

Innovationen der Vakuumofentechnik für die Wärmebehandlung von metallischen Bauteilen

Die Vakuumwärmebehandlung und mit ihr das Vakuumhärten hat in den letzten Jahrzehnten eine immer größere Bedeutung erlangt. Sie ist umweltfreundlich, sauber und mittlerweile auch wirtschaftlich darstellbar. Das Bauteil weist nach der Behandlung eine metallisch blanke Oberfläche auf. Hinsichtlich der Minimierung von Maßänderung und Verzug gibt es kein vergleichbares Härteverfahren. Ergänzend dazu stellt seit mehr als 25 Jahren die Niederdruckaufkohlung aufgrund der hohen Gleichmäßigkeit der Aufkohlung auch bei schwierigen Geometrien, der hohen Wirtschaftlichkeit durch geringe Gasverbräuche, der kurzen Behandlungszyklen und der hohen Umweltverträglichkeit eine interessante Alternative zu den herkömmlichen Verfahren der Aufkohlung dar. Ihre Verwendung, die lange Zeit durch technische und wirtschaftliche Probleme gebremst wurde, hat sich im Laufe der letzten 10 bis 15 Jahre auch in der Serienfertigung weiter etabliert.

Im Rahmen eines Vortrags zum Thema „Überblick und aktuelle Entwicklungen der Industrieofentechnik für die Wärmebehandlung von metallischen Bauteilen“ wird der Autor auf dem diesjährigen Härtereikongress in Wiesbaden die wesentlichen neuen Entwicklungen auf diesem Gebiet aufzeigen. Der vorliegende Beitrag macht den Anfang und stellt zunächst – ohne Anspruch auf Vollständigkeit – „Neues“ und auch bereits Bewährtes aus dem Bereich der Vakuumofentechnik für die Wärmebehandlung von metallischen Bauteilen vor. Der Autor bedankt sich bei den aufgeführten Unternehmen für die entsprechenden Unterlagen und Informationen zur Erstellung dieses Beitrags.

Das Vakuumhärten metallischer Bauteile wird, wie auch das Härten im Allgemeinen, durch die Parameter Zeit, Temperatur, Druck, Atmosphäre und Abschreckung bzw. Abkühlung bestimmt. Im Sinne sowohl der verbesserten Bauteilqualität als auch der Wirtschaftlichkeit können

diese Prozessgrößen entsprechend an die Anforderungen angepasst und optimiert werden. Hier kommt der Industrieofentechnik nun die entscheidende Aufgabe zu, die Zielgrößen des Wärmebehandlungsprozesses, d. h. wirtschaftliche Herstellung eines auf eine bestimmte Weise gehärteten Bauteils unter dem Gesichtspunkt der Eignung und Einsatzmöglichkeit sowie der maximalen Lebensdauer, zu unterstützen.

Während in den vergangenen Jahren im Bereich der Wärmebehandlung von Metallen vor allem die Themen wie „Energieeffizienz“ oder „One-Piece-Flow“ die verfahrens- und ofentechnischen Entwicklungen getrieben haben, konnten ergänzend die Hersteller von Vakuumofenanlagen eine Reihe interessanter Neuerungen vorstellen und auch in der Anwendung und technischen Umsetzung „im Markt“ platzieren.

Moderne Vakuumöfen sind heute generell flexibel im Aufbau ausgeführt und aufgrund des spezifischen Behälter- und Isolieraufbaus als besonders energieeffizient einzustufen. Der vielerorts vorhandene Anspruch der „Integration in die Fertigung“ kann aufgrund der „sauberen“ Betriebsweise im Bereich der „lean“-Produktion umgesetzt werden. Branchen wie u. a. Werkzeug- und Formenbau, Luft- und Raumfahrtindustrie, Automobilindustrie und Medizinindustrie setzen vorrangig auf die Möglichkeiten dieser Technologie. Neben den „klassischen“ Ein- oder auch Zweikammervakuumöfen („Kalte-Kammer“) kommen heute vielfach bei größeren Teiledurchsätzen im Serienbetrieb vor allem modular aufgebaute und vollautomatisch

betriebene Mehrkammer-Vakuumofenanlagen zum Einsatz. Das Vakuumhärten mit folgendem Hochdruckgasabschrecken wird vor allem auch dann Verfahren erster Wahl sein, wenn die Minimierung der Maß- und Formänderung im Vordergrund steht. Ergänzend dazu stellt seit mehr als 25 Jahren die Niederdruckaufkohlung aufgrund der hohen Gleichmäßigkeit der Aufkohlung auch bei schwierigen Geometrien, der hohen Wirtschaftlichkeit durch geringe Gasverbräuche, der kurzen Behandlungszyklen und der hohen Umweltverträglichkeit eine interessante Alternative zu den herkömmlichen Verfahren der Aufkohlung dar.

