

7. Stahl - Stahlsorten

Prof. Dr.-Ing. V. Läßle

Lösung Aufgabe 7.1

- a) 60SiMn6: 0,60% Kohlenstoff (C), 1,5% Silicium (Si) und Anteile an Mangan (Mn)
 X5CrNi18-10: 0,05% Kohlenstoff (C), 18% Chrom (Cr) und 10% Nickel (Ni)
 C105U: 1,05% Kohlenstoff (C), für Werkzeuge (unlegierter Kaltarbeitsstahl)
- b) Lagertank: hohe chemische Beständigkeit → X5CrNi18-10 (nichtrostender Stahl)
 Blattfedern: großer Bereich elastischer Verformbarkeit → 60SiMn6 (Federstahl)
 Prägwerkzeuge: hohe Verschleißbeständigkeit (im gehärteten Zustand) → C105U (unlegierter Kaltarbeitsstahl)
- c) • tiefe Temperaturen: nahezu alle Stähle (Ausnahme: austenitische Stähle) verspröden mit abnehmender Temperatur
 • hohe Temperaturen: mit zunehmender Temperatur ($> 200^{\circ}\text{C}$) sinkt die Festigkeit (Zugfestigkeit und Streckgrenze) von Stählen relativ rasch. Bei Temperaturen über 400°C beobachtet man außerdem eine zeitabhängige plastische Verformung (Kriechen), die bis zu katastrophalen Bruch führen kann
 • korrosive Umgebung: Stähle sind in feuchter oder wässriger Umgebung chemisch unbeständig (Ausnahme: nichtrostende Stähle). Eine häufig beobachtete Korrosionsform ist dabei das Rosten.

Lösung Aufgabe 7.2

- a) 1. X20Cr13: 0,20% Kohlenstoff (C) und 13% Chrom (Cr)
 2. X6CrNiTi18-10: 0,06% Kohlenstoff (C), 18% Chrom (Cr), 10% Nickel (Ni) und Anteile an Titan (Ti)
 3. C45: 0,45% Kohlenstoff (C)
 4. 38Si7: 0,38% Kohlenstoff (C) und 1,75% Silicium (Si)
 5. S275J0: Stahl f. d. Stahlbau, Mindeststreckgrenze 275 N/mm^2 , Mindestkerbschlagarbeit 27J bei 0°C
 6. 60SiCr7: 0,60% Kohlenstoff (C), 1,75% Silicium (Si) und Anteile an Chrom (Cr)
 7. 10S20: 0,10% Kohlenstoff (C) und 0,20% Schwefel (S)
 8. C15: 0,15% Kohlenstoff (C)
 9. 10Ni14: 0,10% Kohlenstoff (C) und 3,5% Nickel (Ni)
- b) 1. X20 Cr13: nichtrostender Stahl, da $\text{Cr} > 12\%$ (ferritischer Chromstahl)
 2. X6CrNiTi18-10: nichtrostender Stahl, da $\text{Cr} > 12\%$ (austenitischer Cr-Ni-Stahl)
 3. C45: unlegierter Vergütungsstahl, da $\text{C} > 0,20\%$ (hier: 0,45 %)
 4. 38Si7: Federstahl, da Silicium als Legierungselement vorhanden
 5. S275J0: Unlegierter Baustahl (S = Stahl für den Stahlbau)
 6. 60SiCr7: Federstahl, da Silicium als Legierungselement vorhanden
 7. 10S20: Automatenstahl, da Schwefel als Legierungselement vorhanden
 8. C15: unlegierter Einsatzstahl, da $\text{C} < 0,20\%$ (hier: 0,15 %)
 9. 10Ni14: kaltzäher Stahl, da Nickel als Legierungselement vorhanden)

