

Niederdruckaufkohlung – Entwicklungen im Bereich modularer Ofentechnik

von **Olaf Irretier, Pierre Bertoni**

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, welches entsprechende Anforderungen erfüllt. Ergänzend dazu stellt die Niederdruckaufkohlung seit mehr als 25 Jahren 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 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. Der vorliegende Beitrag stellt eine neue Entwicklung im Bereich der modularen Vakuumhärte-technik vor.

Low pressure carburizing – New aspects in modular furnace technology

Vacuum heat treatment as well as vacuum hardening got bigger and bigger acceptance in the last decades. It is ecologically friendly, clean and meanwhile also economically. Surfaces of vacuum heat treated parts show a metallurgically bright surface. Concerning the minimization of distortion no comparable hardness process fulfils suitable demands. In addition low pressure carburizing is an interesting alternative to standard case hardening for parts with difficult geometry under high economic efficiency while low gas consumption and short process cycles have a high environmental compatibility. The present contribution introduces a new development in the field of modular vacuum hardness technology for low pressure carburizing.

Vakuumhärten metallischer Bauteile wird, wie auch das Härten im Allgemeinen, durch die Parameter Zeit, Temperatur, Druck, Atmosphäre und Abschreckung bzw. Abkühlung bestimmt. Im Sinne 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.

Moderne Vakuumöfen sind heute generell flexibel im Aufbau ausgeführt und aufgrund des spezifischen Behälter- und Isolieraufbaus als besonders energieeffizient einzustufen. 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



Bild 1: Doppelkammerofen mit Gasabschreckung (Quelle aller Bilder: ECM Technologies)



Bild 2: Doppelkammerofen mit Ölabschreckung

allem modular aufgebaute und vollautomatisch betriebene Mehrkammer-Vakuumofenanlagen zum Einsatz.

MODULARE VAKUUMOFENTECHNIK

Besondere 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 niedriglegierte 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.

Hier ist vor allem das seit vielen Jahren bewährte, modulare Anlagenkonzept ICBP zu nennen, bei dem kombiniert Aufheiz- und Niederdruckaufkohlungskammern, Hochdruckgasabschreckkammern und zudem Ölabschreckkammern flexibel und modular genutzt werden – eine Anlagentechnik, die im Bereich des Vakuumhärtens nahezu alle Bauteilvorgaben und Anforderungen ermöglicht und insbesondere für Lohnhärtebetriebe eine interessante Universallösung bieten kann. Breite Anwendung findet die modulare Vakuumofentechnik vor allem in der Getriebeindustrie beim Härten u. a. von Schalt- und Automatikgetrieben, stufenlosen Getrieben und Doppelkupplungsgetrieben. Zum anderen werden Antriebsstränge (Achsen,

Modulares Konzept: Kapazität & Flexibilität

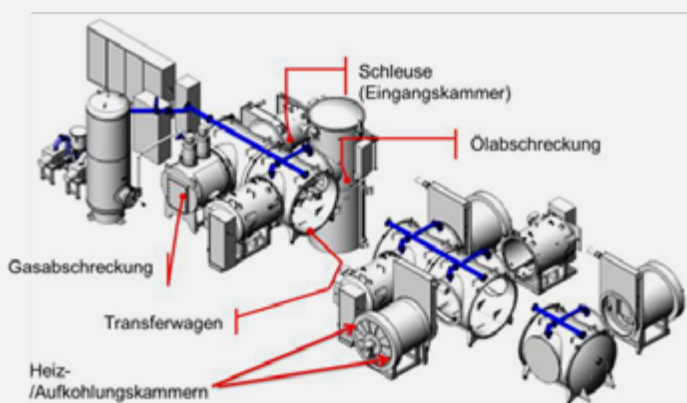


Bild 3: ICBP® Flex-Anlage

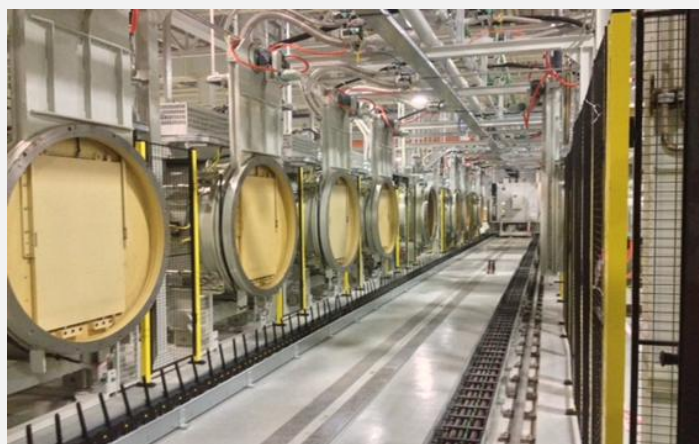


Bild 4: Modulare Vakuumhärteanlage ICBP® Jumbo

homokinetische Gelenke), Common-Rail-Einspritzsysteme (Injektoren, Pumpen), Wälzlager und Servolenkung im Niederdruckverfahren und in größeren Serien in der Automobil- und Luftfahrtindustrie gehärtet.

