کاربردی

ترمز مغناطیسی و کورهٔ القایی

دو کاربرد مهم جریان‌های فوکو یا تلاطمی

حسن اتحاد مهرآباد

دبیر فیزیک دبیرستان نمونه دولتی ملاصدرا عجب‌شیر

h.e.mehr@gmail.com

www.ph-he.blogfa.com

مقدمه

جریان‌های فوکو یا تلاطمی جریان‌هایی هستند که در مسیرهای بستهٔ درون قطعات فلزی متحرک در میدان‌های مغناطیسی و یا ساکن در میدان مغناطیسی متغیر به‌وجود می‌آیند. شدت و جریان این جریان‌ها به شکل تکه فلز واقع در میدان مغناطیسی، شار مغناطیسی که از آن می‌گذرد و خواص فلز بستگی دارد. از آنجا که جریان‌های تلاطمی نمی‌توانند از صفحه خارج شوند بنابراین در نزدیک لبه‌های صفحه منحرف شده و مسیر بسته‌ای را تشکیل می‌دهند. به همین جهت این جریان‌ها به جریان‌های گردابی معروفند. از این ویژگی در طراحی کوره‌های القایی و ترمزهای مغناطیسی استفاده می‌کنند.

کلیدواژه‌ها: جریان فوکو، شار مغناطیسی، ترمز مغناطیسی، آهنربای الکتریکی.

کوره‌های القایی

در قطعات فلزی به قدر کافی کلفت (قطعات فلزی که در راستای عمود بر جهت جریان القایی ابعاد بزرگ دارند) به سبب مقاومت کمتر جریان‌های گردابی بسیار شدیدند. در کوره‌های معروف به کوره‌های القایی برای گرما دادن شدید و همچنین ذوق فلزات جریان‌های فوکو نقش اساسی را دارند.

کورهٔ القایی مزایای فراوان نسبت به کوره‌هایی دارند که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند از جمله مزایای آن تمیزی بیشتر و اتلاف گرمایی کمتر است. همچنین در کوره‌هایی که در آن‌ها از روش‌های دیگر استفاده می‌شود، اندازه کوره بسیار بزرگ بوده و راه‌اندازی و خاموش کردن آن‌ها مستلزم صرف زمان طولانی است.

میدان مغناطیسی متغیر حاصل از عبور جریان متغیر از یک سیم پیچ و ایجاد جریان گردابی در هسته

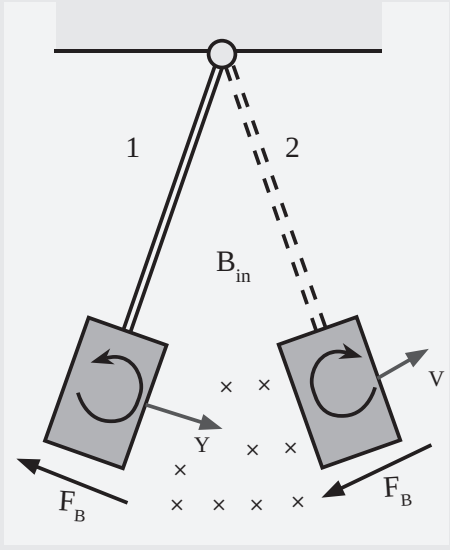
می‌توان از این فناوری برای ساخت ترمز خودروها استفاده کرد که در این صورت در یک حجم کوچک، بدون لنت، روغن ترمز، ... خودرو به صورت بهینه عمل خواهد کرد

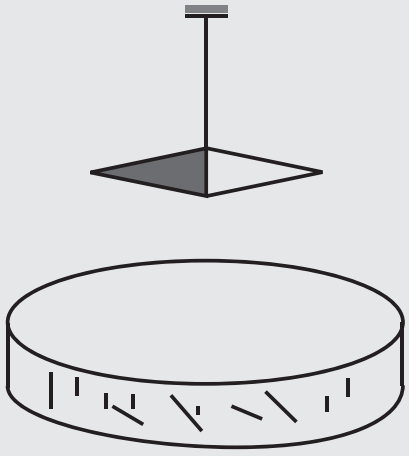
سیم‌پیچ، اساس کار کوره‌های القایی را تشکیل می‌دهد. در این کوره‌ها از گرمای ایجاد شده توسط جریان‌های فوکو برای ذوب فلزات یا هرگونه عملیات حرارتی استفاده می‌شود.

با روش ساده‌ای می‌توانیم یک کوره القایی درست کنیم: اگر یک استوانه مسی با بدنه نسبتاً کلفت را پر از آب کنیم و آن را بین قطب‌های یک آهنربای الکتریکی قرار دهیم در صورتی‌که آن را با سرعت زیاد بچرخانیم، آب درون استوانه خیلی سریع گرم شده و به جوش می‌آید.

ترمز مغناطیسی

جریان‌های گردابی، همانند سایر جریان‌های القایی دیگر، از قانون لنز پیروی می‌کنند. ترمز مغناطیسی یکی از کاربردهای جالب و مفید نیروی مغناطیسی و اصل





کوره‌های القایی مزایای فراوان نسبت به کوره‌هایی دارند که با سوخت‌های فسیلی کار می‌کنند

واکنش الکترومغناطیسی است.

