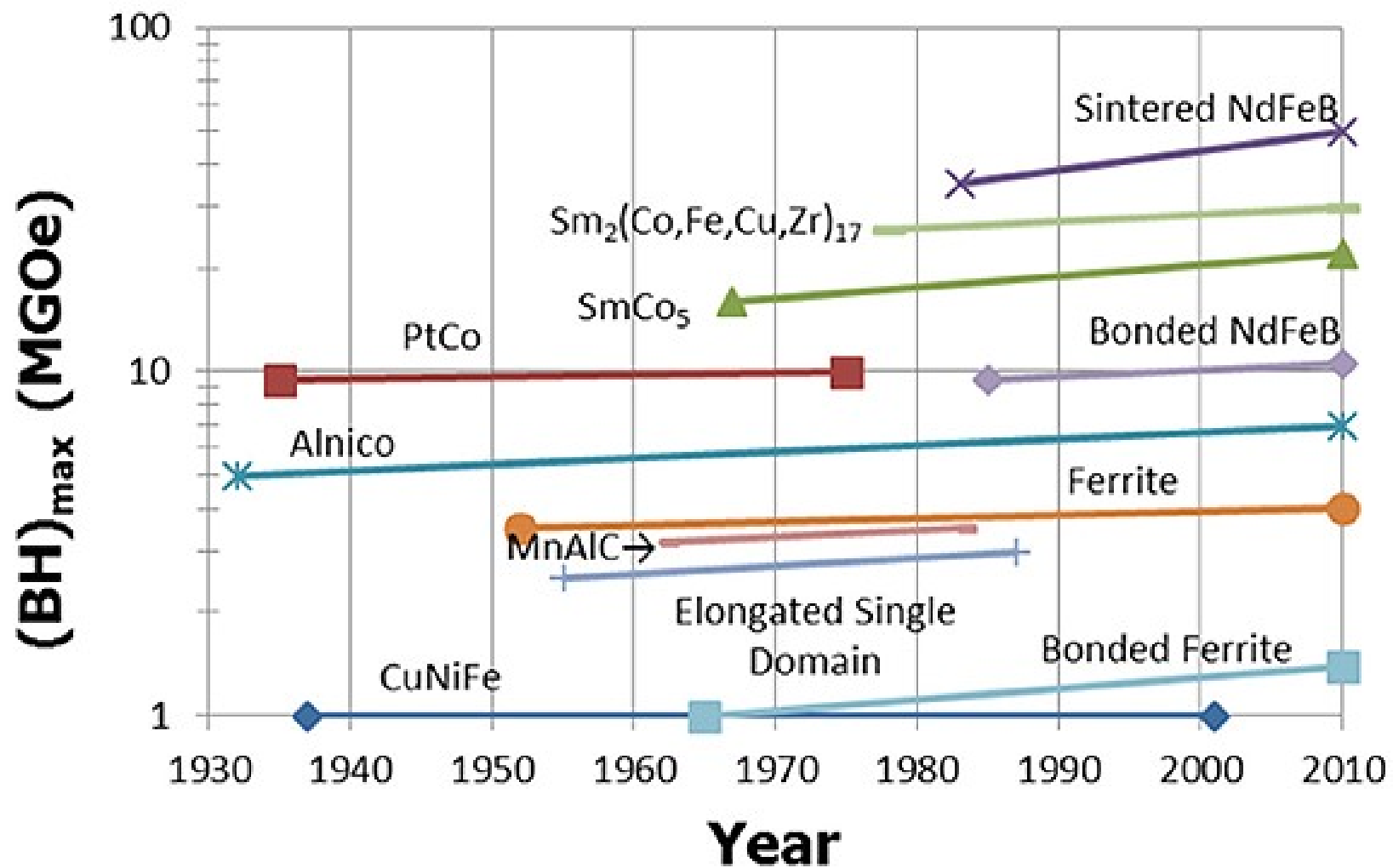


- **Sürekli Mıknatıslar**
- Sürekli mıknatıs, uyarma ihtiyacı olmadan manyetik alan üreten malzemelere denir. Sürekli mıknatıslar normalde demir, nikel ve kobalt gibi elementlerin alaşımlarından oluşurlar ve büyük B-H eğrilerine, yüksek kalıcı akı yoğunluğu (B_r) ve yüksek mıknatıslanmayı giderici kuvvete (H_{cB}) sahiptirler. Kalıcı akı yoğunluğunun yüksek olması mıknatısın, manyetik devrenin hava aralığından daha yüksek bir manyetik alanı desteklemesini sağlar.
- İlk geliştirilen ticari mıknatıs Al-Ni-Co mıknatıslardır. Bu mıknatıslar 1935' li yıllarda üretilmiştir. 1960' lı yıllarda Ferrit mıknatıslar, 1975' lerde de SmCo üretilmiştir. En son geliştirilen Neodyum-Iron-Boron (NdFeB)' dur. Bu mıknatıs bütün ticari mıknatıslar içerisinde en yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir.

