

Stahl — wichtigster Konstruktionswerkstoff für Land- und Nahrungsgütermaschinen

Thema

Dr.-Ing. K. Fellcht, KDT, Stahlberatungsstelle Freiberg des Ministeriums für Erzbergbau, Metallurgie und Kali

Autor

Stahl ist gegenwärtig und in Zukunft der wichtigste Konstruktionswerkstoff. Seine hervorragende Stellung in allen Bereichen der Wirtschaft begründet sich wie folgt:

- Die Eigenschaften des Stahls können durch Legieren, Wärmebehandeln, Formgebung und Kombination mit anderen Werkstoffen in weiten Grenzen verändert und vielfältigen Anwendungsgebieten angepaßt werden. Diese Variationsbreite der Eigenschaften ist bei keinem anderen Werkstoff vorhanden.
- Rohstoffe für die Stahlerzeugung sind in vielen Ländern der Welt verfügbar.
- Der spezifische Herstellungsaufwand und der Energieverbrauch liegen niedriger als bei anderen Werkstoffen.

Die vielfältige Verwendungsmöglichkeit des Stahls beruht auf der Herstellung der Beziehungen von Festigkeit und Zähigkeit.

Stahl ist eine Eisen-Kohlenstoff-Legierung, die den Kohlenstoff als Eisenkarbid beim Erwärmen unter Bildung von Austenit löst und diesen bei der Abkühlung wieder ausscheidet. Die untere kritische Temperatur, bei der sich Austenit umwandelt, bestimmt die Form und Größe der Karbidteilchen im Gefüge und damit den Grad der Härtung.

Nichtmartensitische Gefügebestandteile, die sich oberhalb der Martensittemperatur bilden, benötigen für Kernbildung und Kernwachstum eine bestimmte Zeit. Deshalb ist es bei kontinuierlicher Abkühlung möglich, deren Bildung durch schnelle Abkühlung oder Verlängerung der Kernbildungsart durch Legierungselemente zu unterdrücken, denn die meisten Legierungselemente haben, wenn man sie dem Kohlenstoffstahl zusetzt, die gleiche Wirkung wie eine Steigerung der Abkühlgeschwindigkeit. Bild 1 gibt den Einfluß der Abkühlgeschwindigkeit und der Legierungselemente auf die Lage des unteren Umwandlungspunktes A_{r1} wieder. Das Bild läßt erkennen, daß bei einer bestimmten Abkühl-

geschwindigkeit oder Kombination Abkühlgeschwindigkeit/Legierungszusatz jedes gewünschte Gefüge prinzipiell erreichbar ist.

Die erreichte Härte ist in erster Linie vom Kohlenstoffgehalt abhängig und nimmt mit steigendem Kohlenstoffgehalt zu (Bild 2). Oberhalb eines Kohlenstoffgehalts von etwa 0,7% tritt dann nur noch eine unbedeutende Härtesteigerung ein. In legierten Stählen sind im allgemeinen die gleichen Gefügebestandteile wie bei den Eisen-Kohlenstoff-Legierungen vorhanden. Unterschiede bestehen insofern, daß die Mischkristalle und das Eisenkarbid Fe_3C noch Anteile des Legierungselements in fester Lösung aufnehmen und bestimmte Legierungselemente mit Kohlenstoff Sonderkarbide bilden [1].

Der Begriff „Stahl“ hat sich im Laufe der Jahre gewandelt. Wurde unter Stahl vor rd. 40 Jahren „alles ohne Nachbehandlung schiedbare Eisen“ verstanden, so bezeichnet man heute als Stahl diejenigen Eisenwerkstoffe, die im allgemeinen für eine Warmformgebung geeignet sind und mit Ausnahme einiger chromreicher Sorten höchstens 2 Masse-% Kohlenstoff enthalten.

Der Stahlverbraucher verlangt vom Hersteller für den entsprechenden Verwendungszweck und die gewählte Konstruktion hinreichende Gebrauchseigenschaften. Beispiele für Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften des Stahls sind in Tafel 1 wiedergegeben. Die Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften des Stahls werden durch die chemische Zusammensetzung mit bestimmt. Grenzgehalte für die Einteilung nach der chemischen Zusammensetzung für unlegierte und legierte Stähle sind in Tafel 2 aufgeführt. Die Angaben sind der Euro-Norm 20-74 entnommen. Sie sind eine Begriffsbestimmung, aber ohne verbindlichen Charakter, denn die gewünschten Eigenschaften des Stahls sind nicht allein durch den Werkstoff gegeben. Das Stahlverhalten ist auch immer von den besonderen Beanspruchungsbedingungen in Verbindung mit der Gestalt der Konstruktion und Art der Fertigung abhängig.

