

الخواص المغناطيسية للمواد البلورية

"Magnetic properties for crystal materials"

ينتج المجال المغناطيسي (Magnetic Field) في الفراغ (Vaccum) كثافة دفق مغناطيسية (Magnetic flux density B) حسب المعادلة

$$\beta = \mu_o . H$$

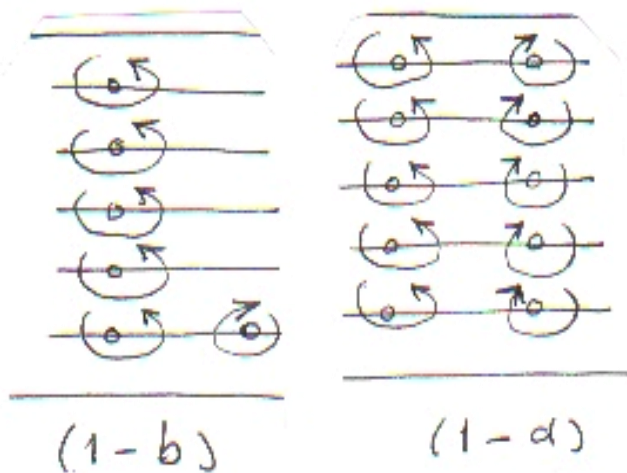
= النفاذية المغناطيسية (magnetic Permeability) في الفراغ اما عند وجود مادة ضمن المجال المغناطيسي فتحسب كثافة الدفق المغناطيسي والتي تسمى هذه الحالة بالحث المغناطيسي (Magnetic Induction) حسب المعادلة :

$$\beta = \mu_o . \mu_r . H$$

حيث μ_r = النفاذية النسبية (Relative Permeability) وتساوي واحد في الفراغ وتكون اكبر من واحد قليلا للمواد البارامغناطيسية (paramagnetic) وتكون النفاذية النسبية اصغر من واحد بقليل للمواد الدايمغناطيسية (diamagnetic) اما للمواد ذات المغناطيسية الحديدية (Ferromagnetic) فتكون قيمتها كبيرة جدا .

يكون للذرة عزم مغناطيسي اذا كان لالكتروناتها دوران لولبي في احد الاتجاهات اكثر من الاتجاه الاخر في الذرات او الايونات التي يكون لها عدد زوجي من الالكترونات تدور نصف عدد الالكترونات في احد الاتجاهات والنصف الاخر في الاتجاه المعاكس كما في الشكل رقم (1-a) وتكون محصلة العزم المغناطيسي صفر ولا تتأثر مثل هذه المواد مغناطيسيا .

اما العناصر التي تكون اغلفتها الغير تكافؤية ليست مشبعة بالالكترونات فتكون عدد الالكترونات التي لها دوران لولبي في احد الاتجاهات اكثر من عدد الالكترونات التي تدور في الاتجاه الاخر كما في الشكل (1-b) لذا يكون لها محصلة عزم مغناطيسي .

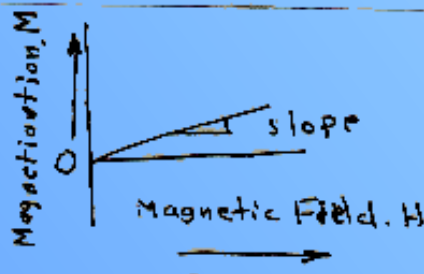


الشكل رقم (1)
(1-a) مادة دايامغناطيسية
(1-b) مادة بارامغناطيسية

يمكن تصنيف المواد الى ثلاثة انواع من الناحية المغناطيسية البارامغناطيسية والدايامغناطيسية والمغناطيسية الحديدية

1- المواد البارامغناطيسية (paramagnetic)

يكون للمواد البارامغناطيسية قوة جذب ضعيفة للاقطاب المغناطيسية ولها خاصية جذب خطوط القوى المغناطيسية حولها كما في الشكل رقم (2-a) لذرات المواد البارامغناطيسية مدارات الكترونية غير مشبعة وتشمل العناصر ذات الاعداد الذرية الكبيرة حيث ان مداراتها الالكترونية تكون غير مشبعة نتيجة الترتيب غير المنتظم للالكترونات في المدارات .
بارتفاع درجة الحرارة تنخفض النفاذية المغناطيسية لهذه المواد بسبب زيادة حركة الالكترونات اتي تمنع التراصف المغناطيسي .



