

Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen

Werkstoffauswahl

Stahlauswahl aufgrund der Härbarkeit

DIN
17 021
Teil 1

Heat treatment of iron and steel; material selection;
steel selection according to hardenability

Traitement thermique de métaux ferreux; Sélection de métaux;
Sélection d'acier selon l'aptitude de prendre la trempe

Inhalt

	Seite		Seite
1 Geltungsbereich	1	4.1 Maßänderung, Verzug und Rißgefahr	3
2 Begriffe	1	4.2 Wirkung der Abkühlmittel	3
2.1 Härten	1	4.3 Einfluß des Anlassens beim Vergüten	3
2.2 Anlassen	1	4.3.1 Allgemeine Angaben	3
2.3 Vergüten	1	4.3.2 Versprödungserscheinungen	4
2.4 Härbarkeit	2	5 Stahlauswahl	4
2.4.1 Aufhärtbarkeit	2	5.1 Zusammenhang zwischen den Abkühlungsvorgängen in der Stirnabschreckprobe und in Werkstücken	4
2.4.2 Einhärtbarkeit	2	5.1.1 Grundlagen	4
2.5 Härtung	2	5.1.2 Zusammenhang zwischen dem Abkühlungsverlauf von Probekörpern und der Stirnabschreckprobe	4
2.5.1 Aufhärtung	2	5.2 Zusammenhang zwischen der Härte und weiteren mechanischen Eigenschaften bei Raumtemperatur	4
2.5.2 Einhärtung	2	5.3 Beispiele für die Stahlauswahl	5
2.6 Einhärtungstiefe	2	5.3.1 Auswahl über die Abkühlung	5
2.7 Abkühlungsverlauf	2	5.3.2 Auswahl nach Betriebsversuchen	8
2.8 Abkühlungsgeschwindigkeit	2		
3 Grundsätzliches zur Härbarkeit	2		
3.1 Aufhärtbarkeit	2		
3.2 Einfluß der Legierungselemente	2		
3.3 Prüfen der Härbarkeit	2		
4 Einflußgrößen bei der Stahlauswahl	3		

1 Geltungsbereich

Diese Norm gibt einen Anhalt für die Auswahl der Stahlsorten für zu härtende oder zu vergütende Werkstücke. Die Hinweise gelten hauptsächlich für Stähle, für die nach den Normen eine Prüfung der Härbarkeit im Stirnabschreckversuch (siehe DIN 50 191) vorgesehen ist, nämlich für die legierten Vergütungsstähle nach DIN 17 200, die legierten Einsatzstähle nach DIN 17 210, die legierten Stähle für Flamm- und Induktionshärten (Randschichthärten) nach DIN 17 212 sowie gegebenenfalls für weitere Stähle, für die das Härbarkeitsverhalten im Stirnabschreckversuch hinreichend genau belegt ist. Dies sind vor allem die legierten Stähle nach den vergleichbaren Euronormen und ISO-Normen, die z. B. in den oben angegebenen deutschen Normen aufgesucht werden können. Die Norm gilt auch für Nitrierstähle nach DIN 17 211.

Die vorliegende Norm gilt nicht für eine Stahlauswahl aufgrund der zu erwartenden Einhärtungstiefe bzw. Einsatzhärtungstiefe nach Randschichthärten bzw. Einsatzhärten, für nur sehr gering einhärtende, also vor allem unlegierte Stähle, sowie nicht für eine Auswahl von Stahl zum Umwandeln in der Bainitstufe.

Ausdrücklich ausgenommen sind auch Werkzeuge, bei denen hinsichtlich der Stahlauswahl noch andere Kriterien maßgebend sind als die Härbarkeit.

Außer dem Weg, die Stahlauswahl aufgrund der Härbarkeit zu treffen, kann es erforderlich sein, eine Reihe weiterer Eigenschaften zu berücksichtigen, u. a. Zerspanbarkeit, Umformbarkeit, Fügbarkeit, Dauerschwingfestigkeit, Aufkühlungsverhalten, Festigkeit, Anlaßverhalten.

Ein entscheidender Faktor kann auch der Aufwand bei der Beschaffung und Lagerhaltung sein.

2 Begriffe

Die in diesem Abschnitt angegebenen Begriffe sind entsprechend DIN 17 014 Teil 1, Ausgabe März 1975, definiert.

2.1 Härten: Austenitisieren und Abkühlen mit solcher Geschwindigkeit, daß in mehr oder weniger großen Bereichen des Querschnittes eines Werkstückes eine erhebliche Härtesteigerung durch Martensitbildung eintritt.

2.2 Anlassen: Erwärmen eines gehärteten Werkstückes auf eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und A_{c1} und Halten dieser Temperatur mit nachfolgendem zweckentsprechendem Abkühlen.

