

Ersetzt Ausgabe September 1997

**Inhalt:**

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Verfahrensbeschreibung
  - 2.1 Definition
  - 2.2 Prozess
  - 2.3 Anlagentechnik
  - 2.4 Merkmale des Elektronenstrahlhärtens
- 3 Werkstoffe
- 4 Einflussgrößen bei der Anwendung des Elektronenstrahlhärtens
- 5 Anwendungshinweise – Voraussetzungen für das Elektronenstrahlhärten
  - 5.1 Auswahl der zu härtenden Bauteile
  - 5.2 Verfahrensspezifische Hinweise
  - 5.3 Werkstoffspezifische Hinweise
  - 5.4 Bauteilspezifische Hinweise
  - 5.5 Fertigungsspezifische Hinweise
- 6 Qualitätsprüfung
- 7 Anwendungsbeispiele
- 8 Verordnung und Normen
- 9 Schrifttum

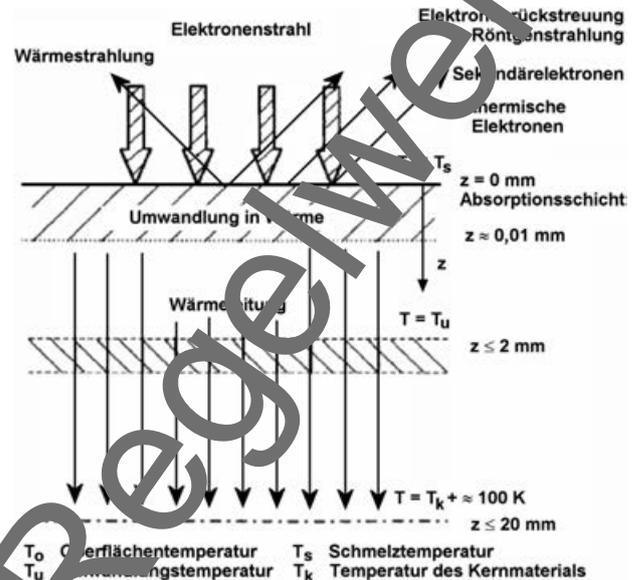


Bild 1 Prinzip der Wechselwirkung Elektronenstrahl – Bauteiloberfläche.

**1 Anwendungsbereich**

Ausgehend von den Forderungen, einerseits den Veredlungsgrad der Werkstoffe zu steigern, um günstige, den Beanspruchungsbedingungen angepasste Gebrauchseigenschaften zu erhalten und andererseits eine Effektivitätssteigerung in der Wärmebehandlung zu erlangen, ergeben sich weitreichende Perspektiven für die Anwendung des Elektronenstrahlhärtens (EBH). Anwendungsmöglichkeiten für das Elektronenstrahlhärten bietet fast die gesamte metallverarbeitende Industrie. Daraus resultiert ein breites Spektrum von Bauteilen mit außerordentlich differenzierten Voraussetzungen in Bezug auf verfahrensspezifische, werkstoff- und bauteilspezifische Anwendungsbedingungen.

Diesen unterschiedlichen Ausgangsgrößen Rechnung tragend, ist es das Anliegen des vorliegenden Merkblattes, umfassende Hinweise und Kenntnisse für eine sinnvolle Nutzung des Elektronenstrahlhärtens zu vermitteln. Das Merkblatt soll vor allem fachliche Unterstützung bei der konstruktiven und technologischen Fertigstellung von mittels Elektronenstrahl randschichtzuhärtenden Bauteilen bieten.

**2 Verfahrensbeschreibung**

**2.1 Definition**

Gemäß DIN 17022-5 ordnet sich das EBH als partielles thermisches Randschichthärtverfahren ein, es kommt zur Anwendung bei Umwandlungshärtungen Eisenwerkstoffen.

