

Page Denied

Next 1 Page(s) In Document Denied

FRAGEN DER MATERIALWIRTSCHAFT

HEFT 5

Ober-Ing. G. Rullmann

**Edelstähle
ihre Wärmebehandlung
und Festigkeitswerte**

1956

VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN

Einleitung

Bereits vor Erscheinen des Edelstahlverzeichnisses wurde seitens der stahlverarbeitenden Betriebe oft der Wunsch geäußert, auch die Wärmebehandlungsvorschriften in dieses Verzeichnis mit aufzunehmen. Diesem Wunsch konnte damals leider nicht stattgegeben werden, da die notwendigen Unterlagen noch nicht vollständig vorgelegen haben. Durch die Herausgabe der vorliegenden Abhandlung soll nunmehr diese Forderung erfüllt werden. Damit eine leichte Ergänzung zu dem Ende November 1954 erschienenen Edelstahlverzeichnis möglich ist, wurde der Aufbau in der gleichen Anordnung vorgenommen wie in dem genannten Verzeichnis. Das Edelstahlverzeichnis enthält alle Angaben über die Zusammensetzung des Stahls, die Hauptverwendungszwecke, Schrotgruppen und den Vergleich zur bisherigen Werkstoff-Nummer. Im vorliegenden Buch werden die entsprechenden Wärmebehandlungsvorschriften und die zugehörigen Härte- bzw. mechanischen Werte erläutert und angeführt.

Die angegebenen Vorschriften für die Wärmebehandlung der Edelstähle und Angaben der mechanischen Werte wurden z. T. den Prospekten maßgebender Edelstahlwerke, den betreffenden Werkstoff-Blättern sowie dem Buch „Technische Baustähle“ von Prof. Dr.-Ing. Küntscher¹ entnommen. Es muß aber hier besonders betont werden, daß die Angaben stets nur für einen Stahl der angegebenen Marke, d. h. mit der dieser Marke entsprechenden Analyse gelten. Für Stähle, die nur dieser Marke ähneln, müssen unbedingt die genauen Vorschriften des betreffenden Stahlwerkes befolgt werden. Die für den Vertrieb von Edelstählen zuständige Niederlassung der Deutschen Handelszentrale Metallurgie, Poldhütte, Leipzig W 33, Jordanstr. 1, wird jedem Verbraucher gern im Rahmen der vorhandenen Möglichkeiten die betreffenden Werksprospekte zur Verfügung stellen.

Zu den einzelnen Stahlgruppen sind bei jedem Abschnitt Erläuterungen und Hinweise allgemeiner Art eingeflochten, in denen die Verbraucher auf die allgemein wichtigen Punkte bei der Behandlung der betreffenden Stähle hingewiesen werden. Für die wichtigsten Stähle sind außerdem Anlaßschaubilder bzw. Diagramme bei den Vergütungsstählen eingefügt.

Wird diese Ausarbeitung in Verbindung mit dem Edelstahlverzeichnis für die Verbraucher von Edelstahl zu einer übersichtlichen und erschöpfenden Arbeitshilfe, dann hat sie ihren Zweck erreicht.

¹ Küntscher, Technische Baustähle, Wilhelm Knapp Verlag, Halle 1953, 2. Auflage.

Verlag Die Wirtschaft, Berlin NO 18, Am Friedrichshagen 21
(Verlagsleitung) und Berlin W 8, Französische Straße 13-14 (Buchverkauf)
1956 veröffentlicht - Lizenz-Nr. 121 - Druckgenehmigung-Nr. 100/100/56
Alle Rechte vorbehalten
Einbandentwurf und Typografie: Wirtschaftsgrafik
Satz- und Druck: I/O/WI Märkische Volksdruckerei A. 7100

Allgemeine Hinweise

Es kann nicht im Rahmen dieses Buches liegen, alle vorkommenden Behandlungsvorschriften und umfangreiche Härtebeispiele zu bringen. Hierfür gibt es eine reichhaltige Fachbücherei, die diese Einzelheiten illustriert behandelt.

In den einleitenden Kapiteln zu den verschiedenen Stahlgruppen werden die wichtigsten Angaben gemacht, die man bei den Stählen der entsprechenden Stahlgruppe beachten muß. Die folgenden allgemeinen Hinweise betreffen die besonders häufig auftretenden Fehler. Diese Hinweise sollen helfen, solche Fehler zu vermeiden.

Beanstandungen oder Reklamationen entstehen hauptsächlich aus folgenden Gründen:

1. durch Fehler bei der Stahlerschmelzung und Weiterverarbeitung,
2. durch Fehler bei der Stahllieferung,
3. durch Fehler beim Verbraucher.

Die Fehler bei der Stahlerschmelzung und Weiterverarbeitung lassen sich in der Hauptsache in folgende häufige Mängel gliedern:

Abweichungen von der vorgeschriebenen Zusammensetzung,
starke Schlackeneinschlüsse,
Lunker oder Poren,
Risse, entweder im Kern oder an der Oberfläche,
schlechte Glühung.