Lösung Aufgabe 7.3

- a) Legierung zwischen Eisen und Kohlenstoff mit einem maximalen Kohlenstoffgehalt von 2,06%. Weiterhin Mangan, Silicium, Begleitelemente (z.B. Schwefel, Phosphor, Stickstoff) sowie ggf. Legierungselemente.
- b) • härtbar
 • hohe Festigkeit
 • teilweise gute chemische Beständigkeit (z.B. nichtrostende Stähle)
- c) **Legierungselemente:** Fremdelemente, die bewusst dem Stahl zugegeben werden, um bestimmte erwünschte Eigenschaften hervorzurufen.
Begleitelemente: Fremdelemente, die bereits im Erz vorhanden sind, während der Verhüttung oder über das Recyclingmaterial in den Stahl gelangen und dort unerwünschte Eigenschaften (z.B. Versprödung) hervorrufen. Begleitelemente lassen sich technisch oder wirtschaftlich nicht vollständig entfernen, in den entsprechenden Normen werden daher Höchstwerte festgelegt.
- d) Chrom: Verbesserung der chemischen Beständigkeit
 Nickel: Verbesserung der Zähigkeit
 Schwefel: Verbesserung der Zerspanbarkeit
- e) Phosphor: Versprödung

7. Stahl - Stahlsorten

Prof. Dr.-Ing. V. Läßle

- f) • nichtrostende Stähle: hohe chemische Beständigkeit
Wesentliches Legierungselement: Chrom (Cr)
- kaltzähe Stähle: Kerbschlagarbeit > 27J bei -40°C d.h. ausreichende Zähigkeit auch bei tiefen Betriebstemperaturen
Wesentliches Legierungselement: Nickel (Ni)
- Automatenstähle: gute Zerspanbarkeit (kurzbrüchige Späne, geringer Werkzeugverschleiß, niedrige Schnittkräfte, hohe Oberflächengüte)
Wesentliches Legierungselement: Schwefel (S)
- h) Der unlegierte Baustahl S235JR ist chemisch relativ unbeständig. In Anwesenheit eines korrosiv wirkenden Mediums (hier: verdünnte Schwefelsäure) wird das Metall relativ rasch aufgelöst. Der genannte Schadensfall ist daher auf Korrosion zurückzuführen.
- k) Für den genannten Einsatzzweck sind die nichtrostenden Stähle geeignet. Beispiel: X2CrNiMo18-15-4

Lösung Aufgabe 7.4

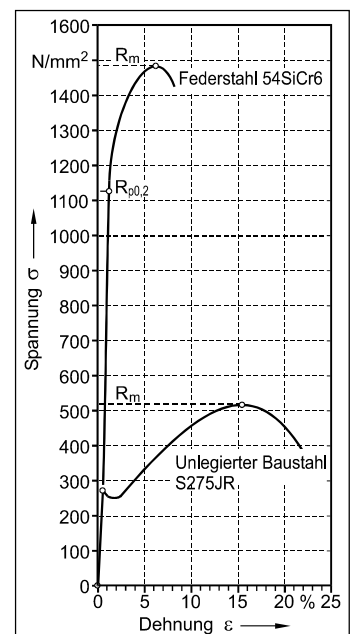
- a) S275JR: Stahl für den Stahlbau, Mindeststreckgrenze 275 N/mm², Mindestkerbschlagarbeit 27J bei 20°C
S275J0: Stahl für den Stahlbau, Mindeststreckgrenze 275 N/mm², Mindestkerbschlagarbeit 27J bei 0°C
S275J2: Stahl für den Stahlbau, Mindeststreckgrenze 275 N/mm², Mindestkerbschlagarbeit 27J bei -20°C
S355K2: Stahl für den Stahlbau, Mindeststreckgrenze 355 N/mm², Mindestkerbschlagarbeit 40J bei -20°C
- b) Bei schlagartiger Beanspruchung, tiefen Temperaturen sowie im Bereich von Schweißnähten ist eine möglichst hohe Zähigkeit erforderlich, um einen Sprödbbruch zu vermeiden. Die Stahlsorte mit der höchsten Zähigkeit, also S355K2, bietet hierfür auch die höchste Sicherheit der genannten Stahlsorten.

