

# 油の流れを整え 真空浸炭の品質アップ

## 冷却油の流れを均一化させ、 真空浸炭処理品のバラツキを低減

真空浸炭処理プロセスには、減圧下で昇温して処理品の表面に炭素を拡散浸透させた後、急冷（焼き入れ）して表面硬度を上げる工程がある。この焼き入れ工程で、冷却媒体（油）の流れの最適化を図った。処理品のひずみ・硬度のバラツキを抑え、生産性向上に寄与できる。

株式会社 IHI 機械システム

真空新素材炉事業部 設計部

坂本 治



真空浸炭炉 外観



拡大写真  
(油攪拌モーター)

### 熱処理

熱処理は自動車部品をはじめ、建設機械、工作機械、航空機部品など幅広く用いられている金属の性質を変える方法の一つである。

近年、熱処理は環境負荷低減を図るため、ガス雰囲気での処理から真空での処理に移行している。その理由として、排気ガスを出さないこと、真空断熱により熱源（ヒーター）の熱ロスが少ない点が挙げられる。これらの点から環境に優しく、省エネルギーであるとの評価を受け、ガス雰囲気処理から真空処理への置き

換わりが進んでいる。

特に真空浸炭処理は、比較的安価な金属材料で表面硬度を上げられ、耐摩耗性向上に寄与できるため、その需要は各産業分野で増えつつある。今後も国内にとどまらず、海外の需要拡大も見込まれている分野である。

### 真空浸炭の品質

熱処理といってもさまざまな処理が存在するが、ここでは、熱処理の一つである真空浸炭処理について説明する。



油槽内ダクト



処理品の荷姿

真空浸炭とは減圧下で鋼の表面に炭素を拡散浸透させる熱処理である。この処理の直後、鋼を冷却媒体で急冷（焼き入れ）し、表面硬度を上げることで耐摩耗性の向上に寄与する。比較的安価な材料でも表面の耐摩耗性が向上するため、自動車部品のギヤなどの量産品でその処理が行われている。

品質面の要求は次の3点が挙げられる。

- ① 有効浸炭深さが均一であること
- ② 表面硬度が規定値内であること
- ③ ひずみが規定値内であること

このうち、①は、処理品の温度バラツキが少ない状態で処理することで実現できる。しかし、②と③は、さまざまな金属材料・処理品形状・処理品の設置方法の条件に加え、冷却媒体、処理品に冷却媒体が接触する状況などによって大きく変化するため、冷却媒体の選定や処理品に対する冷却媒体の流れの適正化が重要となってくる。

## 冷却媒体（水・ガス・油）

処理品を急冷するための冷却媒体は、三つに分類される。一つは水、一つはガス、そして油である。

これらのうち、処理品の熱を最も奪いやすい冷却媒体は水である。しかし冷却が速すぎるため、冷却ムラが発生しやすく金属の焼き割れも起こりやすい。

逆に最も冷却能力が低い冷却媒体はガスで、主に窒素ガスが多く使用される（窒素ガスは安価で入手しやすく、安全性が高い点から使用されることが多い）。ガス冷却は大気圧程度では焼き入れ性が悪く、品質の要求を満足できないことが多い。10～20気圧

程度まで昇圧した高圧冷却を行うことで、十分な焼き入れも可能となる。しかし、高圧容器が必要であり、焼き入れ性の良い材料を選択するなど、その要求品質を実現するためには多数の条件が必要となる。

最後に油であるが、水とガスの中間の冷却能力がある。焼き割れや硬度のムラ・低下などの問題を比較的容易に解決することができる媒体である。油の場合、温度を調整することで、幅広い処理品に対応可能である。油の温度を上げて冷却するとひずみを低減でき、焼き入れで硬化しにくい部品を油の温度を下げた状態で所定の硬度にすることができるなど、比較的容易に調整が可能で、油は処理品の品質の安定化に寄与する。日本国内で真空浸炭の冷却媒体は油が主流となっており、株式会社 IHI 機械システム (IMS) 製真空浸炭炉の冷却工程も油冷却を標準としている。