2.3 Vergüten: Härten und danach Anlassen im oberen möglichen Temperaturbereich zum Erzielen guter Zähigkeit bei gegebener Zugfestigkeit.

Fortsetzung Seite 2 bis 10
Erläuterungen Seite 10

Fachnormenausschuß Wärmebehandlungstechnik metallischer Werkstoffe (FW)
im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

2.4 Härbarkeit

Begriff, der die Aufhärtbarkeit und Einhärtbarkeit zusammenfaßt: Ein gebräuchliches Verfahren zur Prüfung der Härbarkeit ist der Stirnabschreckversuch (siehe DIN 50 191).

2.4.1 Aufhärtbarkeit: In einem Werkstoff durch Härten unter optimalen Bedingungen erreichbare höchste Härte.

2.4.2 Einhärtbarkeit: In einem Werkstoff durch Härten unter optimalen Bedingungen erreichbare größte Einhärtungstiefe.

2.5 Härtung: Durch Härten in einem Werkstück erreichter Zustand erhöhter Härte.

2.5.1 Aufhärtung: Höchste in einem Werkstück nach einem Härten (unter den jeweiligen Bedingungen) erreichte Härte.

2.5.2 Einhärtung: Härtung im Hinblick auf den von ihrer erfassen Querschnittsbereich eines Werkstückes und den Härteverlauf. Ein Maß für die Einhärtung ist die Einhärtungstiefe.

2.6 Einhärtungstiefe: Senkrechter Abstand von der Oberfläche eines gehärteten Werkstückes bis zu dem Punkt, an dem die Härte einem zweckentsprechend festgelegten*) Wert entspricht.

2.7 Abkühlungsverlauf

Jeweilige Temperaturverteilung in einem Werkstück während einer Abkühlung in Abhängigkeit von der Zeit.

Anmerkung: Im engeren Sinne gibt Abkühlungsverlauf eine Gesamtheit von Abkühlungskurven für verschiedene Stellen eines Werkstückes an.

2.8 Abkühlungsgeschwindigkeit

Zeitbezogene Temperaturabnahme für einen bestimmten Punkt oder einen bestimmten Bereich einer Abkühlungskurve.

Anmerkung: Der Abkühlungsverlauf ist abhängig von der Wärmeübergangszahl, die durch den Werkstoff und das Abkühlmittel gegeben ist und der werkstoffeigenen Temperaturleitzahl. Für die in Abschnitt 1.1 aufgeführten Stähle unterscheiden sich die Temperaturleitzahlen nur wenig.

3 Grundsätzliches zur Härbarkeit

3.1 Aufhärtbarkeit

Im Sinne dieser Norm hängt die Aufhärtbarkeit, d. h. die größte erreichbare Härte von dem im Austenit gelösten Anteil des Kohlenstoffgehaltes des Stahles ab. Die Menge des gelösten Anteils wird durch die Austenitisierungsbedingungen bestimmt.

Die Beziehungen zwischen dem im Austenit gelösten Kohlenstoffanteil und der nach dem Abschrecken in Abhängigkeit vom Martensitanteil erreichbaren Härte bei legierten und unlegierten Stählen sind in Bild 1 und Bild 2 dargestellt.

Die im Werkstück erzielte Aufhärtung ist außer von der Aufhärtbarkeit auch noch von den Abkühlungsbedingungen abhängig.

*) Ermittlung der Einhärtungstiefe siehe DIN 50 190 Teil 2.

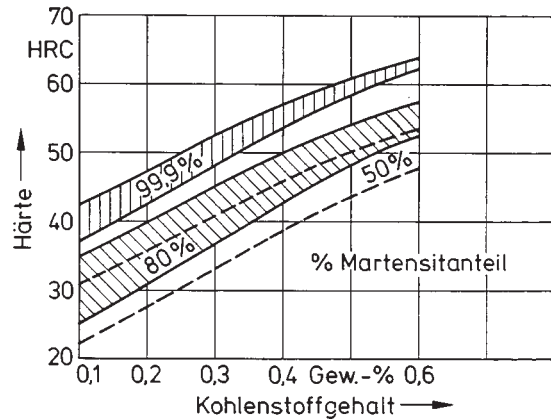


Bild 1. Zusammenhang zwischen Abschreckhärte, Kohlenstoffgehalt und Martensitanteil gehärteter, legierter und unlegierter Stähle (nach Hodge/Orehoski, Trans. AIME, 167, 627, 1946)

