



# カーボンニュートラルに向けた取り組み

山陽特殊製鋼株式会社

自動車・産機営業部

自産機CS室 室長 橋本 和弥

## 1. はじめに

現在、全世界で地球温暖化への対応が重要な課題と位置づけられている。その課題を達成するためには、地球温暖化の原因とされる温室効果ガスを削減し、実質ゼロにするカーボンニュートラルが有効と考えられている。その中で、日本の鉄鋼業においても、鉄鋼連盟が「我が国の2050年カーボンニュートラルという野心的な方針に賛同し、これに貢献すべく、日本鉄鋼業としてもゼロカーボン・スチールの実現に向けて、果敢に挑戦する」との業界姿勢を明確に打ち出している。さらに鉄鋼業として「技術、商品で貢献する」とともに、「自らの生産プロセスにおけるCO<sub>2</sub>排出削減に取り組んでいく（ゼロカーボン・スチール）」とする基本方針を策定・公表している。鉄鋼各社は、その実現に向けて、取り組んでいる<sup>1)</sup>。

## 2. 山陽特殊製鋼の取り組み

山陽特殊製鋼は、この基本方針を受けて、図1に示すロードマップを策定した。製造工程における省エネとグリーンエネルギーの活用、及びエコプロダクト・エコソリューションによる貢献で、自社の製造工程だけでなく、社会のあらゆる段階でのCO<sub>2</sub>排出削減を目指していく<sup>2)</sup>。



図1 2050年カーボンニュートラルの実現に向けたロードマップ<sup>2)</sup>

### 3. エコプロダクトによる CO<sub>2</sub> 排出削減への貢献

当社の扱う特殊鋼、その主要な鋼である機械構造用鋼は、自動車用を代表として、多様な産業における機械部品に使用されている。当社は、最終製品としての使用段階、それに加えて需要家での部品製造段階でも CO<sub>2</sub> 排出削減に貢献するエコプロダクトの開発に注力している。最終製品としての使用段階については、部品の小型軽量化を目指した鋼の高強度化、需要家での部品製造段階については、熱処理工程省略や簡略化を目指した鋼特性の向上を目指している。鋼は、熱処理を付与しマイクロ組織を調整することで、製造上、使用上で都合の良い強度をもたらしてくれる。オーステナイト域に加熱をすれば、加工性が改善し、低い負荷で形状を変えることができる、焼準をすれば切削性が改善できる。焼鈍をすれば柔らかくなり冷間加工性が改善できる。焼入れをすれば部品強度を高めることができる。鋼部品において、熱処理は非常に重要である。ただし熱処理は、CO<sub>2</sub> 排出を伴うので、その省略や簡略化ニーズは強い。以下に、その開発事例について紹介する。

#### (1) ECOMAX<sup>®</sup> <sup>3)</sup>

肌焼鋼を用いた部品製造工程では、部品成形方法に冷間鍛造を選定する場合がある。その際には、鋼材を軟化させるために「焼なまし」という熱処理を施す。肌焼鋼をはじめとする合金鋼の焼なましでは、通常 800℃程度のオーステナイト組織となる領域まで加熱した後、長時間を要する徐冷を経て、フェライト中に炭化物を球状に析出させて鋼材を軟化させる。ECOMAX<sup>®</sup>は低温領域の短時間保持によって徐冷を経ずに、従来方法に対し 1/2 以下の処理時間で炭化物を球状化させて軟化させることができる。また ECOMAX<sup>®</sup>は、焼なましによる球状炭化物が均一に分散して存在することから、冷間鍛造における高精度成型がおこない易い。加えて、肌焼鋼を用いた部品製造工程では、最終的に浸炭焼入れを施し部品を硬化させている。その浸炭処理時には、部品機能を低下させるオーステナイト結晶粒の粗大化を防止する必要がある。冷間鍛造部品は、浸炭処理時に結晶粒が粗大化し易い。ECOMAX<sup>®</sup>の浸炭処理時の結晶粒粗大化が抑制される特性は、一般的な肌焼鋼に対し優れている。冷間鍛造後、浸炭焼入れ前に通常施される焼ならしの省略あるいは浸炭温度の上昇による処理時間の大幅な短縮が期待できる。図 2 に、上述した ECOMAX<sup>®</sup>を採用した時に期待できる部品製造工程の流れを示す。

