

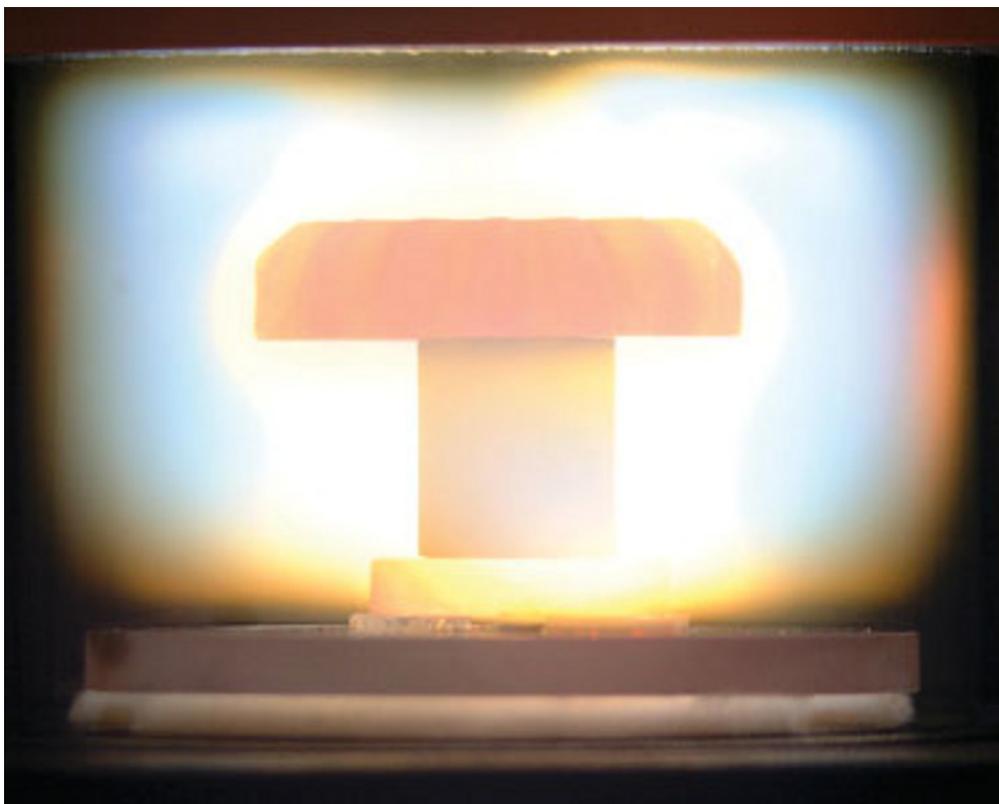
Oberflächenbehandlung mit Mikrowellen-Plasma bei Umgebungsdruck

Ein neu entwickeltes Anlagensystem ermöglicht den wirtschaftlichen Einsatz der Mikrowellen-Plasmatechnologie für die Behandlung unterschiedlichster Substratwerkstoffe bei Umgebungsdruck. Neben dem Sintern, Härten oder Hartlöten eignet sich das System auch zur Abscheidung von Hartstoffschichten.

Plasma absorbiert Mikrowellen

Das wichtigste Kriterium der neuen Technologie ist, die Mikrowellen zu absorbieren, bevor sie von den Metallteilen reflektieren. Die Beschichtung der Teile erfolgt in einer mit Plasma gefüllten Aufnahmevorrichtung innerhalb der Mikrowellenkammer. Das Plasma wird aus einer Interaktion zwischen Mikrowellen, Gas und Katalysator erzeugt. Da das Plasma bis zu 95% der Mikrowellen absorbiert, erreicht die Atmosphäre im Aufnehmer schnell die extremen Temperaturen, die für die meisten Wärmebehandlungs-Anwendungen erforderlich sind. Es erfolgt keine Reflektion der Mikrowellen zurück in die Magnetfeldröhre.