Lösung Aufgabe 7.5

- a) • Bleche im Fahrzeugbau
• Brücken
- b) • gute Schweißbarkeit
• hohe Sprödbrechtsicherheit
- c) • höhere Festigkeit (z.T. bei deutlich verbesserter Zähigkeit)
• verbesserte Zähigkeit
- d) Feinkörniges Gefüge. Ein feinkörniges Gefüge wird durch Zugabe geringer Mengen an Legierungselementen wie Aluminium (Al), Niob (Nb), Vanadium (V) oder Titan (Ti) erreicht (Mikrolegierungselemente). Diese Elemente hemmen das Kornwachstum im Austenitgebiet, sie behindern eine Rekristallisation des Gefüges oder sie bilden Fremdkeime und tragen damit zur Ausbildung eines feinkörnigen Gefüges bei.

Lösung Aufgabe 7.6

- a) • Schraubenfedern
• Blattfedern
• Tellerfedern
- b) • großer Bereich elastischer Verformbarkeit d.h. hohe Dehngrenzen
• ausreichende plastische Verformungsreserven (Bruchdehnung A ≥ 6%)
- c) C80D (Stahl für kaltgeformte Federn)
51CrV4 (Stahl für vergütbare Federn)
X7CrNiAl17-7 (Stahl für nichtrostende Federn)
- d) siehe Diagramm
- e) Der Federstahl besitzt eine deutlich höhere Dehngrenze im Vergleich zum S275JR d.h. einen größeren Bereich elastischer Verformbarkeit. Die plastische Verformbarkeit der Federstähle ist andererseits jedoch deutlich geringer im Vergleich zu den Baustählen.
- f) • Kaltverformung
• Vergüten



7. Stahl - Stahlsorten

Prof. Dr.-Ing. V. Läpple

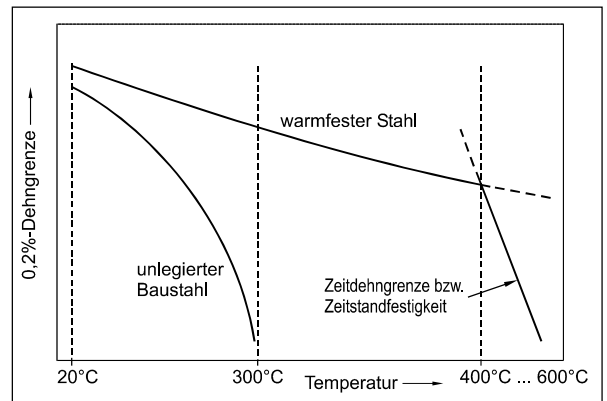
- g) • S235JR: ungeeignet, da Streckgrenze zu niedrig
 • X5CrNi18-10: ungeeignet, da Dehngrenze zu niedrig
 • 54SiCr6: geeignet, da relativ hohe Dehngrenze (nach dem Vergüten)
 • HS6-5-2: ungeeignet, da Werkzeugstahl (Schnellarbeitsstahl)

Lösung Aufgabe 7.7

- a) • hoch beanspruchte Bauteile wie Schrauben oder Gasflaschen
 • schlag- oder stoßartig beanspruchte Bauteile wie Stanz- oder Schneidwerkzeuge
 • schwingend beanspruchte Bauteile wie Federn
- b) Verfahrenstechnische Schritte und innere Vorgänge des Vergütens: Siehe Lösung zu Aufgabe 5.38. Damit Stähle vergütet werden können, müssen sie härtbar sein. Der Kohlenstoffgehalt muss daher über 0,2% ... 0,3% betragen. Üblicherweise beträgt der Kohlenstoffgehalt der Vergütungsstähle zwischen 0,2% und 0,7%.
- c) Ein Vergütungsgefüge (Ferrit mit feinstverteilten Zementitteilchen) entsteht durch Anlassen eines martensitischen Gefüges auf höhere Temperaturen. Damit jedoch ein martensitisches Gefüge entsteht, muss ein Mindestkohlenstoffgehalt vorliegen. Begründung siehe Lösung zu Aufgabe 5.20e.
- d) Chrom (Cr) und Nickel (Ni). Diese Legierungselemente behindern die Kohlenstoffdiffusion erheblich, so dass geringere Abkühlgeschwindigkeit (in tieferen Werkstoffschichten) ausreichen, um eine ausreichende Martensitbildung sicherzustellen.
- e) C40E, 41Cr4, 36NiCrMo16

