

安全・安心な高機能鉄鋼の製造技術を通して、持続可能な社会に貢献

Development of manufacturing technology for safe and secure high performance steels contributing to sustainable society

高機能鉄鋼製品は主原料として鉄鉱石から製造される。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る。鉄は何度も再使用が可能な環境にやさしい材料である。同時に鉄鋼製造工程は大量の資源とエネルギーが必要で、地球環境に大きく関わるので、環境負荷を低減することが必要である。最近ではさらに建築物や自動車の軽量化のため高強度鉄鋼材料が要求されている。私たちは持続可能な社会や産業を構築することを使命として、この講座では環境に適応する特に安全・安心な高機能な金属材料とその製造プロセスと社会制度を探究し、計算科学を用いた基礎研究から企業研究のメリットを生かした大規模実験に基づく応用研究と高度な教育を行っている。

High-performance steels are made primarily from iron ore. At the end of steel products' lives, they are scrapped and recycled as raw iron resources. Iron is therefore a reusable and environmentally friendly material. The steel manufacturing process, however, requires large amounts of resources and energy and affects the environment worldwide. It is therefore necessary to reduce its environmental impact at all stages of production. Additionally, demand for high-strength steels are increasing for weight reduction of infrastructure or automobiles. We aim to establish a sustainable society and industry, so we are studying safe, secure, environmentally adaptable materials and their production processes, as well as related social systems. We undertake education and research via a fundamental study that applies computational science and application research to large-scale experiments owing to resources of the company.

社会の安全・安心を担う環境配慮型構造用鉄鋼材料

私たちは、水素用途や建築・自動車用高強度鋼などのように、地球環境に配慮した高機能鉄鋼材料の研究開発を行っている。これは国連で定めたSDGs (Sustainable Development Goals、持続可能な開発目標) にも整合する。クリーンエネルギーである水素を燃料として走行する燃料電池自動車 (FCV) や FCV に水素を供給する水素ステーションでは高圧の水素ガスが用いられるが、これらの高圧水素システムに使われる鋼材には高強度かつ優れた耐水素脆化特性が要求される。また、建築物や自動車の軽量化のため高強度鋼の需要が増しているが、高強度鋼では水素による脆化が問題となる。本研究室では鋼中の主要合金元素 (Mn, Ni, Cr, Mo) の影響を検討している。焼入れままマルテンサイト鋼において、これらの合金元素は水素拡散係数 D を低下させること (Fig.1) や、さらには Mn, Cr, Mo は粒界の水素脆化を促進することを明らかにした。これらの結果は、水素脆化を防止するための最適鋼材の選定や新規鋼材の開発に活用できる。

金属系ポリタイプの形成機構に関する理論物性研究

シンクロ型 LPSO 構造などのポリタイプ系の相安定性予測は、物性物理学や材料科学における永年の課題となっている。これは、ポリタイプの原子論的相互作用が、その幾何学的構造の単純さにもかかわらず、驚くほど複雑で繊細であることに由来する。分子動力学 (MD) 法は様々な動的プロセスを追跡するための強力な計算ツールとして今日知られるが、ポリタイプ現象に MD 法を適用する際の深刻な問題は、長周期ポリタイプ構造を基底状態とする原子間相互作用モデルが開発されていないことであった。我々は、La 系のポリタイプエネルギー論を参照系として、4H 構造を基底状態とする原

Adapting structural steels to the environment for a safe and secure society

We have conducted research and development of high-performance steels from the blast furnace process, such as high-strength steels for hydrogen systems, infrastructure, or automobiles, which are friendly to the global environment. This complies with the United Nations' Sustainable Development Goals. High-pressure gaseous hydrogen, a clean energy carrier, is used in fuel cell vehicles (FCVs) and hydrogen stations that supply hydrogen to FCVs. Steels used for highly pressurized hydrogen systems should have both high strength and sufficient resistance to hydrogen embrittlement (HE). Additionally, demand for high-strength steels is increasing for weight reduction of infrastructure and automobiles. An increase in strength may cause embrittlement due to hydrogen absorption. In this study, the effects of the main alloying elements (Mn, Ni, Cr, and Mo) in steel were investigated. Our work clarified that these alloying elements decrease the hydrogen diffusion coefficient D in water-quenched martensitic steels. Furthermore, we confirmed that Mn, Cr, and Mo promote HE along grain boundaries. These results led to the selection of appropriate steels or development of new steels that are resistant to HE.

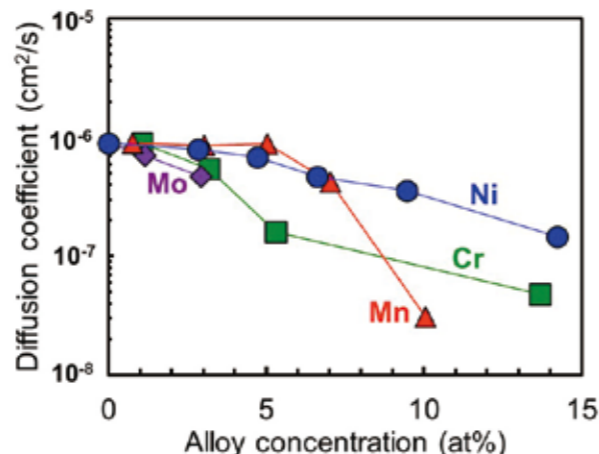


Fig.1 Hydrogen diffusion coefficient D as function of alloy concentration.



