

# NACHI-BUSINESS

Materials **news**

Vol. **10** B3  
June/2006

マテリアル事業

マシニング  
機能部品

■ 新商品・適用事例紹介

EN-CARBO

「真空浸炭炉NVCシリーズの紹介」

EN-CARBO

"Introduction of Vacuum Carburizing"

〈キーワード〉 エチレンガス・パルス浸炭・高濃度浸炭・  
夜間無人運転

クリーンサーモ事業部／工業炉部

町 哲司 Tetsushi Machi

高堂 亮 Akira Takado

## 要 旨

浸炭処理は、50年以上の歴史があり、産業機械に必要な不可欠な表面硬化法である。固形浸炭、液体浸炭、ガス浸炭と技術改良を経てきて、現在、ガス浸炭が主流となっている。

この10年、改良を加えてきた真空浸炭処理は、ガス浸炭と比較し品質面、環境面、生産性において有利な特徴をもっており適用が拡大している。

NACHIの、マテリアル、機械工具、部品事業の固有技術をベースに、真空、熱処理、数値制御技術などの熱処理技術を開発し、自動車部品、建設機械部品、産業機械部品などに適した、バッチ型真空浸炭炉NVCシリーズを開発した。

## Abstract

Carburizing is an essential case-hardening for industrial machines with a history of more than 50 years. The carburizing technology has improved over the years, starting from solid carburizing, liquid carburizing and to gas carburizing that is the current leading method. Conversely, vacuum carburizing has been improved for the past ten years and its application has been expanding because of better quality, greater environmental friendliness and higher productivity than what gas carburizing can offer.

With our unique technologies developed for materials, machining tools and components, Nachi has developed the heat treatment technologies such as vacuum, heat treatment and numerical control methods. Then Nachi has ultimately developed the batch-type vacuum carburizing furnace, NVC Series that is applicable to the production of parts for automobiles, construction machines and industrial machines.

## 1. 部品強度向上の切り札 真空浸炭処理

2005年は国内の真空浸炭処理炉市場において画期的な年であった。自動車部品において、深い浸炭や深い穴浸炭だけでなく、自動車用歯車へと適用が拡大してきた。NACHIでは、セル式の連続真空浸炭システムを開発し、すでに納入を開始している。

熱処理市場は、自動車部品関連が最も大きく、全体の約50%を占めるが、建設機械、産業機械関係の歯車、シャフト、あるいは関連する油圧部品などにも浸炭処理が適用され、高強度焼入れ、高濃度浸炭などのニーズがますます高まっている。

自動車、船舶エンジン等の燃料噴射ノズル内部への浸炭は、真空浸炭の特徴のひとつとなっているが、今後、歯車やシャフトに関して高負荷が要求されており、真空浸炭は強度向上の技術的切り札として不可欠である。

真空浸炭の場合、加熱方法の特徴により、SCM材などの肌焼鋼においての共析点狙いについて、有効浸炭が0.3mm～0.5mmといった浅い浸炭では、単純にランニングコストメリットは出にくく、ガス浸炭と比較して割高になる場合がある。しかし、有効硬化深さ0.8mm以上の深い浸炭においては浸炭速度が約10%高まり、高温浸炭の容易性によりコストメリットが明確になる。



## 2. 耐久性・保守性を高めた真空浸炭炉NVCシリーズ

ここで紹介するNVCシリーズはNACHIの真空浸炭法「EN-CARBO」プロセスを搭載した、バッチ炉のシリーズである。これまでの実績をふまえて、要所に、新しい技術要素を盛り込んで改良したものであり、耐久性、保守性を高めたものである。

NVCシリーズの特徴は大きく下記3項目である。

- 1、浸炭原料ガスに「エチレンガス」<sup>※2</sup>を使用。
- 2、省スペースに配慮した浸炭室設計。
- 3、焼入れ性を重視した油槽構造。

### 1) エチレンガス採用の利点

エチレンガスは主に高分子材料の原料として生産されており、いわば汎用的な原料ガスである。取り扱いにはプロパンガスと同様で、少量の場合は小型のボンベで賄い、供給量が増えてきたらタンクなどに貯蔵して、蒸発器を通して設備へ供給する。

浸炭圧力は通常2.7KPaで設定し、浸炭ガスは一般的にパルス状で供給する。(図1)