Der Stahlhersteller liefert den Stahl entsprechend den Standards oder vertraglich vereinbarten Prüfkenngrößen, die eine Aussage über die Gebrauchs- und Verarbeitungseigenschaften zulassen. Das wahre Verhalten im Gebrauch aus den Ergebnissen der Werkstoffprüfung kann aber nur dann klar erkannt werden, wenn die Fertigung selbst, die Konstruktion und die Gebrauchsbeanspruchung eines Gegenstands in allen Einzelheiten bekannt sind. Der Stahlverbraucher kommt daher in bestimmten Fällen nicht umhin, Testversuche durchzuführen und Erfahrungen zu sammeln.

In der Praxis gibt es viele Anwendungsgebiete, bei denen die maximalen Festigkeitseigenschaften eines Stahls nicht ausgenutzt werden. Ein bestimmter Betrag der Zugfestigkeit wird benutzt, um die anfallenden Belastungen aufzunehmen. Die dabei vorliegende Streckgrenze ist hoch genug, um gelegentliche Überbelastungen auszuhalten. Die Dauer- oder Ermüdungsfestigkeit ist hinreichend groß, um wiederholt auftretende Wechsellasten aufzunehmen. Entscheidend ist immer, daß eine entsprechende Zähigkeit des Stahls vorliegen muß, um eine Reserve zu haben, die einmal die volle Ausnutzung der Festigkeitseigenschaften ermöglicht und durch die zum anderen ein vorzeitiger und plötzlicher Bruch vermieden wird.

Als maßgebende Eigenschaften des Stahls sind daher Festigkeit und Zähigkeit — oder besser die vielfältigen Möglichkeiten der Kombination von Festigkeit und Zähigkeit — zu nennen. Diese für Konstruktionszwecke und für den Einsatz als Werkzeuge bestimmenden Eigenschaften lassen sich durch Wärmebehandlungsarten wie Härten und Anlassen, Glühen oder geregeltes Abkühlen aus der Walzhitze in vielfältiger Weise erreichen. Dabei ist die Martensitbildung nach wie vor die festigkeitssteigernde Maßnahme. Bild 3 zeigt die Zugfestigkeit verschiedener Stahlmarken bei normalen Temperaturen.

Das Anlaßverhalten einer Reihe legierter Stähle läßt erkennen, daß Festigkeit und Zähigkeit nicht linear verbunden sind.

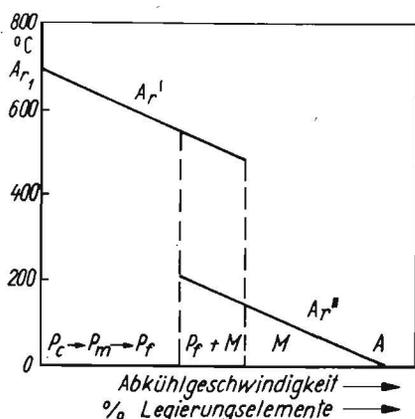


Bild 1
Einfluß der Abkühlgeschwindigkeit und der Legierungselemente auf die Lage des unteren Umwandlungspunktes A_{r1} beim Abkühlen; P_c grobkörniger Perlit, P_m mittelkörniger Perlit, P_f feinkörniger Perlit, M Martensit, A Austenit

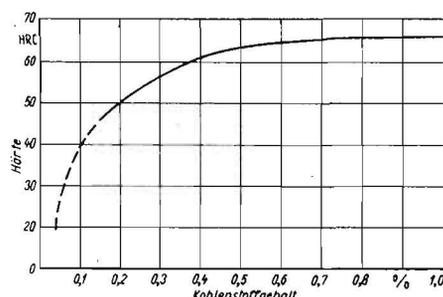


Bild 2
Erreichbare Härte in Abhängigkeit vom Kohlenstoffgehalt des Stahls

Tafel 1. Beispiele für Verarbeitungs- und Gebrauchseigenschaften sowie Prüfkenngrößen [2]

