

B3 Materials

ヒートポンプ搭載 省エネ真空脱脂洗浄装置

「NVD-10HP」

“NVD-10HP” Energy-saving Vacuum Degreaser with Heat Pump

キーワード | 真空脱脂洗浄・カーボンニュートラル・消費電力量削減
ヒートポンプ・炭化水素系洗浄液

サーモテック事業部／製造部

渡辺 智紀 Tomonori Watanabe

要 旨

近年、カーボンニュートラルの実現に向けて各産業で省エネルギー化が要求されるなか、金属部品の洗浄工程においても多量のエネルギーを消費していることから、省エネ型洗浄装置への需要が高まっている。

NACHIはこれまで、独自の減圧蒸留再生器を搭載した炭化水素系真空脱脂洗浄装置(クリーンマスター)を提供し、自動車、電機、産業機械分野における金属部品の熱処理や機械加工工程の洗浄ニーズに対応してきた。

今般、省エネルギー化のキーデバイスであるヒートポンプを熱源として採用し、求められる洗浄品質を確保しつつ消費電力量を大幅に削減可能な(クリーンマスター Air)「型式:NVD-10HP」を開発し、市場投入した。本稿では、その特長と性能について報告する。

Abstract

In recent years energy-saving activities have been required in each industry to realize carbon neutrality. Meanwhile, the demand for an energy-saving washer has been increasing due to a large amount of energy consumption in the washing processes of metal parts.

NACHI has been providing the hydrocarbon vacuum degreasing system, Clean Master equipped with its proprietary vacuum distillation recycler and responding to the washing need of the metal parts for heat-treatment and machining processes in the automotive, electrical machinery/equipment and industrial machinery sectors.

This time NACHI has developed Clean Master Air, “NVD-10HP” and launched it onto the market. As a heat source, the system uses a heat pump that is a key device for energy saving. It also achieves substantial reduction of electricity consumption while ensuring required quality in washing. In this article, the features and performance of Clean Master Air, “NVD-10HP” is described.

1. 炭化水素系真空脱脂洗浄装置

金属部品の熱処理や機械加工工程においては、熱処理油、切削加工油・プレス油などが処理品表面に付着する。次工程へ影響を防止するための脱脂洗浄方法は、付着油の種類や処理品形状・材質などに応じて多岐にわたるが、炭化水素系洗浄液を用いたバッチ処理式真空脱脂洗浄装置の適用も有効な手段のひとつとして知られている。

炭化水素系真空脱脂装置(図1)を用いた洗浄プロセスの概要は、まず、所定温度に加熱した炭化水素系洗浄液を用いて付着油脂を置換・溶解するとともに、処理品を昇温させ、次に装置内部を所定圧力以下に減圧することで、洗浄液の蒸発を促進し、処理品を効率よく乾燥させる。使用した洗浄液は装置に内蔵した蒸留再生器内にて減圧下で蒸発させることで汚染油脂と効率よく分離・再利用することができ、洗浄液を多量に消費することなく連続してバッチ洗浄が可能である。

この洗浄プロセスにおいて洗浄品質を確保しつつ省エネを実現した主なポイントは、熱源へのヒートポンプ採用と、その運用温度に対応する圧力制御の変更の2つである。



図1 「NVD-10HP」型の外観

2. 熱源としてのヒートポンプ

従来、NACHIの装置は安価な真空排気システムでも十分な乾燥性を得られるよう、洗浄液を110℃前後に加熱して使用している(このとき、洗浄液への引火リスクを低減するため、電気ヒーターなどを熱源として熱媒体油を140℃前後に加熱した上で熱交換器を介して洗浄油を間接加熱する)。

本装置(図2)では洗浄液を80℃前後に加熱(空気熱回収型循環加温式ヒートポンプを熱源として温水を約85～90℃前後に加熱した上で熱交換器を介して間接加熱)して使用する。

電気ヒーターでは1の電気エネルギーの投入により得られる熱エネルギーは1倍となる。ヒートポンプは、1の電力と2の空気中の熱を利用して投入した電気エネルギーの3倍に相当する熱エネルギーが得られる。

その省エネ性は温水供給器など、日常生活の様々な場面で発揮されているが、上限温度が90℃程度であるため、従来システムの熱源をヒートポンプに置き換えるだけでは必要な熱量が足りず、前述の洗浄プロセスは成立しない。