Lösung Aufgabe 7.8

- a) • Dampfkessel und Rohrleitungen im Kraftwerksbereich
 • Turbinenwellen und Turbinengehäuse (Dampfturbinen)
 • Ventile und Armaturen im Heißbereich von Kraftwerken
- b) Nicht warmfeste Stähle können (längerfristig) bis maximal 300°C, warmfeste Stähle (abhängig von der Sorte) bis maximal 750°C eingesetzt werden.
- c) • ausreichende Warmfestigkeit und Zeitstandfestigkeit bei Betriebstemperatur.
 • gute Zunder bzw. Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit
- d) Chrom bzw. Chrom und Nickel (austenitische Stähle)
- e) 13CrMo4-5
 X3CrNiMoN17-13
- f) siehe Diagramm



Lösung Aufgabe 7.9

- a) • Stahlkonstruktionen (z.B. Brücken)
 • Behälter und Rohrleitungen in der Tieftemperaturtechnik (z.B. Lagerung und Transport von Flüssiggasen)
- b) Als kaltzäh bezeichnet man Stähle, die bei -40°C eine Mindestkerbschlagarbeit von 27 J aufweisen.
- c) Die Betriebssicherheit der unlegierten Baustähle endet zwischen 0°C ... -20°C. Die tiefste Einsatztemperatur hängt u.a. von der Konstruktion (technische Kerben, Schweißnähte) und der Beanspruchungsart und -geschwindigkeit (z.B. schlagartig oder schwingend) ab. Hinweise (jedoch keine Grenzwerte) auf die Einsatzfähigkeit liefert die Kerbschlagarbeit-Temperaturkurve des entsprechenden Werkstoffs.

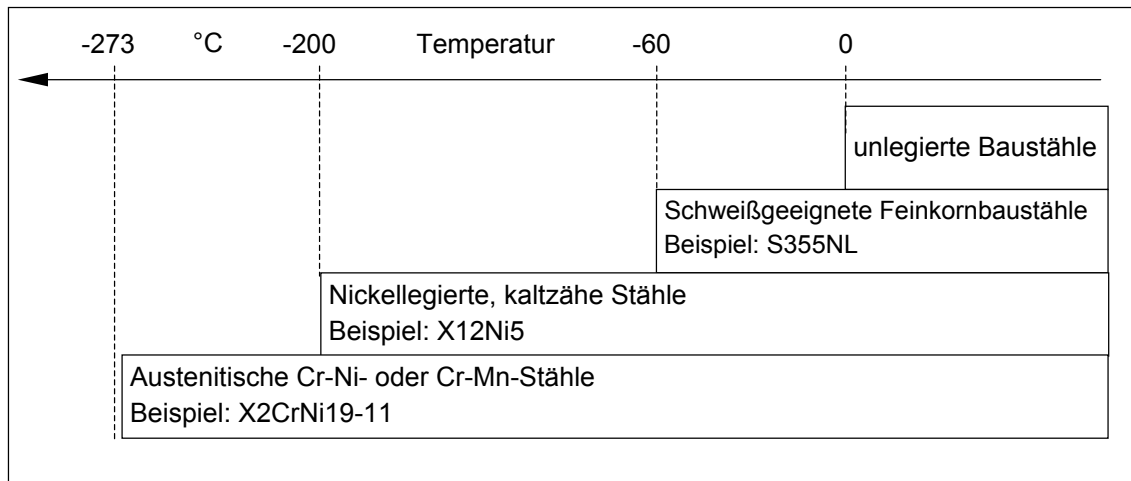
7. Stahl - Stahlsorten

Prof. Dr.-Ing. V. Läßle

Lösung Aufgabe 7.10

Schweißgeeignete Feinkornbaustähle wie z.B. S355NL. Stähle dieser Gruppe sind vergleichsweise preiswert und lassen sich mit den üblichen Verfahren, insbesondere durch Schweißen sehr gut verarbeiten. Bevorzugt sollten Sorten eingesetzt werden, die für tiefe Temperaturen geeignet sind (erkennbar am nachgestellten L oder L2 im Kurznamen).

