

Vakuumhärten

(Von Dipl. Ing. Joachim Reese, Geschäftsführer der Härtereireese Brackenheim GmbH)

Die hohen Belastungen, denen viele Komponenten des Maschinen- und Werkzeugbaus ausgesetzt sind, verlangen nicht nur eine sorgfältige Planung, sondern auch spezielle Härteverfahren. Wichtige Kennzeichen des Verfahrens „Vakuumhärten“ sind die Verzugsarmut und die optimale Oberflächenbeschaffenheit der Werkstücke nach dem Härten. Wie bei jedem anderen Härteverfahren ist es wichtig, den genauen Prozessablauf zu kennen, um beste Härteergebnisse zu erzielen.

I. Verfahren

Die Grundlagen für eine verzugsarme Härtung werden schon bei der Erwärmung des Härtegutes gelegt. Kann ein Ofen im kalten Zustand besetzt werden, so entstehen weder größere Temperaturdifferenzen zwischen Ofenwand und Behandlungsgut noch damit verbundene Temperaturspannungen im Werkstück. Daher werden bei einem modernen Vakuumhärteofen grundsätzlich Härtegut und Ofenanlage gemeinsam von Raumtemperatur aus erhitzt. Die gesamte Temperatursteuerung erfolgt mit Hilfe modernster Regeltechnik. Über die gesamte Prozessdauer kann eine exakte Temperaturkontrolle der zu härtenden Werkstücke erfolgen. Zu diesem Zweck werden Thermoelemente an der Oberfläche und in tiefen Bohrungen des Werkstückes befestigt, um bei der Erwärmung entstehende Temperaturdifferenzen zu überwachen und durch sogenannte Ausgleichzeiten abzubauen.

Die Erwärmung des Härtegutes findet, wie der Name schon sagt, im Vakuum statt. Da jedoch die Wärmeübertragung durch Strahlung im unteren Temperaturbereich zu Ungleichmäßigkeiten führen kann, erfolgt die Wärmeübertragung bis 750 °C durch Konvektion mittels hochreinen Stickstoffs. Ist die Härtetemperatur erreicht, sollte man bis zum Abhärten eine Durchwärmungszeit von ca. 0,5 min je mm Wanddicke einhalten. Über spezielle Haltezeiten können wiederum die am Bauteil angebrachten Thermoelemente Rückschluss geben. Beim anschließenden Härteprozess erfolgt die Abkühlung des Härtegutes mittels hochreinen Stickstoffs. Abschreckdruck und Umwälzgeschwindigkeiten werden optimal auf die Bauteilgröße eingestellt. Eine Oberflächenoxidation der Teile ist dabei ausgeschlossen, die Werkstücke bleiben blank. Mit Hilfe der am Härtegut angebrachten Thermoelemente ist eine umfassende Kontrolle des Abschreckprozesses möglich. Je größer die Temperaturunterschiede im Werkstück sind, umso größer ist der Verzug. Zur Vermeidung dieser Verzüge ist es möglich, bei großen Werkstücken mit unterschiedlichen Materialanhäufungen einen gewissen Temperatenausgleich beim Abkühlen einzuregeln – dies wird auch als Warmbadeffekt bezeichnet. Die Auswahl der Ausgleichstemperatur kann auch zur Gefügeoptimierung eingesetzt werden.

II. Werkstoffe

Seine Anwendung findet das Vakuumhärten fast ausschließlich bei höher legierten Stählen, weil die Gasabschreckung im Vergleich mit der Wasser- oder Ölhärtung milder ist. Es eignen sich hochfeste Stähle, Warm- und Kaltarbeitsstähle, rost- und säurebeständige Stähle und HS-Stähle. Bei kleineren Abmessungen können allerdings auch niedrig legierte Stähle vakuumgehärtet werden. Gängige vakuumhärtbare Werkstoffe sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Material	DIN-Nr.	Härtetemperatur °C	max. Härte HRC	gebr. Härte HRC	Nitrieren HV1
Einsatzstähle					
X 19 Ni Cr Mo 4	1.2764	820	56	53-55	
Kaltarbeitsstähle					
42 Cr Mo V 6 6	1.8090	980	58	48-56	750-900
X 90 Cr Mo V 18	1.2361	1020	55	49-53	
50 Ni Cr 13	1.2721	850	59	52-58	
75 Cr Mo Ni w 6 7	1.2762	880	60	45-59	
X 45 Ni Cr Mo 4	1.2767	850	56	50-54	600-750
X 155 Cr V Mo 12 1	1.2379	1030	64	56-62	900-1100
X 165 Cr Mo V 12	1.2601	1000	63	58-62	900-1050
X 210 Cr 12	1.2080	960	63	58-62	700-800
X 210 Cr W 12	1.2436	950	64	58-62	700-800
Warmarbeitsstähle					
X 40 Cr Mo 5 1	1.2344	1030	56	48-56	900-1150
X 37 Cr Mo W 5 1	1.2606	1030	58	48-56	950-1100
56 Ni Cr Mo V 7	1.2714	870	57	35-52	600-700
57 Ni Cr Mo V 7 7	1.2744	890	56	35-52	600-700
X 30 W Cr V 93	1.2581	1120	51	37-51	800-1000
Rost- und säurebeständige Stähle					
X 36 Cr Mo 17	1.2316	1010	49	43-48	
X 40 Cr 13	1.4034	1000	55	52-54	800-1000
X 38 Cr Mo V 15	1.4117	1050	58	55-57	
X 55 Cr Mo 14	1.4110	1020	57	55-57	
HS-Stähle					
S 12 1 4 5	1.3302	1200		65	
S 6 5 2 5	1.3243	1200		64-67	
S 6 5 2	1.3343	1200		64-66	

