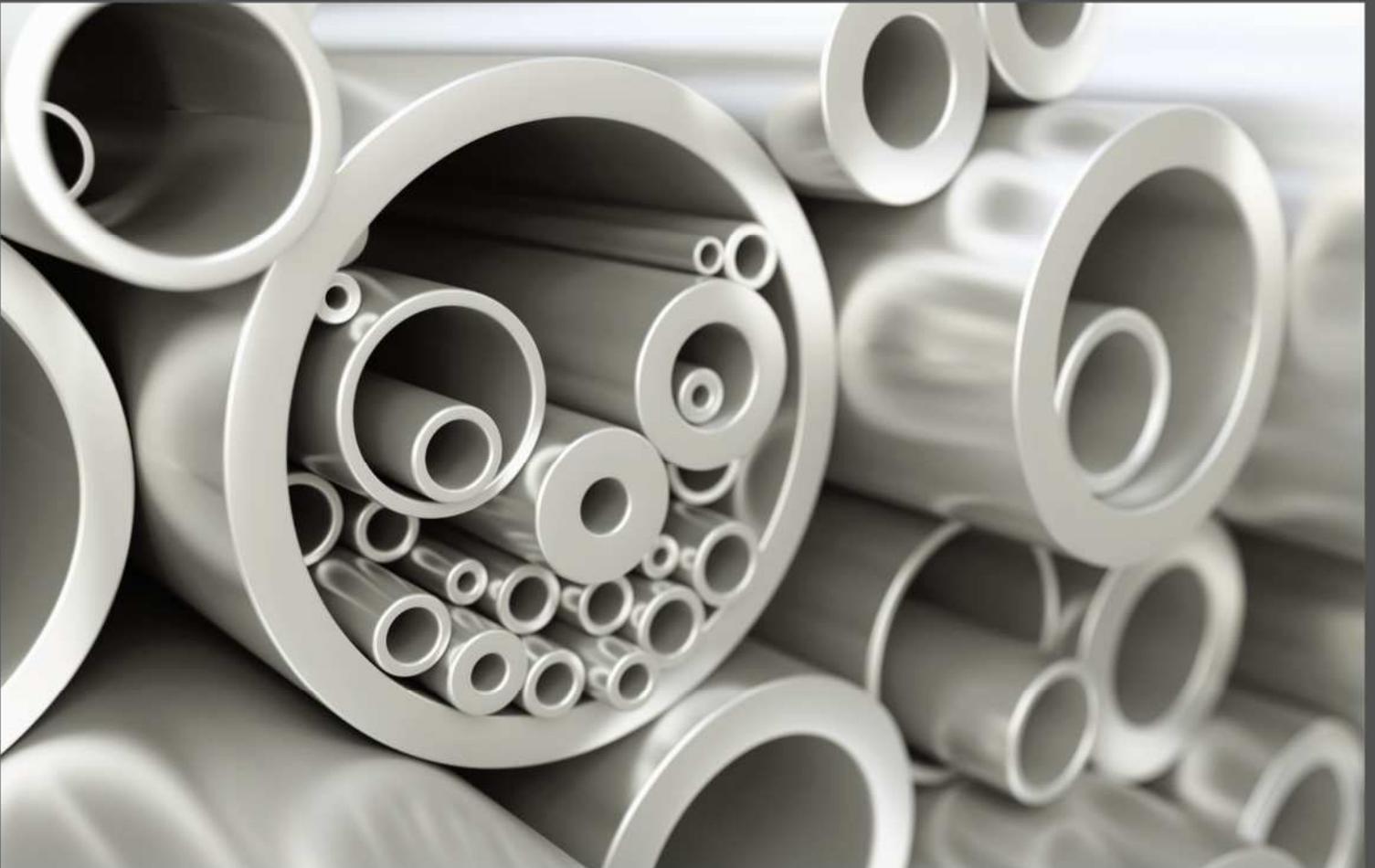


Technische Information

Vergütungsstähle



VERGÜTUNGSSTÄHLE

Verwendung der Stähle/Stähle mit besonderen Eigenschaften

Das Vergüten ist eine zweistufige Wärmebehandlung. Sie besteht aus einem Umwandlungs- härten und nachfolgendem Abschrecken. In dieser Folge geht es um die Stähle, die für das Vergüten geeignet sind. Sie sind in DIN EN 10083 genormt, und es handelt sich um Edelmstähle im Sinne der in DIN EN 10020 festgelegten Begriffsbestimmungen.

