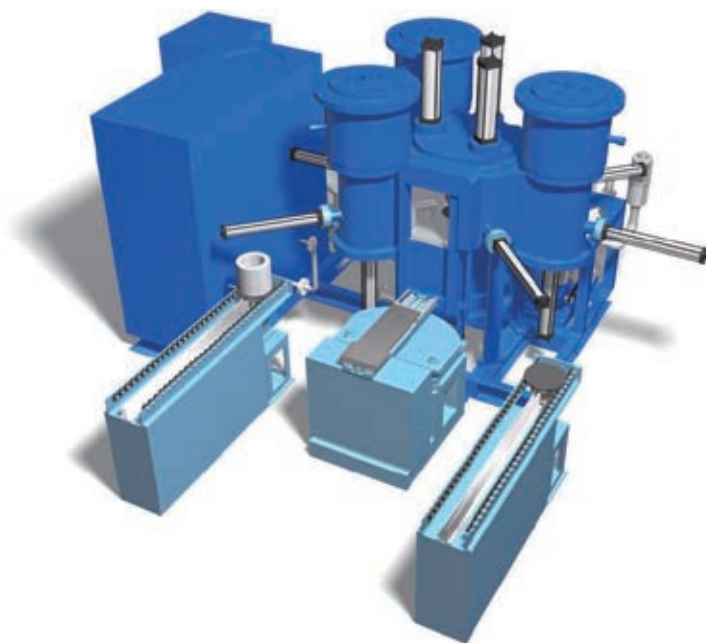


インラインで熱処理!?

次世代型真空熱処理装置

従来、部品製造における熱処理は、加工ラインから離れて別区画で行うことが当たり前であった。IHI と IMS では、独自のミスト冷却技術によってこの常識を覆し、加工ラインに組み込むことができる「インライン熱処理装置」を開発した。



インライン熱処理装置

熱処理工程

食品、洗剤などの生活関連用品、化学工業製品、機械部品、自動車など産業界にはさまざまな工場があり、工場の中には製品ごとにもものづくりの流れがある。そのものづくりの流れはプロセスや工程と呼ばれ、その流れの中には必ずといっていいほど熱を加えるプロセス、すなわち熱処理工程がある。ものづくりに熱処理工程は大変重要な工程である。IHI と株式会社 IHI 機械システム (IMS) では、ものづくりを通じて社会の発展に貢献するため、数々の熱処理技術を提供してきた。機械部品の熱処理工程を例にその役割を説明する。

熱処理とは、加熱・冷却によって素材の性質を変化させる処理のことである。金属部品の熱処理には、性

質改善と表面改質の2種類がある。性質改善の熱処理は、部品全体の性質を硬くさせたり、部品に加工する過程で生じたひずみを取り除いたり、部品内部の組成分布を均一にして壊れにくくしたりする工程である。表面改質の熱処理は、部品の表面の性質や状態を変えるプロセスで、表面を硬くさせたり、強くさせたり、滑らかにさせたりするための処理である。

熱処理の基本操作は「熱して、冷やす」ことであるが、熱し方で重要なことは、炉の測定温度ではなく部品全体の温度を、目的の温度に近づけることである。一方、冷やし方は改善後の性質を決めるうえで極めて重要である。性質改善においても表面改質においても、部品を硬くさせる場合には、しばしば超急冷が求められる。

部品に熱を加えそして冷やすことで、部品は膨張し

た後に収縮する。このため、部品は熱処理前に比べてひずむことになる。このひずみのぐあいを最小にすることが冷やし方のノウハウである。ひずみは、冷却中に発生する冷え方の差による温度のばらつきが主な原因で発生する。高い温度の金属を冷やしていくと、マルテンサイトと呼ばれる硬い組織が生じてくる。この組織が生じる温度まで冷える直前で、処理品全体の温度を均一にして、その後、急冷する方法が最もひずみの少ない方法として知られている。