Die Aufnahmevorrichtung aus Quarz oder keramischem Material wird von



Die Mikrowellen-Plasmatechnologie (MPT) wird häufig nicht mit der Metallverarbeitung in Verbindung gebracht. Die Dana Corp., USA, hat nun ein System entwickelt, mit dem auch metallische Werkstücke in der Mikrowelle behandelt werden können. Damit kann die Mikrowellen-Plasmatechnologie zum Beispiel zum Sintern von puderförmigem Metall, Hartlöten und Härten herangezogen werden. Das neue Verfahren eignet sich auch für die chemische und physikalische Abscheidung von Hartstoffschichten bei Umgebungs-

druck – ein Vakuum ist nicht mehr erforderlich.

Dana hat eine einfache und kostengünstige Methode entwickelt, die es ermöglicht, ein Mikrowellen absorbierendes Plasma bei Umgebungsdruck zu entzünden und aufrecht zu erhalten. Durch die Ausnutzung von Mikrowellenenergie mit geringer Stärke, die in ein Plasma mit Umgebungsdruck geleitet wird, ist es möglich, Wärmebehandlung und Beschichtung in einem Bruchteil der Zeit zu erzielen, die sonst mit konventionellen Verfahren erforderlich ist.

den Mikrowellen durchdrungen, hält jedoch das erforderliche Plasma fest. Der Aufnehmer ist hitzebeständig bis zu einer Prozesstemperatur von 1250 °C. Die Einstellung niedrigerer Temperaturen, die für viele Beschichtungen erforderlich sind, ist durch die Regelung der Eingangsleistung und der Veränderung von Größe und Form des Aufnehmers möglich.

Das neue Verfahren ermöglicht durch ein stabiles und gleichmäßiges Plasma bei Umgebungsdruck einen einfachen Betrieb mit geringen Betriebskosten. Als Gase kommen Argon, Argon-Wasser-

stoff-Gemisch, Stickstoff, Stickstoff-Wasserstoff-Gemisch und Acetylen in Frage. Ein breiteres Spektrum an Gasen wird derzeit noch überprüft.

Das Plasma ermöglicht im Vergleich zu konventionellen Verfahren ein gleichmäßigeres Aufheizen der Substrate. Die schnelle Kühlung der Teile wird durch einfaches Umschalten der Gase in den Aufnehmer erreicht.

Härten und Beschichten in einer Kammer

Die neue Technologie bietet viele Vorteile. Wärmebehandlungs- und Beschichtungsprozesse sind mit erheblich verringerter Durchlaufzeit möglich. Im folgenden sind Prozesse aufgeführt, die in Labortests mehrfach wiederholt wurden:

- ◆ Aufkohlen von 8620-Stahllegierungsteilen bei zirka 950 °C: 80 Minuten
- ◆ Hartlöten von Schmiedeeisen mit Kupfer bei zirka 1100 °C: 90 Sekunden
- ◆ Sintern von Stahl in Puderform bei zirka 1200 °C: 20-40 Minuten.

Derzeit wird der Einsatz von MPT für das Nitrieren untersucht – erste Ergebnisse sind vielversprechend. So können zum Beispiel die Nitrogen-Erzeugungsraten mit Hilfe des Mikrowellenplasmas beschleunigt werden, der Nitrierprozess wird dadurch effizienter.

Ein weiterer Vorteil des MPT ist, dass das Sintern und Beschichten gleichzeitig möglich ist. Bislang wurde zuerst im Ofen gesintert und anschließend an anderer Stelle gehärtet oder beschichtet. Beim MPT-Verfahren wird nach dem Sintern ein einfacher Plasmawechsel zum Beispiel für die CVD-Beschichtung vorgenommen. Ein Handling der Teile zwischen den Prozessen ist nicht mehr erforderlich.

Bei konventionellen Wärmebehandlungsmethoden ist in der Regel das gesamte zu bearbeitende Teil den Temperaturen und der Atmosphäre des Ofens ausgesetzt. Da die Wärmebehandlung oft nur in bestimmten Bereichen des Teiles erforderlich ist, kommt es immer wieder zu Verfor-

mungen in unbeteiligten Bereichen des Werkstücks.