Grundlage des EBH bildet die definierte Erzeugung und Lenkung des Elektronenstrahls. Beim Auftreffen des Elektronenstrahls auf die Bauteiloberfläche vollzieht sich eine Umwandlung der kinetischen Energie der Elektronen in Wärme und deren rasche Ableitung ins Bauteilinnere. Dieser Vorgang wird sowohl zur Austenitisierung als auch zur Martensitbildung (Selbstabschreckung) genutzt, Bild 1.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

**2.2 Prozess**

Die üblicherweise zu realisierende flächenhafte Härtung wird erreicht, indem die Energieübertragung auf größere Flächenbereiche ausgedehnt wird. Bei der Variante der oberflächenisothermen Energieübertragung wird dabei durch eine zweidimensionale hochfrequente Strahlableitung ein in der Größe an die Behandlungsaufgabe angepasstes isothermes Feld erzeugt, unter dem sich das zu härtende Bauteil mit definierter Geschwindigkeit bewegt, so dass eine bahnförmige Härtung erfolgt.

**2.3 Anlagentechnik**

Als Vakuumprozess stellt das EBH spezifische Anforderungen an die Anlagentechnik und Verfahrensdurchführung.

Bestandteile von Elektronenstrahlanlagen, Bild 2, sind:

- Elektronenstrahlgenerator
- Arbeitskammer mit Handlingsystem
- Hochspannungserzeuger
- Steuerung
- Vakuumsystem

Elektronenstrahlanlagen werden den jeweiligen Arbeitsaufgaben angepasst und in ihren Abmessungen durch das zu behandelnde Bauteilsortiment bestimmt. Das betrifft sowohl die Arbeitskammer einschließlich des dazugehörigen Vakuumsystems als auch die Einrichtungen für das Handling der Bauteile. Moderne Elektronenstrahlanlagen sind ausgerüstet mit CNC-Steuerung für den technologischen Gesamtprozess. Eine Speicherung der programmierten Verfahrensparameter ist möglich.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Strahlschweißen“

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

DVS-Merkblätter und -Richtlinien - Stand 2008-12

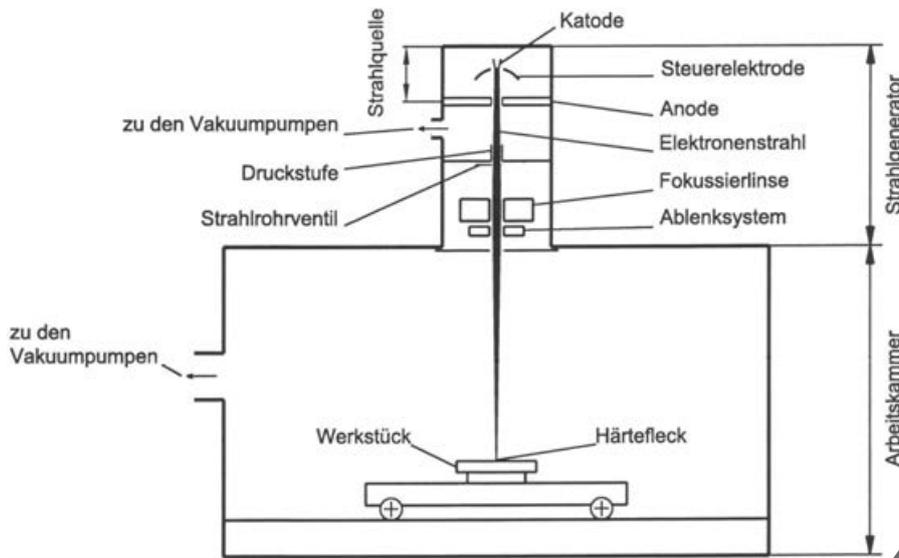


Bild 2. Elektronenstrahlanlage zum Randschichthärten mit Vakuum-Arbeitskammer (schematische Darstellung)

#### 2.4 Merkmale des Elektronenstrahlhärtens

Zu den spezifischen Merkmalen zählen günstige Eigenschaftskombinationen in der Randschicht, insbesondere eine sehr gute Verschleißbeständigkeit, geringe Maßänderungen und eine ausgezeichnete Oberflächenqualität.

