

鉄鋼製造技術を通して、資源・エネルギー問題に貢献する

Development of new steelmaking technology contributing to the sustainable society

鉄鋼製品は、主原料として鉄鉱石を使用して製造されます。これらの製品は、使用した後に、スクラップにされて、再度鉄原料に戻されます。日常生活の基本材料である鉄は、その形状を変えて何度も再使用することができます。したがって、鉄は環境にやさしくなっています。同時に、鉄鋼製造工程は、大量のエネルギーと資源が必要で、環境に大きな影響を及ぼします。そのため、原料、設備の購入、製造、技術開発、製品輸送から使用、リサイクル、廃棄に至るすべての段階で、環境への影響を低減することが必要です。このような背景に基づき、我々の講座では、さまざまな環境に適応する材料、特に金属材料の合成に関する新技術を開発する教育と研究が行われます。当社の使命は、環境に適応できる材料を使用する場合の持続可能な産業や社会システムを当社が確立することのできる新しい材料合成プロセスを開発することです。

Steel products are made using iron ore as the main raw material. After these products have been used, they are scrapped and once again returned to iron material. In this way, iron, which is a basic material for daily life, can be reused time and time again in varying forms; thus, it is kind to the environment. At the same time, the steelmaking process requires a large amount of energy and resources, and it exerts a large influence on the environment. Therefore, it is necessary to reduce the impact on the environment at all stages, from the purchase of raw materials and equipment, manufacturing, technological development, and transportation of products to their use, recycling, and disposal. Based on such backgrounds, in our course teaching and research will be undertaken to develop new techniques related to the synthesis of various environmentally adaptable materials, especially metallic materials. Our mission is to develop novel material synthesis processes that will allow us to establish sustainable industries and social systems that utilize environmentally adaptable materials.

Fe 基アモルファス合金の高周波領域での軟磁気特性の解明

アモルファス合金はその原子構造が従来の結晶構造とは異なることから、これまでの金属・合金には見られないユニークな特性を示す。つまり、高強度と高靱性を合わせ持つ機械的性質、高い耐食性、優れた軟磁気特性などを有している。本研究テーマでは特に軟磁気特性に注目し、高周波軟磁性材料としての適用先拡大実現を目標に、アモルファス合金の高周波領域での軟磁気特性を解明する研究を行っている。これまでに、軟磁気特性に特に影響を及ぼすアモルファス合金の結晶化過程について研究し、焼鈍時の保持時間を長くすると結晶化の進行が遅くなること分かった (Fig.1 参照)。

焼結用 MgO 原料の同化性評価

高炉の高出銑、低還元材比操作には焼結鉱の品質向上が重要であり、冷間強度を維持しつつ焼結鉱中のスラグ成分を低減させることが有効

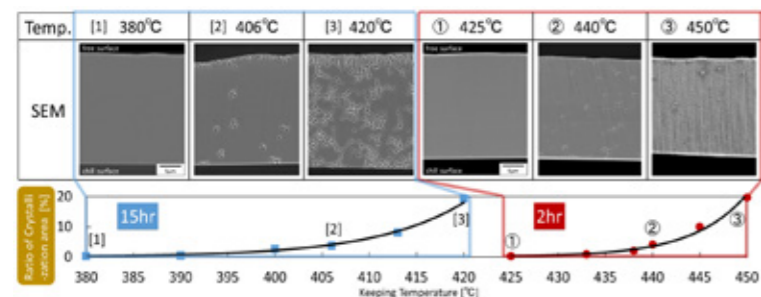


Fig.1 Effect of annealing conditions on crystallization

Clarification of soft magnetic properties in the high-frequency field of Fe-based amorphous alloys

Because the atomic structures of amorphous alloys differ from the conventional crystal structure, these alloys have that are not found in conventional alloys. For instance, amorphous alloys have superior mechanical properties in terms of strength, and high toughness, and corrosion resistance, as well as excellent soft magnetic properties. In this study, we focused on soft magnetic properties. To achieve wide applications for these high-frequency soft magnetic properties, we studied these properties in high-frequency amorphous alloys. Based on the results of our experiments on the crystallization process of amorphous alloys, we found that increasing the annealing time delays the crystallization process (Fig. 1).

