



高純度軸受鋼 (環境ラベル「エコリーフ」の認証を取得)

1. はじめに

近年、カーボンニュートラル社会実現への動きが具体化しており、地球環境の保全に寄与する各種エコプロダクトの需要増加が見込まれている。その代表例である電気自動車や風力発電機などには随所に「軸受」が使用されている。軸受は、回転や往復運動をする部品を支持し、摩擦を減らして滑らかな運動を実現する部品であり、あらゆる機械ユニットの稼働時におけるエネルギー消費の抑制に大きく貢献する。軸受の寿命信頼性の向上や、素材製造工程でのCO₂排出削減はLCA(ライフサイクルアセスメント)の観点から重要なニーズであり、これらを可能とする素材もまた産業界を支えるエコプロダクトである。

当社は、それらのニーズに応えた製品を提供しており、このたび高純度軸受鋼について、エコリーフの認証を取得した(登録番号: JR-AW-24024E)。エコリーフは、ISO14025で規格化されるタイプIII環境宣言(EPD:Environmental Product Declaration)に該当する。エコリーフとは、製品の全ライフサイクルにわたってLCA(ライフサイクルアセスメント)手法による環境情報を定量的に開示する日本発の環境ラベルである。具体的な算定結果の情報は、SuMPO環境ラベルプログラムのホームページ¹⁾に記載されており、環境に配慮した製品を選択する上での判断材料として活用可能である。以下では、エコプロダクトを支える軸受の長寿命化や信頼性向上に欠かせない高純度軸受鋼について、特長や期待効果を紹介する。

2. 高純度軸受鋼の製造プロセス

高純度軸受鋼の必要性を簡単に紹介する。軸受部品は、相対する一対のリング状部品と、その間に配置される複数の転動体と呼ばれる球状やころ状の部品で構成される。複数の転動体は潤滑剤を介してリングと接触し、その微小な接触部に軸受が支える軸状部品の荷重が集中する。この作用で、リング表面より少し入った内部に高い応力(水平方向のせん断応力)が集中する。この応力が鋼製の軸受部品に含まれる「非金属介在物」と呼ばれる微小異物に繰り返し作用すると、それを起点に破壊する場合がある。そこで、非金属介在物の大きさや数を可能な限り低減する「高純度化」が軸受の長寿命化の鍵となる。

当社では、高純度軸受鋼を電気炉溶解により製造している。この方法は、鉄鉱石の還元工程に始まる高炉を用いた方法とは違い、図1に示す鉄スクラップが主原料である。再生資源の活用により天然資源の消費を抑え、なおかつ鉄鉱石の還元が必要ないために製造過程のCO₂排出量が



図1 主原料の鉄スクラップ

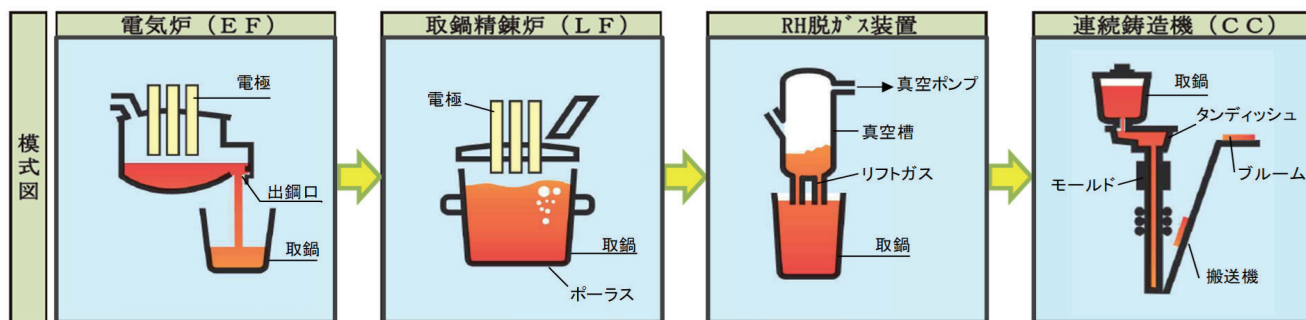


図2 製造工程図

少なく、環境にやさしい製造プロセスとなっている。

当社の大気溶解を基軸とする軸受鋼の概略製造工程を図2²⁾に示す。電気炉（EF）で鉄スクラップを溶解したのち、取鋼精錬（LF）、RH真空脱ガスを経て高纯净度化した溶鋼から、連続鋳造によってブルームと称する角柱状の鋼材を製造する。ブルームは、最終的に棒鋼や鋼管など軸受の製造に適した形状に加工されて出荷される。当社では、溶解・精錬時に不可避に生成し混入する非金属介在物（主に酸化物）の除去を追求し、酸素含有量が数ppmで非金属介在物の量や大きさがコントロールされた高纯净度鋼を製造している。高纯净度化技術の一例として、電気炉から取鋼への溶鋼を移す際の汚染防止³⁾、RH工程におけるスラグからの溶鋼汚染防止⁴⁾が行われている。また、連続鋳造時には注入溶鋼と酸素が触れないようにする工夫を実施している⁵⁾。

