

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。最近ではさらに震災や水害などの災害に対抗できる高機能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. High-performance steels, which can effectively resist disasters, including earthquakes and floods, are in particularly high demand. 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、衝突安全性に優れた船体用鋼板などのように、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。建築物の空間利用の効率化の観点から、小断面積で強度を保證できる プレスコラム が大型鉄骨柱に使用されるが、曲げ加工部分ではひずみ時効 (温度と時間の重畳による靱性劣化) が課題である。本研究室では所定の窒素量以上で靱性の低下が起こること (Fig.1) や、ひずみに伴う転位密度と鋼の強度上昇の関係を明らかにするとともに、脆化を抑制する方法を提案している。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。水素拡散や脆化挙動に及ぼす合金元素の影響についても検討を行っている。

Structural steels for a safe and secure society adapting to the environment

We have conducted research and development of high-performance steels from the blast furnace process, such as highly ductile steels for shipbuilding with excellent crashworthiness, or structural steels with high toughness, which are friendly to the global environment. This complies with the United Nations' Sustainable Development Goals (SDGs). Recently, demand for a large-scale press-column type steel framework, which has sufficient tensile strength under the small cross-sectional area, is increasing to save space. However, there is a problem of reduction in toughness at the bended parts of the structural steel due to strain aging, a phenomenon that is a function of temperature and time. In this study, the effect of nitrogen, one of impurity elements in steel, was investigated. It was clarified that reduction in toughness occurred beyond a critical concentration of nitrogen, and the nitrogen effect was explained by an increase in strength

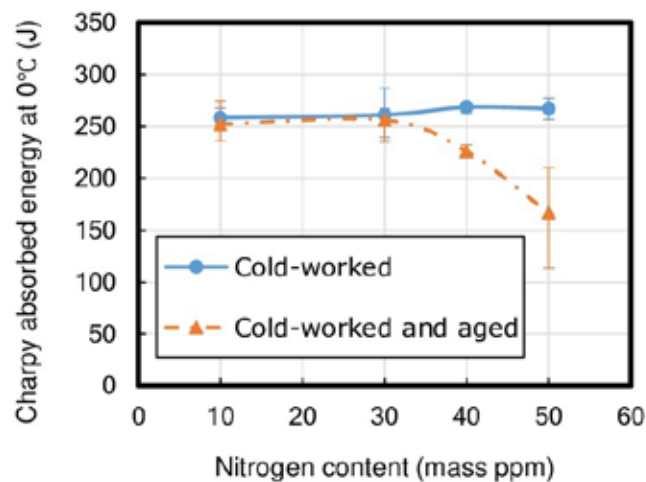


Fig.1 Influence of nitrogen concentration on Charpy absorbed energy at 0°C.



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

金属系ポリタイプの形成機構に関する理論物性研究

Mg合金では、積層多形 (ポリタイプ) をベースとするシンクロ型 LPSO 構造、キンクバンド強化機構の発見といった新しい材料科学的知見が我が国から発信され、構造材料としての実用化のみならず、他の材料での機能創出への横展開につながる事が期待される。ポリタイプの相安定性予測は、物性物理学や材料科学における永年の未解決問題でもある。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という事実に起因する。我々は、原子間相互作用の有効距離に応じてポリタイプ構造エネルギーの変化の振る舞いを理論考察し、原子間相互作用距離が新しいポリタイプベースの材料を作成するための重要な要素であることを提案した (Fig.2)。

鉄鉱石プロセスの低環境負荷のための焼結充填層設計

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。微粉鉄鉱石を従来鉄鉱石 33%、生石灰 3% と共にペレット化 (粒径 5-20mm) し、粉コークスおよびバイオマス炭と共に焼結充填層の下層 2/3 に配置する方法が、焼結プロセスの高生産性に有効である。即ち、粗大なグリーンペレット配置によって通気抵抗は低減し、焼結速度が加速する。一方、燃焼速度の異なる複数素材使用によって、高温保持時間は確保される。その結果、微粉鉄鉱石を 20% 配合しても、焼結歩留および生産性の双方を維持可能となる実験結果を得た。ここで、粉コークスの 33% をバイオマス炭へ置換したので、CO₂ 排出量が低減する。なお、ペレット化された造粒物は、焼結過程において鉄鉱石由来の酸化鉄と生石灰由来の酸化カルシウムが化学反応し、被還元性の良好なカルシウムフェライトを形成した (Fig.3)。