Verarbeitungseigenschaften	Gebrauchseigenschaften	Prüfkenngrößen
Warm- und Kaltumformbarkeit	statische und dynamische Beanspruchbarkeit bei verschiedenen Temperaturen	chemische Zusammensetzung
Schweißbarkeit	Hitzebeständigkeit	mechanische Eigenschaften (z. B. Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung, Kerbschlagzähigkeit)
Zerspanbarkeit	Kaltzähigkeit	physikalische Eigenschaften (z. B. elektrische Leitfähigkeit, magnetische Eigenschaften)
Wärmebehandelbarkeit	Alterungsbeständigkeit	Härtbarkeit
Eignung zum Nitrieren und Einsatzhärten	Magnetisierbarkeit	Gefügeausbildung
Eignung zur Oberflächenveredlung	Korrosionsbeständigkeit	Reinheitsgrad (nichtmetallische Einschlüsse)
	Verschleißbeständigkeit	chemische Beständigkeit
	Schneidhaltigkeit von Zerspanungswerkzeugen	Oberflächenbeschaffenheit

Tafel 2. Grenzgehalte für die Einteilung nach der chemischen Zusammensetzung (Euro-Norm 20-74)

Legierungselement	Grenzgehalt %
Mangan (Mn)	1,60
Silizium (Si)	0,50
Chrom (Cr)	0,30
Nickel (Ni)	0,30
Molybdän (Mo)	0,08
Wolfram (W)	0,10
Vanadin (V)	0,10
Kobalt (Co)	0,10
Aluminium (Al)	0,01
Titan (Ti)	0,05
Lanthanide	0,05
Niob (Nb)	0,05
Zirkonium (Zr)	0,05
Kupfer (Cu)	0,40
Blei (Pb)	0,40
Selen (Se)	0,10
Tellur (Te)	0,10
Wismut (Bi)	0,10
Bor (B)	0,0008
sonstige (außer C, P, S, N, O)	0,05

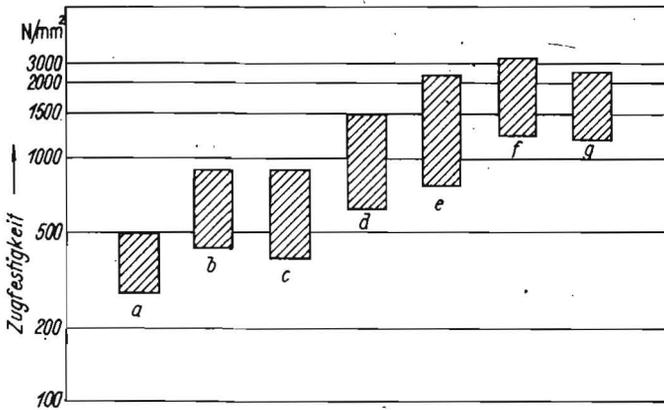


Bild 3. Zugfestigkeit einiger Stahllarten;
 a Bandstahl, kaltgewalzt (TGL 9553)
 b rost- und säurebeständige Stähle (TGL 7143)
 c allgemeine Baustähle (TGL 7960)
 d Vergütungsstähle (TGL 6547)
 e Stahl mit Zwischenstufengefüge
 f martensitahärtende Stähle
 g gezogener Stahldraht

Die Anlaßversprödung und das Absinken der Kerbschlagzähigkeit von Vergütungsstählen zwischen Temperaturen von rd. 250 bis 300 °C sind bekannt. In den wichtigsten Industrieländern sind daher in der letzten Zeit umfangreiche Entwicklungsarbeiten unternommen worden, Stähle mit hoher Festigkeit und gleichzeitig höherer Zähigkeit zu erzeugen (höherste schweißbare Baustähle mit Streckgrenzen über 350 N/mm²). In der DDR sind sie als H 52-3, H 55-3 und HS 60-2 bekannt. Gemessen an den Zugfestigkeits- und Streckgrenzenwerten bei Vergütungsstählen sind die Festigkeitseigenschaften gering. Von einigen stahlerzeugenden Firmen werden Vergütungsstähle als schweißbare Baustähle mit Streckgrenzen über 700 N/mm² angeboten. Solche Stähle sind für Spezialkonstruktionen wohl möglich, wirken aber einem breiten Verwendungszweck durch arteigene Werkstoffeigenschaften entgegen. Die Beeinflussung der Festigkeitseigenschaften durch Härten und Anlassen bei höherfesten Baustählen, die meistens in Form von Grobblechen

vorliegen, ist im allgemeinen nicht möglich. Fertige Bauteile können wegen der Größe und der Gefahr des Verziehs keiner Wärmebehandlung ausgesetzt werden. Darüber hinaus wirkt der notwendige Kohlenstoffgehalt, der zum Härten erforderlich ist, einer guten Schweißbarkeit entgegen.