加熱とミスト冷却の様子

工場の中では

一般的に、熱処理は窒素雰囲気中で加熱し、油の中に漬け込み冷却する。この方法が熱処理全体の9割近くを占める。この処理法は設備費が安価で、大量生産を行ううえで極めて処理効率が低い。しかし、油冷却は油の総量規制のある消防法によって設置場所の制限が発生する。このため、大量処理を行う必要がある場合は、熱処理設備を一か所に集めて熱処理区画・熱処理場を設けるか、アウトソーシングするかに分かれる。

一方、その他の部品製作の流れは、切断、切削、穴開けなど連続であり、熱処理だけが部品を大量に集めて処理されていることになる。これは、部品の流れがこの熱処理で途切れることを意味している。

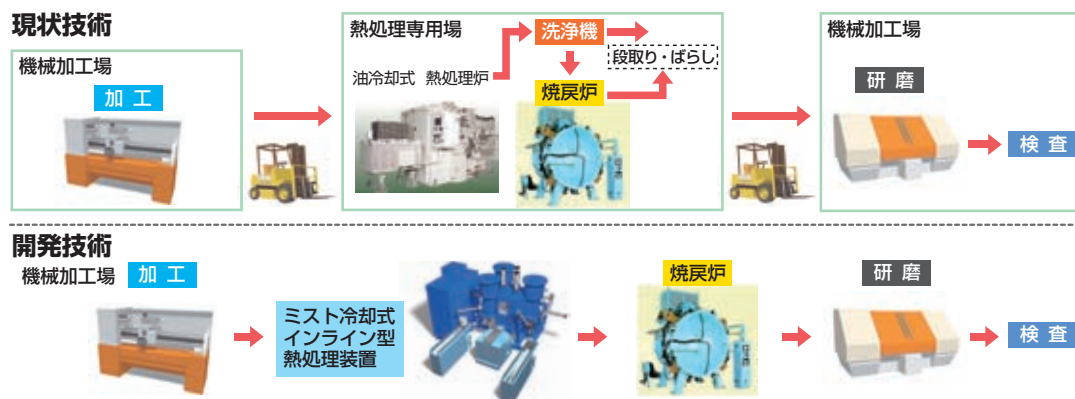
大量生産時代は、部品製作の流れがこの熱処理で途切れていても問題はなかった。熱処理前後の工程で処理区画が別区画になることで、多数のラインから来る熱処理を待つ部品を大量に集めて、一気に熱処理を行いそれぞれの工程に戻すことで、工場の部品の流れの動線とコストの両面からメリットが生まれていたから

である。この時代からも、1品処理、少数生産処理のために、熱処理工程を加工の流れの中に組み込みたいとの要望はあったが、コスト上、区画分離にかなう方法はなかった。

しかし、昨今、大量生産ラインの規模が見直され始めている。安定的な生産が考えにくくなっているためだろうか。自動車業界では、ベース生産10万台ラインから1/10規模のラインを検討している会社もあるといわれている。熱処理工程も従来の考え方から脱却し、低コストで1品処理・小ロット処理の実現が切望されている。

IHI が提供する新しい考え方

熱処理工程を加工の流れの中に組み込むためには、1品当たりの熱処理時間とシステム総コストを従来以下にしなければならない。IHIは、独自開発したミスト冷却技術を基に、処理工程を加工の流れの中に組み込むことができるシステム「インライン熱処理装置」を開発した。



熱処理工程の比較

◆ミスト冷却法による超急冷および冷却速度制御

従来、熱処理装置に使用されている冷却方法は油冷却か、不活性ガスを利用したガス循環冷却である。油冷却は冷却能力が高く幅広い鋼種に対応できる。しかし、冷却能力を細やかにコントロールすることが難しく、部品のひずみを特に嫌う部品では問題になることがある。ガス循環冷却は、冷却能力は必ずしも高くないが、冷却速度をコントロールすることに優れており、わずかなひずみも問題になる部品の処理には適している。油冷却法とガス循環冷却法の利点と欠点がまさに逆になる。