Bei einer einwandfreien Stahlerzeugung und vor allem bei einer genügend ausgebauten Gütekontrolle kann der größte Teil der Fehler vermieden werden, zumindest werden die fehlerhaften Stücke schon durch die Kontrollorgane rechtzeitig ausgeschieden. Der Wert einer ausgedehnten Gütekontrolle ist daher für die Wirtschaft von entscheidender Bedeutung. Durch die sehr gut entwickelten Prüfgeräte, wie Ultraschall, Magnetfluxverfahren u. a., wird die Lieferung rissigen Materials an den Verbraucher zum größten Teil vermieden.

Die beim Stahllieferanten, d. h. vorwiegend im Bereich des Handelsorgans, auftretenden Fehler bestehen zu einem kleinen Teil in unsachgemäßer Lagerung oder Verpackung, die Beschädigungen des Materials verursachen können. Zum größten Teil jedoch bestehen diese Fehler in Stahlverwechslungen. Diese Verwechslungen kommen hauptsächlich dann vor, wenn die Lieferwerke Material anliefern, das nicht einwandfrei gekennzeichnet ist. Es ist daher unbedingt notwendig, besonders die Edelstähle in den Stahlwerken einwandfrei zu kennzeichnen.

Die dritte Ursache für Beanstandungen sind die beim Stahlverbraucher auftretenden Verarbeitungsfehler.

Es handelt sich also um eine Ursache, auf die durch die nachfolgenden Zeilen besonders hingewiesen werden soll, damit die immer wieder vorkommenden Beanstandungen vermieden werden können:

Aus den eingehenden Beanstandungen gehen im großen und ganzen folgende drei Ursachen hervor:

1. Fehler, die durch Ent- oder Aufkohlung entstanden sind,
2. Fehler aus einer falschen Wärmebehandlung,
3. Fehler, die durch Kerbwirkungen verursacht werden.

Um diese Fehler zu vermeiden, erscheint es notwendig, diese eingehend zu besprechen.

Entkohlung

Bei den Lieferanten von Edelstahl gehen immer und immer wieder Beanstandungen ein, in denen behauptet wird, daß der gelieferte Stahl nicht „hart“ wird. Bei genauer Prüfung ergibt sich dann, daß man gar keine oder nur eine ungenügende Bearbeitung vorgenommen hat. Jeder geglühte Stahl hat aber eine gewisse Glühhaut, die unbedingt entfernt werden muß. Durch den Glühprozeß wird die Außenschicht entkohlt, sie enthält also in den äußersten Zonen gar keinen Kohlenstoff mehr und weist erst in einer bestimmten Tiefe wieder den ursprünglichen Kohlenstoffgehalt aus. Wird die Schicht abgearbeitet, bekommt man einen einwandfreien harten Stahl, sofern die Härtung nach Vorschrift erfolgte. Die Verwendung des Stahls ohne vorherige Bearbeitung hat vor allem noch andere Nachteile. Einmal wird versucht, durch Härten bei höheren Temperaturen den Stahl hart zu bekommen, er wird also überhitzt, ohne daß man eine harte Oberfläche dadurch erreicht. Andererseits reißen Werkzeuge, die eine entkohlte Schicht haben, sehr oft von dieser Schicht aus ein, und in kurzer Zeit bricht das Werkzeug von diesem Anriß aus vollständig. Aus diesem Grunde muß bei allen beanspruchten Werkzeugen nicht nur die Arbeitsfläche, sondern das ganze Werkzeug bearbeitet werden.

Dieses Anreißen läßt sich sehr einfach aus dem Unterschied im Gefüge erklären. Die Festigkeit eines Stahls ändert sich bekanntlich mit dem Kohlenstoffgehalt, je höher dieser Gehalt, desto höher ist die Festigkeit des Stahls. An der entkohlten Oberfläche liegt praktisch ein Stahl mit $C = 0\%$ vor, also ein ganz weicher Stahl. Da bei jeder Härtung Spannungen auftreten, wird der Stahl an der Oberfläche durch diese Spannungen über seine Streckgrenze beansprucht und muß bei starker Überlastung reißen. Dieser Anriß bildet dann eine Kerbe, von der der endgültige Bruch ausgeht.

Die notwendigen Bearbeitungszugaben nach DIN 7527 sind aus der Tabelle 1 zu ersehen. Sie gelten für Werkzeugstähle. Von den Stahlwerken werden ähnliche Bearbeitungsvorschriften gegeben (siehe Tabelle 2); diese gelten für alle Stähle. Es empfiehlt sich, auf jeden Fall diese Bearbeitungszugaben einzuhalten, um Ausschuß an hochwertigen Werkzeugen zu vermeiden. Für die Lieferung geschmiedeten Stahls von den Werken der Deutschen Demokratischen Republik ist eine TGL in Ausarbeitung, die höhere Zugaben vorsieht.