Niederdruckaufkohlung in Vakuumöfen bietet eine Reihe an Vorteilen wie z. B. die Vermeidung von Oxidation, die verbesserte Aufkohlungsgleichmäßigkeit und Reproduzierbarkeit, die Reduzierung metallurgischer Toleranzen, wie z. B. Aufkohlungstiefe und Härtesteuerung im Bauteilkern. Zudem steht die Niederdruckaufkohlung im Einklang mit Umweltstandards und reduziert deutlich die Emissionen von CO₂.

Die ICBP-Technologien mit dem bewährten Infracarb®-Verfahren finden weltweit in mehr als 1.000 Niederdruckaufkohlungsanlagen Verwendung. Infracarb® basiert auf einem Injektionswechsel von Acetylen-C₂H₂-Gas, welches als Kohlenstoffspender fungiert und die Oberfläche mit Kohlenstoff anreichert. Nach der Aufkohlung wird beispielsweise eine martensitische Öl- oder Gasabschreckung ausgeführt, um die gewünschte Härte im Bauteilkern und an der Oberfläche zu erhalten. Das Abschreckungsmedium wird je nach Härtebarkeit und Bauteilgeometrie der behandelten Materialien ausgewählt.

Die Reaktionskinetik ist bei der Niederdruckaufkohlung höher als bei herkömmlicher atmosphärischer Aufkohlung, die auf einem CO/CO₂-Gleichgewicht beruht. Da beim Niederdruckaufkohlungsverfahren der Prozess ohne Kohlenstoffpotenzial-Regelung betrieben wird, ist in situ eine atmosphärische Kontrolle unnötig und somit das Verfahren einfacher. Das ECM-Infracarb®-Verfahren sorgt für eine präzise Steuerung der relevanten physikalischen Parameter (Temperatur, Dauer der Gasinjektionsphasen, Durchflüsse und Druck), um optimale Ergebnisse zu erreichen. Die Prozesstemperatur ist zudem höher als bei der atmosphärischen Aufkohlung und beträgt bis zu 1.050 °C. Die Taktzeit kann dadurch gemäß der Diffusionskinetik um bis zu 50 % reduziert werden. Einfache modulare Härteanlagen sind als Doppelkammeröfen mit separater Hochdruckabschreckkammer aufgebaut. (Bild 1 und 2).

ICBP Duo-Öfen bestehen aus einer Heizkammer und einer Abschreckkammer. Die Abschreckung kann in Öl (kalt oder warm) oder mit Gas (maximal 20 bar) durchgeführt werden. Aus der modularen Erweiterung von Duo- bzw. Doppelkammerofenanlagen resultiert die sogenannte ICBP® Flex-Technologie, die mit bis zu 10 Heizkammern eine deutliche Steigerung der Produktionskapazität ermöglicht (Bild 3). Grundsätzlich können ICBP® Flex-Anlagen ohne gasdichte Zwischentüren ausgeführt werden. Mit der Option der konvektiven Erwärmung zur Steigerung der Aufheizgeschwindigkeit und der Erfüllung der AMS2750E/NADCAP können diese Anlagen zudem mit gasdichter Zwischentür ausgelegt werden. Ein leichtes und thermisch isoliertes Transfersystem gewährleistet die Chargierung zu

Tabelle 1: Nutzbare Dimensionen eines ICBP® Jumbo

	Gesamtgewicht	Breite	Höhe	Länge
Dimensionen	750 kg	610 mm	750 mm	1.000 mm
	1.000 kg	610 mm	750 mm	1.200 mm



Bild 5: Wartungstür der ICBP® Jumbo-Heizkammer

den einzelnen Heizkammern und zu der oder den Gasabschreckkammern.