Die entwickelten kohlenstoffarmen und kohlenstofffreien Stähle unterscheiden sich daher gegenüber den Marken H 52-3, H 55-3 und HS 60-3 entsprechend Tafel 3 im Kohlenstoffgehalt und durch eine Mikrolegierung von Vanadin und Niob. Grundüberlegung war die Herstellung eines Feinkornstahls mit seiner Auswirkung auf die Streckgrenzen- und Zugfestigkeitssteigerung durch Aluminium-Desoxydation. Ausgeschiedene Aluminiumnitride wirken dabei kornwachstumshemmend, die Elemente Niob, Vanadin und Titan mit ihrer hohen Affinität zu Kohlenstoff und Stickstoff führen beim Abkühlen des Stahls über eine Aushärtung zu einem weiteren Festigkeitsanstieg. Darüber hinaus behindern Vanadin und Niob die Rekristallisation beim Warmwalzen, so daß das gestreckte Gefüge erhalten bleibt.

Abkühlungsgeschwindigkeiten und Haspeltemperaturen sind bei der Erzeugung von Warmband-Breitbändern für diese Stähle von besonderer Bedeutung. Die so gelenkte Walzung oder Isoformung gestattet bei perlitarmen und perlitfreien Stählen das Erreichen von Streckgrenzen bis 550 N/mm². Die Stähle finden dort Anwendung, wo höhere Festigkeiten mit höchster Schweißsicherheit, wie bei Pipelines, Bohrseln, Großtankern u. ä. m., erforderlich sind [3].

Der Elastizitätsmodul beträgt für alle ferritischen Stähle bei normalen Temperaturen 210 000 N/mm². Bei austenitischen Stählen beträgt er 203 000 N/mm². Abgesehen von einigen theoretischen Überlegungen, die Anisotropie der Ferrite zu nutzen und die gemessene Kristallrichtung in Form einer Textur stärker zur Wirkung zu bringen, liegen z. Z. praktisch keine Ergebnisse vor, die eine Erhöhung des Elastizitätsmoduls des Stahls erwarten lassen.

Benutzt der Verbraucher einen höherfesten Stahl, stellen sich bei höheren

Tafel 3. Zusammensetzung und Festigkeitseigenschaften von Baustählen, perlitarmen und perlitfreien Stählen

Stahlmarke	chemische Analyse (Anteil in %)						mechanische Eigenschaften	
	C	Si	Mn	P	S	Al	σ_s N/mm ²	σ_B N/mm ²
St 38u-2	0,12...0,20	0,07	0,30...0,60	0,045	0,050	—	240	380...500
St 38b-2	0,12...0,20	0,17...0,37	0,40...0,65	0,045	0,050	—	240	380...500
H 45-2	0,14...0,20	0,30...0,50	0,70...1,05	0,050	0,045	—	300	450...600
H 45-3	0,14...0,20	0,30...0,50	0,70...1,05	0,040	0,040	0,020	300	450...600
H 52-3	0,14...0,20	0,40...0,55	1,20...1,50	0,040	0,040	0,020	360	520...620
HS 52-3	0,10...0,15	0,35...0,50	1,20...1,50	0,040	0,040	0,010	360	520...620
H 55-2	0,11...0,16	0,40...0,60	1,25...1,55	0,040	0,040	0,020	400	550...700
HB 60-3	0,15...0,20	0,40...0,60	1,35...1,65	0,040	0,040	0,020	450	570...700
H 60-3	0,13...0,20	0,40...0,60	1,35...1,65	0,040	0,040	0,020	450	600...750
HS 60-3	0,13...0,18	0,40...0,60	1,35...1,65	0,040	0,040	0,020	450	600...750
perlitärmer Stahl	0,08...0,12	0,10...0,40	1,00...2,00	≤0,10 %V	≤0,08 %Nb	0,020	480	500...700
perlitfreier Stahl	0,01...0,02	0,10...0,40	1,00...2,00					

Belastungen an der Konstruktion auch höhere Biegeanforderungen ein, die durch konstruktive Maßnahmen ausgeglichen werden müssen. Ähnlich ist es bei der Dauerfestigkeit des Stahls. Die im Standard TGL 13500 für Stahlbau und Stahltragwerke genannten Dauerfestigkeitswerte entsprechend Bild 4 geben den wesentlich geringeren Zuwachs für Bauteile aus härtesten Stählen wieder. Auch das Walzen mit eingegengten Toleranzen und Qualitätsmaßnahmen, die sich mit der Zunderentfernung auf dem Walzgut befassen, oder moderne Aufheizmethoden lassen nicht vermeiden, daß die Konstruktion mit Kerben behaftet ist, die mit steigender Zugfestigkeit nur einen geringen Zuwachs der Dauerfestigkeit ermöglichen.