TABELLE 1

Bearbeitungszugaben für geschmiedeten Stabstahl
sowie die zulässigen Abweichungen (Werkzeugstähle)
nach DIN 7527, Tafel I, Blatt 6

Fertigmaß mm	Stablänge bis 3500 mm				Stablänge über 3500—6000 mm			
	Querschnitt		Länge		Querschnitt		Länge	
	Zu- gabe mm	zul. Abw. mm	Zu- gabe mm	zul. Abw. mm	Zu- gabe mm	zul. Abw. mm	Zu- gabe mm	zul. Abw. mm
über 6	2	+ 0,6 - 0,4	8	+ 9 - 7	—	—	—	—
16 26*	2,5	+ 0,8 - 0,5	9	+ 10 - 7	—	—	—	—
25 40	3,0	+ 0,9 - 0,6	9	+ 10 - 8	—	—	—	—
40 63	4,0	- 1,0 + 0,7	10	+ 11 - 8	6	+ 1,5 - 1,2	14	+ 11 - 9
63 80	5,0	+ 1,2 - 0,9	11	+ 12 - 9	7	+ 1,7 - 1,4	15	+ 12 - 10
80 100	6,0	+ 1,4 - 1,1	12	+ 13 - 9	8	+ 2,0 - 1,5	16	+ 13 - 10
100 125	7,0	+ 1,8 - 1,5	14	+ 14 - 11	10	+ 2,3 - 1,7	17	+ 14 - 10
125 160	9,0	+ 2,3 - 1,8	15	+ 14 - 11	12	+ 2,5 - 2,5	19	+ 15 - 12
160 200	11,0	+ 2,5 - 2,5	17	+ 14 - 14	14	+ 3,0 - 3,0	21	+ 16 - 14
200 250	13,0	+ 3,0 - 3,0	20	+ 16 - 16	17	+ 3,5 - 3,5	23	+ 17 - 17
250 315	16,0	+ 3,5 - 3,5	23	+ 18 - 18	21	+ 4,5 - 4,5	26	+ 19 - 19
315 400	20,0	+ 4,5 - 4,5	27	+ 21 - 21	26	+ 5,5 - 5,5	30	+ 22 - 22
400 500	25,0	+ 5,5 - 5,5	32	+ 24 - 24	32	+ 6,5 - 6,5	35	+ 26 - 26

* Von 6 bis 25 mm gelten die Werte nur für Stangenlängen bis 2000 mm.

¹ Nach Dr. Haufe, Werkzeugstähle und ihre Wärmebehandlung, C. F. Wintersche Verlagshandlung, Pilsen (Böhmen) 1934.

TABELLE 2

Bearbeitungszugaben für geschmiedeten und gewalzten Stahl
ll. Angaben verschiedener Stahlwerke

Rundstahl			Quadratstahl			Flachstahl			
von mm	bis mm	Zugabe mm	von mm	bis mm	Zugabe mm	Breite in mm		Zugabe in mm zur Breite Stärke	
5	10	2	5	10	2	5	15	2	2
11	30	3	11	30	3	16	35	3	2-3
31	60	4	31	60	4	36	100	4	2-4
61	120	5	61	110	5	102	200	5	3-5
121	150	6	111	135	6	205	300	6-8	4-6
151	200	8	136	180	8	305	400	8-10	5-8
205	300	10	185	250	10				
305	400	15	255	320	15				
405	550	20	325	490	20				

Zur Vermeidung der Entkohlung von Gesenken muß die Gravur durch geeignete Maßnahmen geschützt werden, ebenso Werkzeuge, die nicht im Salzbad gehärtet werden können. Als Schutzmittel werden ausgebrannter Koks (zur Entfernung des Schwefels muß der Koks über 1200° unter reichlicher Luftzufuhr ausgebrannt werden), Graugußspäne oder Holzkohle genommen. Am besten eignen sich dafür die beiden ersten genannten Mittel. Bei der Holzkohle kann statt einer Aufkohlung auch eine Entkohlung des Stahls auftreten. Laut Dr. Haufe¹ beträgt die Tiefe der Entkohlung bei verschiedenen Holzkohleschutzpackungen:

Behandlung	eingepackt in	Tiefe der Entkohlung mm
690°/h Ofenabkühlung	Holzkohle	0,025
	Holzkohle + Kochsalz	0,100
	Holzkohle + Soda	keine
	Holzkohle + Bariumkarbonat	0,050
776°/4 h Ofenabkühlung	Holzkohle	0,312
	Holzkohle + Kochsalz	0,250
	Holzkohle + Soda	keine
	Holzkohle + Bariumkarbonat	0,225
912°/2 h Ofenabkühlung	Holzkohle	0,125
	Holzkohle + Kochsalz	keine
	Holzkohle + Soda	keine
	Holzkohle + Bariumkarbonat	keine

¹ Ebenda.