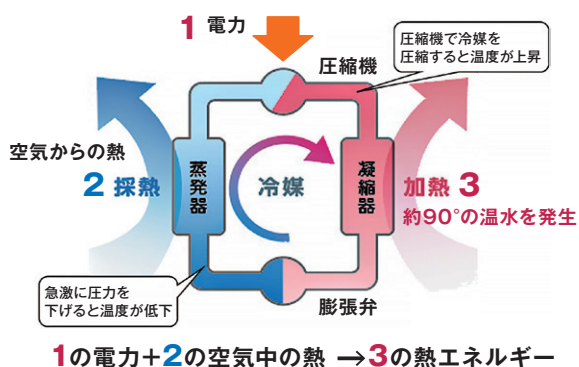


図2 ヒートポンプの原理イメージ

3. 低温洗浄を可能にする圧力制御

炭化水素系洗浄液は、圧力を低下させると、沸点が低下する。従来の真空排気システムに補助ポンプ(メカニカルブースターポンプ)を追加するなどの変更を加え、作業圧力を従来より低く制御することで洗浄液の沸点を低下させ、低温域でのより確実な乾燥を可能にした。(理論到達圧力が従来15Paから本装置構成では0.4Paとなるが、作業中は油脂の蒸発による圧力上昇が並行して生じるため、蒸留や乾燥工程での到達圧力は、おおむね従来機の半分程度になる)。

一方で、過剰な減圧は真空ポンプ動力のエネルギー消費量が増加するだけでなく、洗浄液の蒸発および回収(凝縮)に要する熱エネルギーが大きく変動する要因となり、この制御に伴うエネルギー消費量も増加する。

本装置ではこれらのバランスをとりつつヒートポンプの運転領域でも洗浄液を十分かつ安定して蒸発させる運転条件を最適化することで洗浄品質と省エネ性をシンプルな機器構成のもとで両立した。

4. 基本仕様とその特長

表1に従来装置と本装置の基本仕様比較を示す。
(生産性と安全性)

1チャージあたりの処理量、サイクルタイム、洗浄方式などの生産性は従来装置と同等としつつ「温度」と「圧力」の制御システム構成を見直すなどで、設備電気容量を従来の74kVAから43kVAに低減。熱媒体は温水、洗浄温度が80℃になり、安全性も向上。

(省資源)

タンク形状を見直すなどして浸漬洗浄に必要な洗浄液の保有量を従来比約20%減少させたことに加え、熱源の変更に伴ない、熱媒体油不要となったほか、窒素ガスおよび、冷却水の使用量についてもそれぞれ各タンク間液移動の効率化、システムの運用温度低下にあわせて最適化。

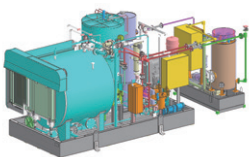
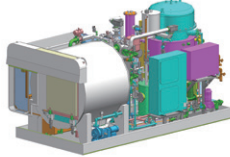
(装置レイアウト)

メンテナンス性を考慮しつつ機器配置を見直して省スペース化した。ワンベース型で解体箇所をなくすことで、輸送時の車両や、現地工事の負荷を減らしてコスト削減。既存装置の置き換えを容易化。

(従来装置との共通性・部品互換性)

累計で約800台を納入し、そのほとんどが現在も稼働している従来型NVDシリーズの置き換えや増設を行ない易くするため従来装置との共通部品を多く採用、運用時の保守部品互換性を確保。バルブやセンサーの機器名称、警報関係は従来装置を踏襲して、操作性やメンテナンス性に配慮。

表1 基本仕様比較

項目		従来装置 NVD-10E	本装置 NVD-10HP	
装置全体	ユニット構成 部品構成			・1ベース化 ・従来装置との使用機器共通化
	生産性	最大処理量	1,000kg / チャージ	
	サイクル時間	(標準) 20~30分		・既存設備の置き換え容易化 ・従来のトリプル洗浄方式を踏襲
	洗浄方式	シャワー+浸漬方式		
温度制御	熱源装置	電気ヒーター 60kW	ヒートポンプ4.52kW +電気ヒーター 20kW	・ヒートポンプのみで熱量が不足する場面で電気ヒーターを併用 ・熱交換効率を最適化
	洗浄液加熱	熱媒体油140℃での間接加熱	温水90℃での間接加熱	
	洗浄温度	110℃	80℃	
圧力制御	排気装置	ドライ真空ポンプ5.5kW	ドライ真空ポンプ3.7kW +メカニカルブースターポンプ2.2kW	・排気能力と所要動力の最適化
	理論到達圧力	15Pa	0.4Pa	
電気容量	設備電気容量	74kVA	43kVA	・△42%
省資源	洗浄液充填量	洗浄油: 1,900L	洗浄油: 1,600L	・立上げの時間短縮 / 省資源化
	熱媒体充填量	熱媒体油: 約600L	上水: 約400L	・熱媒体油不使用
	窒素ガス	約5m ³ / チャージ	約2m ³ / チャージ	・安全性優先しつつ窒素を削減
	冷却水量	約200L / 分	約100L / 分	・操業温度低温化に伴う最適化
省スペース	設置寸法	W2.2×L6.2×H3.1m	W2.2×L4.8×H2.7m	・フットプリント△23%

5. 省エネルギー効果

次に示す洗浄条件における消費電力量を確認。

(洗浄条件)