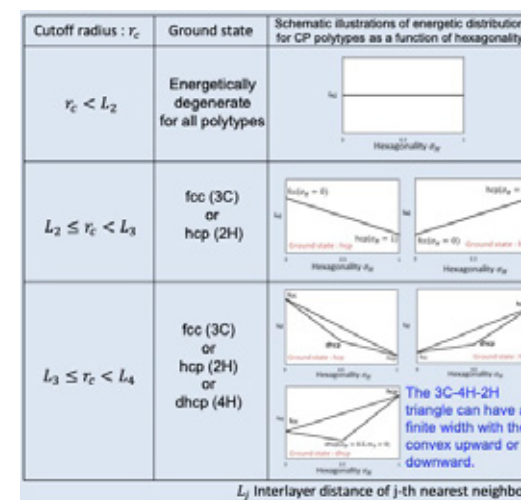


Fig.2 Theoretical descriptiveness on polytype energetics as a function of cutoff radius for interatomic interaction.

level due to strain aging. Additionally, demands for high-strength steels are now increasing for weight reduction of infrastructures or automobiles. An increase in strength may cause embrittlement due to hydrogen absorption. Then, we will investigate the effects of alloying elements in steel on hydrogen diffusion and embrittlement.

Theoretical study on formation mechanisms of metallic polytypes

The synchronized long-period stacking-ordered (LPSO) structures (i.e., polytypes) and their kink-band strengthening mechanism for Mg alloys have been discovered in Japan. The knowledge of recent Mg-based alloys is expected to be not only adapted for practical applications but also used for horizontal development to create new functions in other materials. Predicting polytype phase stability for a material has been a long-standing issue in condensed matter physics and materials science. This situation stems from the fact that the atomistic interactions on polytype energetics, surprisingly, might be quite complex and delicate, despite the simplicity of the geometrical structure. We have studied the polytype structural energetics depending on the effective distance of their interatomic interactions. The distance of interatomic interactions is a significant factor for creating new polytype-based materials (Fig.2).

Designing packed bed for low environmental load at iron ore sintering process

Using high-grade fine iron ore and biomass is effective to reduce environmental load. Fine iron ore is coarsely pelletized (particle size : 5-20 mm), with 33% conventional iron ore and 3% quick lime. Then, the coarse pellets are charged at the lower 2/3 of the sinter packed bed, with coke fine and biomass char. This design is effective for high sinter productivity. That is, the sinter packed bed, including coarse pellets, shows the low ventilation resistance, which results in high sintering rate. On the other hand, the high temperature holding time is secured by using a plurality of materials having different combustion rates. As a result, we obtained experimental results that can maintain the sintering yield and productivity, even when 20% of fine iron ore is blended. Here, 33% of the coke breeze was replaced with biomass char, resulting in reduced CO₂ emissions. In the pellet, iron oxide in the iron ore and calcium oxide in the quick lime chemically reacted in the sintering process to form calcium ferrite with good reducibility (Fig.3).

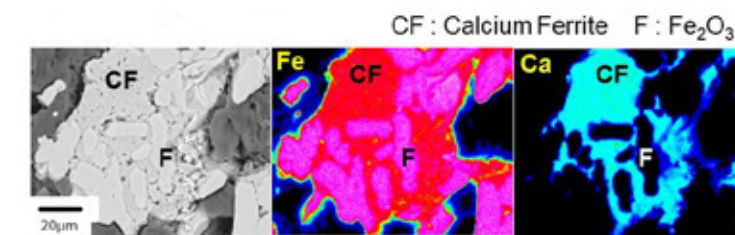


Fig.3 Mineral formation in sintered pellet.