Einen sehr guten Schutz gegen die Entkohlung bildet besonders bei feinzahnigen Werkzeugen, aber auch bei den Gesenkgravuren, ein angefeuchteter Zeitung- oder Packpapierbogen.

Aufkohlung

Eine Aufkohlung kann dann entstehen, wenn die notwendige Temperatur hoch genug ist und kohlenstoffabgebende Mittel vorhanden sind. Diese können sich entweder in einer Schutzpackung befinden, oder aber sie sind in den Heizgasen durch Kohlenoxydüberschuß vorhanden. Aufkohlungen in geringem Maße können erwünscht sein, sie sind dann auch nicht schädlich. Treten sie jedoch bei Werkzeugstählen in stärkerem Maße auf, bewirken sie oft ein Ausbröckeln an den Kanten. Besonders gefährlich sind diese Aufkohlungen, wenn der Kohlenstoff chemisch gebunden in Netzform auftritt, d. h., wenn er in Form eines sogenannten Zementitnetzes vorliegt. Dieses Zementitnetz ist, wie auch bei den Einsatzstählen, sehr spröde und bewirkt ein Ausbröckeln des Stahls.

Fehler durch falsche Wärmebehandlung

Die Ursachen solcher Fehler sind sehr reichhaltig und umfassen viele Punkte. Es beginnt bei der Glühung des Stahls. Wird ein Stahl beim Verbraucher durch Glühen nachbehandelt, so kann er „verglüht“ werden, d. h., der Stahl wird so weich, daß er dann bei der Bearbeitung schmiert. Dieser Fehler wird durch das Normalisieren wieder beseitigt. Das Weichglühen der hochlegierten Stähle erfordert besondere Sorgfalt. Man muß darauf achten, daß diese Stähle besonders langsam erwärmt und auch genügend lange auf entsprechender Temperatur gehalten werden. Das Abkühlen muß im Ofen und ganz langsam erfolgen, da sonst der Stahl noch eine solche Härte aufweist, daß er nicht bearbeitet werden kann.

Das größte Augenmerk muß aber bei der Härtung auf die richtige Wärmebehandlung gelegt werden. Hochlegierte Stähle wandeln sehr langsam um, aus diesem Grunde müssen diese vor allem langsam angewärmt werden. Eine zu rasche Erwärmung würde einerseits zu starken Spannungen führen und andererseits nur eine unvollkommene Umwandlung verursachen, die ihrerseits eine ungleichmäßige Härteannahme bewirkt. Die Anwärmezeit muß daher der jeweiligen Stahlgüte und Abmessung angepaßt werden. Nach Dr. Haufe¹ wird z. B. für Gesenkblöcke folgende Anwärmezeit angegeben:

¹ Ebenda.

Abmessung vkt. mm	Erwärmungszeit in Std.	
	unlegierte Stähle	legierte Stähle
100	2	2½
150	3	3½
200	4	5
250	5	6½
300	6	7½
350	7	9
400	8	10½
450	9	11½
500	10	13

Besonders empfindlich sind Stähle mit einem hohen Chrom- und Wolframgehalt. Diese Stähle müssen stets langsam auf Temperatur gebracht und vor allem auch genügend lang durchgewärmt werden, damit die Umwandlung vollständig erfolgen kann. Man bezeichnet die Zeit, in der die Werkzeuge oder Teile auf Temperatur gehalten werden, als die sogenannte „Haltezeit“. Diese Haltezeit muß entsprechend der Stahlmarke, den Abmessungen des zu härtenden Teiles und der stattgefundenen Vorwärmung gewählt werden. Ein zu kurzes Halten auf der Härtetemperatur ist genau so schädlich wie ein zu langes Halten. Ein zu langes Halten nennt man „Überzeiten“. Bei den Schnellstählen zeigen vor allem die niedriger legierten Stähle, insbesondere der Schnellstahl ABC III, zum Überzeiten. Ein überzeiteter Schnellstahl ergibt Grobkorrisse und macht das Werkzeug unbrauchbar.

Die gleichmäßige Erwärmung zum Härten ist eigentlich eine Selbstverständlichkeit, sie muß jedoch besonders bei Teilen mit stark unterschiedlichen Abmessungen beachtet werden. Die Temperatur in den Härteöfen ist durchaus nicht immer an allen Stellen gleich, deshalb müssen die Teile öfters gewendet werden, um eine möglichst gleichmäßige Erwärmung zu erreichen. Bei starken Querschnittsunterschieden müssen besondere Vorkehrungen getroffen werden, damit die schwachen Stellen nicht in der Erwärmung vorrücken und vielleicht sogar überhitzt werden.