(2-a) للمواد البارامغناطيسية تكون الممانثرية المغناطيسية $(\mu_r - 1)$ موجبة

اغلب الفلزات هي من هذا النوع وتكون لها نفاذية مغناطيسية بين (1.0001-1.01) غاوس / اورستيد .

2- المواد الدايمغناطيسية : (Diamagnetic)

تتميز هذه المواد بنفورها من الاقطاب المغناطيسية ولها خاصية نفي خطوط القوى المغناطيسية منها في الشكل رقم (2-b) لا تحوي التراكيب الالكترونية لهذه المواد على مدارات غير مشبعة وتكون النفاذية المغناطيسية لهذه المواد ضعيفة جدا تتراوح بين (-1.0) (0.99995) غاوس / اورستيد ولا تتأثر هذه المواد بدرجات الحرارة .

العناصر الدايمغناطيسية قليلة ومنها النحاس والخاصين والفضة والذهب



(2-b) للمواد الدايمغناطيسية وتكون المتأثرية المغناطيسية سالبة

3- المواد ذات المغناطيسية الحديدية :

(Ferromagnetic)

تشمل هذه المواد اربعة عناصر على الاقل في درجات الحرارة الاعتيادية وهي (الحديد والنيكل والكوبلت والجادولينيوم Gd) لكل من هذه العناصر تراكيب الكترونية ذات مدارات غير مشبعة بالالكترونات في غلافها الكمي الداخلي فهي من هذه الناحية تشبه العناصر البارامغناطيسية ولهذه المواد اضافة الى ذلك شبكة بلورية ذات مسافات ذرية معينة مهمة لحدوث المغناطيسية الحديدية ان مصدر المغناطيسية الحديدية هو الدوران اللولبي للالكترونات في المدارات غير المشبعة على ان تكون المسافات بين الذرات ضمن حدود معينة لاحداث نفس الدوران اللولبي للالكترونات المتشابهة في الذرات المتجاورة .

من الممكن تقسيم المواد المغناطيسية المستعملة في الصناعات الهندسية الى مجموعتين :

أ-المواد المغناطيسية الصلبة " magnetically hard "

(Materials): هي المواد التي تبقى المغناطيسية فيها بعد ازالة تاثير المجال المغناطيسي وتستعمل في المغناط الدائمة

ب- المواد المغناطيسية اللينة " Magnetically soft "

(Materials) : هي المواد التي تفقد مغناطيسيتها بعد ازالة تأثير المجال المغناطيسي وتستعمل هذه المواد في قلب المحولات الكهربائية وكذلك في الدينامو و السلف.

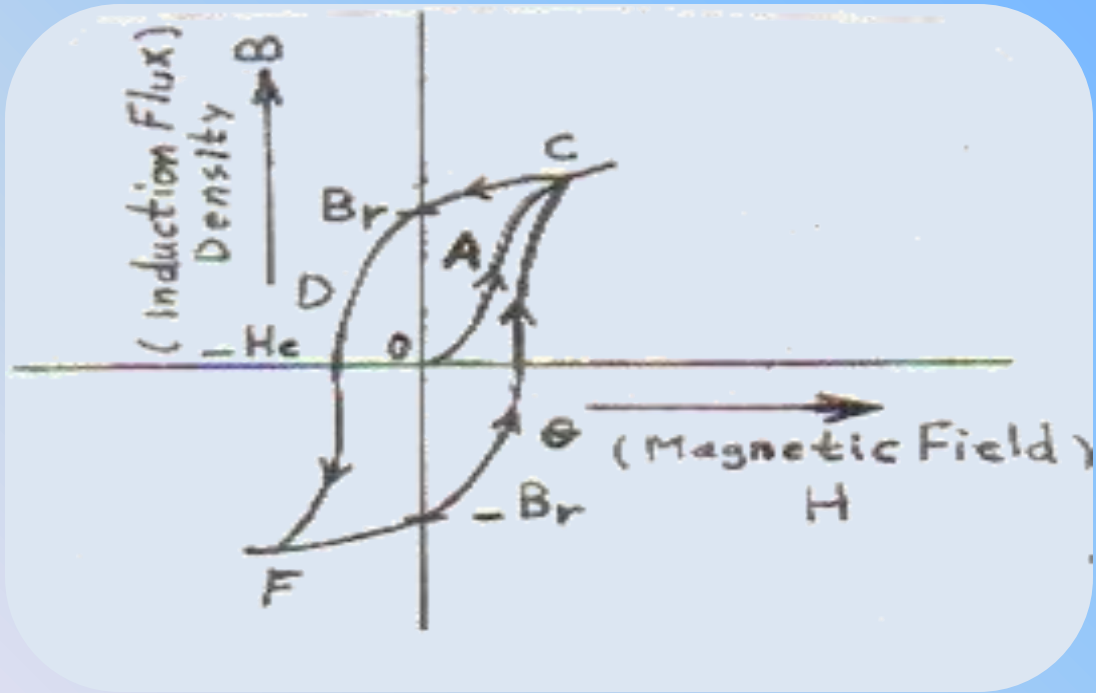
في الحديد النقي وباقي المواد المغناطيسية اللينة (soft) والتي ليست تحت تاثير مجال مغناطيسي خارجي تكون المقاطعات المغناطيسية ذات اتجاهات مختلفة لذا لا يكون لها مغناطيسية واضحة ، اما في المواد المغناطيسية الدائمة (permanent magnets) يكون لها مقاطعات مغناطيسية في احد الاتجاهات تزيد عن المقاطعات المغناطيسية في الاتجاهات الاخرى لذا تكون المغناطيسية فيها واضحة.

