



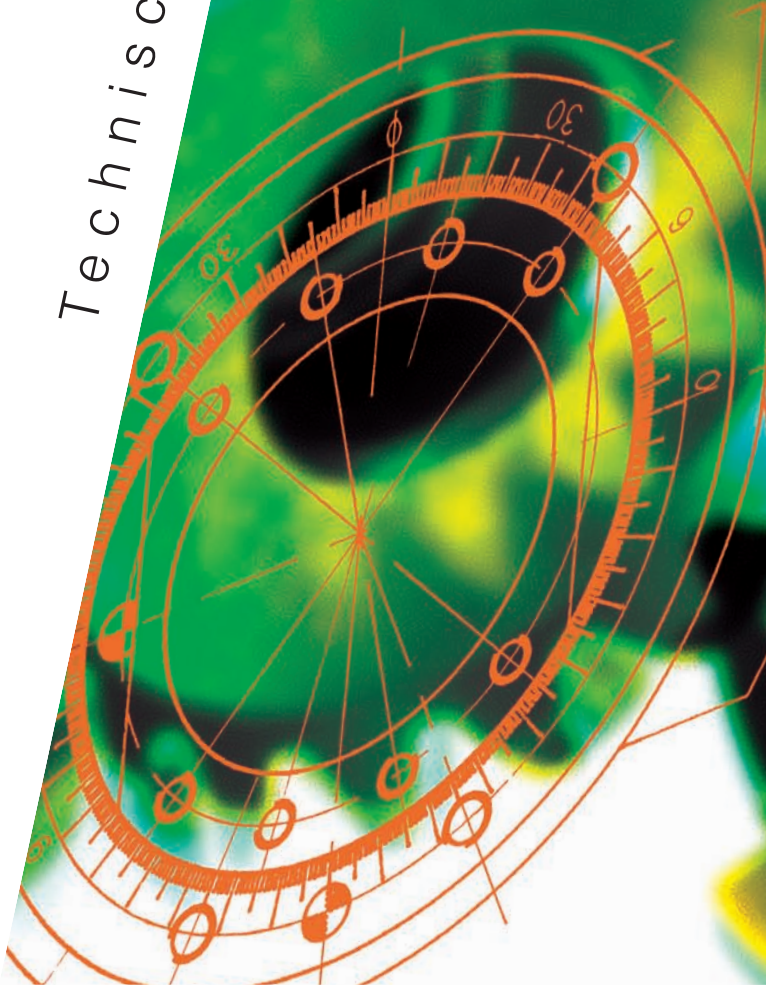
**BRÜTSCH
RÜEGGER**

Brütsch/Rüegger AG
Stahlrohre
Althardstrasse 83
CH-8105 Regensdorf
Tel. 01/871 34 34
Fax 01/871 34 99
Internet www.b-r.ch
E-Mail info@brr.ch
ISO 9002-Zertifikat

Verwendung der Stähle/
Stähle mit besonderen Eigenschaften

Einsatzstähle

16
Technische Schriftenreihe



Stahlsorten nach DIN EN 10084	WNR	C-Gehalt % Massenanteil
Unlegierte Edelstähle		
C10E		
C10R	1.1121 1)	
C15E	1.1207	0,07 bis 0,13
C15R	1.141	
C16E	1.140	
C16R	1.145	
Legierte Edelstähle		
17Cr3		
17Cr3S3		
28Cr3		
28Cr3S4		
16MnCr5	1.7230	0,24 bis 0,31
16MnCr5S5	1.7131	
16MnCrB5	1.7139	0,024
20MnCr5	1.7160	0,2
20MnCr5S2	1.7147	0,02
18CrMo	1.7149	0,19
18CrMoS4	1.7243	0,22
22CrMoS3-5	1.7244	
20MoCr3	1.7333	
20MoCr3S3	1.7320	
20MoCr4	1.7319	
20MoCrS4	1.7321	
16NiCr4	1.7323	
16NiCr4	1.5714	
10NiCr5-4	1.5715	
18NiCr5-4	1.5805	
17CrNi6-6	1.5810	
15NiCr13	1.5918	
20NiCrMo2-2	1.5752	
20NiCrMoS2-2	1.6523	
17NiCrMo6-4	1.6526	
17NiCrMoS1-4	1.6566	
20NiCrMoS1-4		

Einsatzstähle

In der Nummer 5 der Technischen Schriftenreihe von Brütsch/Rüegger wurde bereits über das Einsatzhärten von Stählen berichtet. In dem folgenden Beitrag soll auf die hierfür besonders geeigneten Stähle und Stahlsorten eingegangen werden.