Ein immer wieder vorkommender Fehler beruht darin, daß Werkzeuge, die aus irgendeinem Grunde nicht hart geworden sind, obwohl sie bei der richtigen Temperatur gehärtet wurden, nochmals bei höherer Temperatur gehärtet werden. Dadurch wird niemals eine höhere Härte erzielt, im Gegenteil, bei Überhitzung wird der Stahl meist weicher. Es ist viel richtiger, zu prüfen, ob nicht ein bereits genannter Fehler vor-

liegt, der die ungenügende Härte verursacht hat, wie z. B. eine Entkohlung oder ungenügendes Durchwärmen.

Bei der Abschreckung muß die Form des zu härtenden Teiles berücksichtigt werden, damit Brüche oder starker Verzug vermieden werden. Die Abkühlung muß natürlich in den für den betreffenden Stahl vorgeschriebenen Kühlflüssigkeiten oder Kühlmitteln erfolgen, wobei die Form und Stärke des Stückes ebenfalls eine Rolle spielen. Bei komplizierten Werkzeugen mit scharfen Übergängen ist eine Warmbadhärtung zu empfehlen. Die Temperaturen des Warmbades sind von der Stahlmarke abhängig; dieselben werden von Dr. Haufe¹ wie folgt angegeben:

Stahlart	SES-Bez.	Warmbadtemperatur	Bemerkung
Schnellarbeitsstähle	—	450—550	—
Warmarbeitsstähle	30 WCrV 34-11 30 WCrV 17-9	450—500 450	bis etwa 90 Ø
12%iger Chromstahl	210 Cr 46	450	
Döpperstahl	55 WCrV 7	200—250	bis etwa 45 Ø
Werkzeugstahl	90 CrSi 5	200—250	bis 40 mm vkt. etwa 63—64 Ro.
Matrizenstahl unleg. W.-Stahl	C 100 W 1	200—220	nur schwache Abmessungen

Das Anlassen soll unmittelbar nach der Härtung erfolgen, damit die entstandenen Spannungen schnellstens vermindert werden. Meist werden die Teile noch handwarm aus dem Bad entnommen und sofort angelassen. Auch hier ist ein langsames Anwärmen notwendig, um nicht zusätzliche Spannungen zu verursachen. Das Anlassen muß durchgreifend, d. h. so langsam erfolgen, daß das Werkzeug nicht nur äußerlich angelassen, sondern auch der Kern auf die notwendige Anlaßtemperatur erwärmt wird. Dies ist besonders bei den Werkzeugen zu beachten, die auf Farbe angelassen werden. Gesah das Anlassen zu schnell, so hat man wohl außen die notwendige Anlaßfarbe erreicht, aber damit an den äußeren Stellen die Temperatur nicht zu hoch wird, muß der Stahl abgekühlt werden, der Kern jedoch hat praktisch noch gar keine Anlaßwirkung bekommen und ist demzufolge noch zu hart.

¹ Ebenda.

Fehler durch Kerbwirkungen

Das Vermeiden von scharfen Kerben muß die dringendste Aufgabe sowohl der Konstrukteure als auch der Werkzeugbauer sein. Wieviel ordnungsgemäß gehärtete Werkzeuge gehen nur durch eine geringfügige Kerbe zu Bruch! Bei den vorkommenden Beanstandungen nehmen diese Fehler einen sehr breiten Raum ein. Es ist daher unbedingt notwendig, daß man die fertiggestellten Teile vor dem Härten auf derartige scharfe Kerben prüft. Diese Kerben entstehen entweder durch eine unsachgemäß ausgearbeitete Hohlkehle, durch Riefen beim Bearbeiten, in Gesenken treten sie in der Gravur als eine zu scharfe Kante auf, oder sie entstehen dadurch, weil der Schwabenschwanz im Übergang nicht genügend ausgerundet wurde. Es gibt unzählige Arten von Kerben, es sei hier nur auf die immer noch häufig vorkommenden Stempelungen mit Zahlen oder Buchstaben verwiesen, die besonders bei durch Schwingungen beanspruchte Teile unbedingt zum Bruch führen. Bei Preßluftmeißeln tritt diese Art des Bruches immer wieder auf. Hier rühren die Brüche meist von geringen Beschädigungen der Oberfläche her, wenn die Meißel im gapzen nicht vergütet wurden. Die Vergütung auf eine Festigkeit von etwa 120 bis 180 kg/mm² ergibt stets eine bedeutend höhere Lebensdauer des Stahlerzeugnisses.¹ Brüche, die durch eine Kerbe verursacht werden, geschehen fast nie plötzlich. Der Bruch setzt sich in Form des sogenannten „Dauerbruches“ fort, d. h., der Bruch beginnt in der Kerbe, pflanzt sich dann von dort aus langsamer oder schneller nach der Mitte des Querschnittes fort. Die einzelnen Phasen lassen sich genau verfolgen. Ist dann der tragende Querschnitt so gering geworden, daß er die Beanspruchung nicht mehr aushält, so erfolgt der Gewaltbruch.