Lösung Aufgabe 7.11



Lösung Aufgabe 7.12

- a) Nickellegierte, kaltzähe Stähle oder austenitische Cr-Ni-Stähle
- b) Nickellegierte, kaltzähe Stähle: Nickel
Austenitische Cr-Ni-Stähle: Chrom und Nickel
- c) Nickellegierte, kaltzähe Stähle: X7Ni9
Austenitische Cr-Ni-Stähle: X2CrNi19-11

Lösung Aufgabe 7.13

- a) Der Baustahl S355K2 besitzt bei -20°C noch eine Zähigkeit von 40 J, bei Temperaturen unter 100°C sind alle unlegierten Baustähle vollständig versprödet (Kerbschlagarbeit < 5 J). Die Stahlsorte kann daher keineswegs eingesetzt werden.
- b) Sprödbbruch
- c) Für Temperaturen unter -200°C sind nur noch bestimmte austenitische Cr-Ni-Stähle (Ni > 12%, Cr > 21%) einsetzbar.

Lösung Aufgabe 7.14

- a) hohe chemische Beständigkeit
- b) Chrom > 12 % (Resistenzgrenze)
- c) Ausbildung einer dichten, zähen, fest anhaftenden Oxidschicht auf der Stahloberfläche. Eine Verletzung der Schicht (z.B. durch spanende Bearbeitung) führt in Anwesenheit von Sauerstoff zu einer spontanen Neubildung (Repasivierung).
- d) X12Cr13
X10CrNi18-8
- e) 42Cr4: 0,42% Kohlenstoff (C) und 1% Chrom (Cr)
X45CrMoV15: 0,45% Kohlenstoff (C), 15% Chrom (Cr), Anteile an Molybdän (Mo) und Vanadium (V)
15CrMoV5-9: 0,15% Kohlenstoff (C), 1,25% Chrom (Cr), 0,9% Molybdän (Mo) und Anteile an Vanadium (V)
- f) X45CrMoV15, da Cr > 12% (Resistenzgrenze)

7. Stahl - Stahlsorten

Prof. Dr.-Ing. V. Läßle

Lösung Aufgabe 7.15

- a) Massenbauteile, die durch Zerspanung hergestellt werden sollen, jedoch ohne besondere Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften. Beispiel: Stifte.
- b) Automatenstähle sollen sich gut zerspanen lassen (geringer Werkzeugverschleiß d.h. hohe Standzeiten, hohe Schnittleistungen und damit wirtschaftliche Zerspanung, gute Oberflächenqualität und niedrige Schnittkräfte d.h. geringe Energieaufnahme der Werkzeugmaschine).
- c) Schwefel
Nachteilige Eigenschaften: geringe Festigkeit und geringere Zähigkeit
- d) 11SMn30
44SMnPb28

