

B10 Materials

MVP搭載DLCコーティング装置「SMVP-1020」

"SMVP-1020" DLC Coating Unit with MVP

キーワード | DLC・コーティング・CVD・PCVD・内面コーティング
耐摩耗・低摩擦

サーモテック事業部／製造部

高井 健志 Takeshi Takai

要 旨

DLC(Diamond Like Carbon)は耐摩耗性・非凝着性・低摩擦性に優れたコーティング膜である。その用途は工具や金型、自動車部品など多岐にわたっており、DLCコーティング装置では高品質化・高速化のニーズが一段と高まっている。

また、NACHIではコーティングの受託加工も行なっているが、穴の中へのコーティング需要があるものの、従来のコーティング法では困難であった。

本稿では、これらのニーズに応えるべく開発した、穴の内面にもDLCコーティングが可能なMVP搭載DLCコーティング装置「SMVP-1020」の特徴や処理事例について紹介する。

Abstract

DLC (Diamond Like Carbon) is a coating film that has excellent characteristics of wear-resistance, non-adhesion and low-friction and is utilized in various products such as tools, dies and automobile parts. In DLC Coating Unit, the needs of high quality and high speed are even more increasing.

NACHI has been providing a coating service. However, it has been difficult to coat inside the hole with a conventional coating method although there is a demand for this.

This article introduces NACHI's newly developed "SMVP-1020", DLC Coating Unit with MVP which allows the DLC coating of inside the hole, and describes the characteristics and examples of coating processes.

1. DLCと成膜装置

金属製品の長寿命化・性能向上のため、幅広い分野でコーティングによる表面処理が行なわれており、NACHIでは1980年代からTiNやCrNをはじめとする硬質膜や、それら进行处理するコーティング装置の開発を行ってきた。

そして、近年では炭素を主成分とするDLCへの注目が高まっている。DLCは耐摩耗性・非凝着性・低摩擦性に優れ、工具や金型、自動車部品などに広く用いられており、市場も堅調に拡大している。

DLCの処理にはスパッタリング法やアークイオンプレーティング法などのPVD(Physical Vapor Deposition)法や、PCVD(Plasma Chemical Vapor Deposition)法が用いられるのが一般的であり、製法や条件により膜質が変化する。例えば原料にカーボンターゲットを使用するPVD法と、炭化水素系のガスを使用するPCVD法を比較すると、前者では膜中に水素を含有しない硬い膜、後者は膜中に水素を含有した柔らかい膜が得られやすい。また、Ti、Si、Crなど異種元素を添加することで性質を変化させることもでき、製法、特性は幅広い。

用途も工具、自動車・機械部品、金型、半導体、プラスチック、レンズなど多岐にわたっており、DLCコーティング装置では高品質化・高速化のニーズが一段と高まっている。

しかしながら、DLC膜は機能性に優れるものの、TiNやCrNなど他の膜と比較すると基材との密着性が弱く、いかに密着性を向上するかが重要である。

DLC成膜装置には、高品質化・高速化というハード性能とともに、密着性を確保しつつ、用途にあわせて膜の特性を調整できるソフト性能も求められている。

2. 穴の中へのコーティング

NACHIではコーティング装置の提供だけでなく、これまでに開発してきた硬質膜やコーティング装置を使った受託加工も行なっている。その中で「穴の中にコーティングできないか?」との相談を受けることがしばしばあった。

このような相談は、「金型の凹み部の離型性や耐摩耗性を向上させたい」、「高圧吹き出しノズルの摩耗をおさえたい」、「シリンダーパイプの摺動性や耐摩耗性を向上したい」といった目的で受けることが多い。

しかしながら、従来のコーティング法では、穴の縁部分に膜が集中し、穴の中への成膜は困難であった。具体的には、凹み部や穴内部のコーティングは、穴の開口径および、開口幅の1/2の深さまでというのが従来法の限界であり、しかも穴の内部も均一にはコーティングされない。

そのため、需要家も試してみたいという気持ちはあるものの、諦めるということが多かった。

3. 「SMVP-1020」型の概要

このような背景のもとで、NACHIで新たに開発した装置が、MVP搭載コーティング装置「SMVP-1020」型である。

図1に「SMVP-1020」型の外観を示す。装置は成膜する装置本体と制御電源ユニットで構成される。これらを分割することで、設置スペースに対応した装置レイアウトを可能とした。

表1に「SMVP-1020」型の仕様を示す。成膜有効範囲は $\phi 250 \times H500$ (mm)とし、狙いのユーザーや

ターゲットに際し、最適なサイズにした。適用膜種は需要が高まっているDLCを標準ソフトとした。

装置内部は本体中央にワークを設置する構造となっており、側面に処理品加熱用のヒーターが設けられている。

成膜は装置内へ原料ガスを導入し、本体下部からワークに直流の負電圧を印加するPCVD方式にて成膜にて行なう。



図1 「SMVP-1020」型の外観

表1 「SMVP-1020」型の仕様

本体	型式	「SMVP-1020」
	成膜有効範囲	$\phi 250 \times H500$ mm
	処理量	50kg (G.C.)
	寸法 ※1	2,100 (W) × 2,000 (L) × 2,100 (H) mm
	重量 ※2	2.5ton
	電源	40kVA
	冷却水	20°C以下 0.3Mpa 最大50L/min.
	使用ガス	Ar, C ₂ H ₂ , N ₂ , LN ₂ , Air
	排気系	ロータリーポンプ、メカニカルブースターポンプ
	成膜可能膜種	DLC