Definition

Vergütungsstahl ist ein unlegierter oder legierter Baustahl, der auf Grund seiner chemischen Zusammensetzung zum Vergüten geeignet ist. Die erreichbare Härte hängt im wesentlichen vom C-Gehalt ab. Das heißt, Vergütungsstähle müssen in der Regel einen Kohlenstoff- gehalt von mindestens 0,25 % bis zu etwa 0,50 % aufweisen. Die legierten Stähle enthalten darüber hinaus Gehalte von Chrom, Mangan, Molybdän und Nickel zur Erzielung weiterer wichtiger Eigenschaften. Eine Zusammenstellung der hauptsächlichen Stahlsorten enthält die Tabelle 1. Der Vollständigkeit halber sei noch erwähnt, dass auch Vergütungsstähle mit Bor – allerdings im Mikro-Bereich – legiert werden. Diese Stähle sind bisher nicht genormt. Bor hat eine härtesteigernde Wirkung, die erst im gehärteten Zustand eintritt. Das bedeutet bei manchen Legierungen bessere Zerspanbarkeit im gewalzten Zustand, wenn beispielsweise ein Teil des Chroms durch Bor ersetzt wird. Die Wirkung von Bor tritt vor allem bei niedrigen und mittleren Kohlenstoffgehalten ein.

Durch das **Härten** – Abschrecken aus der Vergütungstemperatur, die je nach Sorte bei über 800 bis etwa 900°C liegen kann – nimmt der Stahl hohe Festigkeit und Härte an. Durch das nachfolgende **Anlassen** wird die Härte leicht zurückgenommen und die Zähigkeit deutlich verbessert.

An dieser Stelle ist – weil in DIN EN 10083 erwähnt – der Vollständigkeit halber auf das Bainitisieren hinzuweisen. Hierbei handelt es sich um eine Wärmebehandlung, die dem Vergüten ähnelt. Die entsprechenden Zusammenhänge sind recht kompliziert. Sie setzen Grundkenntnisse voraus, die den Rahmen dieser Serie sprengen würden. Wer sich damit beschäftigen will, möge die Literaturhinweise¹⁾ beachten. Soviel sei jedoch gesagt: Die Norm bezeichnet den Zustand als "isothermisch in der Bainitstufe umgewandelt". Bainit wird das Zwischenstufengefüge genannt, das sich bei dieser Behandlung bildet. Im Unterschied dazu wäre es korrekt, das gewöhnliche Härten als martensitisches Härten zu bezeichnen.

Die erwähnte Norm DIN EN 10083 bezieht sich nicht auf solche Stähle, die ihrer Natur nach auch Vergütungsstähle sind, aber für besondere Behandlungs- oder Verwendungszwecke in Frage kommen, wie z.B. Federstähle, Nitrierstähle oder Stähle für die Flamm- und Induktionshärtung.

VERGÜTUNGSSTÄHLE

Stahlsorten

Die Kurzbezeichnungen der Stahlsorten in Tabelle 1 weisen bekanntlich auf die mittleren C-Gehalte hin. Ähnlich wie bei den Einsatzstählen gibt es bei zwölf Sorten jeweils eine Variante mit einem begrenzten S-Gehalt (max. 0.035 bzw. max. 0.025% S) oder aber für eine günstige Zerspanbarkeit eine Variante mit einem geregelten S-Gehalt von 0.020 bis 0.040%. Bei lediglich sieben Sorten sieht die Norm keine Version mit definiertem Schwefelgehalt vor.

Die wichtigste Anforderung an Vergütungsstähle ist jedoch die Durchvergütung. Darunter versteht man die möglichst hohe Gleichmäßigkeit der Verteilung der Festigkeitseigenschaften über den gesamten Querschnitt. Die unlegierten Stähle haben im allgemeinen eine Einhärtetiefe von nur etwa 5mm. Die bereits erwähnten Legierungszusätze verringern die kritische Abkühlgeschwindigkeit, wodurch eine Durchhärtung über den Gesamtquerschnitt erreicht wird.