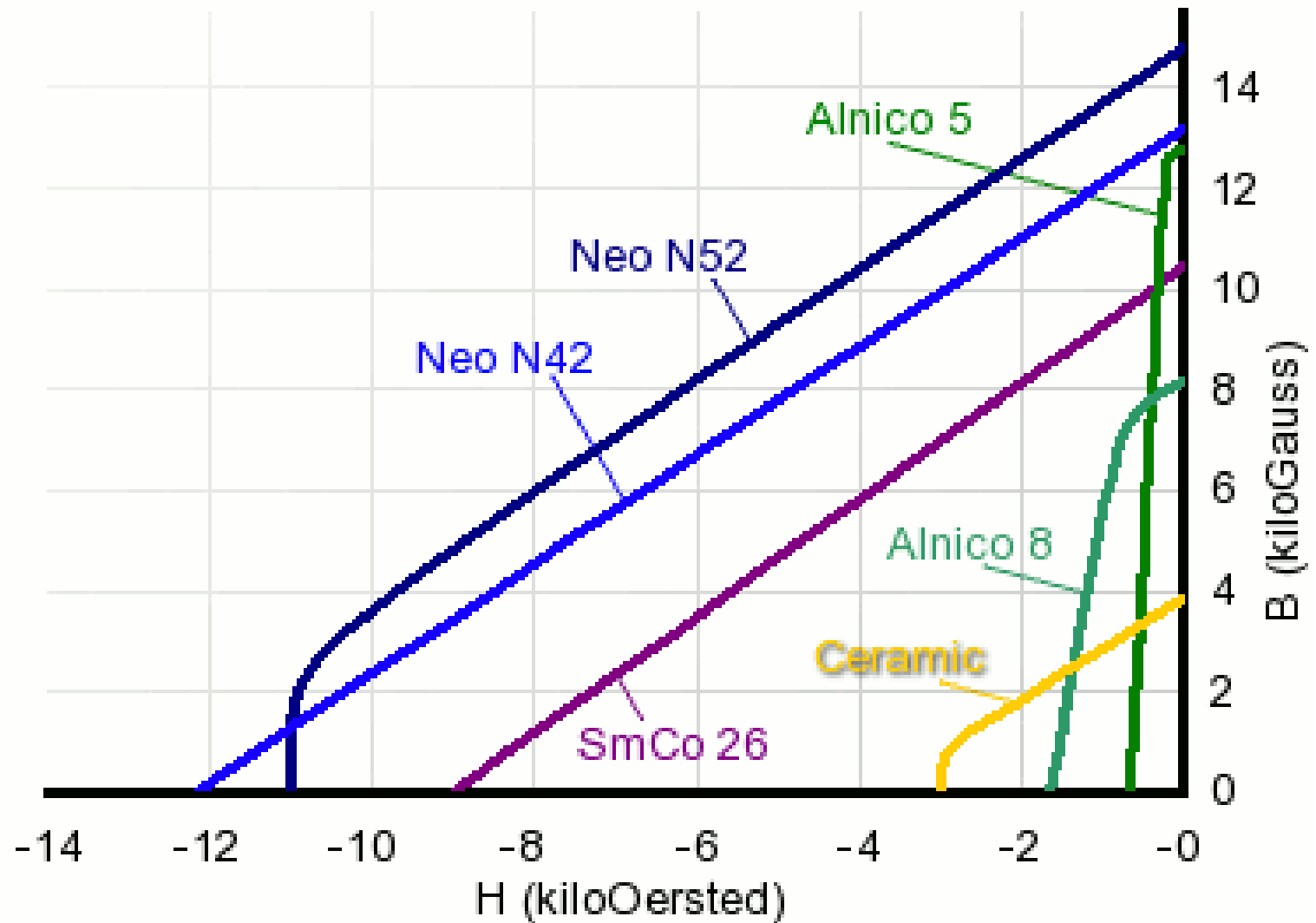
- **Manyetizma ve Sürekli Mıknatıslanma**
- Magnetik malzemelerin en önemli özelliklerinden biri malzemedede oluşan akı yoğunluğu B ile manyetik alan şiddeti H arasındaki bağıntının doğrusal olmamasıdır. Doğrusal olmayan bu eğrinin bilinmesi, manyetik malzemelerin karşılaştırılması ve kullanımı açısından önem taşımaktadır. Bu nedenle her malzemenin $B = f(H)$ mıknatıslanma eğrisinin çok büyük bir doğrulukla elde edilmesi gerekmektedir. Birçok mühendislik uygulamasında bu eğri de yeterli bulunmayarak doğal akı yoğunluğuna ilişkin $B_i = f(H)$ eğrisine ihtiyaç duyulmaktadır.