Partielle Bearbeitung am Werkstück möglich

Bei MPT kommen hingegen isolierte Aufnehmer zum Einsatz. Dadurch werden nur die zu behandelnden Partien am Werkstück der Temperatur ausgesetzt. Das Gleiche gilt für Beschichtungen: Nur die Partien im Aufnehmer werden beschichtet, der Rest des Teiles ist praktisch vom Plasma „abgedeckt“. Die Prozessparameter jedes Aufnehmers sind einzeln regelbar.

Überschreitungen der vorgegebenen Ofentemperatur, wie sie bei konventionellen Ofenheizungen immer wieder vorkommen, werden beim MPT-Prozess ausgeschlossen. Durch einen Regelkreis mit Rückkopplung können Temperatursollwerte von ± 6 °C gehalten werden. Die zu erhitzende Masse ist auf den Aufnehmerbereich begrenzt und das Heizen stoppt durch das Abschalten der Stromzufuhr zur Magnetfeldröhre. Die verbleibende Wärme wird durch gewöhnliche Isolatoren, die die Förderbänder und angeschlossenen Geräte schützen, schnell abgebaut.

Niedrigere Mikrowellenenergie hat auch dort eindeutige Vorteile, wo geringere Temperaturen erforderlich sind, wie zum Beispiel bei Hartstoffbeschichtungen. Gleichbleibend niedrige Temperaturen verhindern unnötige Materialbeanspruchungen und Verformungen. Derzeit wird der MPT-Einsatz für die Applikation von Diamond-Like-Carbon (DLC)-Beschichtungen bei 200 °C und Umgebungsdruck untersucht.

Die Anwendung dieser Technologie ist nicht auf Metallteile begrenzt und Teile mit schwierigen Geometrien stellen kein Problem für MPT dar. Hinsichtlich der Teilegröße gibt es keine verfahrenstechnischen Einschränkungen.

Geringe Betriebs- und Investkosten

Das Aufheizen eines konventionellen Ofens auf die gewünschte Tempe-

ratur erfordert viel Energie und Zeit. MPT ermöglicht dagegen die Bearbeitung nach Bedarf und damit eine kontinuierliche, halb-kontinuierliche oder Batch-Bearbeitung. Das Anpassen des Systems an den Bedarf reduziert die Energiekosten um bis zu 30%. Die Kosten für das gesamte MPT-System veranschlagt Dana niedriger als die für konventionelle Öfen.

Die Magnetfeldröhren von MPT sind vor Beschädigung geschützt, da das Plasma die Mikrowellen absorbiert. Kostenintensive Hochenergie-Magnetfeldröhren sind nicht erforderlich. Für die Erzeugung der Mikrowellenenergie sind handelsübliche, kostengünstige Magnetfeldröhren, in Serie geschaltet, ausreichend.

Der MPT-Prozess kann über die Wärmebehandlung und Beschichtung hinaus in unterschiedlichsten Bereichen eingesetzt werden. Folgende Anwendungen werden derzeit untersucht:

- ◆ Oberflächenbehandlung (Änderung, Reinigung)
- ◆ Kohlenstoff Nanoröhrchen
- ◆ Abgasbehandlung
- ◆ Wasserstoffproduktion für Brennstoffzellenapplikationen
- ◆ Materialsynthese

Die Untersuchungen erfolgen auf zwei voll funktionsfähigen Prototypen – einem Modell mit 5 kW und 2,45 GHz sowie einem weiteren mit 75 kW, 915 MHz. Industrielle Serienanwendungen, einschließlich Beta-Systeminstallationen, sind zurzeit in der Entwicklungsphase.

Ursprünglich hatte Dana die Technologie für den internen Gebrauch entwickelt. Das Unternehmen beabsichtigt nun auch eine weitere Kommerzialisierung, wie zum Beispiel die Vergabe von Lizenzen an Entwicklungspartner, Endkunden und/oder Systementwickler. Ein serienreifes System soll in 2005 zur Verfügung stehen. ■

Der Autor: Jeff Gammons,
Dana Corporation,
Muskegon, Michigan, USA
Tel. 001 231 724 1918
jeff.gammons@dana.com