有効浸炭深さ HV513 1.0mm 歯底, 使用炉 NVC-6型  
材質 SCM420 処理品 歯車外形220X内径138X高さ30mm 490Kg/G.C

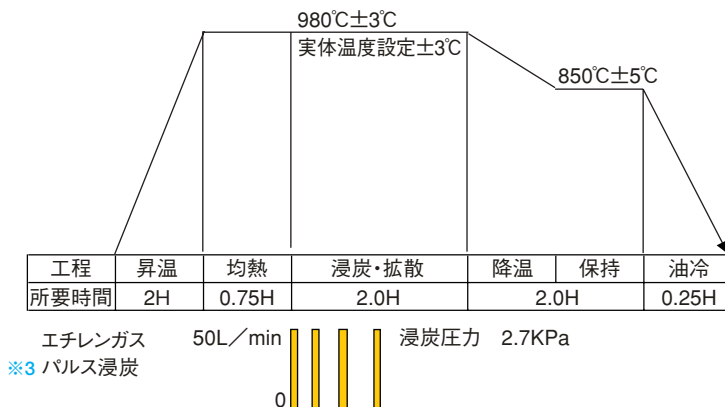


図1 ヒートパターン例

新しい熱処理試験データなどによれば、歯車歯先などの外部鋭角部分における炭化物の生成抑制には他の原料ガスよりも効果的であることが分ってきている。浸炭圧力は、ロータリーポンプで操業維持できる範囲の2.7~5.4KPaであり、真空排気系は単純な構成である。浸炭ガスは浸炭室内側面と天井に配置されたノズルより噴射する。また、流量-圧力制御のみならず、材料、荷姿、製品形状に合わせた噴射パターンをプログラム化し運用する。

投入した炭素は100%製品に浸炭されるわけではなく、余剰分が出るが、これらは殆どが排気ガスとして排気系より排出される(微小の排気ガスが排出されることになる)。浸炭ガスはマスフローコントローラーと炉圧制御弁によりP.I.D制御され、このことによりEN-CARBOは基本的に一定流量の原料ガスを投入し、排気コントロールで炉圧制御を行なう。(図2)



図2 NVC-6型側面写真

## 2) 省スペース配慮浸炭室

セル式連続炉の開発にあたり、炉内搬送装置と並んで構造面で最も重視した改良のひとつが浸炭室の省スペース設計と保守性である。従来のNACHI製あるいは他社製バッチ炉の浸炭室は炭化珪素製発熱体をセラミックスの保護管で保護し、浸炭室内有効寸法上下に平行に配置していたが、構造上、ヒーター端子部分は真空容器内に配置せざるを得ず、ヒーター老朽化やワーク脱落による保護管破損の場合、炉体が常温まで降下した後でない交換作業ができず、保守性が非常に悪いケースがある。

また、保守作業の際にヒーターを抜き取るために、横方向の保守スペースを片側2.5m確保する必要があった。連続真空浸炭炉の開発にあたり、この構造を大きく設計変更し、特殊ラジアントチューブを採用することで、加熱室間の配置を0.5mまで縮めることができた。温度分布なども実体で設定±3℃を確保でき、均熱性は良好になった。(図3)

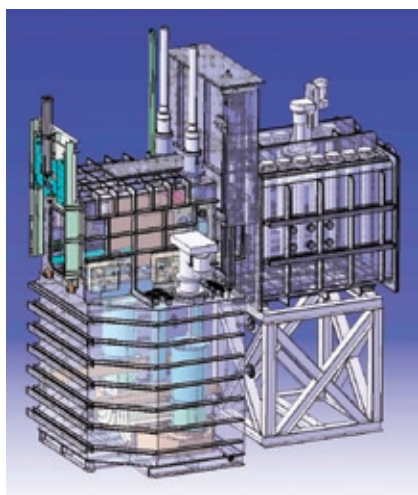


図3 NVCシリーズ3D鳥瞰モデル

真空浸炭は炭素の進入が強いため、浸炭室内には金属製の構造物は極力配置しないほうがよい。ラジアントチューブは一般的に耐熱鋳鋼製が使用されているが、NVCシリーズ耐久性、耐熱衝撃性、耐浸炭性に優れたセラミックスを採用している。

