

Laserhärten beschleunigt Fertigung zerspanter Werkzeuge und Bauteile

Der Laser ermöglicht ein partielles, verzugsarmes Härten von teils fertig zerspannten Werkstücken und Werkzeugen. Das ist im hohen Maß bei der Anwendung von Hochleistungsdiodenlaser der Fall. Die Nachbearbeitung wird minimiert, sie kann sogar vermieden werden. Die Teile stehen sofort für weitere Prozesse zur Verfügung.

STEFFEN SCHUBERT

Das Härten dient der Erhöhung der Festigkeit oder des Verschleißwiderstands. Man unterteilt die Härteverfahren in das Ofenhärten, in Nitrierverfahren, aber auch in partiell wirkende Randschicht-Härteverfahren wie das Flammhärten, das Induktionshärten und das Laserhärten mit jeweils unterschiedlicher Einhärtetiefe und Konturtreue. Beim Ofenhärten

Dr.-Ing. Steffen Schubert ist Mitarbeiter der Alotec GmbH in 01277 Dresden, Tel. (03 51) 83 39 13-4 23, Fax (03 51) 83 39 13-3 42, info@alotec.de

kann das Bauteil entweder randschichtgehärtet oder durchgehärtet werden. Beim Nitrieren erzeugt man mit sehr geringer Einhärtetiefe (Eht) eine umfassend gehärtete Oberfläche.

Das Laserhärten – sachlich zutreffender: das Laserstrahlhärten – kommt seit etwa zehn Jahren in der Industrie zur Anwendung. Dort gewinnt es stetig an Bedeutung. Für diese Randschicht-Härteverfahren stehen als Energiequelle nicht nur CO₂-Laser, Faserlaser und Nd:YAG-Laser zur Verfü-

gung; es werden auch direkt strahlende und fasergekoppelte Hochleistungsdiodenlaser (HLDL) eingesetzt. Der Hochleistungsdiodenlaser arbeitet in einem relativ kurzen Wellenlängenbereich. Die Energieabsorption im Werkstoff ist dadurch im Vergleich zu anderen Laserstrahlquellen deutlich effizienter. Der Wirkungsgrad eines HLDL beträgt etwa 35%.

Härten lassen sich damit Oberflächen aus Stahlguss, Bau-, Vergütungs- und Werkzeugstählen, aber auch unterschiedliche Gussei-



Bild 1: Bei diesem Werkzeugsegment wurde die Schneidkante deutlich partiell und verzugsarm mit einem Hochleistungsdiodenlaser gehärtet.

Bild: Alotec

Bild: Alotec



Bild 2: Mobile Härteanlage, die mit einem Hochleistungsdiodenlaser arbeitet. Sie eignet sich für Anwendungen direkt beim Kunden. Eine Erweiterung für das Pulver- und Drahtauftragschweißen ist möglich.

Bild: Alotec



Bild 3: Bei diesem Werkzeugsegment wurden bestimmte 3D-Biegekanten partiell gehärtet. Die eingetragene Wärmemenge ist deutlich niedriger als bei anderen Verfahren.

sensorten wie Grauguss mit Lamellen- oder Kugelgraphit. Für direkt härtbare Werkstoffe wird ein Kohlenstoffgehalt von mindestens 0,22 Masse-% vorausgesetzt. Außerdem ermöglichen Hochleistungsdiodenlaser, aufgekohlte, aber auch vorab nitrierte Stähle zu härten. Beim Randschichtenhärten von Werkzeugen wird die Oberfläche auf Austenitierungstemperatur erwärmt. Die Geschwindigkeit des Temperaturanstiegs beträgt dabei mehr als 1000 K/s. Der Temperaturanstieg erfolgt kontrolliert bis sehr nahe an den Schmelzpunkt heran, jedoch ohne diesen zu erreichen.