برای تشریح عملکرد ترمز مغناطیسی بهتر است با یک روش ساده آن را عملی نماییم.

از نقطه‌ای یک عقربه مغناطیسی آویزان کرده و آن را به حال خود رها می‌کنیم تا در راستای شمال جنوب کره زمین قرار گیرد اگر تعادل عقربه را به هم زده و راستای آن را تغییر دهیم به مدت نسبتاً زیادی دور وضعیت تعادل نوسان می‌کند. اما اگر یک ورقه کلفت مسی زیر عقربه و خیلی نزدیک به آن قرار دهیم، نوسان‌های عقربه خیلی زود میرا می‌شود و بعد از یک یا دو نوسان به حال تعادل می‌رسد.

دلیل این امر را می‌توان این‌گونه توضیح داد که حرکت عقربه مغناطیسی در ورقه مسی جریان‌های تلاطمی القا می‌کند. مطابق قانون لنز برهم‌کنش آن‌ها با میدان مغناطیسی با حرکت عقربه مغناطیسی مخالفت می‌کند. البته در این آزمایش می‌توان به جای انحراف عقربه مغناطیسی از چرخش صفحه مسی نیز استفاده کرد. که در این مورد چرخش صفحه منجر به چرخش عقربه مغناطیسی ساکن می‌گردد.

روش ساده دیگر

اگر یک آونگ با صفحه مسی را بین قطب‌های یک آهنربای الکتریکی به نوسان دربیاوریم. تا زمانی‌که جریانی از آهنربای الکتریکی عبور نمی‌کند آونگ نوسان‌های زیادی را انجام می‌دهد ولی با برقراری جریان در آهنربای الکتریکی و ایجاد میدان مغناطیسی قوی بین قطب‌های آن، آونگ به محض رسیدن به فضای بین قطب‌ها به‌طور ناگهانی متوقف می‌شود.

وقتی صفحه مسی آونگ در میدان مغناطیسی درونسو حرکت می‌کند. جریان‌های گردابی در صفحه مسی تولید می‌شود و این جریان‌های گردابی یک میدان مغناطیسی ثانویه به‌وجود می‌آورند که با میدان مغناطیسی اولیه مخالفت می‌کند و نیرویی خلاف جهت حرکت آونگ تولید می‌شود.

از این روش برای از بین بردن نوسان‌های مزاحم و ناخواسته (مثل نوسان‌های مزاحم شاخص انتهای اهرم‌ها در ترازوهای سه اهرمی مرغوب) بهره می‌گیرند.

اثر مقدار رسانایی صفحه در توقف آونگ

چون جریان‌های القایی به‌صورت RI^2 انرژی را تلف می‌کنند بنابراین اگر رسانایی ویژه فلز بزرگ، ولی محدود باشد، جریان بیشتری در آن القا حرکت آن به سرعت کند شده و در حالت تعادل خود متوقف می‌شود اگر صفحه آونگ از جنس ابر رسانا باشد، جریان القایی به قدری زیاد خواهد شد که می‌تواند صفحه را به عقب براند و در بیرون میدان مغناطیسی متوقف کند.

می‌توان از این فناوری برای ساخت ترمز خودروها استفاده کرد که در این صورت در یک حجم بسیار کوچک، بدون لنت، روغن ترمز و... ترمز خودرو به‌صورت بهینه عمل خواهد کرد.

راه کم کردن جریان القایی

یکی از راه‌های کاهش اثر جریان‌های تلاطمی فوکو، ایجاد شکاف‌های عمودی در صفحه است که با این کار جریان‌های القا شده به شدت کم شده و در نتیجه اثر آن بسیار کاهش خواهد یافت. این روش به‌طور گسترده در ماشین‌های الکتریکی جهت کاهش گرم شدن ناخواسته آن‌ها به علت جریان‌های القایی در میدان مغناطیسی متغیر به‌کار می‌رود. که نمونه‌های آن در هسته اغلب سیم‌پیچ‌ها و ترانسفورماتورها قابل مشاهده است.

منابع

۱. گ. س. لندسبرگ، دوره درسی فیزیک جلد دوم. ترجمه لطیف کاشیگر، ناصر مقبلی، مهرانگیز طالب‌زاده. چاپ سوم. تهران. انتشارات فاطمی.

۲. احمد احمدی، مهرناز طلوع شمس، آزیتا سید فدایی (۱۳۸۹). کتاب راهنمای معلم (راهنمای تدریس) فیزیک ۳ و آزمایشگاه، تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

۳. ابوالقاسم قلمسیاه و محمدعلی پیغامی. فیزیک سال سوم آموزش متوسطه عمومی. تهران. شرکت چاپ و نشر کتاب‌های درسی ایران.

4.http://www.eddycurrentbrake.com/ECBrake/Project.html

5.http://demonstrations.wolfram.com/MagneticBraking

6.http://courses.science.fau.edu/~rjordan/rev_notes/mag_braking. htm