※1 標準配置図状態での寸法です。

※2 本体、制御盤、電源盤、ポンプなどの総重量です。

4. 装置の特徴

1) MVP法による高密度プラズマ

NACHIはHCD(Hollow Cathode Discharge) 式イオンプレーティング装置を1983年より販売しており、HCDガンを搭載した装置というのがNACHIのコーティング装置の特徴でもあった。

本装置ではNACHIで培われてきたコーティング技術に加え、HCD式に代わってMVP法と呼ばれるマイクロ波を利用したPCVD方式を搭載した。

MVP法はMicrowave-sheath Voltage combination Plasmaの頭文字をとったもので、岐阜大学上坂研究室の協力を得て導入した。MVP法は、基材に対して負の電圧を印加することで、基材表面にマイクロ波伝搬を可能にし、基材近傍に高密度プラズマの生成するプラズマ発生法である。

このMVP法による高密度プラズマをPCVDのDLC成膜に適用した場合、従来法では数 $\mu\text{m/hr}$.程度であったDLC成膜レートが、最大150 $\mu\text{m/hr}$.と飛躍し、成膜に要する時間を大幅に短縮することができるようになった。

2) 内面コーティング

MVP法を利用することで高速成膜だけではなく、穴の内側にプラズマを生成することも可能となった。これにより穴の内側で生成されたプラズマへ原料ガスを導入することで、穴の内側へ直接DLCを均一に成膜することが可能となった。

図2に「SMVP-1020」型での内面成膜領域を示す。従来機では穴径(D)に対し、深さ(L)の1/2程度($L/D=0.5$)までしか成膜できなかった。

一方、本装置でこれまでに成膜確認したものでは、長いもので $\phi 30 \times 500\text{Lmm}$ ($L/D \approx 16.7$)、細穴のものでは $\square 3 \times 100\text{Lmm}$ ($L/D \approx 33.3$)と、内面成膜領域が大幅に拡大した。

従来機ではできなかった穴の内面への成膜が本機では可能となっており、これまで敬遠されていた新規ニーズへの応用が期待できる。

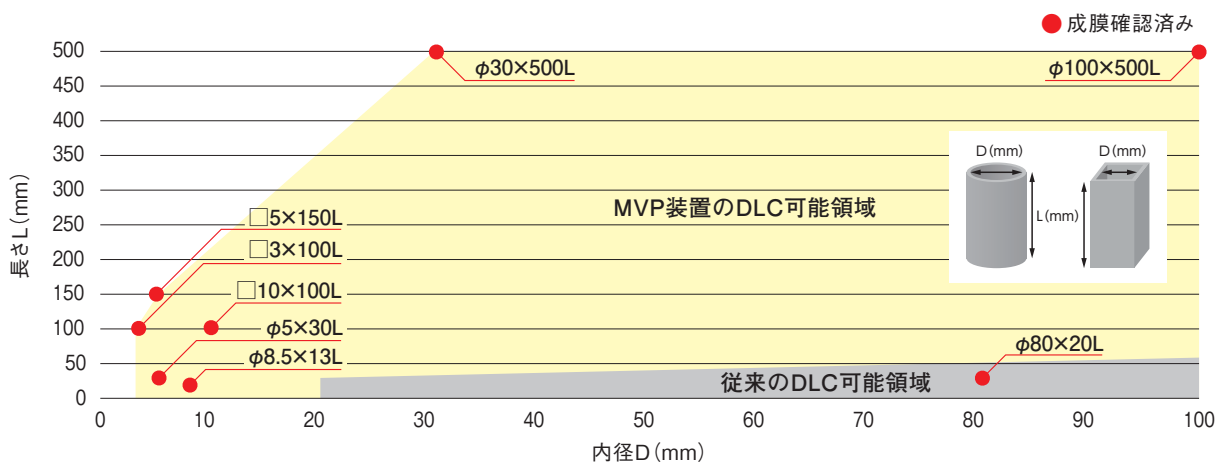


図2 「SMVP-1020」型の内面成膜領域

3) 安定した成膜品質

高速成膜や内面成膜ができて、膜の密着性が悪い、膜質や膜分布が悪いということでは装置としては使いものにならない。DLCの特性を活かすには密着性を上げ、使用目的にあわせて性質を調整する必要がある。

DLCの密着性は図3に示すように、膜と基材の間に基材と密着性が良い中間層を設けて改善されている例が多い。本機ではSi系の中間層を採用することで従来機同等の密着性を確保している。ロックウェル圧痕試験でも剥離は見られず、良好な密着性が確保できている。(図4)