Als schweißbare Standardstähle gelten daher immer noch die bewährten Stahlartern St 38 und H 52.

Die Erkenntnis der Zähigkeitssteigerung durch Feinkörnigkeit des Stahls hat sich allgemein durchgesetzt. Grundsätzlich werden alle beruhigt hergestellten Stähle, auch Vergütungsstähle, mit Aluminium behandelt und als Feinkornstähle hergestellt. Grobkornstähle haben nur dort Bedeutung, wo es die Zerspanbarkeit oder Polierbarkeit fordern. Bei Einsatzstählen, wo tiefe Aufkohlungen Langzeit-Glühungstemperaturen bis 1000°C erfordern, reicht eine gewöhnliche Aluminium-Desoxydation nicht aus.

Zusätze von 0,1% Titan und ein erhöhter Stickstoffgehalt gewährleisten hier die Feinkörnigkeit für die gewünschte Kernzähigkeit [3]. Schwierigkeiten bereiten auch die im allgemeinen Baustahl als Mangansulfid vorliegenden Einschlüsse. Sie verformen sich bei einseitig gestreckten Erzeugnissen (Bleche und Bänder) bei Warmformgebungstemperatur zu ausgedehnten dünnen Fäden. Damit verbunden sind ein Abfall der Zähigkeitswerte der Querschnitte und bei Beanspruchung senkrecht zur Blechoberfläche die Bildung schieferartiger Terrassenbrüche. Erst bei Schwefelgehalten unter 0,001% fallen die Kerbschlagzähigkeits-Temperatur-Kurven für Längs-, Quer- und Senkrechtpföben zusammen. Die Erreichung dieser Schwefelgehalte ist beim jetzigen Stahlherstellungsverfahren in der DDR nicht möglich.

Eine optimale Verbesserung der Zähigkeit läßt sich metallurgisch erzielen, wenn Entschwefelung und Einschlüssebeeinflussung gleichzeitig ausgenutzt werden. Das kann geschehen, wenn die normalerweise aus Mangansulfid vorliegenden Einschlüsse durch Kalzium-, Cer- oder Zirkonzugaben unverformbar gestaltet werden [4].

Andererseits sind gute Zerspanungseigenschaften nur dann möglich, wenn der Stahl einen bestimmten Schwefelgehalt hat. Das betrifft viele Vergütungsstähle, die vor dem Vergüten meistens spanabhebend bearbeitet werden.

Außer Festigkeit und Zähigkeit bei Normaltemperatur werden beim Stahl u. a. Festigkeit bei hohen Temperaturen, Zähigkeitswerte bei tiefen Temperaturen, Abriebfestigkeit, Schneidfähigkeit und Schneidhaltigkeit bei Werkzeugstählen, Korrosionsbeständigkeit bei Stählen für die chemische Industrie und besondere physikalische Eigenschaften, wenn es sich um Stähle handelt, die in der Elektrotechnik Anwendung finden, gefordert. Dem wird durch Legieren des Stahls nachgekommen.

In den einschlägigen staatlichen Standards werden ungefähr 20 Elemente aufgeführt, die einzeln oder in Kombinationen in unterschiedlichen Mengen dem Stahl beigegeben werden. Das entspricht dem internationalen Stand. Die TGL-Standards erfassen damit rd. 450 Stahlmarken,

5000 Abmessungen und beide kombiniert über 100000 Sortimente. Die importierten Stähle werden in ihren Eigenschaftsmerkmalen entsprechend den Normen der DDR bestellt, so daß im wesentlichen keine Erweiterung der Stahlmarken und Abmessungen vorliegt. Dennoch läßt sich bei einer großen Anzahl von Stählen in ihren Gebrauchseigenschaften Deckungsgleichheit erkennen. Das von der Metallurgie der DDR herausgegebene Vorzugsortiment beinhaltet daher eine Einschränkung auf 150 Stahlmarken und 2000 Abmessungen gegenüber den in TGL aufgeführten Stahlmarken und Abmessungen. Für den Stahlerzeuger und -verbraucher ergeben sich daraus echte volkswirtschaftliche Vorteile, wie geeignete Losgrößen, vereinfachte Lagerhaltung, Gleichmäßigkeit in der chemischen Zusammensetzung und Abmessung.