Es ist bereits erwähnt worden, daß auch die Drehriefen sehr gefährliche Kerben darstellen, die bei starker Beanspruchung der Werkstücke auf Schwingung oder Schlag unbedingt zum Ausbrechen oder zum Bruch führen. Die gefährdeten Stellen, z. B. Hohlkehlen, müssen daher poliert werden, damit dort keine Riefen mehr vorhanden sind.

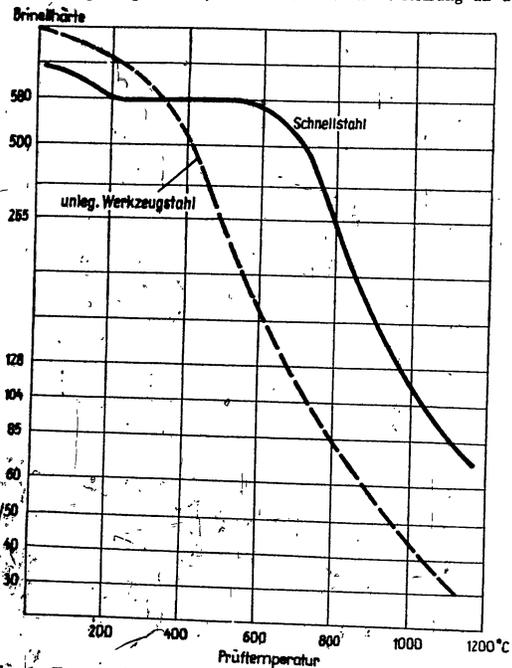
Je schärfer die Kerben, desto größer ist die Bruchgefahr. Eine Kerbwirkung entsteht auch dann, wenn starke örtliche Pressungen auftreten, an Scheuerstellen, wie z. B. in der Einspannung von Preßluftwerkzeugen. Wie schon in dem Abschnitt Entkohlung erwähnt wurde, übt eine entkohlte Schicht einen starken Einfluß auf die Wechselfestigkeit eines Materials aus. Nach Dr. Haufe wird durch die Walz- oder Glühhaut die Wechselfestigkeit gegenüber einer geschruppten Oberfläche um 70% herabgesetzt, bei der selbst die Verminderung nur 20% beträgt; beide

¹ a. Seite 46 Behandlungsbeispiel.

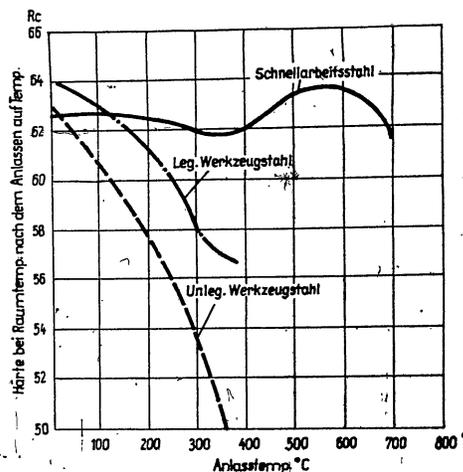
Werte beziehen sich auf eine Zugfestigkeit des Materials von 150 kg/mm². Da die Kerbempfindlichkeit mit der Festigkeit des Werkzeuges zunimmt, ist es verständlich, daß man besonders bei den Werkzeugstählen auf Kerben achten muß, da diese fast stets sehr hohe Festigkeiten besitzen. Bei Werkzeugen mit unvermeidbaren Kerben sollen möglichst Oberflächenhärter genommen werden, da diese weniger kerbempfindlich als die Durchhärter sind. Ist man aus besonderen Gründen gezwungen, einen Durchhärterstahl zu verwenden, dann muß die Festigkeit entsprechend herabgesetzt werden. Eine Verminderung der in diesem Abschnitt genannten Fehler führt zu einer verlustfreieren Produktion und Einsparung beachtlicher Mittel.

Schnellarbeitsstähle

Die Schnellarbeitsstähle, auch Schneldrehstähle oder Naturstähle genannt, unterliegen im Betrieb zwei verschiedenen Beanspruchungen. Eine Gruppe der Schneldrehstähle, die mit starken Spannerschnitten bei der Zerspaltung arbeitet, wird durch die starke Reibung an der



Skizze 1: Vergleich der Warmhärte und Schnellstahl von unleg. Werkzeugstahl



Skizze 2: Anlaßbeständigkeit von Schnellarbeitsstahl und leg. und unleg. Werkzeugstahl

Schneide in der Hauptsache auf Warmhärte beansprucht. Die starke Erwärmung kann sich bis zur Rotglut steigern, weshalb man auch von der „Rotgluthärte“ oder „Warmhärte“ der Schnellarbeitsstähle spricht. Die andere Gruppe arbeitet nicht mit hoher Erwärmung; diese Schnellarbeitsstahlwerkzeuge werden auf Verschleiß beansprucht. Es handelt sich dabei in der Hauptsache um feinzahnigere Werkzeuge, die möglichst lange ihre genaue Schneidenform oder das Profil behalten müssen. Besonders bei der Bearbeitung harter Werkstoffe müßte bei Werkzeugstählen rasch ein starker Verschleiß eintreten, der die genaue Form des Werkzeuges verändern würde.