IHI が開発したミスト冷却技術とは、2種類の霧を制御しながら噴霧する方法である。

油冷却法と同じ気化潜熱を利用した冷却法で、冷媒に水を使うので油冷却法の倍以上の冷却能力がある。粒の大きな霧で部品を超急冷させ、粒の小さな霧で冷却速度を制御する。超急冷とガス循環冷却法同様の制御性の両方を実現させた冷却技術である。つまり、油冷却法とガス循環冷却法の良いところ取りといえる。しかも、油の洗浄工程が不要になる。

さらに、途中で冷却を停止させる方法や、10秒程度の短い時間で噴霧と停止を繰り返すパルス冷却法などの新しい冷却法が可能になる。中間停止冷却法では、マルテンサイトと呼ばれる硬い組織が生じる前に全体の温度を均一にさせる冷却が可能である。また、パルス冷却法においては、処理品全体の温度差を軽減しながら冷却することが可能となり、ひずみを小さく抑える処理技術として期待される。

◆容易なレイアウト変更

(1) ユーティリティフリー

従来、熱処理炉を設置するためには、電源、冷却水、窒素ガス、表面改質に用いるアセチレンなどの材料ガスのそれぞれの供給ラインとつなぎ込まなければならなかった。本熱処理システムでは、水を冷却する機器を含む冷却水循環式を採用し、窒素ガスは発生装置で賄い、材料ガスはボンベにて供給できるようにして、工場の供給ラインとつなぎ込むのは電源ラインのみとした。

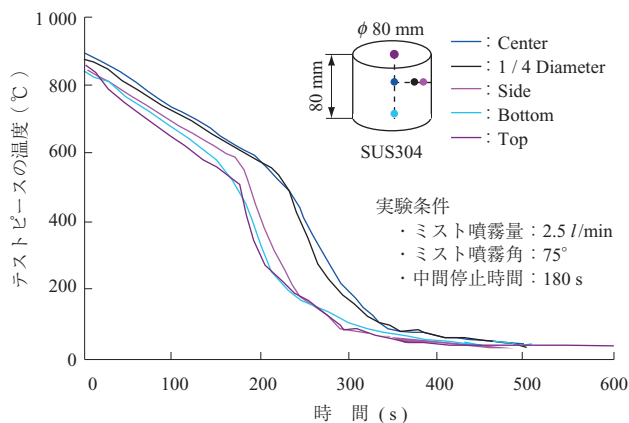
これまで、お客さまは熱処理炉本体の費用以外に電源工事、冷却水設備、ガス導入設備、基礎工事などのユーティリティの費用を負担する必要があったが、本熱処理システムは本体費と電源工事費以外の工事費用を考える必要がなくなった。このため、イニシャルコストにおける設備本体費の割合が高く、お客さまが導入しやすくなる。

(2) ポータビリティ

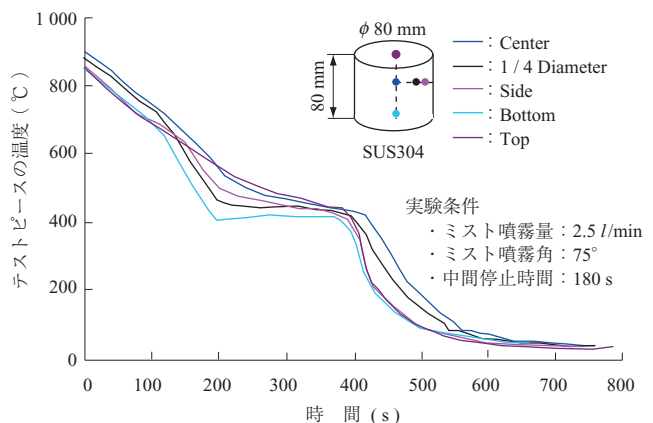
お客さまにとって配置計画は重要な課題である。従来の設備は一度設置した設備を動かすことは容易にできなかった。また、移動した場合には設置後の手直しやユーティリティの再配置などでかなりの費用が発生していた。そのために、熱処理設備はラインの組替えなどを容易に検討できないといわれてきた。