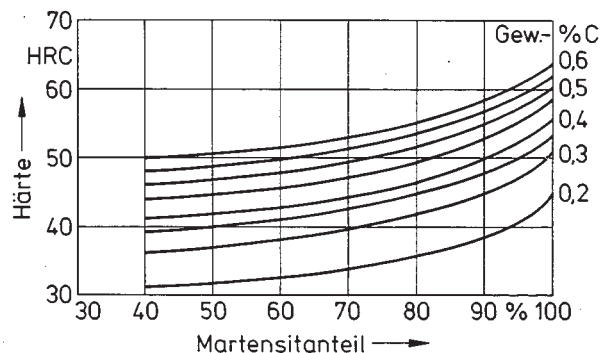


Bild 2. Zusammenhang zwischen Abschreckhärte, Kohlenstoffgehalt und Martensitanteil gehärteter, legierter und unlegierter Stähle (nach Hodge/Orehoski, Trans. AIME, 167, 627, 1946)

3.2 Einfluß der Legierungselemente

Im wesentlichen bestimmen Art und Menge der im Austenit gelösten Legierungselemente, sowie der gelöste Kohlenstoff und der Abkühlungsverlauf die Einhärtung. Mit zunehmendem Mengenanteil der Legierungselemente steigt die einhärtende Wirkung. Die wirksamsten Legierungselemente sind Mangan, Chrom und Molybdän.

Soll ein annähernd gleichmäßiger Verlauf der Härte über den Querschnitt erreicht werden, so ist beim Härten unter gleichen Abkühlungsbedingungen von bestimmten Mindestquerschnitten an die Verwendung legierter — anstelle unlegierter — Stähle notwendig.

Anmerkung: Wird z. B. eine Einhärtung bis zum Kern verlangt, dürfte die Verwendung unlegierter Stähle nur bis zu Durchmessern von etwa 20 mm in Betracht kommen.

Je größer der Querschnitt eines Bauteils ist und je gleichmäßiger der Härteverlauf über denselben sein soll, desto größer muß der Anteil geeigneter — im Austenit in Lösung zu bringender — Legierungselemente sein. Bei gleichen Anforderungen an die Einhärtung kann der Kohlenstoffgehalt von legierten Stählen niedriger als derjenige unlegierter Stähle sein; die Aufhärtbarkeit ist aber dann geringer.

3.3 Prüfen der Härbarkeit

Allgemein wird die Härbarkeit durch den Stirnabschreckversuch nach DIN 50 191 ermittelt und in Form von Stirnabstand-Härte-Kurven dargestellt. Bei dieser Prüfung wird eine Probe nach dem Austenitisieren in einer geeig-

neten Vorrichtung nur von der unteren Stirnfläche her mit einem Wasserstrahl unter stets gleichbleibenden Bedingungen abgeschreckt. Die Abkühlungsgeschwindigkeit nimmt mit dem Abstand von der abgeschreckten Stirnfläche ab. Sie wird durch die Abkühldauer zwischen 800 und 500 °C gekennzeichnet (siehe Bild 3).

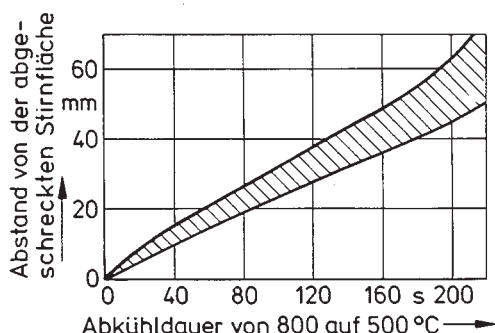


Bild 3. Zusammenhang zwischen Abkühldauer und Stirnabstand von Stirnabschreckproben aus umwandelnden Stählen (nach A. Rose, Atlas zur Wärmebehandlung der Stähle, Band 1 und H. Brandis/H. Preisendanz, Das Abkühlverhalten in Stirnabschreckproben, Bänder, Bleche, Rohre, Okt. 1963)

Bei der Messung der Härte entlang der Probenmantelfläche ergeben sich im allgemeinen abfallende Härtewerte. Ihr Verlauf kennzeichnet die Härtebarkeit. Für Stähle, die sich zur Prüfung im Stirnabschreckversuch eignen, lassen sich auf diese Weise entsprechend der Streuung der Schmelzen sogenannte Härtebarkeitsstreubänder aufstellen, Beispiel siehe Bild 4.