Permanent Magnets 1930 to 2010

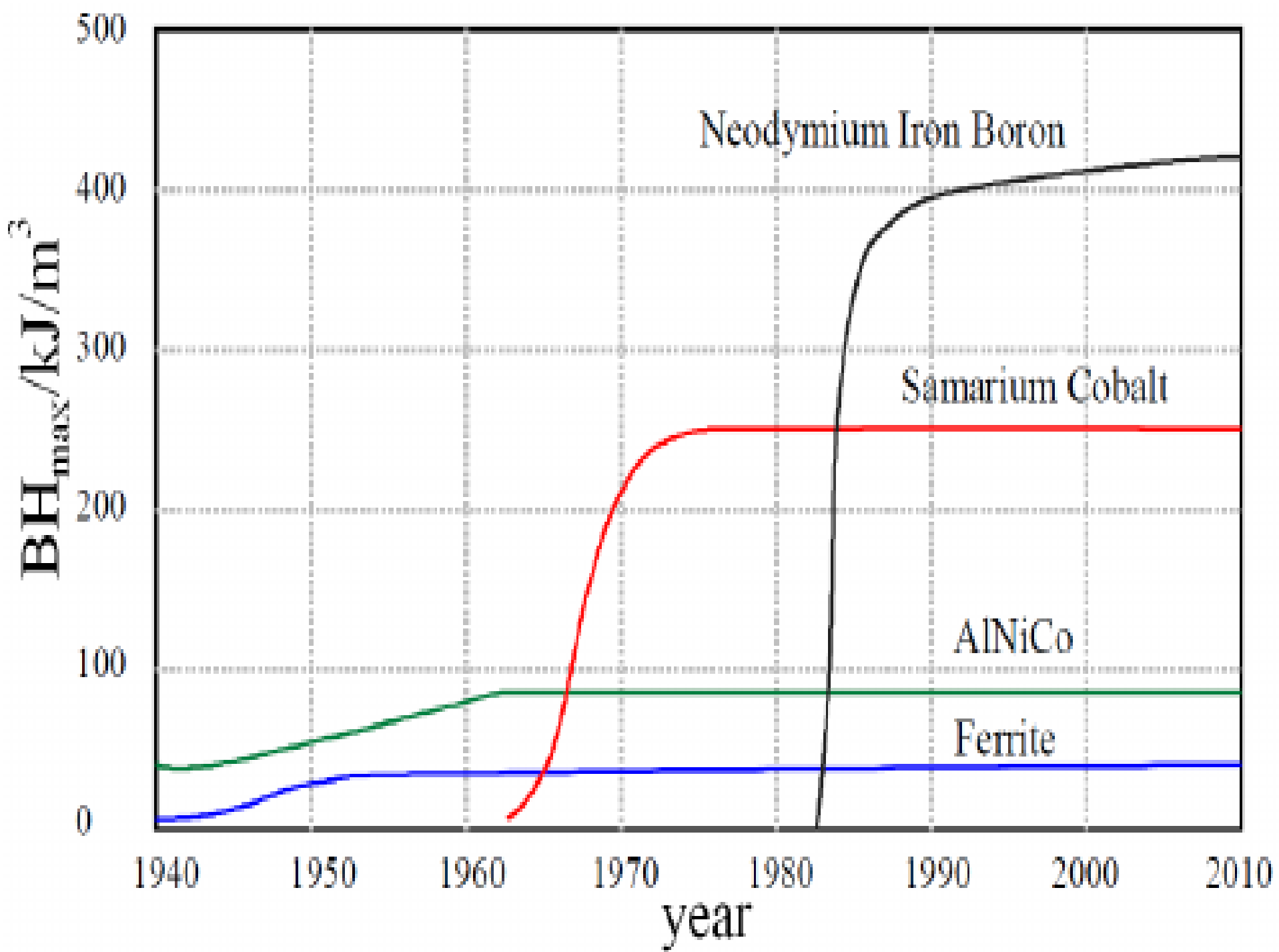


- Sürekli veya sert manyetik malzemeler ile bu malzemelere manyetik alan uygulanmasına gerek duyulmadan manyetizma veya artık mıknatıslanma elde edilir ve büyük bir iç koersif kuvvet (zorlayıcı alan şiddeti) oluşur. Yumuşak manyetik malzemelerde ise bir dış alan uygulanması istenir ve genellikle küçük koersif etkiler oluşur. Demanyatizasyon eğrileri veya M-H veya B-H eğrilerinin ikinci kısmı, bu manyetik malzemelerin uygunluğunu belirtir.
- Sürekli mıknatıslardan beklenen özellikler,
- Yüksek iç koersif kuvvet (H_{cB})
- Yüksek doyma manyetizasyonu (B_{sat})
- Yüksek kalıcı akı yoğunluğu (B_r)
- Yüksek enerji yoğunluğu $(BH)_{max}$
- BH Karakteristiği 2. kısmının lineerliği

Permanent Magnet Demagnetization Curves



- **Sürekli Mıknatıs Çeşitleri**
- Sürekli mıknatısların gelişim sürecinde farklı özelliklerde ve farklı malzemelerden birçok çeşit mıknatıs yapılmıştır. Yapılan bu mıknatısları çeşitli özelliklerine göre sınıflandırmak mümkündür. Sürekli mıknatıslar yapıldıkları malzemelere göre sınıflandırılırlarsa; metal sürekli mıknatıslar, seramik sürekli mıknatıslar ve nadir toprak mıknatısları olmak üzere üç ana sınıfa ayrılırlar.
- Çelik sürekli mıknatıslar ilk yapılan metal mıknatıslardandır. Daha sonra değişik alaşımlarla Bakır-Nikel, Olatin-Kobalt, Demir-Kobalt-Vanadyum mıknatıslar yapılmıştır. Bu sınıf mıknatıslar genelde Alüminyum, Nikel ve Kobalt'ın alaşımları ile yapılırlar. Bugün metal mıknatıslar içerisinde en uygun mıknatıslar Alnico mıknatıslardır.



- **AlNiCo Mıknatıslar**