Mit Chromzusätzen werden die besten Ergebnisse der Ein- bzw. Durchhärtung erreicht. Mangan ist zwar kostengünstiger, neigt jedoch zu Seigerungen und somit ungleichmäßiger Verteilung im Stahl.

Molybdän erhöht ebenfalls die Einhärtbarkeit und ergänzt sich vorteilhaft mit Chrom. Außerdem verbessert Mo die Warmfestigkeit sowie die Anlassbeständigkeit, eine Eigenschaft, die beim Vergüten besonders wichtig ist.

VERGÜTUNGSSTÄHLE

Tabelle 1: Diese Zusammenstellung zeigt die hauptsächlich in DIN EN 10083 genormten Vergütungsstähle. Die Norm enthält noch zehn weitere Sorten, die aber nicht in allen Ländern üblich bzw. lieferbar sind. Zur schnellen Orientierung wurden die Werte der Streckgrenze und Zugfestigkeit im vergüteten Zustand angeführt.

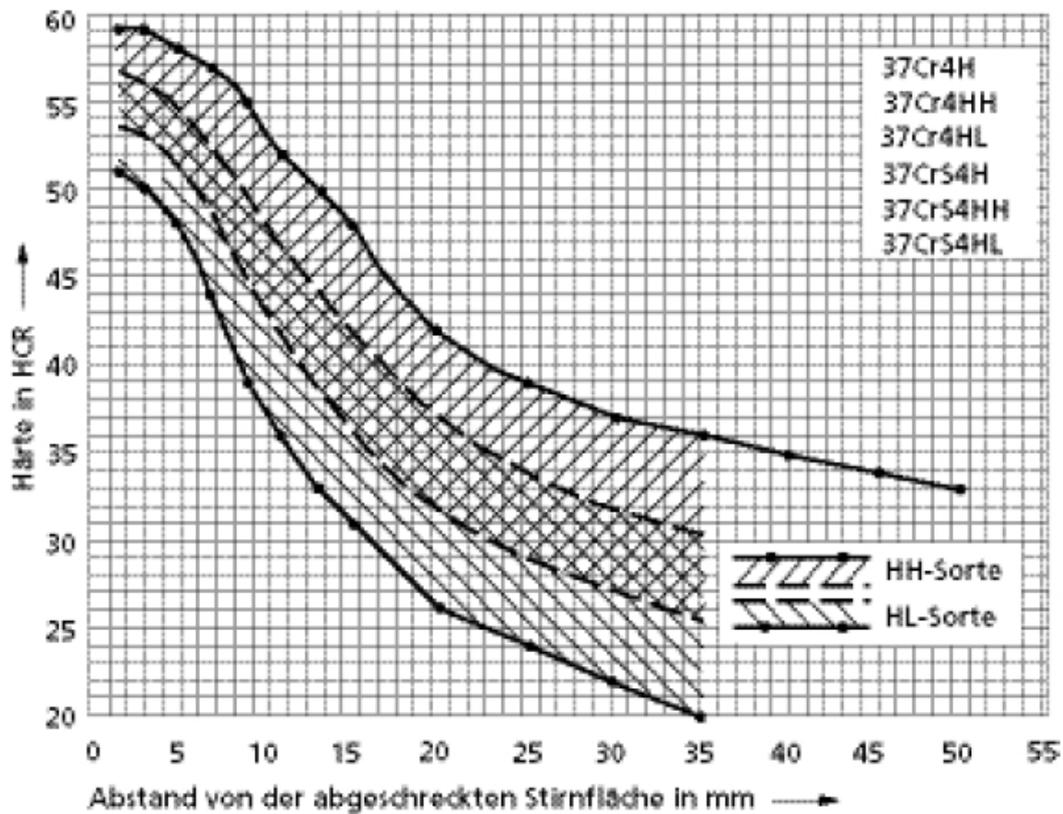
Kurzname	Werkstoffnummer	Streckgrenze Re N/mm ² min.	Zugfestigkeit Rm N/mm ²
C22E C22R	1.1151 1.1149	290	470 bis 620
C35E C35R	1.1181 1.1180	320	550 bis 700
C45E C45R	1.1191 1.1201	370	630 bis 780
C60E C60R	1.1221 1.1223	450	750 bis 900
28mn6	1.1170	440	650 bis 800
38Cr2 38CrS2	1.7003 1.7023	350	600 bis 700
46Cr2 46CrS2	1.7006 1.7025	400	650 bis 800
34Cr4 34CrS4	1.7033 1.7037	460	700 bis 850
37Cr4 37CrS4	1.7034 1.7034	510	750 bis 900
41Cr4 41CrS4	1.7035 1.7039	560	800 bis 950
25CrMo4 25CrMoS4	1.7218 1.7213	450	700 bis 850
34CrMo4 34CrMoS4	1.7220 1.7226	550	800 bis 950
42CrMo4 42CrMoS4	1.7225 1.7227	650	900 bis 1100
50CrMo4	1.7228	700	900 bis 1100
36CrNiMo4	1.6511	700	900 bis 1100
34CrNiMo6	1.6582	800	1000 bis 1200
30CrNiMo8	1.6580	900	1100 bis 1300
36CrNiMo16	1.6773	900	1100 bis 1300
51CrV4	1.8159	700	900 bis 1100