Die Einsatzstähle sind in DIN EN 10084 genormt. Es handelt sich um Edelstähle im Sinne der Begriffsbestimmungen in DIN EN 10020.

Definition

Einsatzstähle sind Stähle mit verhältnismässig niedrigen Kohlenstoffgehalten. Man kann aber die Randschichten – ganz oder auch nur partiell – durch Aufkohlen oder Carbonitrieren härtbar machen. Nach der entsprechenden Behandlung hat der Stahl – genauer gesagt: haben Bauteile daraus – in den Randzonen eine hohe Härte, während der Kern zäh bleibt.

Diese Beschaffenheit ist für solche Teile vorteilhaft, die im Grunde einander widersprechende Eigenschaften besitzen sollen. Stähle hoher Härte sind nicht zäh, während ein zäher Stahl nur relativ geringe Härte besitzt. Hinzu kommt, dass sich ein niedriggekohlter Stahl besser zerspanen und kaltumformen lässt. Deshalb ist es sinnvoll, bei einem hohen Verarbeitungsgrad zunächst die Bearbeitung durchzuführen und erst dann das (fast) fertig bearbeitete Teil im Einsatz zu härten, d.h. aufzukohlen, zu härten und abschliessend nötigenfalls nur noch ein Fertigschleifen vorzunehmen.

Die Einsatzstähle bieten also als günstigen Kompromiss ein Material an, das sozusagen aus zwei Stahlsorten mit unterschiedlichen C-Gehalten besteht.

77 Übersicht über die derzeit in DIN EN 10084 genormten Einsatzstähle. Die C-Gehalte als wesentliches Unterscheidungsmerkmal wurden zur leichteren Orientierung beigefügt.

Stahlsorten nach DIN EN 10084 Kurzname	WNr.	C-Gehalt % Massenanteil	Entspricht etwa alter Din-Bezeichnung
Unlegierte Edelstähle			
C10E	1.1121	0.07 bis 0.13	Ck10
C10R	1.1207	0.07 bis 0.13	Cm10
C15E	1.1141	0.12 bis 0.18	Ck15
C15R	1.1140	0.12 bis 0.18	Cm15
C16E	1.1148	0.12 bis 0.18	–
C16R	1.1208	0.12 bis 0.18	–
Legierte Edelstähle			
17Cr3	1.7016	0.14 bis 0.20	17Cr3
17CrS3	1.7014	0.14 bis 0.20	–
28Cr4	1.7030	0.24 bis 0.31	28Cr4
28CrS4	1.7036	0.24 bis 0.31	28CrS4
16MnCr5	1.7131	0.14 bis 0.19	16MnCr5
16MnCrS5	1.7139	0.14 bis 0.19	16MnCrS5
16MnCrB5	1.7160	0.14 bis 0.19	–
20MnCr5	1.7147	0.17 bis 0.22	20MnCr5
20MnCrS5	1.7149	0.17 bis 0.22	20MnCrS5
18CrMo4	1.7243	0.15 bis 0.21	–
18CrMoS4	1.7244	0.15 bis 0.21	–
22CrMoS3-5	1.7333	0.19 bis 0.24	22CrMoS3
20MoCr3	1.7320	0.17 bis 0.23	–
20MoCrS3	1.7319	0.17 bis 0.23	–
20MoCr4	1.7321	0.17 bis 0.23	20MoCr4
20MoCrS4	1.7323	0.17 bis 0.23	20MoCrS4
16NiCr4	1.5714	0.13 bis 0.19	–
16NiCrS4	1.5715	0.13 bis 0.19	–
10NiCr5-4	1.5805	0.07 bis 0.12	–
18NiCr5-4	1.5810	0.16 bis 0.21	–
17CrNi6-6	1.5918	0.14 bis 0.20	–
15NiCr13	1.5752	0.14 bis 0.20	–
20NiCrMo2-2	1.6523	0.17 bis 0.23	21NiCrMo2
20NiCrMoS2-2	1.6526	0.17 bis 0.23	21NiCrMoS2
17NiCrMo6-4	1.6566	0.14 bis 0.20	–
17NiCrMoS6-4	1.6569	0.14 bis 0.20	–
20NiCrMoS6-4	1.6571	0.16 bis 0.23	–
18CrNiMo7-6	1.6587	0.15 bis 0.21	17CrNiMo6
14NiCrMo13-4	1.6657	0.11 bis 0.17	–

Vorgang

Die Tabelle in Abbildung 77 zeigt die C-Gehalte von Einsatzstählen an, obwohl der mittlere Gehalt aus dem Kurznamen ersichtlich ist, der in der Spitze – mit lediglich einer Ausnahme – weit unter 0,30 % Massenanteil liegt. Wie bei der Besprechung der Wärmebehandlungsvorgänge aufgezeigt wurde, sind Stähle erst härtbar, wenn ihr C-Gehalt deutlich über 0,30 % beträgt. Die Tabelle enthält sechs unlegierte und 29 legierte Stähle. Die Härtbarkeit hängt nicht allein, aber doch überwiegend vom C-Gehalt ab. Die übrigen Legierungsanteile spielen natürlich auch eine Rolle.