Die Temperaturhaltezeit beträgt beim Randschichthärten mit einem Hochleistungsdiodenlaser etwa 10^{-3} bis 10 s. Die Wärmeableitung erfolgt direkt ins Bauteil. In der Regel wird unter atmosphärischen Bedingungen gearbeitet. Zwar kommt es daher zu einer geringen Oxidschichtbildung, doch ist diese meist unbedeutend und lässt sich bei

Bedarf mühelos entfernen. Die Oxidschichtbildung kann grundsätzlich verhindert werden, indem das Verfahren in Schutzgasumgebung zur Anwendung kommt.

Wichtigste Kriterien bei der Auswahl sind funktionale Anforderungen

Im Vergleich zu anderen Härteverfahren erzeugt das Laserhärten ein deutlich feinkörnigeres Gefüge. Die Härtewerte liegen entsprechend an der Obergrenze der durch Martensitbildung erzielbaren Ergebnisse. Die maximal erreichbare Einhärtetiefe ist materialabhängig und bis etwa 1,5 mm möglich. Bei hochlegierten Lufthärtungsstählen erreicht man teilweise höhere Einhärtetiefen.

Die Entscheidung für ein bestimmtes Härteverfahren sollte stets aufgrund funktionaler Bauteilanforderungen getroffen werden. Andere Gründe, wie die lokale Verfügbarkeit einer Härtetechnik, die Forderung nach unbegründet hohen Einhärtetiefen, ein über-

höhtes Sicherheitsdenken des Konstrukteurs oder die Anwendung aus Tradition, sollten bei der Auswahl keine Rolle spielen. Dafür ist die Reduzierung des Zerspanungsaufwands nach dem Bauteilhärten umso wichtiger: Bei einem hohen Wärmeeintrag werden die durch das Zerspanen ins Bauteil eingebrachten mechanischen Spannungen „freigesetzt“. Es kommt zum Bauteilverzug. Werkstoffintensive und risikobehaftete Bauteilaufmaße sind erforderlich. Im Ergebnis muss das konventionell gehärtete Bauteil aufwendig nachgearbeitet werden.

Ziel ist jedoch die spanende finale Bearbeitung von Bauteilen im „weichen“ Zustand – also vor dem Härten. Dazu ist ein verzugarmes Härteverfahren notwendig. Das partielle Härten mit einem Hochleistungsdiodenlaser bietet dafür die besten Voraussetzungen. Die Grundzähigkeit im Bauteilkern bleibt erhalten und die Rissanfälligkeit wird entsprechend reduziert.

Beim Laserhärten wird Wärme sehr zielorientiert oder partiell ins Bauteil eingebracht. Die Wärmemenge ist deutlich niedriger als bei anderen Verfahren. Daraus ergibt sich der bereits erwähnte Vorteil eines nicht signifikanten Bauteilverzugs. Folglich lässt sich eine spanende Nachbearbeitung am gehärteten Bauteil minimieren oder sogar vermeiden. Zu den weiteren Vorteilen des Laserhärtens gehören der hohe energetische Wirkungsgrad, kurze Prozesszeiten und damit die schnelle Verfügbarkeit gehärteter Bauteile für nachfolgende Produktionsprozesse. Die Integration des Laserhärtens in eine kontinuierlich arbeitende Produktionslinie ist möglich [1].

Weitere Kennzeichen des Laserhärtens sind die hohe Umweltverträglichkeit und Sauberkeit. Es wird keine aufwendige Technik wie die Vakuumherzeugung benötigt. Kühlmedien, zum Beispiel Wasser oder Öl, sind nicht erforderlich. Voraussetzung ist lediglich der direkte freie Zugang des Laserstrahls zur Bauteiloberfläche.

Die Kombination von Nitrieren (flächenhaft) und Laserhärten (partiell) ist möglich. Zusätzlich zur nitriergehärteten Oberfläche erreicht das Laserhärten eine höhere Einhärtetiefe an ausgewählten Konturen oder Punkten. Die Anwendung des Laserhärtens eröffnet dem Konstrukteur und Produktionsplaner neue Freiheitsgrade. Die Wirtschaftlichkeit des Laserhärtens ist bereits über viele Jahre bewiesen. So sind Hochleistungsdiodenlaser bis 10 kW am Markt verfügbar. Mit einem Lasersystem können Spurbreiten von maximal 60 mm erreicht werden. Die Kopplung mehrerer Lasersysteme für Spezialanwendungen ist möglich.