Nickel ist in Vergütungsstählen in erster Linie für die Verbesserung der Zähigkeit zuständig.

Die Härtebarkeit der Stähle wird durch den Stirnabschreckversuch ermittelt und in entsprechenden Schaubildern mit einem gewährleisteten Streuband (vgl. Abb. 1) aufgezzeichnet. Es besteht die Möglichkeit, den Streubereich auf die obere oder untere Grenzkurve einzuengen und im Auftrag vorzuschreiben. Symbole für die Anforderungen sind +H für normale Härtebarkeit, +HH für die Einengung nach der oberen Grenzkurve sowie +HL für die Einengung nach der unteren Grenzkurve.

VERGÜTUNGSSTÄHLE

Abb. 1 Die Grafik zeigt das Härte-Streuband eines typischen Vergütungsstahls 37Cr4



Außer der erhöhten Härte bzw. Festigkeit wird durch das Vergüten das Streckgrenzenverhältnis verbessert, eine höhere Kerbschlagarbeit (Kerbzähigkeit) und erhöhte Dauer(schwing)-festigkeit erzielt.

Auswahlkriterien

Nach allem, was in dieser Serie bereits über die Auswahl von Stählen für die jeweiligen Verwendungszwecke gesagt wurde, ist wohl klar, dass man sich bei der Auswahl eines Vergütungsstahls nicht allein nach der erzielbaren Streckgrenze oder Zugfestigkeit oder einem anderen Kennwert richten kann, sondern viele Aspekte berücksichtigen muss.

Sieht man sich die Festigkeitswerte in Tabelle 1 an, so erkennt man, dass man mit unlegiertem Stahl, z.B. C60E, Zugfestigkeiten von 750 bis 900N/mm² darstellen kann, die man auch mit legierten Sorten erreicht. Für welchen Stahl man sich entscheidet, hängt vor allem von der Werkstückgröße und -form sowie der Wanddicke ab. Bei unlegierten Sorten muss schroffer abgeschreckt werden. Dadurch ist die Gefahr, dass sich das Werkstück verzieht und/oder Risse bildet, größer als bei legierten Stählen, die milder abgeschreckt werden. Dünnwandige Teile reagieren auf die mit jeder Wärme oder Kälteeinwirkung verbundenen Volumenänderung empfindlicher als dickwandige.

VERGÜTUNGSSTÄHLE

Das gilt nicht nur für die Erwärmung, sondern sinngemäß auch für die Abkühlung, insbesondere aber für das mehr oder minder schroffe Abschrecken.