NEUE MODULARE VAKUUMHÄRTEANLAGE

Die neue und modulare Vakuumhärteanlage vom Typ ICBP® Jumbo von ECM ist ein Anlagenkonzept, welches hinsichtlich der Vakuumtechnik mit voneinander unabhängigen Heiz- und Abschreckkammern aufgebaut ist. Dadurch ist gegenüber der ICBP® Flex-Variante eine weiter gesteigerte Produktionsleistung möglich (4 bis 14 Behandlungskammern). Weiterer Vorteil dieses Konzepts – neben den eigenständigen Behandlungskammern mit druckdichten Türen – ist die bewegungslose Abschreckkammer, welche über ein beheiztes Vakuumtransfermodul angesteuert wird. Die Beheizung und Isolierung des Transfermoduls garantiert während der Abschrecküberführung eine besonders hohe Temperaturgleichmäßigkeit. Die hohe Abschreckintensität in der Gasabschreckungskammer wird durch Hochdruck von bis zu 20 bar unter Stickstoff oder Helium unter der Umwälzung von zwei Hochleistungsturbinen realisiert (Bild 4). Zudem bietet die Anlage mit Chargengewichten von 1.000 kg gesteigerte Kapazitäten Vergleich zur aktuel-

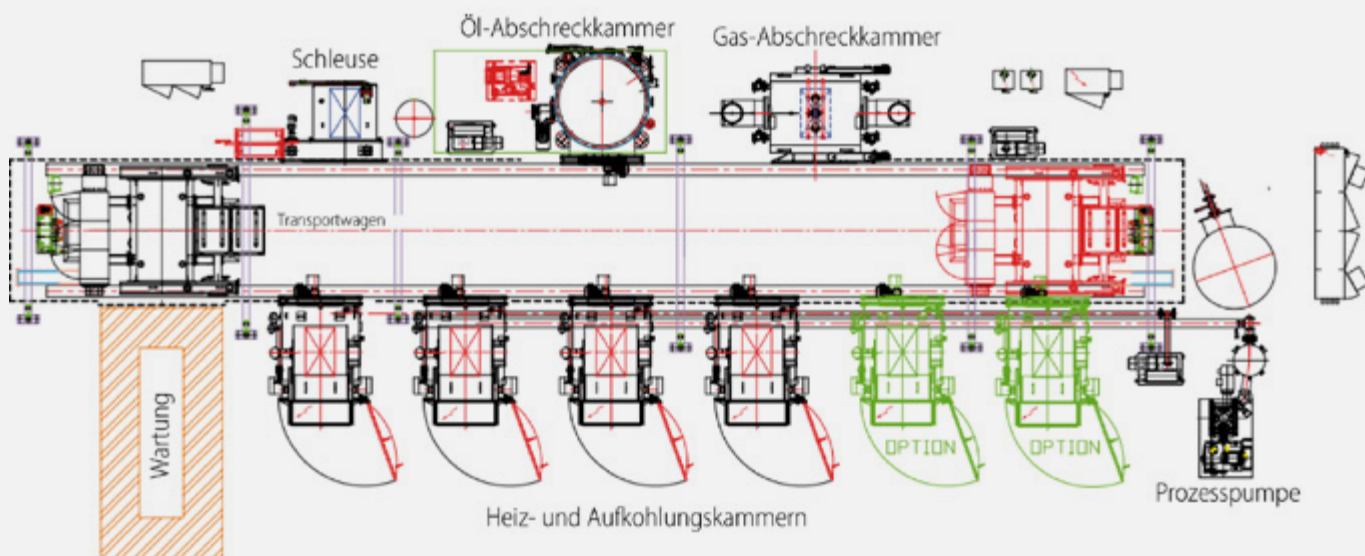


Bild 6: Layout-Beispiel eines ICBP® Jumbo

len Technologie (**Tabelle 1**). Das Konzept ist aufgrund der einzelnen Behandlungskammern und der Wartungstür als besonders wartungsfreundlich einzustufen. Die Wartung dieser Ofenanlage kann während der Produktion erfolgen (**Bild 5**). Zudem bietet die Anlage verbesserte Betriebszeiten und damit Anlagenverfügbarkeiten. Die individuelle Wartung einer jeden Heizkammer ist ohne Unterbrechung der Produktion möglich, dank der einfachen Rückwärtsbewegung in eine Garage-Park-Position. Ein weiterer Aspekt

ist die Vermeidung von Gruben und die damit verbundene Reduzierung zusätzlicher Tiefbaukosten dank der Leichtbauweise der Transferkammer (**Bild 6**).