Zur Flexibilisierung der Härtespurbreiten hat das Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS), Dresden, das Scannerstrahl-Formsystem Lassy entwickelt. Dieses dynamisch arbeitende System ermöglicht, Spurbreitenvariationen bei einer Scanfrequenz bis 200 Hz zu fahren. Der Laserstrahl kann damit variablen Oberflächenformen folgen oder sie auch auslassen. Der Wechsel von festen Optiken zur Veränderung der Härtespurbreite entfällt. Schlupfzonen werden vermieden.

Drehkipptisch erleichtert Zugang beim Führen des Lasers mit Robotern

Die Strahlquelle des Hochleistungsdiodenlasers wird von einem Roboter geführt. Ein zusätzlicher Drehkipptisch zur Werkstückpositionierung gewährleistet fast ausnahmslos die Zugänglichkeit des Laserstrahls zur Bauteiloberfläche. Im Bedarfsfall werden die Linear- und Rotationsachsen des Roboters um weitere ergänzt.

Die Leistungsregelung des Lasers erfolgt mit dem System Lompoc Pro. Die Software sichert die bestmögliche Temperaturkons-

tanz (etwa ± 10 K) auf der Werkstückoberfläche. Vor allem bei wechselnden Wärmeableitungsbedingungen ist das entscheidend. Die Oberflächentemperatur wird von einer Kamera erfasst und in der Laserleistungsregelung verarbeitet. Dies erfolgt innerhalb der Härtespur punktgenau aufgrund der konkreten Zuordnung der Temperaturwerte zum Flächenelement. Damit wird die wichtigste Grundvoraussetzung für ein gleichmäßiges Härteergebnis bei hohem Qualitätsanspruch erfüllt. Anschmelzungen werden vermieden.

Weitere Prozessparameter, wie die Vorschubgeschwindigkeit des Laserstrahles und der bauteilgeometrisch bedingte unterschiedliche Einstrahlwinkel auf die Bauteiloberfläche, werden auf Basis von Erfahrungswerten festgelegt. Spiegelsysteme ermöglichen das Erreichen von Flächen im Innern von Bauteilen. Voraussetzung ist ein optimaler Auftreffwinkel des Laserstrahls. Systeme zur Strahlteilung sorgen beim Laserhärten dreidimensionaler Schneidkanten für funktionsgerechte Härteergebnisse.

Mit dem Laserstrahlanalysegerät Lasmon des Fraunhofer IWS können die Leistungs-

dichteverteilung geformter Laserstrahlen gemessen und als 3D-Modell anschaulich dargestellt werden. Mit der Simulationssoftware DCAM wird der Laserstrahl entlang der Bauteiloberfläche offline programmiert. Dafür ist das 3D-Modell des Bauteils notwendig, wobei sich Daten aus allen üblichen CAD-Systemen importieren lassen. Alternativ werden Programme im Teach-in-Verfahren erzeugt.

Seit dem vergangenen Jahr steht Alotec ein mobiler Laser zum Härten zur Verfügung. Damit werden Bauteile direkt bei Kunden gehärtet. Alotec hat als Anlagenhersteller und Lohnhärter unter dem Namen „Plug and Work“ ein Kleinlasersystem auf den Markt gebracht. Das Investitionsvolumen liegt deutlich unterhalb des auf dem Markt bekannten Rahmens. Wie die größeren Anlagen von Alotec lässt sich auch dieses Kleinlasersystem für das Laserpulver- und -drahtauftragschweißen erweitern. **MM**

Literatur

- [1] Bonß, S.: Laserhärten – Integration in die Fertigung ermöglicht schlanke Prozesse. HTM-Zeitschrift 3/2008, S. 147–154.