Ein weiteres Kriterium ist die vorgesehene Weiterverarbeitung. Ist ein Stahl für eine Warmumformung vorgesehen, wird man die unbehandelte Ausführung (Kurzzeichen: +U) wählen. Unterliegt ein Teil großer Zerspanungsleistung, wird man sich für einen Stahl mit definiertem Schwefelgehalt entscheiden. Außerdem ist zu beachten, dass sich ein vergüteter Stahl sehr viel schwerer bearbeiten lässt als ein weich geglühter (Kurzzeichen: +A (früher G)). Auch für die Kaltumformung eignet sich die weichgeglühte Ausführung. Die normalgeglühte oder auch normalisierend gewalzte²⁾ Version (Kurzzeichen: +N) bietet infolge des feineren Kornes die ideale Voraussetzung für das Vergüten und sorgt damit für gleichmäßige mechanische Werte.

Eine direkt im Stahlwerk vorgenommene Vergütung (Kurzzeichen: +QT (alt: V)) wird man bevorzugen, wenn nur geringfügige Bearbeitungen erforderlich sind. Bei einer Warmumformung beim Verbraucher würde der Effekt des Vergütens zumindest teilweise zunichte gemacht.

Bezüglich der Kaltscherbarkeit, die bei Halbzeug und Stabstahl in Serienproduktionen eine Rolle spielen kann, ist zu beachten, dass infolge der hohen Härte die meisten Sorten nicht ohne weiteres kaltscherbar sind. Sie müssen gegebenenfalls weichgeglüht werden (Zusatzsymbol +S = behandelt auf Kaltscherbarkeit). Bei den unlegierten Sorten ist auch die normalgeglühte Ausführung kaltscherbar.

Flachprodukte aus Vergütungsstählen werden in aller Regel im normalgeglühten oder normalisierend gewalzten Zustand geliefert.

Anwendung

Mit den beschriebenen Eigenschaften sind die Werkstoffe für hohe und höchste dynamische und statische Belastbarkeit geeignet. Ihre Anwendung ergibt sich aus den geforderten Festigkeits- und Zähigkeitswerten, wobei aber immer die Dimensionierung der Bauteile berücksichtigt werden muss. Bei vielen Verwendungszwecken steht die höchstmögliche Durchvergütung im Vordergrund.

Folgende Betrachtung verdeutlicht das: Der Stahl 42CrMo4, im Lagergeschäft einer der gängigsten legierten Vergütungsstähle, erreicht bei 50 oder 60mm Durchmesser im vergüteten Zustand eine Zugfestigkeit von 900 bis 1100 N/mm², welche die Sorte 41Cr4 schon bei 16 bis unter 40 mm Durchmesser aufweist. Dies bedeutet, dass man unter Umständen durch die entsprechende Sortenwahl eine Gewichtseinsparung bewirken kann, wenn man eine kleinere Dimension wählt. Nur zum Vergleich sei noch angemerkt: Die Sorte 30CrNiMo8 kann die genannte Festigkeitsspanne sogar noch bei

VERGÜTUNGSSTÄHLE

200 mm Durchmesser haben. Ähnlich ist das Verhältnis bei der Streckgrenze.

Es ist unmöglich, einen griffigen Überblick über die Verwendung der einzelnen Stahlsorten zu geben. Sie reicht von Kurbel- und Nockenwellen über Getriebeteile und Wellen im Leicht-, Schwer- und Werkzeugmaschinenbau, Wellen im Schiffbau, Motoren-, Fahrzeug- und Automobilbau, in der Baumaschinenindustrie ebenso wie bei Pumpen, Pressen, Druckmaschinen oder Schwerarmaturen im Anlagenbau. Große Mengen von Vergütungsstählen werden in die Schraubenfabrikation geliefert.

1) Literaturhinweis:

– *Stahl-Lexikon, 25. Auflage 1996, BVG Düsseldorf*

– *« Wärmebehandlung von Stahl – Härten, Anlassen, Vergüten, Bainitisieren », 2. Auflage 1995 des Merkblatt 450 des Stahlinformationszentrum Düsseldorf*

2) Unter normalisierend gewalzt (auch bezeichnet als thermomechanisch gewalzt oder thermomechanisch behandelt) wird ein Material verstanden, dessen Walztemperatur in der Endphase des Walzens so gesteuert wird, dass am Ende die Normalglühtemperatur des Stahls erreicht wird. In dieser Phase läuft die Rekristallisation des Gefüges so ab, als würde es normalgeglüht. Die Norm erachtet die normalgeglühte und normalisierend gewalzte Ausführung als gleichwertig.