يكون الحث المغناطيسي المتبقي في المواد المغناطيسية اللينة (Soft) قليل جداً مقارنة بالمواد المغناطيسية الصلبة (Hard) ويكون للمواد المغناطيسية الصلبة أو الدائمة مجال مغناطيسي قهري عالي لإزالة المغناطيسية.

المنحنى الانشوطي للتخلف المغناطيسي (

Hysteresis loop) اذا بدأنا بمادة مغناطيسية غير ممغنطة فيمكن مغنطتها وذلك بوضعها في مجال مغناطيسي خارجي وبزيادة قوة المجال المغناطيسي تنمو المقاطعات المغناطيسية التي يكون لها اتجاه مطابقا لاتجاه المجال المغناطيسي الخارجي المسلط على حساب المقاطعات المغناطيسية التي ليست في ذلك الاتجاه ، ويتم النمو هذا بتبديل اتجاه الدوران اللولبي للالكترونات في الذرات الملاصقة لجدران المقاطعات المغناطيسية

وينمو المقاطعات المغناطيسية تزداد كثافة الدفق المغناطيسي (الحث المغناطيسي) كما في المنحني (OAC) في الشكل رقم (3) الى ان تصبح جميع المقاطعات المغناطيسية ذات اتجاه واحد وتسمى هذه الحالة بالحث المشبع (Saturation Induction) نقطة (c) واي زيادة في قوة المجال المغناطيسي بعد نقطة (c) تزيد من الحث المغناطيسي قليلا وذلك نتيجة تحسين الاتجاهات الذرية في اتجاه المجال المغناطيسي فقط.



الشكل رقم (3)
المنحني الانشوطي للتخلف المغناطيسي

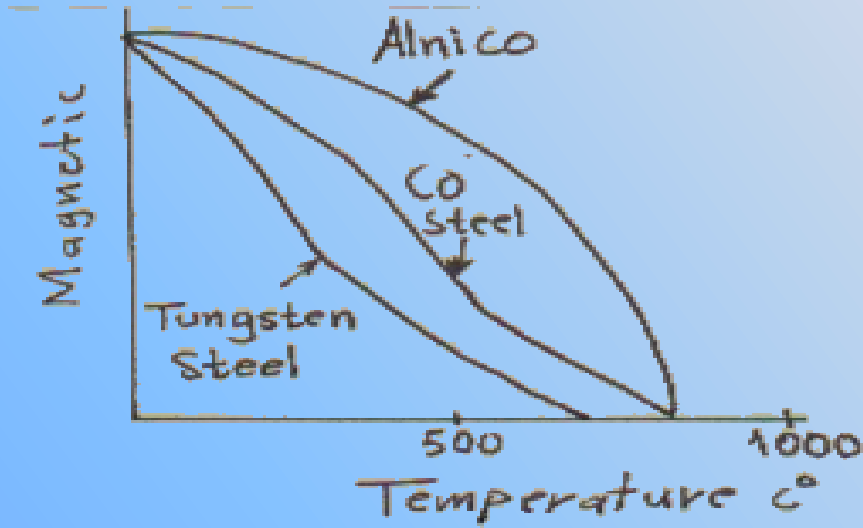
في المغناطيس الدائم لا يختفي الحث المغناطيسي بازالة المجال المغناطيسي الخارجي فالحث المتبقي (Remanent Induction) (Br) يبقى بعد ازالة المجال المغناطيسي ولازالة الحث المتبقي هذا يجب تسليط مجال مغناطيسي قهري (coercive Field) (-Hc) لمعادلة المقاطعات المغناطيسية وتقليل الحث الى الصفر المجالات الدورية تنتج المنحني الانشوطي للتخلف المغناطيسي (CDFGC) في الشكل رقم (3) الطاقة التي تفقد خلال الدورة تساوي مساحة الانشوطة (Loop) وتمثل الطاقة المغناطيسية التي تتحول الى طاقة حرارية وتسمى بالفقدان التخلفي المغناطيسي (Magnetic Hysteresis Loss).