本構造の優位点は他にも以下の点がある

- ①端子電圧を上げることができ、ヒータートランスを省略できる。
- ②油焼入れ時に、炉内搬送装置に付着した焼入れ油の落下によるヒーター保護管の損傷がない。
- ③処理ワークの脱落によるヒーターの破損がない。
- ④微量スーチングによるヒーター出力の変化がない。<sup>※4</sup>など、旧来の方式と比較して、非常に優れた構造を持っているといえる。

## 3) 焼入れ性を重視した油槽構造

EN-CARBOプロセスでは、処理品の表面炭素濃度ばらつきはロット内ロット間で幅0.06%以内に抑えることができる。(図4)

ここまで揃えると、最終的な有効硬化と深さのばらつきを抑える因子としては焼入れに大きな比重がかかるのが実情である。NVCシリーズは初期設計の不足していた点を大幅に改善し、厚肉部品の焼入れに対しても冷却性能を向上させた。焼入れ性の向上は勿論であるが、熱処理ひずみの低減は熱処理に携わる技術者であれば、究極の改善テーマである。

NVCシリーズは油槽を深くすると共に、冷却条件を幅広く設定できるような機能を付加できた。真空浸炭炉の現場に関わる方々の役に立てれば幸いである。

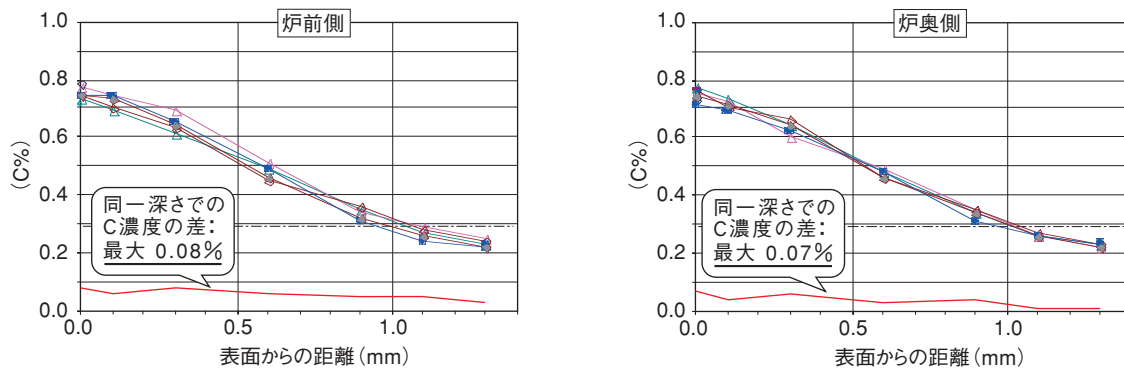
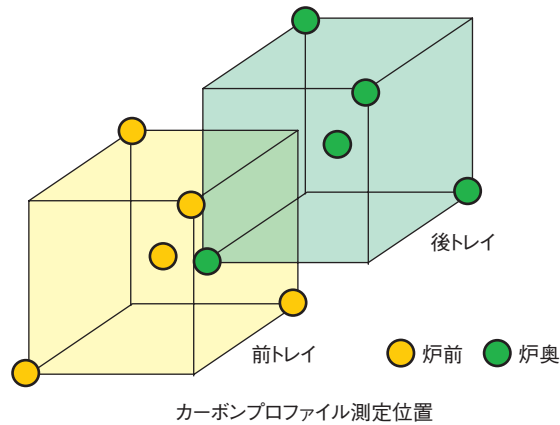


図4 通常浸炭カーボンプロファイル例

### 3. 新熱処理ソフトとしての高濃度浸炭

今後、真空浸炭に期待される熱処理ソフトとして高濃度浸炭処理がある。すでに実用化されている部品もあり、焼もどし軟化抵抗の改善に有効であり、また、高面圧の掛かる部位の耐磨耗性に関しても良好な結果が報告されている。

NVCシリーズでは、浸炭拡散処理後の1次冷却でリファイニングファンにより除冷を行ない、鋼種、部品によっては、維持冷却を油焼入れする場合もある。たとえば、写真の部品は自動車部品メーカーに納入した高濃度浸炭処理事例である。(図5.6.7)