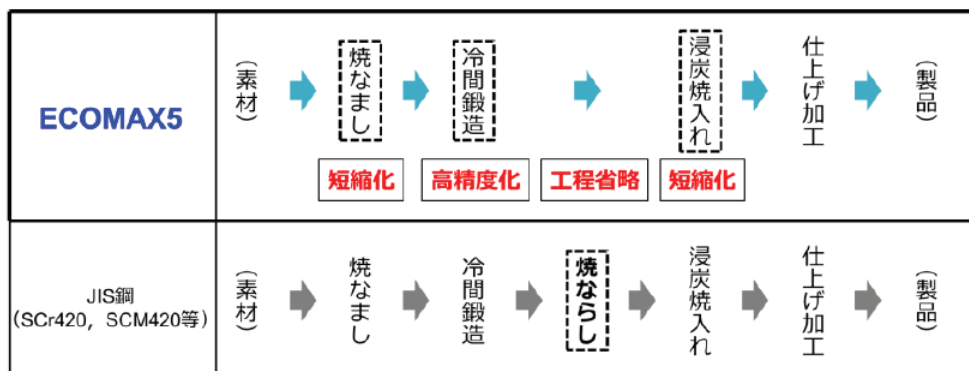


図 2 ギヤ・シャフト部品の製造工程の簡略化・省略（一例）

(2) TOUGHFIT™<sup>4)</sup>

自動車や建設機械、産業機械に使用される軸受・ギヤ・シャフトをはじめとする動力伝達部品では、突発的な衝撃に対する耐衝撃性を確保しつつ、部品寿命を左右する耐摩耗性や疲労寿命を向上させるために、部品の表面のみを高硬度状態とするガス浸炭を伴う焼入れ熱処理が多用されている。鋼には0.2%程度の炭素量を含む肌焼鋼を用いて、表面のみをガス浸炭処理により高炭素の0.6~0.8%に高めて、かつ焼入れにより高硬度状態にする。しかしながら、ガス浸炭処理は浸炭ガスと部品表面との平衡反応によって炭素を侵入させる際に多量のCO<sub>2</sub>が排出されるため、その排出を抑えた代替硬化熱処理の適用が望まれている。TOUGHFIT™は、浸炭処理を伴わない焼入れ熱処理（ずぶ焼入れ）により、靱性を損なうことなく硬度を高められるため、その適用によって部品製造工程におけるCO<sub>2</sub>排出の削減に寄与する。

ガス浸炭熱処理で得られる表面硬さ700HV以上をずぶ焼入れで得るためには、鋼の炭素量を概ね0.6%以上とする必要がある。一方、硬さと靱性はトレードオフの関係にあり、硬さを高めることによって靱性が低下する。当社、コマツ、ならびに大阪大学で構成する産学連携チームは、靱性を向上させるべく、0.6%以上の炭素量を含む高炭素鋼を素材とする高硬度部品が、粒界破壊（鋼中の結晶粒界に沿う割れ）を生じ易いことに着目し、その解消を目指す研究を進めた。その成果として、高炭素鋼の弱点であった結晶粒界を強化し、さらに結晶粒内の組織状態を適正化する合金成分と熱処理条件を見出した。さらに硬度と靱性のトレードオフを克服した高炭素鋼TOUGHFIT™を開発した。同鋼は、図3に示すとおり、焼入焼戻しによる700HVの高い硬さ状態において、従来の同等硬さの鋼材に比べて約10倍以上の靱性値を示す。

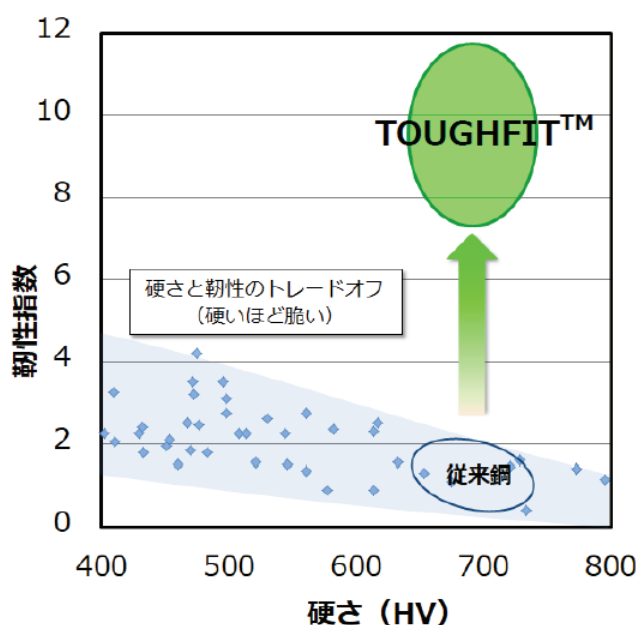


図3 鋼材の硬さと靱性との関係

### 4. 最後に

カーボンニュートラル社会の実現に向けて、当社は、自社の製造工程における CO<sub>2</sub> 排出量を削減していく。さらに自動車のEV化進展等に伴う部品の小型・軽量化など、環境負荷低減に繋がる製品・技術へのニーズがさらに高まってくると思われる。当社は、部品の長寿命化や部品製造工程の省略・簡略化等の材料特性をさらに強化したエコプロダクトの実装と一層の普及を図ることで、社会のあらゆる段階での CO<sub>2</sub> 排出削減とカーボンニュートラル社会の実現に貢献していく。

### 5. 出典

- 1) 我が国の2050年カーボンニュートラルに関する日本鉄鋼業の基本方針、日本鉄鋼連盟（2021）
- 2) 山陽特殊製鋼レポート 2022（統合報告書）  
<https://www.sanyo-steel.co.jp/social/csr2022.php>
- 3) 山陽特殊製鋼 News Release（2021年10月25日）  
[https://www.sanyo-steel.co.jp/system/upload/news/hp\\_211025\\_r.pdf](https://www.sanyo-steel.co.jp/system/upload/news/hp_211025_r.pdf)
- 4) 山陽特殊製鋼 News Release（2023年3月30日）  
[https://www.sanyo-steel.co.jp/system/upload/news/20230330\\_news.pdf](https://www.sanyo-steel.co.jp/system/upload/news/20230330_news.pdf)

（材物 1994年卒 1996年前期）