Bei Herstellung und Anwendung der rost- und säurebeständigen Stähle liegt das Interesse der Beteiligten auf der Erhöhung der Festigkeit, die bekanntlich durch Zugabe von Stickstoff als Legierungsmittel verbessert wird. Stickstoff ist im Stahl nicht unbegrenzt löslich, so daß dessen Effekte begrenzt sind. Durch erweiterte Zugaben löslichkeitserhöhender Legierungselemente, besonders von Chrom und Mangan, konnte die Stickstoffkonzentration gesteigert werden.

Die von der metallurgischen Industrie der DDR erzeugten und bewährten Nickelsparstähle erreichen bei erhöhten Chromgehalten von 19% und Stickstoffgehalten von 0,25% Streckgrenzenwerte von $\sigma_S = 300 \text{ N/mm}^2$ bei einer Zugfestigkeit von $\sigma_B = 600 \dots 800 \text{ N/mm}^2$.

Die Herstellung von ferritischen rost- und säurebeständigen Stählen bereitet lange Zeit Schwierigkeiten, da es beim Schmelzen nicht gelang, die störenden Begleitelemente Kohlenstoff und Stickstoff zu entfernen. Erst die Anwendung der Vakuummetallurgie und die Zugabe von geringen Mengen an Titan oder Niob zur Abbindung der Spuren von Kohlenstoff und Stickstoff führte zu einer spürbaren Verbesserung. Als Spitzenstahl ist z. Z. ein neu erzeugter ferritischer Chrom-Molybdän-Stahl 18.2 (Ti, Nb) mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,01% im Gespräch. Bei Festigkeiten $\sigma_S = 360 \text{ N/mm}^2$ und $\sigma_B = 550 \text{ N/mm}^2$ hat er Beständigkeit gegenüber interkristalliner Korrosion, Lochfraß- und Spannungsrisskorrosion. Aufgrund der Korrosionsbeständigkeit bei nur geringer Verfestigungsneigung soll sich der Stahl gut zur Herstellung von Kaltstauchteilen, Rohren und Behältern für chloridhaltige Lösungen eignen [5].

Einige Bemerkungen zur Korrosion an Stahl. Der Ministerratsbeschluß vom 23. März 1978 weist nachdrücklich darauf hin, daß von allen Beteiligten, also Stahlhersteller, Stahlverarbeiter und Stahlbenutzer, verstärkte Anstrengungen zu unternehmen sind, um den jährlichen Korrosionsschäden entgegenzuwirken. In Tafel 4 sind einige Korrosionsarten und Abhilfemaßnahmen bei Stahl zusammengestellt. Dazu muß festgestellt werden, daß die angeführten Abhilfemaßnahmen nur die genannten Korrosionsarten in ihrer Wirkung lindern. Ein absolutes Mittel gegen Spannungsrisskorrosion, Lochfraßkorrosion und interkristalline Korrosion gibt es z. Z. nicht. Die Einführung des wetterfesten oder korrosionsträgen Stahls vor etwa 10 Jahren in der DDR läßt je nach Land-, See-, Stadt- und Industrieklima Ergebnisse erkennen, die in der Anwendungsrichtlinie für korrosionsträge Stähle der Stahlberatungsstelle Freiberg vom April 1976 wiedergegeben sind. Wenn dabei auch noch nicht alle Probleme gelöst wurden, so gestattet sie jedoch, eine jährliche Anwendungsmenge von 120000 t korrosionsträgen Stahl für den Stahlbau der DDR als optimal anzusehen.

Im Landmaschinenbau wird Stahl seine dominierende Rolle unter den Werkstoffen beibehalten. Geräte für die im Landmaschinenbau statisch und dynamisch beanspruchten Tragkonstruktionen sowie hochbeanspruchten Elemente zur Kraftübertragung bleibt Stahl im Prognosezeitraum der technisch und ökonomisch günstigste Werkstoff.

Die wichtigsten Substitutionswerkstoffe, wie Plaste, Glas und Aluminium, verdrängen im Landmaschinenbau den Stahl nicht von seinen traditionellen Einsatzgebieten. Die Substitutionsmöglichkeiten sind geringer als in anderen Industriezweigen. Größere Substitutionseffekte werden erst nach dem Jahr 1980 erwartet, da das Aufkommen an Austauschwerkstoffen ebenfalls begrenzt ist und vor allem bei Plasten die erforderliche Verarbeitungskapazität nur etappenweise aufgebaut werden kann. Aluminium substituiert im Landmaschinenbau im wesentlichen korrosionsbeständige Stähle.

