

EMS ソリューションと鑄造分野への適用

丸田 悠理*

近納 俊之**

1. はじめに

2015 年 12 月の「パリ協定」(COP21) の下、日本は国際社会に対して、「温室効果ガスの排出を 2030 年に 2013 年比 46 % 削減」、「2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指す」ことを宣言している。2020 年 12 月に経済産業省を始めとする関係省庁が「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を策定し、エネルギー供給サイドである電力部門の脱炭素化を大前提とした再エネルギー、水素・アンモニア等の新エネルギー、火力 + CO₂ 回収等、あらゆる選択肢を追求していくことを掲げている。一方で、エネルギー需要サイドの電力部門以外（産業・運輸・業務・家庭部門）においては、電化を中心とした電力需要が増加することが見込まれており、省エネ関連産業を成長分野として育成していくことを掲げている。

2023 年 4 月から施行されている改正省エネ法では、需要側のカーボンニュートラルに向けたイメージと取り組みの方向性として、化石エネルギーから非化石エネルギーへの転換を図ると同時に、徹底した省エネ強化と電気の需要の最適化を図ることを掲げている。

このような国際的、国内的な動向に対応するために、エネルギーの効率的な運用、エネルギーの最適な制御に重要な役割を果たすのがエネルギーマネジメントシステム（EMS : Energy Management System）である。

（1）鑄造分野の事情・課題

先に述べた背景のもと、鑄造分野においても様々な取り組みが図られているが、特に誘導炉を用いた溶解工程を有する企業では、工場で使用される電気エネルギーの約 6 ~ 7 割が誘導炉で消費されているといわれており、このエネルギー削減に向けた誘導炉の効率的な運用を実現することが課題となっている。

図 1 に鑄造分野における各社の溶解工程での単位重量当たりの使用電力量 = 電力原単位について示す。1 バッチ当たりの電力原単位は ① 理論上の金属溶解エネルギー + ② 溶解設備エネルギー損失 + ③ 操業方法によるエネルギー損失にわけられる。① は金属の物性値であるため溶解温度を下げない限り低減することは困難である。② は設備メーカーが迫及する設備効率に相当する。富士電機では誘導炉メーカーとして、より高効率な設

* 富士電機株式会社 H. Maruta

** 富士電機 IT ソリューション株式会社 T. Konno



PID 制御の基礎と加熱装置での留意点

田中 雅人*

1. はじめに

本稿では、汎用調節計（温調計）で採用されている PID 制御について解説し、さらに加熱装置に特有の代表的な留意点について紹介する。

2. PID 制御の基礎と特徴

2.1 加熱装置に利用される汎用調節計

汎用調節計は、主に産業界から産業界に販売されるいわゆる BtoB の製品であり、調節計メーカーから製造装置メーカー、エンドユーザーへと大量に流通する制御技術である。この場合、厳密には BtoBtoB になるのであるが、汎用量産品としての流通形態を取りながら、その「流通できる制御技術」でなければならないという制約の中で、制御のソリューションを実現している。

さて、汎用調節計とは「大量に流通できる制御技術」なので、PID というシンプルな制御方法をベースとして、熱電対や测温抵抗体という一般的な計測装置と組み合わせた温度制御系を構成するための「コントローラ製品」である。したがって、汎用的でありながら有用であることの理由を、感覚的にでも把握することが大切である。

2.2 制御対象に合わせる調整の意味

PID 制御とは典型的なフィードバック制御手法であり、目標状態と制御対象で計測される状態量の誤差がある場合に、その誤差を修正するように制御指令を出力する機能がコントローラの役割である（図 1 上段のブロック図）。ここで、目標状態を設定値 SP 、計測される状態量を制御量 PV 、両者の誤差 $SP - PV$ を偏差 ER と表記するものとする、PID 演算とは偏差 ER に基づいて、合理的な操作量 MV を出力する計算である（図 1 下段）。

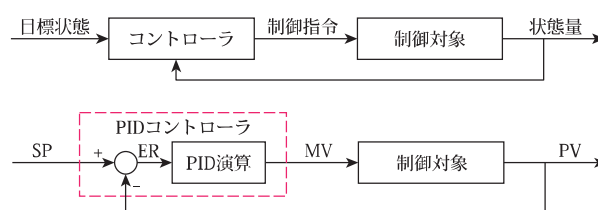


図 1 PID コントローラと制御対象の位置

PID 演算は、比例 P 、積分 I 、微分 D の組み合わせであることは周知のとおりであり、各動作の程度を調整するためのパラメータとして、比例帯 P 、積分時間 I 、微分時間 D が備わっている。

まず、これらのパラメータが、制御対象の特性に合わせて調整される必要があることの理論的な

* アズビル株式会社 M.Tanaka 連絡先 E-Mail アドレス : m.tanaka.wz@azbil.com



スターリングエンジンの概要と用途事例

濱口 和洋*

1. はじめに

日本におけるスターリングエンジンの開発は、1980年代から1990年代にかけて当時の通産省ムーンライト計画等により盛んに行われたが商品化されることはなかった。その後、新たな企業により開発が進められ、木質バイオマス燃焼発電、工場等の各種廃熱発電に供されたエンジンもあったが、未だ商品化されていない。したがって、その本格的な運用は、図1に示すスウェーデンKockums製エンジン（軸出力75kW、熱効率38%）を搭載した2009年就役の「そうりゅう」型潜水艦が初めてであり、2021年の10番艦まで就役した。同型潜水艦には、潜水時の無給気推進用発電機として4基のスターリングエンジン駆動発電機（常用発電出力60kWe×4）が搭載されている。