Die stattfindende Beanspruchung ist maßgebend für die Wahl des Schnellarbeitsstahls, da die verschiedenen Legierungen mit dem Verwendungszweck abgestimmt sind. In den nachstehenden Darlegungen werden die beiden genannten Beanspruchungen näher behandelt.

Stähle für Schrupparbeiten

Schruppstähle oder Stähle bzw. Fräser, die mit großem Spanquerschnitt arbeiten, werden an der Schneide auf Warmhärte beansprucht. Der Unterschied zwischen einem unlegierten Werkzeugstahl und einem Schnellarbeitsstahl in der Warmhärte geht aus der Skizze 1 hervor. Man sieht, daß der Schnellarbeitsstahl bis 300° wohl gering an Härte einbüßt, dann aber diese Härte bis etwa 600° behält; sie beträgt etwa 205 kg/qmm Brinell. Ein unlegierter Werkzeugstahl hingegen verliert seine Härte, die ursprünglich etwa 260 kg/qmm betragen hat, bei 600° fast vollständig, sie beträgt bei einer Erwärmung auf 500° nur noch 100 kg/qmm Brinell.

Die Warmhärte der Grundmasse wird durch den Gehalt an Legierungselementen wie Chrom, Wolfram, Molybdän und vor allem auch Kobalt bestimmt.

Aus diesem Grunde werden besonders hoch beanspruchte Schruppstähle auch mit Kobalt legiert, da dadurch die Anlaßbeständigkeit erhöht wird.¹

Stähle für Schleifarbeiten

Stähle, die in der Hauptsache auf Verschleiß beansprucht werden, müssen vor allem außer einer hohen Härte der Grundmasse auch sehr viele, möglichst gleichmäßig verteilte und sehr harte Karbide haben. Diese Karbide bestehen aus Kohlenstoff und einem Legierungselement, z. B. Chrom, Wolfram oder besonders Vanadin. Das Vanadinkarbid ist das härteste Karbid, es weist eine 2,5mal größere Härte als das Eisenkarbid auf und ist etwa 1,3mal härter als das Wolframkarbid.

Aus dem oben Gesagten ergibt sich, daß durch eine richtige Auswahl der einzelnen Legierungselemente man für die vorkommenden Beanspruchungen ohne weiteres einen geeigneten Schnellarbeitsstahl einsetzen kann. Es ist natürlich nicht nur damit getan, die Legierungselemente willkürlich einem Stahl zuzusetzen. Die Legierungselemente müssen vor allem auch in einem richtigen Verhältnis zueinander stehen: So ist z. B. bei den Vanadinstählen die richtige Abstimmung mit dem Kohlenstoffgehalt von größter Bedeutung.

Die Entwicklung der Schnellarbeitsstähle führte von dem früher normalen 18%igen Wolframstahl vorübergehend zu den hochlegierten

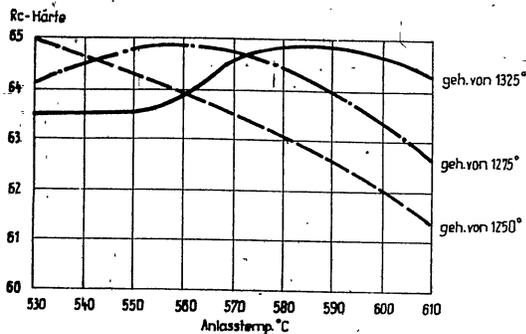
¹ Unter Anlaßbeständigkeit versteht man die Eigenschaft des Schnellstahls, nach Erwärmung auf Temperaturen über 150° und anschließender Abkühlung möglichst wenig an Härte einzubüßen (s. Skizze 2).

Wolframstählen mit Wolframgehalten bis zu 28%. Diese hohen Wolframgehalte sind jedoch keineswegs vorteilhaft, im Gegenteil, sie erschweren nur die Wärmebehandlung. Notgedrungen entwickelte man dann die jetzt allgemein üblichen 10%igen Wolframstähle. Es hat sich gezeigt, daß diese Stähle die gleiche Leistung wie die 18%igen Wolframstähle aufweisen; der Vanadinhalt wurde gering erhöht. Dieser Stahl wird als Klasse ABC II bezeichnet und ist bei uns zur Zeit der meist verwendete Stahl. Er trägt die SES-Bezeichnung 75 WC-V 36-15 bzw. 90 WV 38-23.