- Sürekli mıknatıs teknolojindeki ilk gelişme 1932 yılında Alüminyum-Nikel-Demir alaşımının manyetik özelliklerinin gelişimi ile başlamıştır. 1935'de AlNiCo mıknatısların keşfi ile ilk mıknatıslı senkron generatör tasarımları ortaya çıkmıştır. Bu generatörlerin modellenmesi ve parametrelerinin belirlenmesi alanındaki öncü çalışmalar 1952'de Weekly ve 1955'te Merril tarafından gerçekleştirilmiştir. AlNiCo mıknatıslar, Ferrit mıknatıslara kıyasla pahalıdır. AlNiCo alaşımlar, yüksek artık mıknatısiyete ve iyi termal stabiliteye sahiplerdir. Curie sıcaklığı 900°C ve maksimum çalışma sıcaklığı 500°C 'dir. AlNiCo mıknatıslar korozyona karşı oldukça dayanıklıdır. Fakat bu mıknatıslar, 450°C 'e kadar ısıtıldığında, yüzey kararması görülür. AlNiCo'nun fiziksel özellikleri oldukça zayıftır. Aşırı zorlanmalarda katılık kırılabilirliği beraberinde getirmektedir.



- **Ferrit Mıknatıslar**
- Sürekli mıknatıs malzemenin çok kullanılan tipi demir oksitten (Fe_2O_3) oluşan seramik Ferritlerdir. Ferrit mıknatıslar 1952 yılında bulunmuştur. Bu malzeme Baryum oksitin kristal anizotropisine dayanmaktadır. Ferrit mıknatıslar aynı zamanda oksit veya seramik mıknatıs olarak da adlandırılabilir. Bunlar toz metalürji metodu ile üretilirler. Yüksek koersiflik ve lineer demanyetizasyon eğriliği gösterirler. Günümüzde Ferrit mıknatıslar oldukça geniş bir alanda kullanılmaktadır. Bunun birçok sebebi vardır. Hammaddeleri pahalı değildir. Ancak Ferritler mekanik olarak sert ve kırılganlardır. Manyetik özellikleri, koersitif kuvvetler yeterli ise, düşük artık mıknatısiyetlik ile karakterize edilir. Curie sıcaklıkları 450°C ve maksimum işletme sıcaklığı 250°C 'dir. Aynı zamanda Ferrit mıknatısların yüzeyleri düzgündür ve oksidasyon olayı görülmez. Kimyasal formülleri $\text{MO} \cdot 6(\text{Fe}_2\text{O}_3)$ olarak ifade edilir. Burada M, Ba, Sr veya Pb'dir. Stronsiyum Ferritler Baryum Ferritlere göre daha yüksek koersitif kuvvete sahiptirler ve daha geniş ölçekte üretilirler.



