

## فصل اول

### ۱-۱ مقدمه: دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی

دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی<sup>۱</sup>، برای اندازه گیری خواص مغناطیسی ماده مغناطیسی به کار می رود. رفتار مغناطیسی مواد مختلف دیامغناطیس، پارامغناطیس، فرومغناطیس و ... در شکل های مختلف پودر، جامد، لایه نازک، تک بلور و ... به کمک این دستگاه با رسم منحنی پسماند، قابل اندازه گیری است. به کمک این دستگاه می توان کمیت هایی مانند بیشینه میدان اعمالی ( $H_m$ )، وادارندگی ( $H_c$ )، مغناطش اشباع، نفوذ پذیری ( $\mu$ )، بیشینه القای مغناطیسی ( $B_m$ )، خاصیت نگهداری مغناطیس<sup>۲</sup> ( $B_r$ ) را اندازه گیری کرد [۱].

### ۱-۲ اجزای تشکیل دهنده دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی

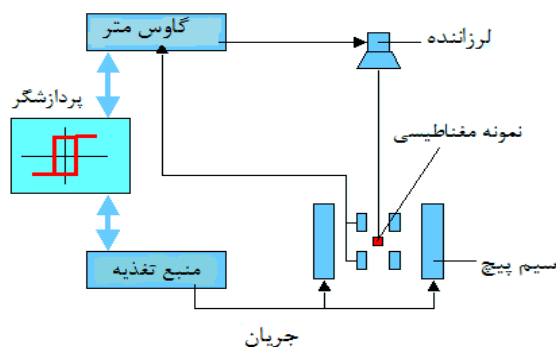
بطور کلی دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی از سه بخش تشکیل می شود: الف- آهن ربای الکتریکی، ب- قسمت مکانیکی، ج- مدارها و اجزای الکتریکی. تصویر کلی مغناطیس سنج و طرح واره آن به ترتیب در شکل های ۱-۱ و ۱-۲ نشان داده شده است.



شکل ۱-۱. دستگاه مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی (VSM) [۲].

---

Vibrating Sample Magnetometer (VSM)<sup>1</sup>  
retentivity<sup>2</sup>



شکل ۱-۲. طرح‌واره‌ای از دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه ارتعاشی [۳].

### ۱-۲-۱- آهن ربای الکتریکی

دارای ابعاد خارجی حدود یک متر است و می‌تواند میدان مغناطیسی در ناحیه بین دو قطب ایجاد نماید. به منظور خنک نمودن آهن‌ربا از جریان آب مقطر یا روغن مخصوص مبدل‌ها در لوله‌های داخل دستگاه، استفاده می‌شود [۴].

### ۱-۲-۲- قسمت مکانیکی

این قسمت برای نگهداری نمونه در محل مناسب، ارتعاش آن و تولید نوسان‌های مکانیکی مناسب، طراحی شده است. قسمت مکانیکی، روی آهن‌ربای الکتریکی قرار می‌گیرد و از سه بخش تولید کننده نوسان، جابجا کننده، نگهدارنده نمونه و وسیله عایق‌بندی کننده نوسان‌ها تشکیل شده است. از سیم‌پیچ میانی، جریان AC با فرکانس ۸۲ هرتز جهت تولید نوسان، می‌گذرد. قسمت میانی، تحت تأثیر نیروی میدان نوسانی قرار گرفته و به نوسان در می‌آیند و همراه با خود، میله‌ی نمونه و در نتیجه نمونه‌ی مغناطیسی را در امتداد قائم به نوسان در می‌آورند. بخش نوسان کننده به صفحات متحرک خازن‌هایی وصل می‌شود. نیروی عکس‌العمل حاصل از نوسان‌ها که به بوبین و آهن‌ربا وارد می‌شود، باعث نوسان متقابل آنها می‌گردد. برای حذف این نوسان‌ها و جلوگیری از انتقال آن به پایه و تشکیل یک میدان استاتیک توسط آهن‌ربای اصلی، از عایق‌بندی کننده نوسان‌ها استفاده می‌شود که به عنوان یک تشدید کننده مکانیکی، انرژی نوسان‌ها حاصل از نیروی عکس‌العمل را جذب می‌نماید. نمونه که در انتهای یک میله‌ی غیر مغناطیسی نصب می‌شود، باید دقیقاً در مرکز تقارن دستگاه سیم پیچ‌های مغناطیس‌سنج (واقع در بین قطب‌های آهن‌ربای اصلی) قرار بگیرد. محل دقیق نمونه با سه پیچ ویژه که قابلیت حرکت نمونه را در راستاهای مختلف دارد، تنظیم می‌شود [۴].