Lösung Aufgabe 7.16

- a)
 - Drehmeißel
 - Gesenke
 - Druckgießformen für Leichtmetalle und Cu-Zn-Legierungen
- b)
 - hohe Härte, die auch bei Betriebstemperatur erhalten bleibt
 - hoher Verschleißwiderstand
 - gute Temperaturwechselbeständigkeit
- c) Kaltarbeitsstähle (unlegiert und legiert). Beispiele: C80U; 90MnCrV8
Warmarbeitsstähle: Beispiele: 55NiCrMoV7; X35CrWMoV5
Schnellarbeitsstähle: Beispiele: HS18-1-2-5; HS6-5-2-5
- d) C80U: 0,80% Kohlenstoff (C), für Werkzeuge
90MnCrV8: 0,90% Kohlenstoff (C), 2% Mangan (Mn), Anteile an Chrom (Cr) und Vanadium (V)
55NiCrMoV7: 0,55% Kohlenstoff (C), 1,75% Nickel (Ni), Anteile an Chrom (Cr), Molybdän (Mo) und Vanadium (V)
X35CrWMoV5: 0,35% Kohlenstoff (C), 5% Chrom (Cr) sowie Anteile an Wolfram, Molybdän und Vanadium
HS18-1-2-5: Schnellarbeitsstahl (HS) mit 18% Wolfram (W), 1% Molybdän (Mo), 2% Vanadium (V) und 5% Cobalt (Co)
HS6-5-2-5: Schnellarbeitsstahl (HS) mit 6% Wolfram (W), 5% Molybdän (Mo), 2% Vanadium (V) und 5% Cobalt (Co)

Lösung Aufgabe 7.17

- a)
 - gute Härte und Verschleißbeständigkeit
 - ausreichende Zähigkeit
 - gute Temperaturwechselbeständigkeit

Maximale Arbeitstemperatur: etwa 200°C. Mit Überschreiten der maximalen Arbeitstemperatur wandelt sich das martensitische Gefüge in ein ferritisches Gefüge mit Zementitausscheidungen um. Der Stahl verliert seine Härte und Verschleißbeständigkeit.
- b) siehe Lösung zu Aufgabe 7.16c und 7.16d.
- c) Wendelbohrer: Kaltarbeitsstähle sind nicht einsetzbar, da bei maschineller Zerspanung Temperaturen über 200°C entstehen.
Messwerkzeuge: Kaltarbeitsstähle sind einsetzbar, da keine nennenswerte Temperaturerhöhung
Fräser für Holzbearbeitung: Kaltarbeitsstähle sind einsetzbar, da Arbeitstemperaturen in der Regel unter 200°C (sonst Gefahr der Verbrennung des Holzes)
Drehmeißel: Kaltarbeitsstähle sind nicht einsetzbar, da bei maschineller Zerspanung Temperaturen über 200°C entstehen.
Gesenk für Warmumformung: Kaltarbeitsstähle sind nicht einsetzbar, da bei der Warmumformung Temperaturen weit über 200°C erforderlich sind.
Kokille: Kaltarbeitsstähle sind nicht einsetzbar, da beim Gießen von Stahl Temperaturen weit über 200°C erforderlich sind.