Das von ALD entwickelte Anlagenkonzept „Synchrotherm“ ist sicher unter dem Gesichtspunkt des One-Piece-Flow-Fertigungsprozesses aktuell als besonders interessante verfahrens- und anlagentechnische Innovation zu nennen, welche der Industrieofentechnik generell neue Denkanstöße und Impulse geben kann (**Bild 1**). Mit diesem System ist das Einsatzhärten von ausgewählten Getriebekomponenten im One-Piece-Flow und somit eine verbesser-



Bild 1: Synchrotherm Ofenanlage für den One-Piece-Flow (Hersteller ALD)



Bild 2: Modulare Vakuumhärteofenanlage Typ ICBP (Hersteller ECM)

te Synchronisation mit den Zerspanungsmaschinen in einer Fertigungslinie denkbar.

Die Verfahrenstechnologie basiert dabei auf der bekannten Niederdruckaufkohlung mit anschließender Hochdruckgasabschreckung. Um nun einen Ablauf zu realisieren, der beispielsweise der Geschwindigkeit einer spanenden Bearbeitung entspricht, ist eine deutliche Prozesszeitverkürzung erforderlich. Dies wird in diesem Anlagenkonzept u. a. dadurch erreicht, dass einlagig chargiert und die Bauteile innerhalb kürzester Zeit auf Aufkohlungstemperatur erhitzt werden. Zudem erfolgt die Aufkohlung im Hochtemperaturbereich bei etwa

1.050 °C, um eine hohe Kohlenstoffaufnahme und eine beschleunigte Diffusion zu erzielen. Im abschließenden Prozess werden die Bauteile unter Hochdruck im Gas gehärtet. Für eine typische Einsatzhärtetiefe von 0,65 mm beträgt entsprechend den Angaben von ALD die Prozesszeit 40 min (statt sonst üblicherweise 180 min), was einer Verkürzung um mehr als 75 % entspricht.

Weitere interessante Entwicklungen sind vor allem bei den modularen Vakuumhärteanlagen mit bis zu zehn Behandlungskammern zu verzeichnen und hier insbesondere beim Niederdruckaufkohlen mit anschließender Ölabschreckung, welches in der Regel für niedrig legierte Baustähle, Einsatzstähle, Walzstähle oder auch für bestimmte Kaltarbeitsstähle verwendet wird. Diese Stähle benötigen höhere Abkühlgeschwindigkeiten als die Stahlsorten, die normalerweise mit Überdruck-Gasabschreckung gekühlt werden.

ECM macht sich hier das seit vielen Jahren bewährte modulare Anlagenkonzept ICBP zunutze und kombiniert hier Aufheiz-

und Niederdruckaufkühlungskammern die über Hochdruckgasabschreckkammern verfügen und zudem mit entsprechenden Ölabschreckkammern ausgerüstet sind (**Bild 2**). Eine Anlagentechnik, die im Bereich des Vakuumhärtens nahezu alle Bauteilvorgaben und Anforderungen ermöglicht und insbesondere für Lohnhärtebetriebe eine interessante Universallösung bieten kann.

Die Tiefkühlbehandlung in Kombination mit dem Vakuumhärten bietet sich vor allem für die Behandlung von rostfreien Stählen, Schnellarbeitsstählen und Werkzeugstählen an und kommt zwischen dem Härte- und dem Anlassprozess zum Einsatz (**Bild 3**). Durch das Tiefkühlen wird der Restaustenitgehalt reduziert und dementsprechend die Härte und Formstabilität der behandelten Teile gesteigert.

Insbesondere die Fa. Schmetz hat in den vergangenen Jahren dieses Verfahren weiterentwickelt und im Härtereimarkt etabliert. Je nach Bauteilanforderungen variieren die erforderlichen Tiefkühltemperaturen zwischen -60 und -150 °C.