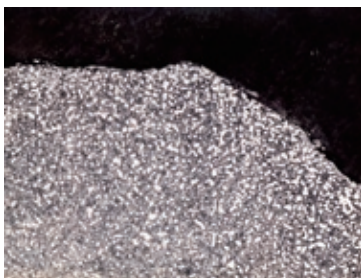


図5 高濃度浸炭処理品事例



図6 高濃度浸炭処理品事例



図7 高濃度浸炭処理品事例



## 4. 夜間無人運転可能で、 環境にやさしいNVCシリーズ

NVCシリーズ真空浸炭炉は洗浄装置、焼もどし炉、および搬送装置とシステムにして、ライン化される場合が多い。写真の設備は減速機関係の部品熱処理に適用するバッチ炉の全自動化ライン例である。

夜間無人運転、垂直立ち上げ(常温→処理開始まで2時間)、環境負荷低減(ガス浸炭炉比較廃棄物80%低減)などと合わせ、前述した保守性省スペース(従来型比較15%向上)を実現するシステムである。(図8)



図8 NVCシリーズ配置事例

すでに紹介した基本的な機能に対して、さらに新しい適用を狙い、小型シリーズNVC-1型を市場投入している。NVC-1型は真空浸炭処理を中心に、保守性に配慮した斬新なデザインである。(図9)

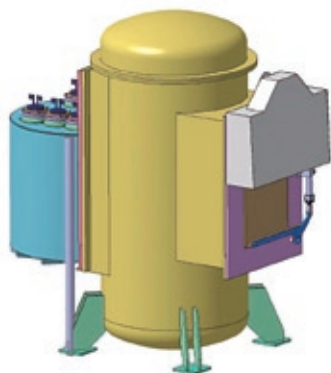


図9 NVC-1型モデル

量産用のNVC6型、8型、10型に対して、多品種少量生産用として、試験研究、開発用途として、SCM420Hなどの一般的な肌焼鋼はもちろん金型部品も狙い、ダイス鋼の焼入れ用として2.9bar加圧冷却機能を持たせた。この冷却機能は、高濃度浸炭における1次冷却にも使用でき、今後、適用が拡大すると見込まれ、この分野の試作、小物部品の生産用として適用が期待される。詳細は改めて紹介したい。

表1 NVCシリーズ緒元

使用温度	850°C~1050°C
最高使用温度	1080°C
浸炭制御	プログラムP.I.D(温度、圧力)
パルス浸炭	圧力・流量パルス任意設定
浸炭室温度分布	±3°C
焼入油槽温度	50°C~150°C(油種対応)
攪拌方法	プロペラ攪拌両袖(無段変速)
※5 油面圧力制御	13.3KPa~87KPa
油量	処理重量KgX10L以上

NVC-3型~10型共通

## 5. 浸炭ソフト技術の提供

地球環境意識の高まりに伴い、熱処理工程における省エネ、環境負荷低減品質向上の切り札として、真空浸炭は、自動車部品を中心に注目され、採用が増えてきている。

部品の高強度化を狙った高濃度浸炭、浸炭窒化処理ソフトの開発ニーズも高まりつつある。

NACHIは、材料、熱処理という基礎技術に加え、マシナリーで蓄積した機械設計技術で信頼性の高いバッチ炉を提供している。そして、浸炭時の焼入れひずみ解析技術や、最適条件設定のための浸炭ソフトの提供など、カスタマーの高強度化、高精度化のニーズに対して、技術力を結集して応えていきます。

### 用語解説

#### ※1 高濃度浸炭

一般的な浸炭は鋼の共析点(C%0.78%)を狙うが、これよりも高い濃度の炭素の組織(過共析)を狙い、表面に炭化物を生成する処理。

関連記事 1) 参照

#### ※2 エチレンガス

化学式C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>、ポリエチレン、ポリプロピレン等の原材料として石油化学原料では基本的な物質。

#### ※3 パルス浸炭

浸炭を行なう際に原料ガスを導入する方法の呼称。原料ガスを連続投入するのではなく、所定の間隔で導入を繰り返し(パルス)浸炭する方法。

#### ※4 スーチング

浸炭に寄与しない炭素は、殆どがメタン等の炭化水素ガスとして排出されるが、分解の促進した状態で炭素微粒子になった状態のことを言う。

#### ※5 油面圧力制御

浸炭一拡散終了後、所定の焼入れ温度にワークを均熱し、油槽へ投入する際に油槽上面の圧力を変化させることで、油の沸点を変化させ、冷却速度を変化させる方法の総称、目的は熱処理ひずみの低減。