- ・処理品:自動車部品(処理重量700～900kg)
- ・洗浄コース:NACHI標準コース
(1次シャワー、浸漬6分、2次シャワー、乾燥7分)
- ・サイクルタイム:30分
- ・周囲環境温度:25℃

(結果)

従来装置での洗浄1チャージあたりの消費電力量22～25kWhに対し、本装置の標準モード運転では11～12kWh(△50%)、省エネモード運転では7～8kWh(△68%)の消費電力量であった。(図3)

補足:標準モードと省エネモードについて

本装置はヒートポンプの能力を最大限に引き出せるよう、その出力を設定してある。運転条件によっては熱負荷の変動が大きくなることが想定されるので、使用する運転条件に応じて選択できる2つの運転モードを標準装備した。

(標準モード)

ヒートポンプを主体に運転し、連続して最大処理量の洗浄を行なうような熱負荷の変動が生じる場面で電気ヒーター(20kW)を併用して温水を加熱する。

(省エネモード)

ヒートポンプのみで温水を加熱、電気ヒーターを使用しない。例えば次の洗浄まで30分以上間隔が生じる場合などに使用。熱量が不足して設定温度以下になると、洗浄処理品の受け入れを待ち、温度が回復すると自動復帰する。

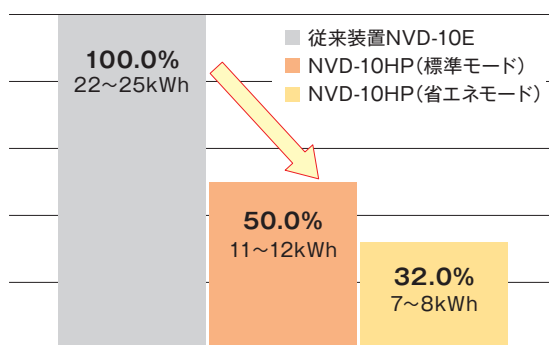


図3 1チャージあたりの洗浄サイクル消費電力量

6. ランニングコスト低減効果試算

次に示す試算条件におけるランニングコストを試算。

(図4)

(試算条件)

- ・年間5,280チャージ:20チャージ/日、年間稼働264日
- ・廃油処理費:持込油2L/チャージ、処理費:40円/kg
- ・洗浄液:400円/L 熱媒体油:900円/L
- ・電気:20円/kWh 窒素ガス:40円/Nm³

洗浄1チャージあたりのランニングコストを試算上、従来の974円から574円に下げられる(△400円△41%)。

主なコストダウン項目は次の3点が挙げられる。

・電気代(△220円)

従来 22kWh/チャージ×20円/kWh=440円/チャージ

本装置 11kWh/チャージ×20円/kWh=220円/チャージ

・熱媒体(△68円)

従来 熱媒体油900円/L×装置充填量600L÷年間5,280チャージ÷全量交換周期1.5年=68円/チャージ

本装置 上水従量料金0.2円/L×装置充填量400L÷年間5,280チャージ÷全量交換周期1.5年=0.01円/チャージ

・窒素ガス(△120円)

従来 5Nm³/チャージ×40円/Nm³=200円/チャージ

本装置 2Nm³/チャージ×40円/Nm³=80円/チャージ

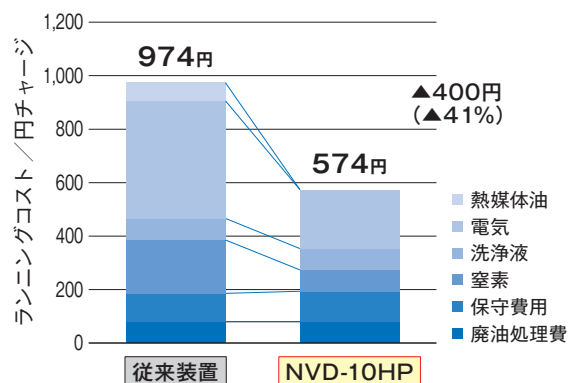


図4 1チャージあたりの洗浄ランニングコスト試算比較

7. 今後の展開

炭化水素系真空脱脂洗浄装置に対し、今回の開発機では熱源に空気熱回収型循環加温式ヒートポンプを適用できるよう製品側を改良し、消費電力を約50%削減した。

一方で、熱処理工程では比較的低温の温排水(冷却水)が多く発生するため、この廃熱を利用できるヒートポンプについても採用を検討しており、必要な試験が完了した時点で市場投入を行なう予定。温排水は年間を通じて空気よりも温度が高いため、エネルギー効率をさらに高められるほか、空気熱源との季節による使い分けも可能となる。

また、NACHIではこれまでに、少油量タイプを含む複数機種 of 洗浄装置を販売しており、ヒートポンプ熱源を他機種にも展開し、シリーズ全体および、全製品での脱炭素化への貢献をすすめたい。