7. Stahl - Stahlsorten

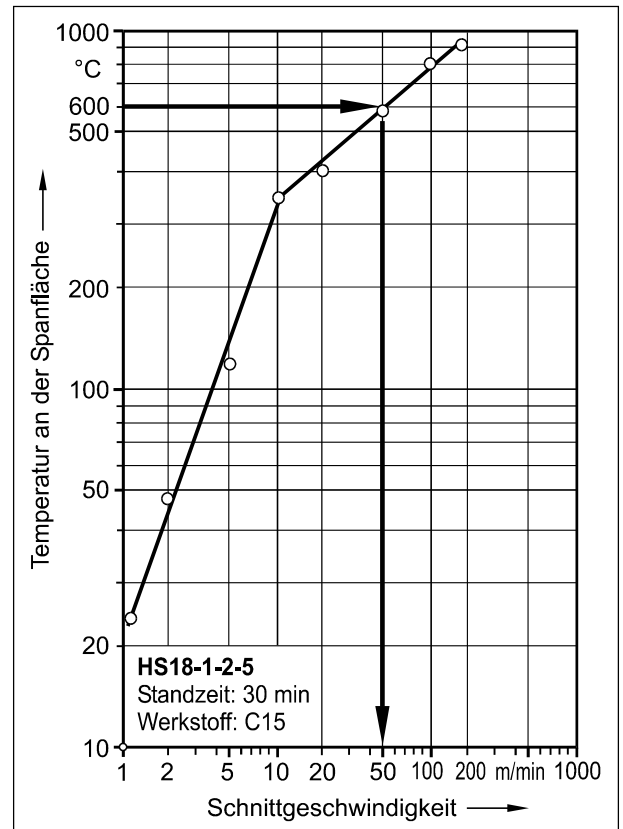
Prof. Dr.-Ing. V. Läßle

Lösung Aufgabe 7.18

- Warmarbeitsstähle eignen sich besonders für Betriebstemperaturen bis etwa 600°C, falls keine zu hohe Verschleißbeanspruchung vorliegt. Diese Bedingungen liegen beispielsweise bei der Warmumformung (Schmieden) oder beim Gießen vor.
- siehe Lösung zu Aufgabe 7.16c und 7.16d.

Lösung Aufgabe 7.19

- Arbeitstemperaturen bis etwa 600°C (Dauerbetrieb), d.h. 5 ... 10-fache Schnittgeschwindigkeit im Vergleich zu den Kaltarbeitsstählen bei gleicher Standzeit möglich.
 - sehr hohe Verschleißbeständigkeit
- siehe Lösung zu Aufgabe 7.16c und 7.16d.
- Da die maximale Arbeitstemperatur 600°C nicht überschritten werden darf, beträgt die maximale Schnittgeschwindigkeit etwa 50 m/min (siehe Diagramm).
- Die für die hohe Verschleißbeständigkeit verantwortlichen Carbide beginnen sich aufzulösen, der Stahl verliert seine Härte und Verschleißbeständigkeit. Man beobachtet einen raschen Werkzeugverschleiß.
- Hoher Anteil thermisch stabiler und verschleißbeständiger Carbide. Der Carbidgehalt der Schnellarbeitsstähle beträgt bis zu 30 Vol.-%.
- Wolfram oder Vanadium
- Werkzeuge die Betriebstemperaturen bis 600°C ausgesetzt sind und eine hohe Verschleißbeständigkeit aufweisen müssen. Beispiele: Drehmeißel, Fräser.



7. Stahl - Stahlsorten

Lösung Aufgabe 7.20

Stahlsorte	Typische Eigenschaften / Anforderungen	Typische Anwendungsbeispiele	Maßnahmen zur Erzeugung der typischen Eigenschaften	Werkstoffbeispiel (Kurzname)
Bau- und Konstruktionsstähle				
Unlegierte Baustähle	• gute Schweißbarkeit • hohe Sprödbrechtsicherheit	• Bleche im Fahrzeugbau • Maschinenteile wie Wellen, Achsen, Bolzen	• Begrenzung des Kohlenstoffgehalts • Begrenzung verspröddender Legierungselemente (S, P, N)	S235JR
Feinkornbaustähle	• höhere Festigkeit (z.T. bei deutlich verbesserter Zähigkeit) im Vergleich zu den unlegierten Baustählen • verbesserte Zähigkeit	• Ausleger von Mobilkränen • Brücken	Feinkörniges Gefüge durch Zugabe geringer Mengen an Legierungselementen wie Al, Nb, V oder Ti (Mikrolegierungselemente).	S460NL
Federstähle	• großer Bereich elastischer Verformbarkeit d.h. hohe Dehngrenzen • ausreichende plastische Verformungsreserven (Bruchdehnung $A \geq 6\%$)	Technische Federn (z.B. Schraubenfedern, Blattfedern, Tellerfedern)	Chrom und / oder Silicium in Verbindung mit einer Vergütung (vergütbare Federn)	61SiCr7
Warmfeste Stähle	• ausreichende Festigkeit (Warmfestigkeit) und Zeitstandfestigkeit • gute Zunderbeständigkeit bei Betriebstemperaturen bis 750°C	• Dampfkessel • Wellen und Gehäuse für Dampfturbinen	Chrom	X20Cr13
Kaltzähstähle	Ausreichende Zähigkeit bei niedrigen Temperaturen (Mindestkerbschlagarbeit 27J bei -40°C)	Behälter und Rohrleitungen in der Tieftemperaturtechnik (z.B. Lagerung und Transport von Flüssiggasen)	• Feinkörniges Gefüge • Legieren mit Nickel • Legieren mit Chrom und Nickel (austenitisches Gefüge)	X12Ni5
Vergütungsstähle	• Besondere Eignung zum Härten bzw. Vergüten	• Schrauben oder Gasflaschen • Stanz- oder Schneidwerkzeuge • Federn	Vergüten ggf. mit Legierungselementen zur Verbesserung der Einhärtbarkeit (Cr, Ni, Mo oder Mn)	36NiCrMo16
Einsatzstähle	• Besondere Eignung zum Einsatzhärten	• Zahnräder • Wellen und Achsen	niedriger Kohlenstoffgehalt (< 0,20%) daher gute Zerspanbarkeit, gute Schweißbarkeit und hohe Zähigkeit ggf. mit Legierungselementen zur Verbesserung der Einhärtbarkeit (Cr, Ni, Mo oder Mn)	17CrNi6-6
Nitrierstähle	• Besondere Eignung zum Nitrieren	• Spindeln • Kolbenstangen • Fadenführungen	Legierungselemente wie Cr, Al Mo V, Ti oder Nb, die zur Bildung harter und thermisch stabiler Nitride neigen	34CrAlMo 5-10
Nichtrostende Stähle	Hohe chemische Beständigkeit	Behälter und Rohrleitungen in der chemischen Industrie	Legieren mit Chrom (> 12%)	X2CrNiMo 18-14-3
Automatenstähle	Wirtschaftliche Zerspanung (hohe Standzeit der Werkzeuge, geringe Schnittkräfte, hohe Oberflächengüte, kurzbrüchige Späne)	Maschinenteile wie Bolzen, Wellen, Achsen, Schrauben und Stifte	Schwefel und / oder Blei	11SMnPb30