Die Aufkohlungsmittel können fest, d.h. körnig oder pulverförmig, aber auch flüssig oder gasförmig sein. Der Kontakt zwischen diesen und den Materialoberflächen muss möglichst intensiv gestaltet werden. Bei den festen und flüssigen Stoffen ist der direkte Kontakt mit der Stahloberfläche gegeben, während Gas ständig umgewälzt werden muss. Trotzdem wird Gasaufkohlung – insbesondere in der Serienfertigung – heute am häufigsten praktiziert.

Das Aufkohlen erfolgt durch Glühen in Kohlenstoff abgebenden Mitteln bei Temperaturen, die über 900° C liegen, weil das dort vorliegende kubisch-flächenzentrierte Gitter des Gefüges die grösste Löslichkeit für Kohlenstoff bietet. Der Vorgang beruht auf dem Bestreben der beiden Partner Kohlenstoff und Eisen, ihre unterschiedliche C-Konzentration einander anzugleichen. Es liegt auf der Hand, dass dieser Prozess sich bei den üblichen Werkstückgrössen nur auf die äussersten Randschichten beschränken kann.

Auf die thermochemischen Reaktionen, die von zahlreichen Faktoren abhängig sind, kann an dieser Stelle nicht im einzelnen eingegangen werden. Es sei aber gesagt, dass die angestrebten Ergebnisse relativ genau im Voraus berechnet werden können; denn für den Erfolg ist letztlich die Einhaltung bestimmter Parameter entscheidend, die auch reproduzierbar sein müssen. Dazu ist es nötig, die Kohlenstoffaktivität zu kennen, die bei den Kohlenstoffspendern unterschiedlich ist und von der Temperaturführung ebenso abhängt wie vom Einfluss der Legierungsgehalte.

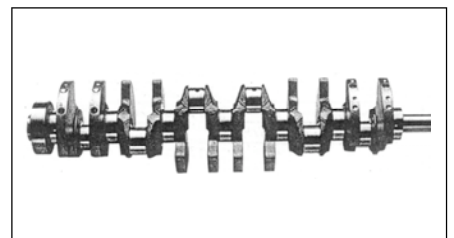
Es gibt entsprechende Formeln und Rechenmodelle, die jedoch nur für Techniker, und zwar insbesondere in der verarbeitenden Industrie, von Bedeutung sind. Für Stahlwerkstechniker sind sie wichtig, um einen den Kundenanforderungen entsprechend eingestellten Stahl zu erschmelzen. Den flüssigen Aufkohlungsmitteln (Salzschmelzen) kann Stickstoff in Form von Cyanid, den Gasen Ammoniakgas zugegeben werden, durch die in die Werkstückrandschichten gleichzeitig Kohlenstoff- und Stickstoffatome eindiffundieren können. Man spricht dann von *Carbonitrieren*.

Ergebnis

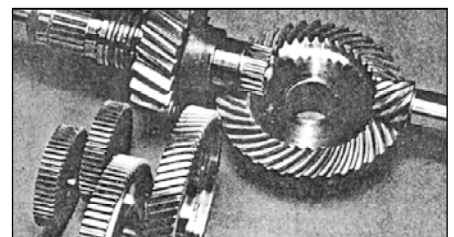
Die sich durch das Einsatzhärten ergebende relativ hohe Randhärte verbessert die Eigenschaften hinsichtlich hoher Flächenpressung gegen abrasiven Verschleiss sowie gegen Prall- und Stossverschleiss. Leider gibt es bisher noch keine wirklich verlässlichen Daten, weder qualitativer noch quantitativer Art, über ein messbares Verschleissverhalten. Man ist also weitgehend auf Erfahrungswerte angewiesen.

