DIN 17022-3:2025-11 (D)

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen - Verfahren der Wärmebehandlung - Teil 3: Einsatzhärten

Inhalt

Seite

Vorwort 5

Einleitung 7

1 Anwendungsbereich 8

2 Normative Verweisungen 8

3 Begriffe und Kurzzeichen 8
3.1 Begriffe 8
3.2 Kurzzeichen 9

4 Kurzbeschreibung des Einsatzhärtens 9

5 Kennzeichnen des einsatzgehärteten Zustands 10

6 Durchführung 10
6.1 Vorbereitung und Vorbehandlung 10
6.1.1 Allgemeines 10
6.1.2 Vorbereiten der Werkstücke 10
6.1.3 Spannungsarmglühen 11
6.1.4 Normalglühen 11
6.1.5 Vorvergüten 11
6.1.6 Vorbereitung für ein örtlich begrenztes Aufkohlen/Carbonitrieren 11
6.1.7 Chargieren der Werkstücke 12
6.2 Erwärmen auf Behandlungstemperatur 12
6.3 Aufkohlen 16
6.3.1 Allgemeines 16
6.3.2 Aufkohlen mit gleichbleibendem C-Pegel 17
6.3.3 Aufkohlen mit veränderlichem C-Pegel 18
6.3.4 Aufkohlungstiefe 19
6.3.5 Aufkohlen in festen Mitteln (Pulver) 20
6.3.6 Aufkohlen in Salzschmelzen 20
6.3.7 Aufkohlen in Gas 20
6.3.8 Aufkohlen bei Niederdruck 21
6.4 Carbonitrieren 22
6.4.1 Allgemeines 22
6.4.2 Carbonitrieren in Salzschmelzen 22
6.4.3 Carbonitrieren in Gas 23
6.4.4 Carbonitrieren bei Niederdruck 23
6.5 Härten 24
6.5.1 Allgemeines 24
6.5.2 Direkthärten 31
6.5.3 Einfachhärten (Bild 9b und 9e) 31
6.5.4 Doppelhärten (Bild 9d) 31
6.5.5 Einsatzbainitisieren (Bild 9f) 31
6.6 Tiefkühlen 32
6.7 Anlassen 32

7 Wärmebehandlungsmittel 32
7.1 Wärmmittel 32
7.1.1 Allgemeines 32

7.1.2 Flüssige Wärmmittel ... 33
7.1.3 Gasförmige Wärmmittel ... 33
7.1.4 Vakuum ... 33
7.2 Aufkohlungs- und Carbonitriermittel ... 33
7.2.1 Feste Mittel (Pulver) ... 33
7.2.2 Salzschmelzen ... 33
7.2.3 Gase ... 34
7.3 Mittel zum Abkühlen/Abschrecken ... 37
7.3.1 Allgemeines ... 37
7.3.2 Flüssige Abschreckmittel ... 37
7.3.3 Gasförmige Abkühlmittel ... 38
7.3.4 Tiefkühlmittel ... 38

8 Hinweise auf Einrichtungen zum Wärmebehandeln ... 38
8.1 Öfen zum Wärmebehandeln ... 38
8.2 Einrichtungen zum Abkühlen/Abschrecken ... 41
8.3 Einrichtungen zum Tiefkühlen ... 41

9 Mängel an wärmebehandelten Werkstücken ... 41

10 Hinweise zum wärmebehandlungsgerechten Konstruieren ... 47

11 Hinweise zum Richten ... 48

12 Prüfen des wärmebehandelten Werkstücks ... 49

Anhang A (informativ) Ergänzende Angaben und Empfehlungen ... 51
A.1 Zu empfehlender Randkohlenstoffgehalt bei Anforderung nach restaustenitarmen Randschichtgefügen ... 51
A.2 Zusammenhang zwischen C-Pegel-Wert und Messwerten der Gaszusammensetzung beim Aufkohlen in Gas ... 51
A.3 Örtlich begrenzte Einsatzhärtung ... 53

Literaturhinweise ... 54

Bilder

Bild 1 — Zeit-Temperatur-Folge für ein Erwärmen von Werkstücken für ein Aufkohlen oder Carbonitrieren (schematisch) ... 13

Bild 2 — Zeit-Temperatur-Folge von Werkstücken für ein Aufkohlen oder Carbonitrieren mit einstufigem Vorwärmen (schematisch) ... 14

Bild 3 — Erwärmdauer für das Erwärmen in Salzschmelzen ... 15

Bild 4 — Erwärmdauer in Luftumwälzöfen und Kammeröfen ... 15

Bild 5 — Kohlenstoffverlaufskurve, schematisch ... 16

Bild 6 — Mögliche Formen der Kohlenstoffverlaufskurven (schematisch) nach Kopietz [2] ... 18

Bild 7 — Kohlenstoffverlaufskurven beim Zweistufen-Aufkohlen (schematisch) ... 19

Bild 8 — Zusammenhang zwischen der CO_2-Konzentration und dem C-Pegel-Wert beim Aufkohlen bzw. Carbonitrieren in Gas (Endogas aus Propan) ... 24

Bild 9 — Mögliche Zeit-Temperatur-Folgen beim Einsatzhärten (schematisch) ... 26

Bild 10 — Zeit-Temperatur-Verlauf beim Abkühlen aufgekohlter oder carbonitrierter Werkstücke (schematisch) ... 27

Bild 11 — Zeit-Temperatur-Umwandlung-(ZTU-)Schaubild für kontinuierliches Abkühlen eines nicht aufgekohlten Stahls C15E [6] 28

Bild 12 — Zeit-Temperatur-Umwandlung-(ZTU-)Schaubild für kontinuierliches Abkühlen eines auf einen Randkohlenstoffgehalt von 0,90 Massenanteile C in % aufgekohlten Stahls C15E [6] 29

Bild 13 — Zusammenhang zwischen den Temperaturen für Start (M_s) und Ende (M_f) der Martensitbildung und dem Kohlenstoffgehalt von unlegierten Stählen. 29

Bild 14 — Kohlenstoff- und Härteverlaufskurven nach unterschiedlichen Aufkohlungsbedingungen 30

Bild 15 — Übersicht über die Herstellung von Aufkohlungsatmosphären 35

Bild 16 — Ungünstige und günstige Massenverteilung bei Werkstücken 47

Bild 17 — Ungünstige und günstige Massenverteilung bei Werkstücken 47

Bild 18 — Ungünstige und günstige Gestaltung von Querschnittsübergängen 48

Bild 19 — Beispiel für Verbesserung der Querschnittsverhältnisse zur Verringerung der Rissgefahr 48

Bild 20 — Beispiel für eine Möglichkeit zur Verbesserung der Formsymmetrie 48

Tabellen

Tabelle 1 — Übliche Zusammensetzung eines Trägergases in Abhängigkeit der Ausgangsstoffe 36

Tabelle 2 — Kriterien für die Ofenauswahl 39

Tabelle 3 — Übersicht über Mängel an einsatzgehärteten Werkstücken, ihre mögliche wärmebehandlungsbedingte Ursache und dafür eventuell maßgebliche Fehler beim Wärmebehandeln 42

Tabelle 4 — Hinweise für das Prüfen wärmebehandelter Werkstücke 49

Tabelle A.1 — Empfohlene Höchst-Randkohlenstoffgehalte für restaustenitarme Randschichtgefüge 51