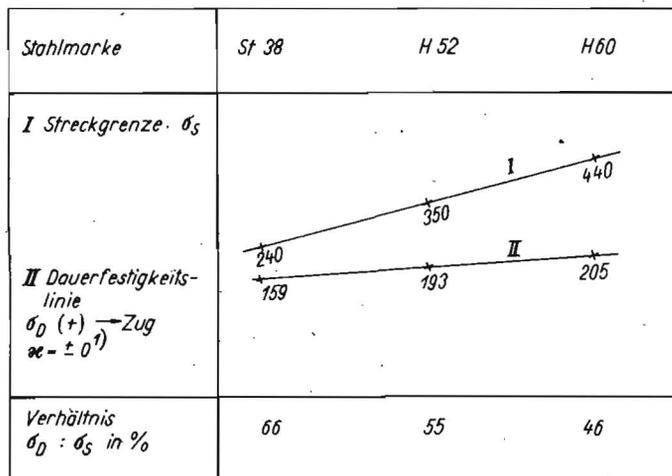
Der Einsatz der Substitutionswerkstoffe beschränkt sich in der Landtechnik auf:

- Bauelemente zur Lagerung und zum Transport flüssiger, pulverförmiger und fester Medien, z. B. in der Milchgewinnung und im Pflanzenschutz
- Maschinenelemente, z. B. langsam laufende Zahnräder, Ritzel und Lagerelemente
- Verkleidungen.

Bei der Weiterentwicklung der Stahlwerkstoffe zeichnen sich folgende Tendenzen ab:

Im Landmaschinenbau, in der Landwirtschaft und in anderen Anwen-

Bild 4. Zulässige Spannungen beim Ermüdungsfestigkeitsnachweis in N/mm² (TGL 13500, Stahltragwerke/Stahlbau)



1) $\alpha = \frac{\min \sigma}{\max \sigma}$ - Unterspannung / Oberspannung

Tafel 4. Einige Korrosionsarten und Abhilfemaßnahmen bei Stahl [2]

	Spannungsrißkorrosion			Lochfraßkorrosion	interkristalline Korrosion
Stahlgruppe	unlegierte und legierte Baustähle	martensitische nichtrostende Stähle	austenitische nichtrostende Stähle	sämtliche Stahlgruppen	nichtrostende Stähle
Abhilfemaßnahmen	Aufbringen von Druckspannungen in der Oberfläche C+N abbinden, Wahl von Stahlgruppen 2 oder 3	hoch anlassen (Martensit)	zweiphasiger Stahl oder hoher Ni-Gehalt	Inhibitorzusatz, hoher Mo-Gehalt bei Stahlgruppen 2 und 3	niedriger C-Gehalt oder Stabilisierung durch Nb oder Ti

derbereichen sind keine grundsätzlich neuen Beanspruchungen für Stahlwerkstoffe zu erwarten. Dafür steigen ständig die Anforderungen an den Stahl hinsichtlich einzelner Beanspruchungen, z. B. auf Bruchzähigkeit, Ermüdungsfestigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Verschleißverhalten. Die Weiterentwicklung der Stahlwerkstoffe wird sich deshalb auf die Optimierung bestimmter Stahleigenschaften konzentrieren. Schwerpunkte sind dabei wirtschaftliche Lösungen für die technologische Gestaltung angestrebter Eigenschaftsverbesserungen, wie

- automatisierte Technologien im metallurgischen Prozeß mit möglichst großen Chargeneinheiten, um gezielt eine Gleichmäßigkeit der geforderten Eigenschaften zu erhalten
- Senkung von Legierungsanteilen, vor allem an Nickel, Molybdän, Mangan, Wolfram und Vanadium, unter Beibehaltung der standardisierten Eigenschaften durch gezielte Beeinflussung der Struktur und veränderte chemische Zusammensetzung
- Einsparung von Prozeßstufen bei der Werkstoffherstellung und -verarbeitung durch Anwendung kontinuierlicher Verfahren des Schmelzens, Gießens und Verformens sowie gezielte Anwendung kombinierter mechanischer und thermischer Verfahren sowohl zur Formgebung als auch zur gleichzeitigen Erzeugung von Strukturen mit hohen Gebrauchseigenschaften
- verstärkte Anwendung von Sonderschmelzverfahren, wie Vakuum- und Plasmaschmelzverfahren, zur Gewinnung von hochreinen Stählen mit speziellen mechanischen Eigenschaften, z. B. mit hoher Ermüdungsfestigkeit.