Ferner kommen folgende Vorzüge zum Tragen:

- hohe Produktivität bei geringem Energieverbrauch
- hochgradige Automatisierbarkeit und Eingliederung in Fertigungssysteme
- hohe technologische Flexibilität
- rechnergesteuerter Prozess und damit exakt reproduzierbare Resultate
- partielle Behandlung
- minimaler Bauteilverzug
- gute Maßhaltigkeit
- verbesserte Fertigungssicherheit und Qualität der Erzeugnisse
- keine Entkohlung bzw. Verzunderung der Bauteiloberfläche
- verbesserte Arbeitsbedingungen
- keine Umweltbelastung
- Unempfindlichkeit gegen Lichtreflexion im Vergleich zum Laserstrahlhärten

Derartige Merkmale können andere Wärmebehandlungsverfahren, insbesondere Randschichthärteverfahren, in ihrer Gesamtheit nicht in sich vereinen. Demgegenüber muss auch dem folgenden Aspekt Beachtung geschenkt werden, der jedoch für die breitenwirksame Nutzung des Elektronenstrahlhärtens kein grundsätzliches Problem darstellt: Die Notwendigkeit der Entmagnetisierung der Bauteile vor dem EBH.

#### 3 Werkstoffe

Für eine effektive und beanspruchungsgerechte Anwendung des EBH ist die Auswahl eines geeigneten Werkstoffs von ausschlaggebender Bedeutung. Im Gegensatz zu anderen thermischen bzw. thermochemischen Randschichthärteverfahren ist die elektronenstrahlhärten Werkstoffpalette wesentlich größer. Eine Ursache dafür ist die partielle Behandlung, die eine nur minimale Wärmebelastung des Bauteils ermöglicht – das gehärtete Volumen entspricht der beanspruchungsgemäß erforderlichen Größenordnung – und damit das Verzugsverhalten in fertigungstechnischem Sinne positiv beeinflusst.

Für das EBH geeignete Werkstoffgruppen sind:

- Vergütungsstähle
- Federstähle
- Kaltarbeitsstähle
- Warmarbeitsstähle
- rost- und säurebeständige Stähle (martensitisch umwandelnd)
- Messing
- Einsatzstähle (aufgekühlt)

#### 4 Einflussgrößen bei der Anwendung des Elektronenstrahlhärtens

Die Elektronenstrahlhärten wird beeinflusst durch:

- Werkstoff
- Vorbehandlungszustand
- Geometrie und Masseverhältnisse im zu härtenden Bereich bzw. des Gesamtebauteils
- Oberflächenzustand
- Sauberkeit

#### 5 Anwendungshinweise – Voraussetzungen für das Elektronenstrahlhärten

Aus Sicht der Beanspruchungsbedingungen ergeben sich Einsatzfälle dort, wo eine Verbesserung der Randschichteigenschaften erzielt werden soll. Der Optimierung des Verschleißverhaltens und der Oberflächenhärte kommt dabei eine vorrangige Bedeutung zu. Die gezielte Beeinflussung des Eigenspannungszustandes, vor allem durch Erzeugen von Druckeigenspannungen in der Randschicht der Elektronenstrahlhärtezone, wirkt sich ebenfalls auf die Mehrzahl der Beanspruchungsfälle positiv aus. Kerneigenschaften lassen sich verfahrensgemäß nicht beeinflussen. Primäres Anliegen ist es nicht, dynamische Festigkeits- und/oder Zähigkeitskennwerte zu verändern.

Um die Vorzüge des Elektronenstrahlhärtens weitestgehend auszunutzen und damit eine der Funktion des Bauteils entsprechend gehärtete Randschicht zu erzielen, sollten die verfahrensspezifischen Besonderheiten bereits in der Phase der Bauteilkonstruktion und bei der technologischen Fertigungs- und Verfahrensvorbereitung Beachtung finden. Der Randschichtgehärtete Zustand ist in der Zeichnung entsprechend DIN 6773 zu kennzeichnen.

Durch gezielte Anwendung des EBH sind gegenüber anderen Randschichthärteverfahren bzw. thermochemischen Verfahren erhebliche Kosteneinsparungen bezüglich Arbeitszeit und elektrischer Energie möglich.