### 関連記事

1) 原井 哲：知りたい材料・熱処理講座⑥「浸炭と窒化」  
NACHI-BUSINESS news Vol.9 D1、November/2005

本 社	本社・富山事業所 東京本社	富山市不二越本町1-1-1 東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F <a href="http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/">http://www.nachi-fujikoshi.co.jp/</a>	〒930-8511 〒105-0021	Tel.076-423-5111 Tel.03-5568-5111	Fax.076-493-5211 Fax.03-5568-5206
生産拠点	富山事業所	富山市不二越本町1-1-1	〒930-8511	工具 マシナリー ロボット ベアリング	Tel.076-423-5100 Fax.076-493-5221 Tel.076-423-5140 Fax.076-493-5242 Tel.076-423-5135 Fax.076-493-5252 Tel.076-423-5120 Fax.076-493-5231
	東富山事業所	富山市米田町3-1-1	〒931-8511	マテリアル 油圧機器	Tel.076-438-4411 Fax.076-438-6313 Tel.076-438-8970 Fax.076-438-8978
	滑川事業所	富山県滑川市大掛176	〒936-0802	プレジジョン カーハイドロリクス クリーンサーモ コーティング 精密成形	Tel.076-471-2101 Fax.076-471-2824 Tel.076-471-2320 Fax.076-471-2324 Tel.076-471-2981 Fax.076-471-2987 Tel.076-471-2985 Fax.076-471-2989 Tel.076-471-2991 Fax.076-471-2992
	水橋事業所	富山市水橋伊勢屋193	〒939-3524	ベアリング	Tel.076-478-2098 Fax.076-479-1081
営業拠点	東日本支社 北海道営業所 東北営業所 北関東営業所	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F 札幌市東区本町1条10-4-10 福島県郡山市桑野2-33-1 ワン・ブリッジビル2F 群馬県太田市浜町26-2	〒105-0021 〒065-0041 〒963-8025 〒373-0821	Tel.03-5568-5280 Tel.011-782-0006 Tel.024-991-4511 Tel.0276-46-7511	Fax.03-5568-5290 Fax.011-782-0033 Fax.024-935-1450 Fax.0276-46-4599
	中日本支社 東海支店 北陸支店	名古屋市名東区高社2-120-3 ナチ名古屋ビル 浜松市海老塚1-20-17 富山市石金2-3-60 ナチ北陸ビル	〒465-0095 〒432-8033 〒930-0966	Tel.052-769-6811 Tel.053-454-4160 Tel.076-425-8013	Fax.052-769-6830 Fax.053-454-4845 Fax.076-493-5215
	西日本支社 中国四国支店 広島営業部 九州支店	東大阪市本庄西2-3-7 ナチ大阪ビル 岡山市西古松2-2-30 広島市安佐南区西原8-25-10 福岡市博多区山王1-10-30	〒578-8522 〒700-0927 〒731-0113 〒812-0015	Tel.06-6748-2510 Tel.086-244-0002 Tel.082-832-5111 Tel.092-441-2505	Fax.06-6748-1955 Fax.086-243-4346 Fax.082-832-5114 Fax.092-471-6600
海 外	国際営業部	東京都港区東新橋1-9-2 汐留住友ビル17F	〒105-0021	Tel.03-5568-5240	Fax.03-5568-5236
生産拠点 Overseas Manufacturing Companies	AMERICA	Indiana, Michigan / U.S.A. BRAZIL			
	EUROPE	SPAIN CZECH			
	ASIA and OCEANIA	KOREA TAIWAN CHINA THAILAND SINGAPORE			
営業拠点 Overseas Sales Companies	AMERICA	U.S.A. CANADA MEXICO BRAZIL			
	EUROPE	GERMANY SPAIN U.K. ITALY			
	ASIA and OCEANIA	KOREA TAIWAN CHINA THAILAND SINGAPORE MALAYSIA INDONESIA PHILIPPINES VIETNAM AUSTRALIA INDIA			