7. Stahl - Stahlsorten

Prof. Dr.-Ing. V. Läßle

Stahlsorte	Typische Eigenschaften / Anforderungen	Typische Anwendungsbeispiele	Maßnahmen zur Erzeugung der typischen Eigenschaften	Werkstoffbeispiel (Kurzname)
Werkzeugstähle				
Kaltarbeitsstähle	• gute Härte und Verschleißbeständigkeit bis 200°C • ausreichende Zähigkeit • gute Temperaturwechselbeständigkeit	• Handwerkzeuge (Hämmer, Beile, Zangen) • Werkzeuge für die Holzbearbeitung • Messwerkzeuge	• ausreichender Kohlenstoffgehalt (0,40% ... 2,90%) sowie ggf. Legierungselemente zur Verbesserung der Härbarkeit (Cr, Ni, Mo, Mn) sowie der Verschleißbeständigkeit (W, V) • martensitisches Härten	C80U
Warmarbeitsstähle	• ausreichende Härte und Warmfestigkeit bis 600°C • ausreichende Zähigkeit • gute Temperaturwechselbeständigkeit	• Umformwerkzeuge (Gesenke) • Warmwalzwerkzeuge • Druckgießformen	• ausreichender Kohlenstoffgehalt (0,4% ... 1,5%) sowie erhöhter Gehalt an carbidbildenden Legierungselementen (Cr, Mo, V, W) zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit • Härten und ggf. mehrmaliges Anlassen auf höhere Temperaturen (Auslösung einer Sekundärhärtung)	32CrMoV 12-28
Schnellarbeitsstähle	• gute Härte und sehr gute Verschleißbeständigkeit bis etwa 600°C • ausreichende Zähigkeit • gute Temperaturwechselbeständigkeit	Werkzeuge für die maschinelle Zerspanung von Metallen wie Drehmeißel, Fräser, Wendelbohrer	• ausreichender Kohlenstoffgehalt (0,6% ... 1,5%) sowie sehr hoher Gehalt an carbidbildenden Legierungselementen (Cr, Mo, V, W) zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit (Carbidanteil bis 30 Vol.-%) • Härten und mehrmaliges Anlassen auf höhere Temperaturen zur Auslösung einer Sekundärhärtung	HS6-5-2