العوامل التي تؤثر على الخواص المغناطيسية :

1- درجة الحرارة :

تسبب زيادة درجة الحرارة الازالة التدريجية للمغناطيسية الحديدية كما في الشكل رقم (4) وتزول المغناطيسية كليا عند درجة حرارة معينة لكل مادة تسمى بدرجة كوري (Curie Temperature) وهي للحديد (780C° وللكوبلت (1131C°)

فوق درجة كوري تذول المقاطعات المغناطيسية في المادة وتصبح المادة بارمغناطيسية وعند اعادة تبريد المادة الى درجة اقل من درجة كوري تعود المقاطعات المغناطيسية للظهور التي تعطي الخواص المغناطيسية الحديدية .



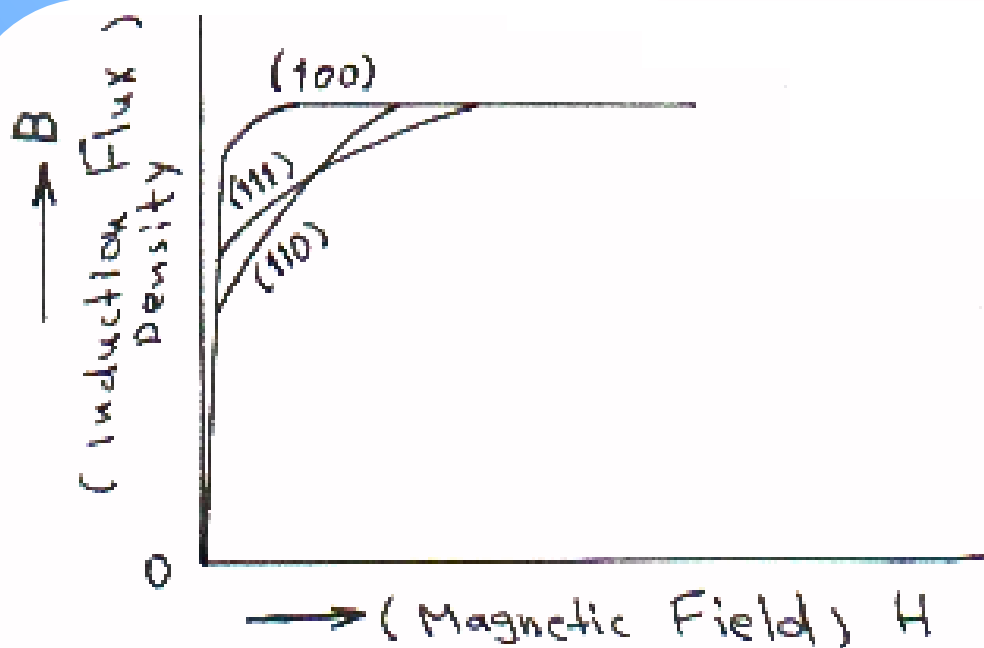
الشكل رقم (4)

تأثير درجة الحرارة على المغناطيسية

2- الاتجاهات البلورية :

يكون لجميع البلورات ذات المغناطيسية الحديدية اتجاهات يسهل فيها عملية الحث المغناطيسي تحت تأثير المجال المغناطيسي نسبة إلى الاتجاهات الأخرى كما في الشكل رقم (5) للحديد .

في كل من الاتجاهات البلورية المبينة في الشكل يكون الحث المشبع متساويا ولكن هناك اختلاف بين قوة المجال المغناطيسي اللازمة للوصول الى الحث المشبع فاذا انتج الحديد بحيث تتناسق جميع حبيباته البلورية في الاتجاه (100) مع اتجاه المجال المغناطيسي في المحول الكهربائي فنحصل على حث مغناطيسي اعلى باقل مجال مغناطيسي مما ينتج فقدان طاقة اقل من جراء التيارات المستحثة (Induction Currents)



الشكل رقم (5) يوضح علاقة الاتجاهات البلورية مع المغناطيسية