客員教授 森口 晃治
Professor Koji Moriguchi



客員教授 松村 勝
Professor Masaru Matsumura



客員教授 大村 朋彦
Professor Tomohiko Omura



客員教授 成木 紳也
Professor Shinya Nariki

子間ポテンシャルの開発に成功した。このポテンシャルを利用した一般化積層欠陥 (GSF) エネルギー曲線は、2H や 3C 構造を基底状態とする相互作用モデル系とは異なる振る舞いを示すため、独特な転位運動が観察できる可能性がある (Fig.2)。

鉄鉱石焼結プロセスにおけるマグネタイト鉱石利用

高鉄品位な微粉鉄鉱石およびバイオマスを使用することが環境負荷低減に結び付く。特に、微粉鉄鉱石としてマグネタイト鉱石を使用すると、その酸化熱を利用できるため、従来熱源である粉コークスを削減できる。本研究では、マグネタイト鉱石の酸化促進のための温度条件最適化を目的として、タブレット電気炉焼成実験を行った。なお、タブレットは焼結原料組成に試薬で調整した。その結果、最高温度 1300°C で液相が生成しない条件 (1167°C) で温度保持することが有効であると結論づけられた (Fig.3)。

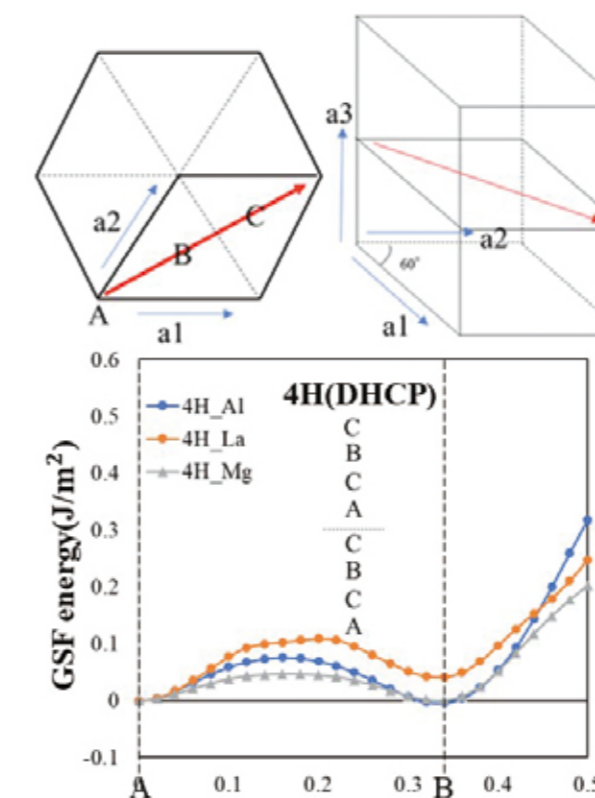


Fig.2 The GSF energy curves based on some potential models. The curve marked with La is by the model constructed in the present work.

Theoretical study on formation mechanisms of metallic polytypes

Predicting polytype phase stability such as synchronized long-period stacking-ordered (LPSO) structures has been a long-standing challenge in condensed matter physics and/or materials science. This situation stems from the fact that the atomistic interactions on polytype energetics are quite complex and delicate despite the simplicity of their geometry. Although the molecular dynamics (MD) method is a powerful computational tool for tracking dynamical processes, the most serious problem in applying the MD method to such polytypism has been the lack of interatomic-interaction models with longer-periodic polytype structures as the ground state. Considering this situation, we have successfully developed an interatomic potential with the 4H ground state using the La polytype energetics as a reference system. Unique dislocation motions might be observed using this potential because the generalized-stacking-fault (GSF) energy curves within the potential model developed here behaves differently from those based on the 2H and 3C ground state models (Fig.2).

Utilization of magnetite ore in the iron ore sintering process

Using high-grade fine iron ore and biomass is effective to reduce environmental load. In particular, when magnetite ore is used as the fine iron ore, the heat of oxidation can be utilized, so coke breeze, which is a conventional heat source, can be reduced.

In this study, with the aim of optimizing the temperature profile for promoting the oxidation of magnetite ore, a sintering tablet test in the electric furnace was performed. Here, the tablet was adjusted to a sinter raw material composition by use of chemical reagent. As a result, it has been concluded that the increasing temperature up to 1300°C and keeping temperature at 1167°C, at which no liquid phase was generated, during the cooling stage was effective for promoting oxidation (Fig.3).

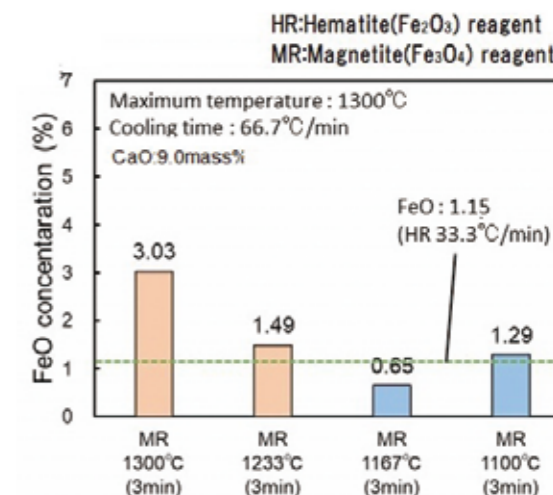


Fig.3 Effect of holding temperature on FeO concentration.