民生用としては、発電出力1kWe及び7kWe級のフリーピストンスターリングエンジン発電機が輸入販売され、木質バイオマス燃焼発電や廃熱回収発電等に利用されているが、それほど多くはない。

欧米においては、本エンジンの有する熱源の多様性と静粛性より、家庭用コージェネレーションシステムである小型CHP（Combined Heat and Power）ユニット、木質バイオマス燃焼発電給湯ユニット、太陽熱発電システムなどの用途開発が

なされ、一部は商品化そして量産化されたものの、いずれも大きな流れには至っていない。しかし、ここ数年来、欧米を中心に、新たなエンジンの商品化、さらには様々な用途開発がなされている。

本稿では、スターリングエンジンの特徴、商用スターリングエンジン、さらに用途事例を紹介し、日本における本エンジンを用いた廃熱利用発電の可能性について述べる。

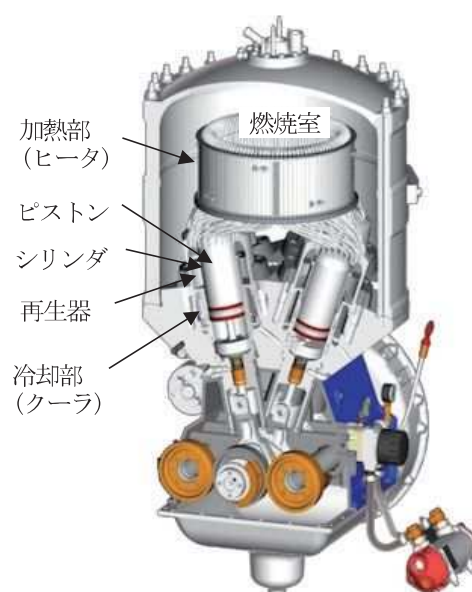


図1 Kockums のV4 気筒複動エンジン¹⁾

* NPO 日本スターリングエンジン普及協会・理事長 明星大学・名誉教授 K. Hamaguchi
連絡先 E-Mail アドレス : hama-k@muf.biglobe.ne.jp

高 Cr 合金鋼の窒化特性

～ CrN の生成による硬化と耐食性の劣化， 拡散層内での異種炭化物の生成～

仁平 宣弘*

1. はじめに

クロム (Cr) は、鋼に添加することによって多くの効果をもたらすことから、合金鋼には欠かせない最も重要な合金元素である。高 Cr 合金鋼とは、10 % 以上の Cr を含有する合金鋼のことをいい、各種ステンレス鋼や一部のダイス鋼 (SKD1, SKD11) がこれに該当する。

鋼を焼入硬化させるためには炭素 (C) が必要であり、高い硬さを要求される鋼種はその含有量も多い。Cr は C との親和力が大きいことから、鋼中では C との化合物である硬質の Cr 炭化物を形成しており、これが耐摩耗性を高めている。C 含有量の低い鋼種は、オーステナイト系ステンレス鋼やフェライト系ステンレス鋼など主に耐食性を必要とするものに適用されている。

窒化は変態点以下の低温で処理されるため、処理に伴う変形が小さいこと、最近ではカーボンニュートラルの実現への期待も大きいことから¹⁾、浸炭焼入れからの転換など適用事例が増加している。高 Cr 合金鋼は、Cr の効果によって高い硬さが得られることから、耐摩耗性向上を目的として窒化処理を施す事例が増加している。しかし、Cr 炭化物の相組成は C 含有量によって変化するため、窒化特性に及ぼす影響が非常に大きい。

本稿では、はじめに高 Cr 合金鋼に存在する炭化物の種類を示し、窒化処理に伴う炭化物の変化、CrN の生成、窒化硬さや硬化層深さに及ぼす炭素量の影響、耐食性劣化などを解説する。

2. 高 Cr 合金鋼に存在する炭化物

図 1 に Fe-Cr 炭化物系の常温での平衡状態図を示すように²⁾、Cr 量と C 量の比率によって生成される炭化物の相組成は異なってくる。すなわち、C 量が少なく Cr 量が多い場合は Cr 濃度の高い $(\text{Cr, Fe})_{23}\text{C}_6$ であり、Cr 量が同じでも C 量が増加すると $(\text{Cr, Fe})_7\text{C}_3$ から $(\text{Cr, Fe})_3\text{C}$ に変化する。一例として、C 量の異なる 13Cr 鋼から抽出さ

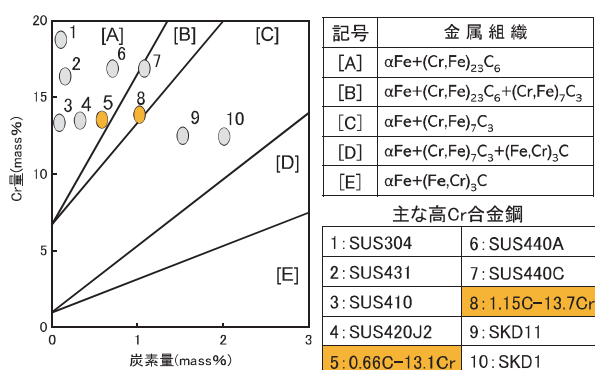


図 1 Fe-Cr 炭化物系の常温平衡状態図

* 仁平技術士事務所 所長 N.Nihira 連絡先 E-Mail アドレス : nobu1031@kna.biglobe.ne.jp