- **Polimer Mıknatıslar**
- Manyetik materyallerin tümü, sahip olduğu manyetik ve mekanik özelliklerini geliştirmek için çeşitli polimerler ile karıştırılabilir. Polimer mıknatıslar diğer mıknatıslara göre daha esnektir ve manyetik alanın yön ve şekil kontrolü artmaktadır. Ancak enerjileri çok düşüktür.
- **Nadir Toprak Mıknatısları**
- Nadir toprak mıknatıs (REPM) ailesi son 35 yıldır gelişim göstermektedir. Bu malzemenin AlNiCo ve Ferrit mıknatıslardan 5 veya 10 kat daha fazla enerjiye sahip olmaları daha yaygın kullanılmalarına olanak sağlamıştır. Genel kullanım için oldukça ucuz olduğu halde, sert manyetik Ferritli REPM'ler sürekli mıknatıs uygulamalarında oldukça yaygın kullanılmaktadır. Bu mıknatıslar iki alt gruba ayrılabilir.
- Kobalta dayalı toprak mıknatıslar (SmCo)
- Demire dayalı toprak mıknatıslar (NdFeB)



- SmCo dayalı toprak mıknatıslar, SmCo_5 ve $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ grubu olmak üzere iki çeşittir. Bu iki grup birinci ve ikinci nesil toprak mıknatıslarını teşkil etmektedir. SmCo_5 oldukça basit bir alaşımdır. Daha gelişmiş olan SmCo_{17} daha gelişmiş materyallerin alaşımı olup, yüksek performansa sahiptir. Koersifliği artırmak için, alaşımlar Sm-Co-Cu şeklinde de imal edilirler. SmCo mıknatıslarının yeni sınıfının bileşeni $\text{R}(\text{Co},\text{M})_z$ 'dir. R, en azından bir tane toprak mıknatısı, M geçiş element bileşeni ve z, 6 ile 8.5 arasında bir sayıdır. Bu çok bileşenli mıknatıslar 2:17 sistem olarak adlandırılır. Bunlar yüksek manyetizasyon ve düşük SmCo malzemesi kullanımı sağlar. Curie sıcaklıklarının 700°C ile 800°C arasında olmasından dolayı SmCo sürekli mıknatıslarının çalışma sıcaklığı 300°C civarındadır. Ayrıca daha yüksek sıcaklıklarda çalışma isteği yeni Samaryuma dayalı alaşım sınıfının gelişimi ile mümkün hale gelmiştir. Yeni Samaryum sürekli mıknatıslar 550°C 'de çalışabilmektedir.

SmCo alaşımlı sürekli mıknatıslar birçok uygulamada elektromıknatısların yerine geçmiştir. Fakat ekonomik bakımdan hala elektromıknatıslardan pahalıdır. Daha ucuz bir nadir toprak mıknatıs çeşidi ise NdFeB'dır.

NdFeB tipi sürekli mıknatıslar en yaygın olarak kullanılan mıknatıs çeşitidir. NdFeB mıknatıslar üretim yöntemlerine göre üç şekilde sınıflandırılabilir. Bunlar; sinterleme, polimer bağlama ve ısı deformasyonudur. Sinterlenmiş NdFeB mıknatıslar, üstün manyetik özelliklere, yüksek enerji verimliliğine ve iyi maliyet performansına sahiptir. $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ mıknatısın maksimum enerji yoğunluğunun teorik değeri 512kJ/m^3 'dür. Böylece 400 kJ/m^3 'ü aşkın enerji üretimi sağlanabilmektedir. Polimer bağlı mıknatıslar ortalama 80 ila 145 kJ/m^3 enerji üretimine sahiptirler. Isı deformeli mıknatıslar 120 - 370kJ/m^3 enerji üretimine sahiptirler. Ancak sinterlenmiş NdFeB mıknatıslar termal ve çevresel kararlılık açısından bazı dezavantajlara da sahiptir.

NdFeB alaışımının Curie sıcaklığı yaklaşık 310°C 'dir. Sıcaklık değişimiyle akı yoğunluğunda fark edilir bir değişim vardır. Aşırı yüksek sıcaklıkta sürekli mıknatıslar manyetik özelliklerini kaybederler.