III. Fertigung

Das Hauptziel jeder Härtung ist es, den Verzug bei Erreichen der optimalen Härtewerte minimal zu halten, denn Nacharbeiten wie Richten, Erodieren und Nachschleifen führen oft zu erheblichen Kosten. In diesem Zusammenhang stellt sich sofort die Frage nach allen möglichen Verzugsquellen. Schon der Konstrukteur sollte darauf achten, dass grobe Querschnittsübergänge und scharfe Kanten beim Werkstück vermieden werden. Es sollte stets ein vergütetes Material ausgewählt werden. Bei der Materialentnahme aus dem Rohmaterial muss unbedingt daran gedacht werden, dass Verzüge in Faserlängsrichtung in der Regel am größten sind. Die durch eine mechanische Zerspanungsbearbeitung in das Material eingebrachten Spannungen können durch ein Spannungsarm – oder Normalglühen vor dem letzten Arbeitsgang wirksam abgebaut werden. Bei größeren Bauteilen ist oft sogar ein Vorvergüten ratsam.



(Vakuumofenlinie in der Härterei Reese Brackenheim GmbH.)

IV. Kombination mit anderen Härteverfahren

Für Bauteile mit höchstem Verschleißwiderstand und Festigkeit bietet die HÄRTEREI REESE weitere Verfahren an, die sich mit dem Vakuumhärten bestens kombinieren lassen. Aufgrund der „blanken“ Oberfläche nach dem Vakuumhärten können diese Bauteile anschließend direkt nitriert werden. Auf diese Weise lassen sich etwa bei warmfesten Werkstoffen Härtewerte von mehr als 68 HRC erreichen. Ein anderer Anwendungsfall ergibt sich bei einer nachfolgenden Titan-Nitridbeschichtung.

V. Umweltschutz

Neben den oben dargestellten Vorteilen der Verzugsarmut und der optimalen Oberflächenbeschaffenheit liegt ein weiterer Vorteil dieses Härteverfahrens in seiner Umweltverträglichkeit. Der zum Abschrecken verwendete Stickstoff ist Bestandteil der Luft und kann nicht zu Verunreinigungen führen.

VI. Reproduzierbarkeit

Jeder Härtevorgang wird programmiert durchgeführt, wodurch eine exakte Reproduzierbarkeit des Härteprozesses gegeben ist. So sind bei wiederkehrenden Werkstücken stets gleiche Verzüge zu erwarten, die die mechanische Fertigung entsprechend berücksichtigen kann - ein Nachschleifen wird bei Serienteilen vermeidbar.

VII. Anwendungsbeispiele

Hier lassen sich alle hoch- und warmfesten Maschinenbauteile aufführen. Auch für die Antriebstechnik ergibt sich eine Vielzahl von Anwendungsbeispielen, wie z.B. Achsen, Führungsschienen, Laufrollen, hochwertige Ritzel, Förderrollen, Kupplungsteile, rost- und säurebeständige Antriebselemente und Halterungen. Aufgrund der Verzugsarmut werden auch komplizierte Steuer- und Führungskurven vakuumgehärtet. Bei den Hydraulikkomponenten findet dieses Verfahren seine Anwendung bei Kolben, Zylindern, Ventilen und Gehäusen. Im Bereich der Werkzeugtechnik werden Werkzeuge für Kunststoffformen, Druckgussformen sowie Stanz- und Biegetechnik vakuumgehärtet.