### ۳-۲-۱- قسمت الکتریکی

همانطور که قبلاً گفته شد نمونه در راستای قائم به نوسان در می‌آید. سیگنال القا شده در سیم پیچ‌ها متناسب با مغناطش نمونه و مشخصات نوسان‌ها است که به منظور اندازه‌گیری مغناطش نمونه، عامل دوم باید حذف گردد. سیگنالی ناشی از خازن متغیر حاصل می‌شود که تنها به مشخصات نوسانات مکانیکی (عامل دوم)، بستگی دارد. از آنجایی که سیگنال اصلی متناسب با هر دو عامل است، از تفاضل سیگنال اصلی و سیگنال ناشی از خازن و تقویت آن توسط یک تقویت کننده تفاضلی، مغناطش نمونه اندازه‌گیری می‌شود. به این ترتیب، تغییرات احتمالی در عوامل نوسانی روی اندازه‌ی بدست آمده برای مغناطش نمونه، اثری نخواهد داشت [۴].

### ۳-۱- عملکرد دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه ارتعاشی

دستگاه مغناطیس‌سنج نمونه ارتعاشی بر اساس قانون القای فارادی کار می‌کند. این قانون می‌گوید که تغییر در میدان مغناطیسی، باعث ایجاد میدان الکتریکی می‌شود. با اندازه‌گیری میدان الکتریکی القا شده، می‌توان اطلاعاتی در مورد تغییرات میدان مغناطیسی به دست آورد. ابتدا نمونه در میدان مغناطیسی ثابت قرار می‌گیرد. اگر نمونه مغناطیسی باشد، میدان مغناطیسی ثابت، نمونه را با هم جهت کردن حوزه‌های مغناطیسی یا اسپین‌های مغناطیسی اتم‌ها در جهت میدان، مغناطیسی می‌کند. میدان مغناطیسی بزرگتر، نمونه را بیشتر مغناطیسی می‌کند. گشتاور مغناطیسی نمونه، میدان مغناطیسی را در اطراف نمونه القا می‌کند. حال اگر نمونه به بالا و پایین ارتعاش کند، میدان مغناطیسی القایی با زمان تغییر می‌کند و تغییرات آن را می‌توان با جریان القا شده در یک مجموعه سیم‌پیچ مشاهده کرد. این جریان القایی با مغناطش در نمونه متناسب است. مغناطش قوی‌تر، جریان القایی بزرگتری را ایجاد می‌کند. جریان القایی تقویت می‌شود و به رایانه‌ای که به مجموعه متصل است، برای نمایش منتقل می‌شود. با کمک نرم‌افزار می‌توان نتایج را کنترل کرد و نمایش داد. این سامانه مقدار و نحوه مغناطش نمونه را به صورت تابعی از شدت تغییرات میدان مغناطیسی اعمالی، مشخص می‌کند. نمونه‌ای که در میدان مغناطیسی ثابتی قرار گرفته و به طور مکانیکی و با حرکت سینوسی در حال ارتعاش است با تغییر شار مغناطیسی، نیرو محرکه‌ای را در مجموعه سیم‌پیچ‌ها القا می‌کند. شار مغناطیسی از رابطه (۱-۱)، به دست می‌آید:

$$\Phi = AH + B(4\pi - D) M_s \sin \omega t \quad (1-1)$$

که در آن  $A$  و  $B$  فاکتورهای هندسی‌اند که به مجموعه سیم‌پیچ‌ها مرتبط می‌شوند.  $D$  و  $M_s$  به ترتیب ضریب مغناطش زدایی و مغناطش ذره‌اند و  $\omega$  فرکانس ارتعاش می‌باشد. بنابراین نیروی محرکه به صورت زیر از رابطه (۱-۲)، بدست می‌آید:

$$\text{emf} = \frac{d\Phi}{dt} = C(4\pi - D) M_s \omega \cos \omega t \quad (1-2)$$

که C یک ثابت است و مقدار آن را می توان با توجه به مغناطش نیکل استاندارد، که مقدار آن شناخته شده است، تعیین کرد [۱]. در این دستگاه مبنای اندازه گیری مغناطش، سیگنال حاصل از نوسانات مکانیکی نمونه است که در یک سری سیم پیچ حساس القا می شود. این سیگنال با گشتاور مغناطیسی نمونه رابطه خطی دارد. نمونه ها به صورت نسبی مقایسه می شوند. به این منظور، یک استاندارد کالیبره شده از گشتاور مغناطیسی مثلاً کره کوچک استاندارد شده ای از نیکل خالص، تهیه می شود [۴].

مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی دانشگاه سیستان و بلوچستان ساخت شرکت مغناطیس دقیق کویر با دقت (Oe) ۰/۰۰۱ است.

منابع

۱. ماهنامه فناوری نانو، سال یازدهم، شماره ۲، پیاپی ۱۷۵، صفحات ۴۶ و ۴۷، اردیبهشت ۱۳۹۱.

2. <http://www.magnetic-instrument.com/vibration-sample-magnetometer.htm>.

3. <http://www.nanophys.kth.se/nanophys/facilities/hf-lab/index-2.htm>.

4. <http://edu.nano.ir/paper/255>