用,从而阻碍或驱使金属块运动,这种现象称为电磁阻尼或电磁驱动。如图3所示,用金属片制作的摆,在外界无磁场时,摆要经较长时间才会停止。当有磁场时,摆中产生涡流,根据楞次定律,感应电流的效果总是反抗引起感应电流的原因。在这里涡流就是感应电流,

引起它的原因是摆相对与磁场运动,所以涡流的效果是反抗摆相对于磁场的运动,使摆很快停止。因此,对摆来说磁场对涡流的安培力就是一种电磁阻尼力。电磁阻尼力是一种应用十分普遍的电磁感应现象,有许多实际应用。如指针式电表摆动的指针能较快停止,灵敏电流计来回摆动的指针较快地稳定在平衡位置上,瓦特计的转盘在断电后立即停止计数,电气机车减速或刹车等,都广泛应用了涡流的阻尼效应。这种方法不但稳定可靠,而且便于控制。若金属块不动,让磁场相对于金属块运动,那么磁场对涡流的作用力引起一种驱动作用。如图4所示, U形磁铁旋转时,其下方的金属圆盘也跟随转,原因在于U形磁铁的转动使得金属盘切割磁力线,产生涡流,涡流受到磁场的作用力,促使金属圆盘跟随磁铁旋转的方向异步转动。利用电磁驱动作用,可以制成异步感应电动机和磁性式转速表。

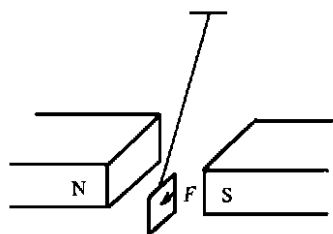


图3 涡流的阻尼作用

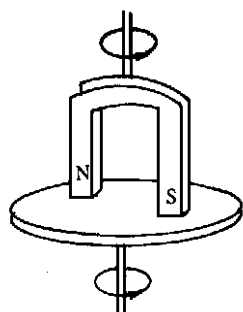


图4 涡流的驱动作用

涡流引起的趋肤效应及其应用

当交流电通过导体时,该电流将使导体内产生涡流。涡流与该交流电叠加改变了导体横截面上电流密度的分布,使得越靠近导体表面处,电流密度越大。电流趋向导体表面的现象叫做趋肤效应。趋肤效应在工业上用于金属的高频淬火,通过控制电流频率,选择理想的淬火温度,可使金属表面变硬而中间仍然保持原有的韧性。

涡电流传感器测距

涡流传感器测距原理如图5所示。传感线圈通

交变电流时,在周围空间产生交变磁通 Φ_1 ,其下方金属导体表面附近产生涡流,涡流也将产生变化的磁通 Φ_2 ,并且 Φ_2 会补偿或反抗 Φ_1 的变化。 Φ_2 和 Φ_1 相互作用的结果,导致传感线圈阻抗的变化,这种变化与涡流效应、金属磁导率、电导率和几何形状,以及传感线圈几何参数、电流强度和频率有关,此外还与金属导体和传感线圈之间的距离有关。当金属是均质的和各向同性的,则传感线圈阻抗可表示为: $Z = Z(\mu, \sigma, r, N, I, \omega, x)$ 。式中 μ 和 σ 是金

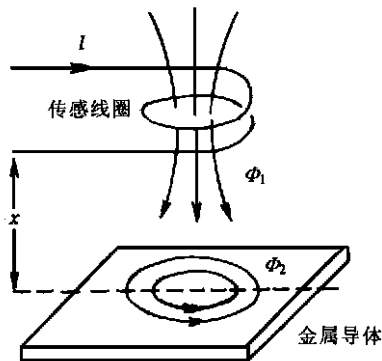


图5 涡流传感器测距原理

属导体的磁导率和电导率, r 和 N 是传感线圈的半径和匝数, I 和 ω 分别是激励电流的强度和频率, x 为金属导体和传感线圈之间的距离。若控制 μ 、 σ 、 r 、 N 、 I 、 ω 恒定不变,则传感线圈的阻抗只是距离的单值函数 $Z = Z(x)$,这就是涡流测距的基本原理。涡流测距原理现已得到越来越多的应用,如用此原理能比较准确测量出金属的杨式模量,其精度比其他测量方法的精度高。现已制成多类涡流传感器器件,以满足不同测量的要求。

科苑快讯

未来每一天将超过 24 小时

美国航空航天局官方网站公布消息说,以后人们的一天肯定会超过 24 小时。据报道,

美国科学家发现,现在月球正以每年 4 厘米的速度离我们而去,月球绕地球运行的轨道也因此变长,绕地球运行一周需要的时间因此会变得更长,人们的一天也就变长了。研究人员说,10 亿年前的月亮比现在离我们更近一些,月亮围绕地球一周仅需 20 天的时间,而地球上的一天只有 18 个小时。月球与地球之间还存在着一个非常有趣的巧合——目前我们肉眼看到的月球和太阳一样大小,因此我们可以看到日全食这样的天文景观。