## 冷却媒体（油）の流れが品質に与える影響

冷却媒体で油を使用するメリットは前述のとおりであるが、油であれば必ず一定の品質を得られるわけではない。金属の材質や質量、焼き入れする部品の形状や投入数量、投入時の部品の向きや積み込み方などによって、焼き入れ硬度は同じロットでも部位ごとで変化する。品質は各部品に定められたひずみと硬度の基準に入ることが必須条件となる。油の流量のみ大きくしても、処理品への流れが一定でなければ、硬度・ひずみのバラツキは大きくなり、不具合となる。

したがって油冷却における重要な点は、攪拌機で発生させた流れを整流し、均一に処理品に接触させることである。

## 油の流れの改良に向けて

ある部品を現在の攪拌機構で焼き入れを行った際、ひずみと硬度のバラツキが大きく、要求品質の許容範囲に収まらない結果がでた。この事象を現状の攪拌機で解決すべく、まず実施した対策はロットごとの積載数量を減らし、冷却媒体の流れを良くすることである。この対策によって、硬度を確保することができた。次にひずみのバラツキを低減する対策として、流量分布の調査を行い、流量が小さい場所に部品を設置しないことにした。その結果、ひずみ・硬度のバラツキを要求品質内に収めることができた。しかし、品質は維持できたが1ロット当たりの処理数量が少なくなったことで、部品のコスト単価が上がる結果となった。そこで、ロット数量をこれまでと同等でも要求品質を満足できるよう、油攪拌の能力向上を目指すことにした。

既設設備の一部改修も視野に入れ、整流ダクトの最適化を検討した。

## 既設油攪拌ダクトの問題点

既設油攪拌ダクトの問題点は、攪拌機の回転方向に流れが偏る点にあった。これまで主に処理される部品は自動車用のギヤ部品で、その多くが材質・形状的に焼きが入りやすいものであったため、冷却媒体である油の流れの均一化を図る必要性がなかった。換言すれば、要求品質が保たれていたため、油の流れを注視できていなかった。

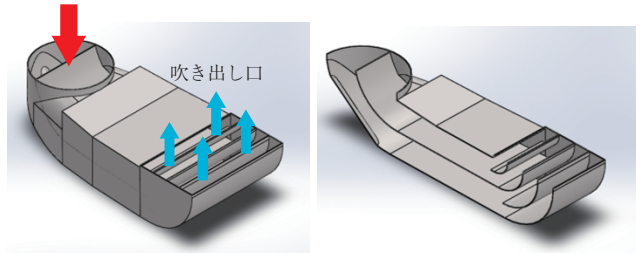
今回、処理の対象となる部品は、シャフト部品で材



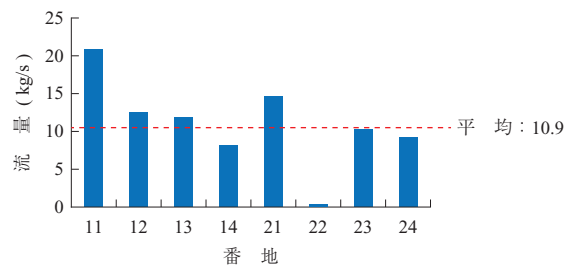
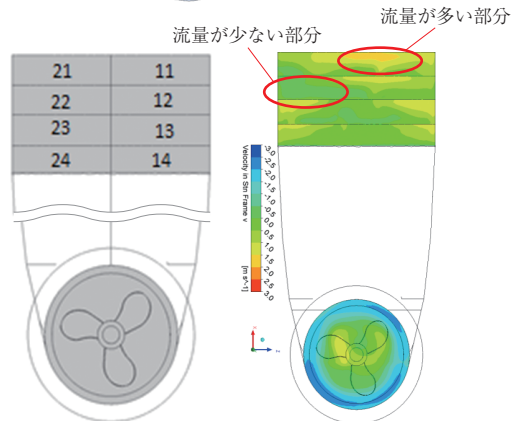
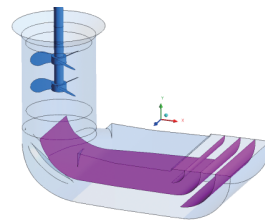
流れに偏りがあり、流れやすい側にこぶ状の盛り上がりがある

既設油攪拌ダクトでの油流れ

油の流れ向き



流れの入口から吹き出し口まで断面積が縮小しないダクト  
(縦の仕切りなし)