Durch die Vertiefung der Kenntnisse in der Metallurgie über die Zusammenhänge zwischen

- Herstellungs- bzw. Verarbeitungsbedingungen und Struktur
- Struktur und Eigenschaften
- Eigenschaften und Beanspruchungskomplexen

wird es möglich sein, die Werkstoffe entsprechend den Bedürfnissen des landtechnischen Einsatzes besser als bisher auszunutzen [6].

Zur Sicherung einer sortiments- und qualitätsgerechten Versorgung der verarbeitenden Industrie mit schwarzmetallurgischen Erzeugnissen steht die Metallurgie der DDR in den nächsten Jahren verstärkt vor der Aufgabe, neben einer wesentlichen Steigerung der aus der Eigenproduktion bereitzustellenden Walzstahlmenge die Sortimentsstruktur und Qualität ihrer Erzeugnisse den steigenden Forderungen der Verbraucher anzupassen.

Dauerfestigkeit und Zähigkeit des Stahls werden als wichtigste Qualitäts-

merkmale in den Vordergrund gestellt. Das zu erreichen heißt, eine Verbesserung der Oberflächenbeschaffenheit und Reinheit des Stahls herbeizuführen. Um die materialökonomisch günstigste Lösung bei der Anwendung von Stahl zu erzielen, ist immer die Betrachtung folgender Gesichtspunkte erforderlich:

- ständiges Messen der Erzeugnisse hinsichtlich der materialökonomischen Kennziffern an Vergleichserzeugnissen des In- und Auslands
- Analyse der Beanspruchung unter Betriebsbedingungen zum Abbau überhöhter Sicherheitswerte
- konsequente Durchsetzung der Leichtbauprinzipien bei Auslastung der Eigenschaften der zum Einsatz kommenden Stahlwerkstoffe
- Anwendung materialsparender Fügungsverfahren zur Senkung der Materialverluste durch Verschnitt und Zerspanung
- Auswahl des Werkstoffs Stahl vom Standpunkt der Notwendigkeit, aber auch der Dringlichkeit
- verstärkte Nutzung des Informationssystems für Kenndaten des Werkstoffs Stahl.

Die Durchsetzung dieser Maßnahmen in der Stahlanwenderindustrie, die Verbesserung der Erzeugnisqualität und die Steigerung der Produktion materialsparender Erzeugnisse in der Metallurgie wirken somit direkt auf die Steigerung der Exportkraft der Volkswirtschaft ein und tragen u. a. auch zur Erhöhung des Gebrauchswerts von Land- und Nahrungsgütermaschinen bei.

Literatur

- [1] Fellcht, K.; Weber, B.: Härbarkeit und Verschleißfestigkeit hochchromlegierter Kohlenstoffstähle für Messer und Rasierklingen. Neue Hütte (1973) H. 2, S. 54.
- [2] Jähnliche, W.: Der Werkstoff Stahl — Eigenschaften, Anwendung und Überlegungen zur Weiterentwicklung. Stahl und Eisen 96 (1976) S. 1213—1216.
- [3] Klärner, H. F.: Aktuelle Fragen der Werkstoffentwicklung. Stahl und Eisen 96 (1976) S. 34—35.
- [4] Spetzler, E.; Wendorff, J.: Einblasen von Erdalkalien in Stahlschmelzen und Auswirkungen auf die Gebrauchseigenschaften von Stahl. Thyssen, Technische Berichte (1975) H. 1, S. 8.
- [5] Jarleburg, O. H.; Sawhill, J. M.; Steigerwald, R. F.: Die Eigenschaften von unterschiedlich stabilisierten ferritischen nichtrostenden Stählen mit rund 18 Prozent Chrom und 2 Prozent Molybdän sowie niedrigen Kohlenstoff- und Stickstoffgehalten, besonders ihre Schweißbeignung. Stahl und Eisen 97 (1977) S. 29.
- [6] Autorenkollektiv: Stahlfibel — Landtechnik. Leipzig: VEB Dt. Verlag für Grundstoffindustrie 1978, S. 13—14. A 2234

Folgende Fachzeitschriften des Maschinenbaus erscheinen im VEB Verlag Technik:

agrartechnik; Die Eisenbahntechnik; die Technik; Feingerätetechnik;
Fertigungstechnik und Betrieb; Hebezeuge und Fördermittel; Kraftfahrzeugtechnik;
Luft- und Kältetechnik; Maschinenbautechnik; Metallverarbeitung; Schmierungstechnik;
Schweißtechnik; Seewirtschaft