3. 高纯净度軸受鋼の特長と期待特性

当社の高纯净度軸受鋼は、図3⁶⁾に示すように、一般の軸受鋼と比較して酸素量が低く制御され、さらに同様の酸素量でも優れた寿命をもたらす。この長寿命化を通じた自動車・一般産業機械用途軸受の小型化への期待効果を紹介する。図4に機械設計に用いる玉軸受の寿命計算式における長寿命効果（同式中の a_2 の値を上げる）と許容される負荷荷重 P との関係を示す。図4の通り、一般的な軸受鋼に対して高纯净度軸受鋼で3倍の長寿命化を仮定した場合（ a_2 を $1 \Rightarrow 3$ へ）、軸受の小型化（型番6206 \Rightarrow 6205）と機械ユニットとして30%もの軽量化の実現が試算として

見込まれている。機械ユニットの軽量化は燃費や電費向上に寄与するため、最終製品使用時のCO₂排出削減に貢献する。

また、風力発電の分野では、遠隔地への洋上型の設置増加が見込まれるなか、高所に配置される発電設備のメンテナンスの困難さが想定されている。そこで、設備に組み込まれる大型軸受に対し、長寿命化を通じた設備故障の抑制への寄与が強く求められている。当社の高纯净度軸受鋼

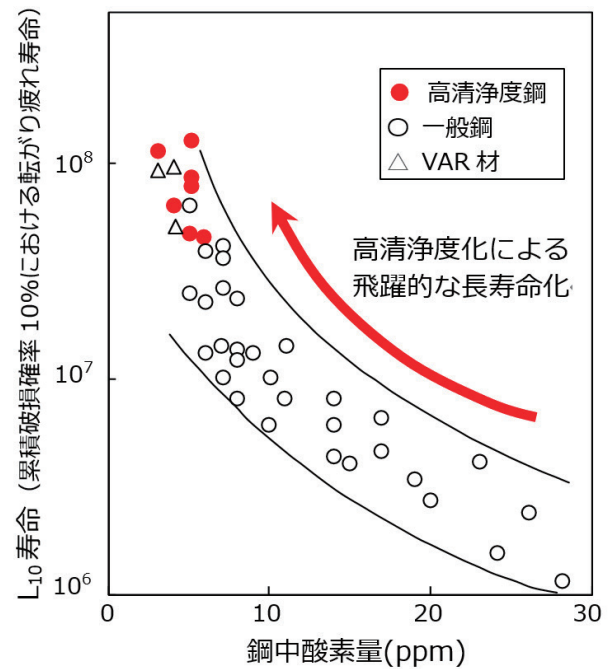
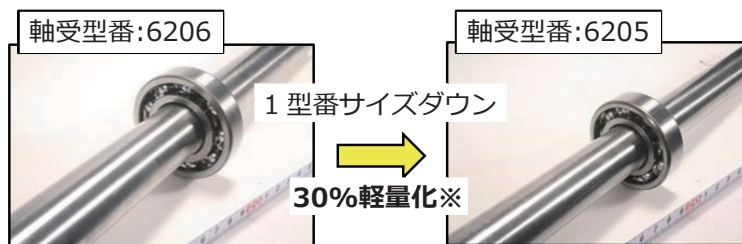


図3 高纯净度軸受鋼の寿命特性



※下記の補正定格寿命式（ISO 281/ I -1977）の a_2 を通常の真空脱ガス鋼の1に対して高纯净度軸受鋼で3（寿命3倍）を見込み、負荷荷重 P をアップ可能なことを前提に軸受を1型番小型化した場合(長さ300mmシャフトを含めて)の軽量化効果を試算

$$\text{補正定格寿命 } L_{10} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot (C/P)^3 \cdot 10^6$$

P: 負荷荷重

C: 動定格荷重（ 10^6 回転保証荷重 = カタログ値）

a_1 : 信頼度係数（ L_{10} 寿命を求める場合1）

a_2 : 軸受特性係数（鋼材の特性向上を表す係数）

a_3 : 軸受条件係数（通常1）

図4 高纯净度軸受鋼活用による小型軽量化期待効果

は、風力発電用軸受の素材として用いた場合に、設備のメンテナンス負荷を軽減し、持続的なグリーンエネルギー供給を支える役割を担うことが期待できる。

4. おわりに

本稿にて、エコリーフの認証を取得した当社の高純度軸受鋼の紹介を行った。本製品は、軸受用鋼としての優れた性能に加え、活発化が予想される鋼材のグリーン調達の流れに対してもカーボンニュートラルに有利な特長を持つことにより、今後さらなる適用拡大が期待される。

参考文献

- 1) サステナブル経営推進機構，2023，「SuMPO 環境ラベルプログラム」 SuMPO 環境ラベルプログラムホームページ (2024 年 3 月 8 日取得，https://ecoleaf-label.jp/pdf_view.php?uuid=d049c624-95e0-4b87-aaa5-606d7d4fd882.pdf&filename=-JR-AW-24024E_JPN.pdf)
- 2) 吉岡・松井・山田・大場：Sanyo Technical Report, 28 (2021)
- 3) 特許第 4027749 号 (2004)
- 4) 特開 2002-38213 (2002)
- 5) 特許第 3913586 号 (2003)
- 6) 上杉年一：鉄と鋼，74 (1988), 1889.