Es ist auch durchaus nicht so, dass der als günstig geschilderte Kompromiss eine hohe Sicherheit verheisst. Weil sich das plastische Formänderungsvermögen der Randschichten deutlich verringert, können diese schon bei relativ geringer Verformung reissen und im ungünstigsten Fall zum Bruch führen. Das Verhalten hängt wesentlich von der Beschaffenheit der Übergangszone zwischen Rand- und Kernschichten ab. Denn die Konzentration des C-Gehalts nimmt zum Kern hin ab, d.h., der Übergang vom Rand zum Kern sollte möglichst allmählich verlaufen, um Spannungen zwischen den Zonen zu vermeiden, die zu Rissbildungen führen könnten. Die Festigkeit im Kern soll indessen auch nicht zu gering sein, damit die Randschicht einen stützenden Unterbau erhält, der auch hohen Schlagbeanspruchungen gewachsen ist. Ausser Kohlenstoff steigern die Legierungselemente Chrom und Molybdän die Kernfestigkeit, während Nickel und Bor die Zähigkeit verbessern, indem sie feinkörniges Gefüge bilden. Cr und Mo werden ausserdem zulegiert, um in den

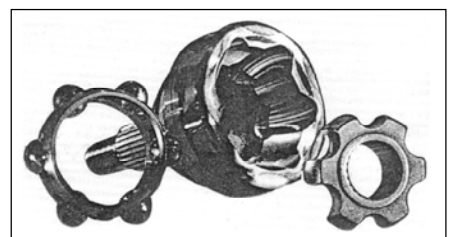
78 Einige Beispiele von Bauteilen aus Einsatzstählen:



A: Kurbelwelle,



B: Zahnräder und Getriebeteile,



C: Teile einer LÖBRO-Frontantriebswelle für Pkw.

Randschichten harte und fein verteilte Carbide zu bilden, die den Verschleisswiderstand verbessern.

Wie ein Blick auf die unterschiedlichen Kurznamen in der Abbildung 77 zeigt, werden die Hälfte der unlegierten Sorten (Zusatzsymbol «R» – frühere Sortenbezeichnung «Cm») und mehr als zwei Drittel der legierten Sorten (ablesbar am «S» im Kurznamen) wahlweise mit definiertem Schwefelzusatz erzeugt, weil sie in erheblichen Mengen für die spanende Bearbeitung vorgesehen sind. Dabei kann die Obergrenze für den Mangengehalt erhöht werden, um die Sulfidausbildung zu verbessern, die bekanntlich für leicht bröckelnde Späne und deren günstige Abführung bei der Bearbeitung sorgt. Der Schwefelgehalt ist bei den normalen Sorten generell mit max. 0,035 % der definierte S-Gehalt mit 0.020 bis 0.040 % festgelegt. Dazu ist anzumerken, dass der maximal zulässige S-Gehalt bei der heute vielfach üblichen Erschmelzung aus Schrott häufig weit unter dem zulässigen Wert bleibt, weil der Schwefel vor allem durch die Roheisenschmelzung im Hochofenverfahren eingebracht wird. Schon aus diesem Grund musste ein unterer Mindestwert eingeführt werden.

Anwendung

Die Verwendung von Einsatzstählen ist vielfältig, sie ergibt sich im wesentlichen aus den geforderten Eigenschaften:

- Die unlegierten Einsatzstähle werden für Bauteile mit niedriger Kernfestigkeit gebraucht, beispielsweise Bolzen, Zapfen und Hebel, Gelenke und Buchsen.
- Die Mn-Cr-legierten Einsatzstähle finden als Nockenwellen, Spindeln, Kolbenbolzen, kleine und mittlere Zahnräder und Wellen vielfältige Anwendung.
- Die übrigen Sorten sind für höher- und hochbeanspruchte Zahnräder und Wellen, Getriebe-, Gelenk- und Steuerungsteile geeignet.

Die Abbildung 78 kann nur einen oberflächlichen Eindruck von der so deutlich werdenden Vielfalt vermitteln.

Die spezifische Eignung für ein bestimmtes Teil wird von mehreren Faktoren bestimmt:

- Härbarkeit
- Kernfestigkeit
- Masshaltigkeit bzw. Massabweichungen durch die Wärmebehandlung
- Zerspanbarkeit
- Wirtschaftlichkeit

Für die Grossserienfertigung werden meist präzise Werkstoffvorschriften erarbeitet, um möglichst geringe Streuungen der Werte und eine optimale Beherrschung der Ergebnisse zu erreichen. Die Wirtschaftlichkeit wird nicht so sehr von Material-Einstandspreisen bestimmt als vielmehr von der komplexen Betrachtung aller Parameter. Dabei sind die Bearbeitungskosten, deren grösster Teil oftmals Zerspanungskosten sind, von erstrangiger Bedeutung.

Nicht unbeachtet darf die Vorbearbeitung bleiben. Denn die Formgebung der Teile spielt eine Rolle. Sie wird ja nicht nur durch Zerspanen, sondern häufig beispielsweise durch Gesenk- oder auch Freiformschmieden, Warm- oder Kaltpressen erreicht.