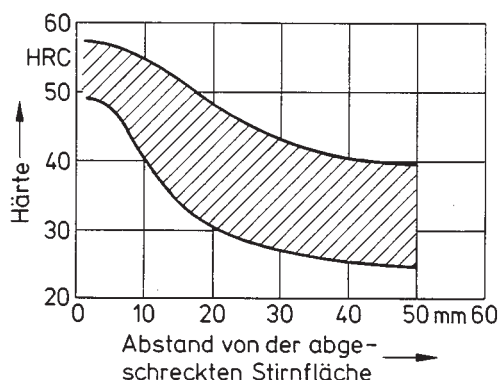


Bild 4. Härtebarkeitsstreuband für den Stahl 34 CrMo 4 nach DIN 17 200

4 Einflußgrößen bei der Stahlauswahl

4.1 Maßänderung, Verzug und Rißgefahr

Maßänderung und Verzug, Begriffe siehe DIN 17 014 Teil 1.

Bei der Entscheidung, welcher Stahl aufgrund der Härtebarkeit für ein gegebenes Bauteil verwendet werden soll, sind auch die Gesichtspunkte der Maßänderung, des Verzugs sowie die Rißgefahr zu beachten. Verzug und Rißgefahr werden durch die über den Querschnitt unterschiedlichen Volumenänderungen beim Härten beeinflusst. Für eine optimale Abstimmung von Bauteilform, Maßänderung, Verzug, Rißgefahr und Stahlzusammensetzung sind Versuche erforderlich.

Maßgebend für die Größe des Verzugs und für die Rißgefahr sind die durch das Härten in ihrer Verteilung und Größe sich verändernden Eigenspannungen.

Je schneller die Abkühlung von Härtetemperatur und je vielgestaltiger das Werkstück ist, um so ungünstiger können sich die Spannungen auswirken.

Durch eine langsamere Abkühlung können geringere Spannungen entstehen. Reicht dann die Härtebarkeit des Stahles nicht mehr aus, um die geforderten Eigenschaften zu erreichen, muß ein Stahl höherer Härtebarkeit verwendet werden.

4.2 Wirkung der Abkühlmittel

Der Wärmeentzug beim Härten wird bei gleichen Stählen und Abmessungen durch das Abkühlmittel bestimmt. Seine Eigenschaften, die Temperatur und eine zusätzliche Bewegung entweder des Abkühlmittels und/oder des abzukühlenden Teils beeinflussen die Abkühlung. Dementsprechend können auch die Maßänderungen, der Verzug und die Rißgefahr im Einzelfall unterschiedlich sein.

Die Abkühlmittel unterscheiden sich durch das Abkühlvermögen in den für das Härten wichtigen Temperaturbereichen.

Von den üblicherweise verwendeten Abkühlmitteln wird an Luft die langsamste, in Wasser die schnellste Abkühlung erreicht. Dazwischen liegt die Abkühlung in Ölen oder Salzschnmelzen, je nach den physikalischen Eigenschaften (z. B. Viskosität, spez. Wärme, Wärmeleitfähigkeit).

4.3 Einfluß des Anlassens beim Vergüten

4.3.1 Allgemeine Angaben

Die Wirkung des Anlassens auf die Eigenschaftsänderungen, Zunahme von Zähigkeit, Bruchdehnung und Brucheinschnürung sowie Abnahme von Härte, Zugfestigkeit und Streckgrenze ist abhängig von Anlaßtemperatur und -dauer. Beide Einflußgrößen sind in gewissen Grenzen austauschbar. Sollen Stähle auf gleiche Härte oder Festigkeit angelassen werden, so erfordern die legierten Stähle normalerweise höhere Anlaßtemperaturen als die unlegierten Stähle. Hinweise sind den Anlaß-Schaubildern zu entnehmen (siehe z. B. DIN 17 200). Durch eine dem jeweiligen Anwendungsfall angepaßte Wärmebehandlung können an Werkstücken von den Angaben der Norm abweichende mechanische Werte erreicht werden.

Aus der nach dem Anlassen geforderten Härte und unter Berücksichtigung der durch das Anlassen bewirkten Abnahme der Härtewerte gegenüber dem abgeschreckten Zustand ergibt sich aus Bild 5 die vor dem Anlassen erforderliche Abschreckhärte.

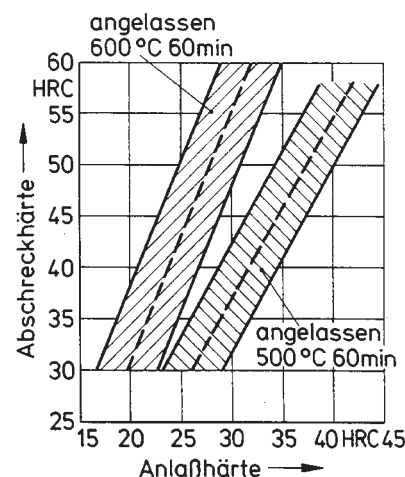


Bild 5. Zusammenhang zwischen der Härte vor und nach dem Anlassen beim Vergüten von Stählen nach DIN 17 200 (nach unveröffentlichten Untersuchungen von H. Brandis)