また、本機には着脱可能な処理品の回転機構も備えている。ドリルなどの棒物形状であれば、処理品を回転することで周方向のばらつきを低減できる。

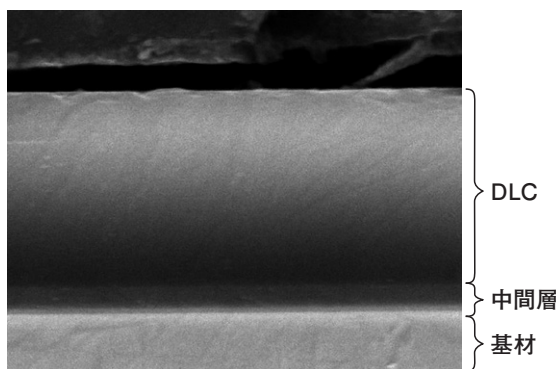


図3 DLC膜構造例

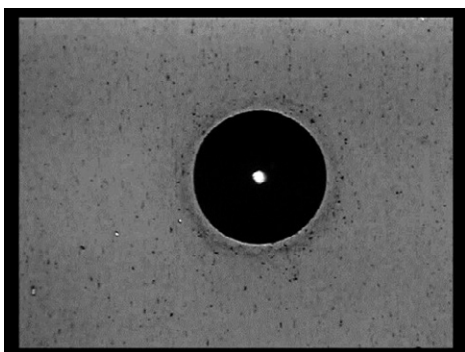


図4 ロックウェル圧痕判定による密着性評価

4) 少量、多品種の処理も対応可能

従来のコーティング装置は処理時間が長く、1度の処理により多くの処理品を入れることで量産処理をしてきた。しかしながら受託加工の現場では、様々な処理品の依頼があり、処理数量も毎回異なることが多い。時によっては処理品1個だけで加工依頼されることもある。そのような場合、納期と処理コストのジレンマに直面する。納期を守るため処理品が少ない状態で装置運転し、処理1回あたりの当初のコストがあわなくなる場合が発生する。

「SMVP-1020」型は従来機よりもコンパクトにできており、成膜速度も速い。それにより、短い処理時間で小ロットの処理を多くこなすことができ、上記のような少量、多品種の処理にも柔軟に対応することが可能となっている。

5) ダブルチャンバーによる量産処理

本機はコンパクトながらも処理時間を短縮し、より多くの処理をこなすことで量産処理をする装置となる。しかしながら実際の処理では成膜だけでなくセッティング、真空排気、加熱など成膜以外にも多くの時間を費やしている。この成膜以外の時間ロスを軽減することができれば、より多くの処理ができると考え、本機は図5のようなダブルチャンバー構成も可能とした。

通常は制御盤1台に対し、装置1台の構成であるが、本機は制御盤1台で成膜装置2台までの運転が可能となっている。ダブルチャンバー構成とすることで、一方の装置で処理をしている間に、もう一方の装置で時間を要すセッティング～加熱を実施することができ、2台を交互運転することで、設備コストを抑えつつ効率よく量産処理することができる。(図6)

1台目から2台目への増設も容易であり、需要家の生産量にあわせて柔軟に装置構成を選択できるようになっている。



図5 「SMVP-1020」型のダブルチャンバー構成

装置 No.1	工程	
	セッティング	■
	真空排気	■
	加熱	■
	ボンバード	■
	成膜	■
	冷却	■



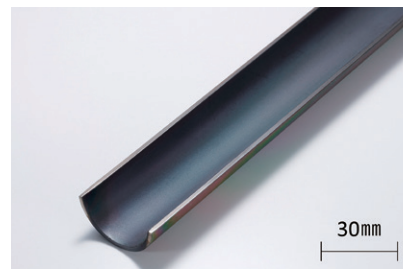
制御盤1台、装置2台構成とすることで設備コストを抑えつつ、
交互運転にて工程のロスを軽減し、生産効率向上

装置 No.2	工程	
	セッティング	■
	真空排気	■
	加熱	■
	ボンバード	■
	成膜	■
	冷却	■

図6 交互運転のイメージ

5. 処理事例

「SMVP-1020」機での処理事例を図7に示す。内面コーティングでは、これまでに $\phi 30 \times 500$ mmのパイプやチューブ継手などを処理している。内面だけではなく、同じく図に示したプランジャーのような外面コーティングの処理も可能である。



パイプ：内面



チューブ継手：内面



プランジャー：外面

図7 処理事例

6. おわりに

穴の中へもDLCコーティングが可能な装置「SMVP-1020」の特徴と、その処理事例を紹介した。

コーティング市場におけるDLCの需要は冒頭にも記したとおり、堅調に拡大している。NACHIは引き続き低摩擦、耐摩耗膜の普及をはかり、あわせて成膜ソフトのラインナップと装置バリエーションの拡大をすすめて、需要家の新たなニーズにこたえていく。