日刊工業新聞
年月日 17 05 26 ページ 10・11 NO.

品質・環境面で効果が期待される 真空熱処理技術

真空熱処理技術は容易に酸化を抑制することができる利点に注目され、さまざまな熱処理に適用されている。中でも浸炭焼き入れへの適用が最近注目されており、その背景と特徴を解説する。さらに機械加工工場にインライン設置できる、小ロット型真空浸炭設備についても解説する。

中外炉工業　理事
熱処理事業本部
熱処理事業部
大下　修

浸炭焼き入れへの適用

工業的に広く用いられている歯車やベアリングなど、過酷な使用条件に耐える製品に適用される代表的な硬化熱処理として、浸炭焼き入れがある。これは炭素を含有した鉄鋼を急冷すると硬化することを利用し、炭素を浸透させた後に急冷することで、内部はじん性を保ったまま、表層のみを硬化させる熱処理プロセスである。この浸炭焼き入れは、ほとんどがガス浸炭であったが、昨今では真空浸炭で行われるケースが増加しつつある。

ガス浸炭は炭化水素ガスから変成した、浸炭性ガス中で加熱して炭素を製品内部に浸透させ（浸炭）、その後急速に冷却し（焼き入れ）炭素濃度に応じた硬さを得る処理法である。

一方、真空浸炭は1キロパスカル程度の減圧状態の炉内にアセチレンなどの炭化水素ガスを直接導入して、製品表面に炭素を供給する処理方法である。次に真空浸炭の特徴をガス浸炭と比較して解説する。

①製品の品質向上

第一の特徴は、酸化異常層が発生しないことである。これにより表面硬さ低下の防止や耐摩耗性の向上、表面残留圧縮応力による疲労強度の向上が図れ製品寿命が改善できる。

第二の特徴は、製品の浸炭バラつきが小さくなることである。真空浸炭では、全ての製品が同じ温度になってから、炭化水素ガスを導入し浸炭が開始されるため、製品への炭素供給量のバラつきが非常に小さい。

②コスト

真空浸炭は製品表面への炭素供給が速く、短時間で浸炭処理が行われるので、生産性が向上しランニングコスト低減につながる。一方、設備には真空容器が必要なことから設備コストは高価となる。

③安全・環境改善

ガス浸炭で使用する浸炭性ガスは可燃性のガスであるため、熟練した作業者が取り扱う必要がある。一方、真空浸炭は少量の炭化水素ガスを酸素のない炉内で使用するため、安全で扱いやすい。また二酸化炭素（CO_2）の排出量についても、改善される。ガス浸炭では浸炭に必要な炭素量の数十倍の浸炭性ガスを使用するが、真空浸炭では浸炭する時間のみ、必要な炭素量の2－3倍程度のガスを導入すればよい。

④労働環境の改善

ガス浸炭設備は昇温に加え、炉内ガス雰囲気の調整などの設備起動に時間がかかるため、年3回の長期休暇以外は連続で操業するユーザーも多い。

これに対し真空浸炭設備は、立ち上げボタンを押してから1時間程度で操業準備が完了し、停止についても生産終了後直ちに電源をオフすることができる。これにより作業者の拘束時間の短縮や、土・日曜日の休業も可能となり、ワークライフバランスの改善も期待できる。また工場内で炎が発生しないことや、炉本体が水冷されていることから、ガス浸炭に比べて、熱処理工場内の酷暑環境が大幅に改善される。

⑤簡単な操作

操作が単純かつ安全で再現性が良いことで、新規設備立ち上げ時の操炉習得がやさしいことから、海外展開にも適している。

一方、真空浸炭にもいくつかの品質上の課題がある。

先に真空浸炭の特徴として、製品表面への炭素供給速度が速い点を述べたが、これに起因して、セメンタイトが析出し製品寿命が短くなる。それを避けるために、時間をかけてセメンタイトを消失させる必要がある。

真空浸炭のもう一つの課題として、煤の発生があげられる。ガス浸炭に比べて煤が生成されやすく、浸炭計算で適正な浸炭ガスの導入量設定を行い、過剰な浸炭ガスの導入を避ける必要がある。

図1 バラつき低減の効果

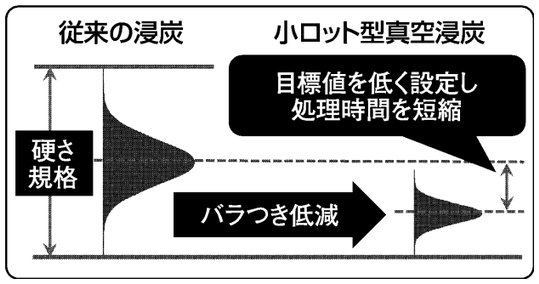
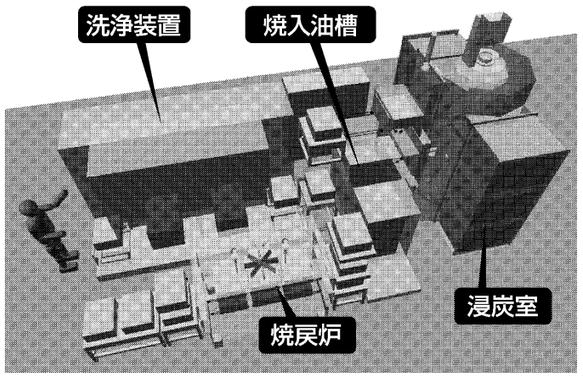