Ein Vakuumverfahren, welches in den letzten Jahren im besonderen Fokus stand, ist sicher auch das Plasmanitrieren in Verbindung mit einer nachfolgenden Oxidation und einer auf der CVD-Basis abgeschiedenen DLC (Diamond-Like-Carbon)-Beschichtung. Das Plasmanitrieren mit oder ohne ergänzende Beschichtungsvarianten wird in erster Linie mit dem Ziel durchgeführt, das Verschleiß-, Ermüdungs- und Korrosionsverhalten von Werkstücken zu verbessern. Zu den Hauptvorteilen des Plasmanitrierens zählen vor allem die Verbesserung der Reib- und Gleiteigenschaften, die Schaffung korrosionsbeständiger Schichten und die große Verzugsarmut. In der Regel werden fertige bearbeitete Bauteile plasmanitriert, die nach dieser thermochemischen Wärmebehandlung keiner weiteren mechanischen Fertigungsoperation wie z. B. Schleifen mehr unterzogen werden müssen. Hier liegen vor allem auch die kostenrelevanten Vorteile dieses Verfahrens begründet.

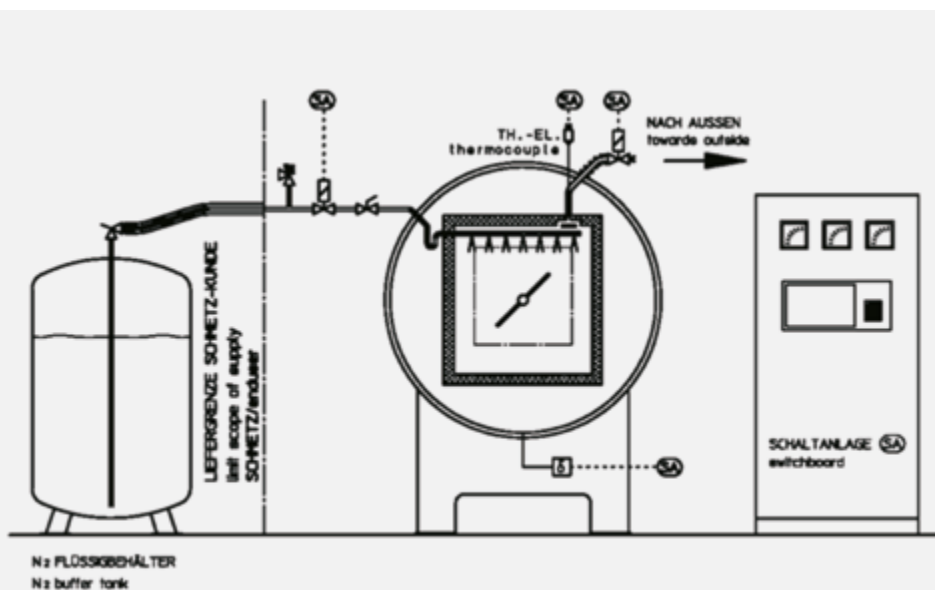


Bild 3: Prinzip Vakuumofen mit Tiefkühlleinrichtung (Hersteller Schmetz)



Bild 4: Plasmanitrieranlage mit der Option der DLC (Diamond-Like-Carbon)-Beschichtung (Hersteller Rübzig)

Eine Oberfläche nach Maß mit den anwendungsbezogenen Vorgaben zu konstruieren und herzustellen, ist die besondere anlagen- und verfahrenstechnische Entwicklungsleistung, die Rübzig mit dem speziellen „Oberflächen-Design aus Nitrier- und Oxidschicht und ergänzender DLC-Schicht“ erreicht hat (**Bild 4**). Dadurch kann das Eigenschaftsprofil von technischen Oberflächen signifikant erweitert werden, d. h. nicht nur Härte, Dauerfestigkeit oder Druckeigenstressungen sind die charakteristischen Größen, um verschleißmindernd zu wirken, sondern die Tribologie von Systemen generell. Dies dient nicht zuletzt der weiteren erfolgreichen Etablierung des „surface engineering“ in der Industrie.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass insbesondere der Vakuumofenbau in den letzten Jahren eine Reihe interessanter Verfahren zur technischen Reife weiterentwickelt hat. Die hier genannten Beispiele geben nur eine kleine Vorschau und einen kurzen Einblick in die Entwicklungen der letzten Zeit. Im Rahmen einer Präsentation auf dem Härterei Kongress und anschließender Fachveröffentlichung werden weitere Innovationen – auch aus dem Bereich der klassischen Atmosphären-Ofentechnik vorgestellt.

Kontakt:

IBW Dr. Irretier

Kleve

Tel.: 02821 / 7153948

olaf.irretier@ibw-irretier.de

www.ibw-irretier.de