Evaluation of sintering MgO material assimilation

To enable the high tapping of molten iron in a furnace, as well as a low rate of reducing-agent operation, it is important to improve the quality of sintered ores. An effective for this is to reduce the slag component of sintered ores while maintaining their cold strength. Therefore, in this

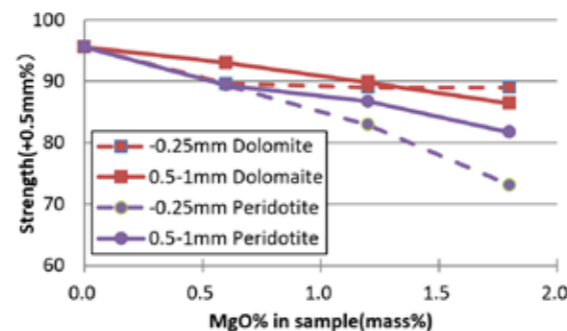


Fig.2 The strength of sample after sintered



客員教授 佐藤 有一 Professor Yuichi Sato
 客員教授 岡崎 潤 Professor Jun Okazaki
 客員教授 楠 一彦 Professor Kazuhiko Kusunoki
 客員教授 市川 和利 Professor Kazutoshi Ichikawa
 客員教授 森口 晃治 Professor Kohji Moriguchi

である。そこで本研究では、SiO₂ を含まない MgO ソースとしてドロマイト (CaCO₃, MgCO₃) に着目し、その同化性に関する基礎的な評価を実施している。

Fig.2 に、鉱石タブレット焼成後の強度を示した。タブレット中の MgO 濃度が 0.5mass% 以上ではいずれの粒度でもドロマイトの方が高強度となる結果を得た。

溶液法 4H-SiC を種結晶に用いた超高品質結晶成長

次世代パワーデバイス材料である SiC は、結晶欠陥の低減が課題となっている。本研究では、溶液法による高品質 SiC 結晶の育成技術開発に取り組んだ。結晶成長実験では、種結晶に溶液法 4H-SiC バルク単結晶から切り出した (1-100) オン基板を用いた (Fig1(a))。成長方向 [1-100] が貫通転位の伝播方向 [0001] に対して垂直となるため、貫通転位が成長結晶へ伝播しないことが期待できる (Fig1.(b))。実際、成長後の結晶の転位評価を熔融 KOH エッチングで実施したところ、貫通転位に起因するエッチピットは全く含まれなかった。さらに反射 X 線トポグラフィ観察を行ったところ、成長結晶には基底面転位や積層欠陥も見られなかった。溶液法では (0001) 面成長と (1100) 面成長を 1 度ずつ行うだけで、ほぼ無転位である結晶が得られることが示され、世界最高の品質レベルの結晶育成に成功した。

以下のテーマについても研究中である。

- 構造用鋼の使用性能に及ぼす不純物元素の影響
- 焼結プロセスからの CO₂ 削減を目指したマグネタイト微粉鉱の焼結反応促進
- sp 電子系金属材料のポリタイプエネルギー論に関する第一原理計算解析

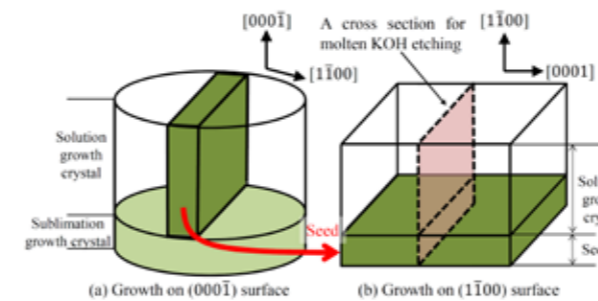


Fig.3 Schematic representation of crystal growth process.

study, we focused on dolomite (CaCO₃, MgCO₃) as a MgO source that does not include SiO₂. We also performed a basic evaluation of its assimilation. Figure 2 shows the strength of the sample after sintering. Dolomite gives higher strength than peridotite for all sizes, as long as the MgO content is equal to or greater than 0.5 by mass%.

Ultrahigh-quality 4H-SiC crystal grown by solution growth method

The reduction of dislocations is an urgent technical issue for SiC, which is a material used in next-generation power devices. In this study, we worked on developing a technology for growing high-quality SiC crystals using the solution method. In these crystal-growth experiments, we used an on-axis substrate (1-1 00) cut from a solution and grown from a 4H-SiC bulk single seed crystal (Fig.1a). As the growth direction [1-100] is perpendicular to the propagation direction [0001] of the threading dislocation, we expected that the threading dislocation would not propagate to the growing crystal (Fig.1b). When we carried out the dislocation of the grown crystal using molten KOH etching, we confirmed that no threading dislocation occurred. We conducted further examination using X-ray topography observations, and we did not find basal-plane dislocation or stacking faults in the grown crystal. In the solution method, we showed that almost dislocation-free crystals can be obtained only by performing (0001) and (1100) plane growth once, followed by crystal growth of the highest quality.

Studies on the following topics have been carried out:

- The influence that tramp elements have on the practical performance of structural steels
- The promotion of magnetite fine ore assimilation to reduce CO₂ in the sintering process
- First-principles studies on the total energetics of nonequivalent hexagonal polytypes for sp-electron metals