図2 小ロット型真空浸炭設備



課題と展望

以上、真空浸炭の特徴を述べたが、真空浸炭プロセスが発案されてから十数年経過した現在でも、ガス浸炭に取って代わったとは、決して言うことはできない。これは適用が難しい製品があること、または適用可能な製品でも、真空浸炭用に処理条件を再度作り上げる作業に、非常な労力を必要とすることなどが要因である。

一方、新規製品の熱処理ライン立ち上げ時に真空浸炭を検討し、優位と判断した場合には採用しているケースも多くあり、間違いなく適用範囲は拡大している。

（次ページ下段に続く）

真空熱処理技術

熱処理への要望

また真空浸炭の採用は、別の切り口からも検討が行われている。表に示す「熱処理への要望」に対する、取り組みの一例を紹介する。

熱処理への要望

① 物流改善と在庫削減 ・機械加工⇔熱処理の物流削減 ・工程内の仕掛かり在庫の削減
② 小ロット生産 ・処理時間短縮 ・効率的な処理による採算性
③ 高品質化 ・浸炭バラつきの低減 ・焼き入れ歪みの低減

①物流改善と在庫削減

多くの場合、熱処理は長時間を要するので処理材はまとめて処理されている。また防火対策などの理由により熱処理工程は、機械加工工場とは別の熱処理専用工場で行われている。それによって、運搬や工程途中の仕掛かり在庫をもつ必要があるが、熱処理設備を機械加工工場に設置し、前後の加工工程とインライン化できれば工場内の物流が簡素化されて、在庫も削減でき総合的なコストの低減が期待できる。

②小ロット生産

製品の多品種多様化の流れの中で、熱処理部品も多様化しており、熱処理プロセスも多様化している。そのため小ロットを、効率的に処理できる設備が期待されている。

③高品質化

自動車部品では燃費向上や低コスト化を背景に、軽量化や高強度化への要求が強い。また熱処理歪み、浸炭バラつきや硬さバラつきに対する要求は、ますます厳しくなっている。これらを可能にするには、小ロット型真空浸炭設備が適していることから、検討や開発が進められている。

小ロット型真空浸炭設備の最大の課題は、処理時間の短縮である。これは小ロット処理が従来と同じ処理時間では設備基数が増え、設備コストや設置スペースが見合わないためである。浸炭焼き入れプロセスは材料昇温、浸炭・拡散、焼き入れ歪み低減のための降温保持、焼き入れに大別され、それぞれを短縮または削減する必要がある。

昇温については、荷姿を変えることで従来の3割程度の時間とし、浸炭・拡散時間は小ロット化により、処理材の積載位置による硬さのバラつきを低減した。図1（前ページに掲載）に示すように、従来品許容範囲の下限側品質を確保して、5割程度の時間とし、降温保持は浸炭温度から直接焼き入れすることで削減し、全体処理時間を約7割削減した実例もある。

図2（同）に小ロット型真空浸炭設備の例を示したが、浸炭処理装置や焼戻炉も、パッケージされた一連の設備が50平方メートル程度のコンパクトなスペースに設置でき、また、前後加工機械とのインライン処理が可能な設備である。浸炭設備本体は、浸炭室6室と焼入油槽1槽を示すが、焼入油槽の代わりにガス焼き入れを採用する場合もある。ガス焼き入れは焼入油を使用しないのでクリーンである。小ロット化により、処理材の積載位置による焼き入れ性が劣るの硬さのバラつきを低減と、加圧冷却ガスのラジエーションクエンチングコストが課題となる。

次世代の浸炭技術を考えると、真空浸炭への期待は非常に大きい。労務負荷、環境負荷の軽減、インライン化が可能といった優位性を生かし、品質・コスト面の改善が進むことで、加速的に需要が増加する可能性を秘めているプロセスである。

量産型真空浸炭炉の本命。

■処理ユニットを目的ごとに細分化。必要なユニットを必要な数量だけ配置し、最小コストで処理量・目的に見合った最適な設備構成が可能です。

■移動する材料搬送装置の両面に設備が配置できるのでレイアウトしやすく、設置スペースは片面配置ラインと比べ約30%縮小。

■汎用的な真空浸炭炉に比べ生産性が約1.5倍アップ。コストパフォーマンスに加え、作業環境面や安全性でも優れています。

HIFALCON™
ハイファルコン®

ChugaiRo 中外炉工業株式会社 熱処理事業本部 TEL（072）247-2206
ちゅうがいろ 検索