Die Rückkühlung des zirkulierenden Abschreckgases erfolgt über zwei Wasser/Gas-Wärmeaustauscher, die gegenüberliegend an jeder Seite des Chargennutzraums platziert sind. Die schnelle und gleichmäßige Durchströmung der Charge in der Abschreckkammer wird durch zwei Hochleistungsturbinen an jeder Seite der Charge realisiert, wobei der Durchmesser und die geometrische Ausführung der Turbinen eine optimale Gasgeschwindigkeit zur Folge hat. Die Gasrichtung ist variabel einstellbar – von oben nach unten oder von unten nach oben. Die Richtungsumkehr der Gasströmung kann in weniger als 1 Sekunde durch ein ausgeklügeltes System von beweglichen, von Zylindern angetriebenen Seitenführungen erreicht werden. Durch Strömungswechsel kann der thermische Gradient innerhalb der Charge weiter reduziert und so die Härte- und Verzugtoleranzen verbessert werden (**Bild 7**).

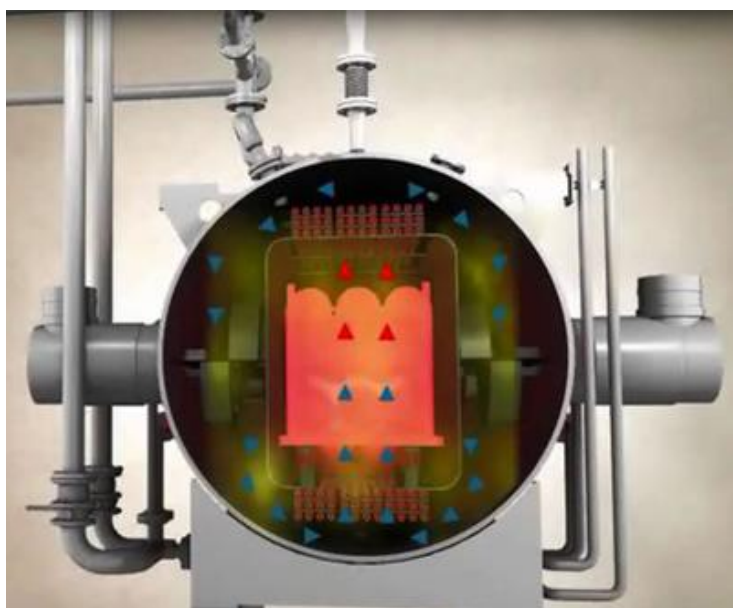


Bild 7: Gasströmung in der Gasabschreckkammer im ICBP® Jumbo-System

FAZIT

Das Vakuumhärten in Verbindung mit den Möglichkeiten der Niederdruckaufkühlung hat in den letzten Jahren eine besondere Weiterentwicklung und Akzeptanz erfahren. Waren vor etwa 10-15 Jahren nur spezielle und besonders anspruchsvolle Bauteilanforderungen bei kleineren Serien ein Beweggrund für die Auswahl des Vakuumhärtens verbunden mit Niederdruckaufkühlung, so kann heute mithilfe modularer Vakuumhärteanlagen in Großserie und unter wirtschaftlich interessanten Bedingungen gedacht werden.

Zudem wird bei der Auswahl eines geeigneten Wärmebehandlungsverfahrens der Gedanke der Umweltfreundlichkeit immer größer, welchem durch verfahrensbedingte geringe Gasverbräuche mit der Vakuumhärtetechnik ebenfalls bestens entsprochen wird. Ein weiterer guter Grund für die Auswahl dieser Technik ist der vielerorts vorhandene Anspruch der Integration in die Fertigung, der aufgrund der sauberen Betriebsweise im Bereich der Lean-Produktion umgesetzt werden kann.

Die genannten grundsätzlichen Verfahrensvorteile des Vakuumhärtens haben in den letzten Jahren dazu geführt, dass auch die Ofen- und Anlagentechnik den gesteigerten Anforderungen der Industrie insbesondere hinsichtlich Bauteilqualität, Teiledurchsatz und Kapazität, aber auch Anlagenverfügbarkeit und Wartungsfreundlichkeit nachgekommen ist. Neue Systeme liefern hier höchste Standards und bieten einen weiteren Schritt in eine moderne Wärmebehandlung der Zukunft.

LITERATUR

- [1] Irretier, O.: Überblick und aktuelle Entwicklungen der Industrieofentechnik für die Wärmebehandlung von metallischen Bauteilen. Vortrag 69. Härtereikongress 2013 Wiesbaden



AUTOREN

Dr.-Ing. Olaf Irretier
IBW Dr. Irretier GmbH
Kleve
Tel.: 02821 / 7153948
olaf.irretier@ibw-irretier.de

Pierre Bertoni
ECM Technologies
Grenoble, Frankreich
Tel.: +33 (0) 476 / 4965-60