容易に移動できるベースフレーム一体組付に加え省スペース化を実現し、装置を自由に再配置することを可能にした。

(a) 中間停止なし



(b) 180 s 中間停止冷却



中間停止冷却

(3) システムの小型化

処理速度を高めるためには多室構造が適している。しかし、多室構造ではシステムが大きくなってしまふ。そこで、中間室を挟んで加熱室を上方へ、冷却室を下方へ設置する3層構造のシステムを開発した。しかし、3層構造では搬送機構が複雑になりトラブル発生のリスクが高くなる。そのため、動く部分は単純化し、機能部品は必要最低限に絞り込んだ。

たとえば、搬送にはシリンダを採用し、水平移動はプッシングのみとした。また、各室のシールは昇降シリンダに接続されるふたを利用した。加熱室のシールふたは真空シールと熱シールを兼用した。

この搬送機構の簡略化は、装置の容積を小さく抑えることができ、真空排気時間が短くなり、バッチ当たりの処理時間の短縮につながる。その結果、加熱完了から冷却されるまでの時間 16 秒台を達成し

(a) 芯部



(b) 表面付近



SCr420H ミスト冷却後の組織

た。超急冷の必須条件は 20 秒以内であり、本システムでは 3 秒以上短縮できている。油冷却のバッチ型設備ではこの時間をなかなか達成できない。

この部品数ミニマム化は良いことづくめで、コスト低減も実現した。

◆容易なメンテナンス

メンテナンス頻度の高い装置主要箇所は加熱室であり、従来設備では補修・交換工事にはかなりの費用と工事期間を必要とした。しかし本システムは加熱室をカートリッジ式とし、予備の加熱室をもつことで、短時間で容易に交換ができる。

以上のように、本システムは従来設備に比べ、優位性を発揮できる点を多くもっている。

実際にこの熱処理システムで採取したデータを紹介する。

ギア部品に使用される材料 SCr420H を超急冷試験した結果、ビッカース硬さは表面付近で約 500 HV、中心部で 340 HV 以上を達成した。この組織を観察すると、表面付近ではマルテンサイト（硬化組織）がはっきり確認できる。中心部でもマルテンサイトが観察できる。油冷却法では、ビッカース硬さ 300 HV を超えるのは難しく、またこの深さではマルテンサイトにはならずベイナイト組織が析出される。ミスト冷却の優位性がはっきり確認できた。

この画期的な熱処理システム「インライン熱処理装置」をもって世界の市場に挑む！！

問い合わせ先

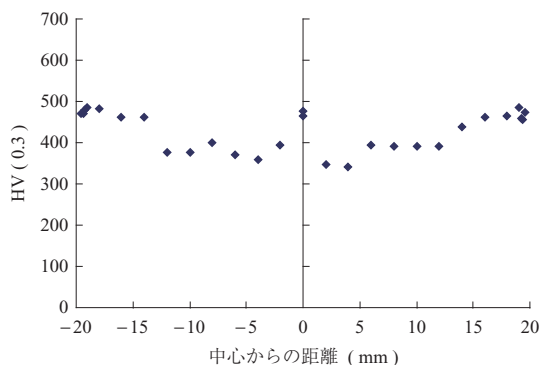
株式会社 IHI 機械システム

真空・新素材炉事業部 営業部

電話 (058) 379-1310

URL: www.ihico.jp/ims/

(a) SCr420H (φ40×50) U 曲線



(b) SCr420H (φ60×60) U 曲線