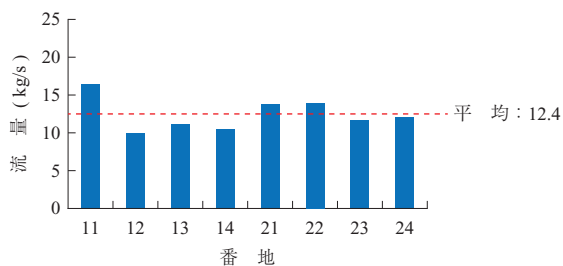
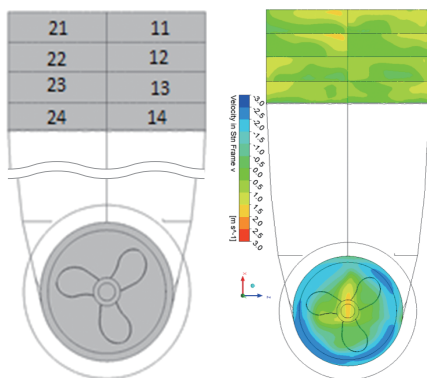
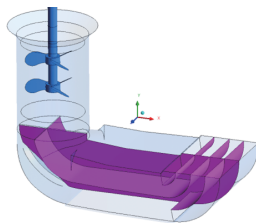
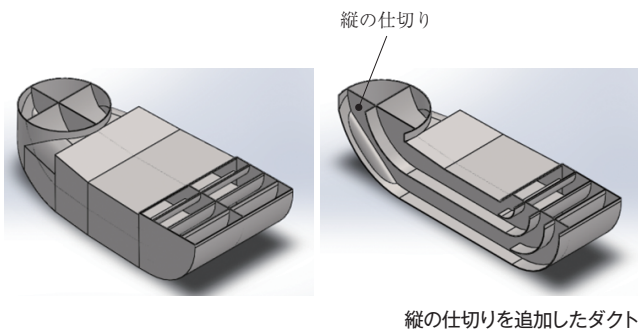


縦の仕切りがない場合の流れ解析の結果と各吹き出し口の平均流量分布

質的にも焼きが入りづらいものである。また、シャフトは立てて隙間なく詰め込まれるため、油が流れにくい状況である。よって、油が処理品に均一に接触するようにし、かつ流れにくい部分は、全体に流速を上げる対策が必要となった。

## 新規ダクト形状の検討

ダクト形状の最適化を検討するため流体シミュレーションを実施した。



縦の仕切りを追加した場合の解析結果と各吹き出し口の平均流量分布

既設油攪拌ダクトでの油流れには、偏りがあった。これを改善するためにまずはプロペラを収容している円筒からダクト吹き出し口まで、断面積が縮小しない構造を検討した。具体的には、円筒からダクト吹き出し口までの 3D モデルを作成し、油が流れる各断面を細分して個々に面積を確認し、縮小のない形状ができるまでモデルの修正を繰り返した。その結果、流れの入口から吹き出し口まで断面積が縮小しないダクトのモデルが得られた。

この構造体で流れ解析を実施した。その結果、流量

が多い部分と少ない部分が明らかになった。また、各吹き出し口の流量分布も得られた。流量は均一になりつつあるが、まだ偏りがあり、流量が多い部分と少ない部分の差が大きい結果となった。

そこで、プロペラを収容している円筒からの流れをダクト入口部で分断することを狙って、ダクト内部に縦の仕切りを設置するモデルを考案した。

この形状で解析を行った結果、細分化した吹き出し口の流量は一部突出している部分はあるものの、ほぼ均一になった。

良好な解析結果が得られた縦の仕切りを追加したダクトを製作した。実機に搭載し、検証した結果、既設ダクトに見られた局所的な油の盛り上がりがなく、流れが均一化された。

### 今後の展開

現在、この解析結果と実機による処理品の品質との整合性を注意深く比較・検討中である。解析結果と実機との整合性がとれ次第、IMS 標準真空浸炭炉に展開していく。標準機での基本性能向上によって、より幅広い条件での処理に対応できる機種に発展させていきたい。

#### 問い合わせ先

株式会社 IHI 機械システム  
真空新素材炉事業部 設計部  
電話 (058) 379-1306  
URL: www.ihico.jp/ims/