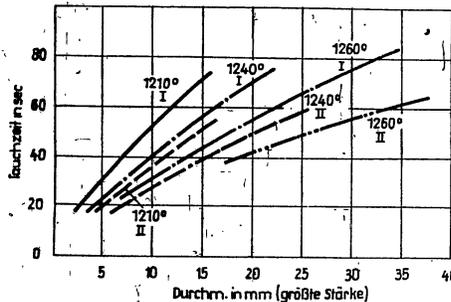
Im Kriege wurde ein Sparstahl, der sogenannte „Dreierstahl“ ABC III geschaffen, der einen niedrigen Wolframgehalt hat. Dieser Stahl erbringt bei richtiger Wärmebehandlung sehr gute Leistungen. Ist im Betrieb eine gute Härterei-Einrichtung vorhanden, so läßt sich dieser Stahl bestens verwenden. Die Schwierigkeit beim Einsatz liegt in der richtigen Haltezeit auf Härtetemperatur, da dieser Stahl leicht zur Überzeitung neigt. Seine SES-Bezeichnung: 95 WMo 10-26 (bisher 110 WMo 10-26). Neuerdings hat sich sehr gut ein Stahl eingeführt und bewährt, der einen verhältnismäßig niedrigen Wolframgehalt aufweist, aber durch seine Legierung mit Molybdän, Vanadin und besonders mit Kobalt ausgezeichnete Leistungen ergibt, die nahe an die Klasse D heranreichen. Dieser Stahl führt die Bezeichnung Klasse ABC II/E, Werkstoff Nr. 3238 bzw. 3239, eine SES-Bezeichnung für ihn gibt es noch nicht. In Westdeutschland konzentrieren sich die Werkzeugfabriken auf die beiden Güten ABC III und DMO 5. Für Werkzeuge mit normaler Leistung setzt man den ABC III Stahl ein, während als Hochleistungsstahl die Klasse DMO 5 genommen wird. Für besonders hohe Anforderungen werden für Automatenstähle die Güte EV 4 Co, für starke Schruppbeanspruchung der Stahl Eco 3 bzw. E 18 Co 5 genommen.

Das wichtigste Merkmal bei der Behandlung der Schnellarbeitsstähle ist ihre Wärmebehandlung. Man kann nur dann eine hohe Leistung erzielen, wenn die Wärmebehandlung sorgfältigst durchgeführt wird. Der Stahl muß vor allem auch richtig gehärtet werden. Richtig härten heißt, daß der Stahl ausgehärtet, also möglichst bei der höchsten vorgeschriebenen Härtetemperatur gehärtet wird. (Siehe Skizze 3.)

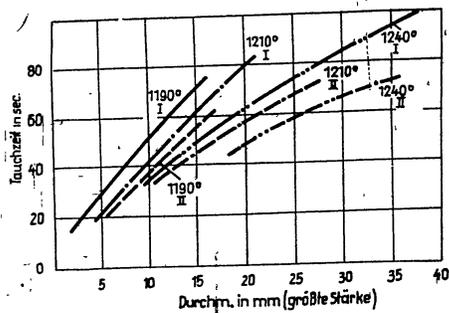
Nicht immer ist dies möglich, da die Werkzeuge mitunter durch feine Zähne oder Profile nicht die hohen Härtetemperaturen ohne eine Beschädigung dieser Profile vertragen würden. In den Behandlungsvorschriften sind deshalb zwei Temperaturen angegeben, einmal für Drehstähle und einmal für feinzahnige Werkzeuge. Die Drehstähle und andere grobzahnige Werkzeuge, die nachgeschliffen werden können, werden bei höheren Temperaturen als ein feinzahniger Fräser, der nicht nachgeschliffen werden kann, gehärtet.



Skizze 3: Abhängigkeit der Rockwellhärte von der Härte- und Anlaßtemperatur. Stahl E 18 Co 5

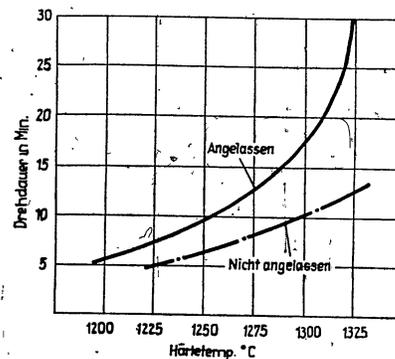


Skizze 4: Tauchzeiten für Schnellstahl Klasse ABC II nach Vorwärmung auf 850° (I) und 1000° (II) sowie verschiedene Härtetemperaturen.
 1210° für feinschneidige Werkzeuge
 1240° für starkzahnige Fräser
 1260° für Schruppdrehstähle



Skizze 5: Tauchzeiten für Schnellstahl Klasse ABC III nach Vorwärmung auf 850° (I) und 1000° (II) sowie verschiedene Härte Temperaturen
 1190° für feinschneidige Werkzeuge
 1210° für starkzahnige Fräser
 1260° für Schruppdrehstäbche

Die hohe Härte Temperatur ist notwendig, um die in der Grundmasse schwer löslichen Sonderkarbide aufzulösen, da erst dadurch die hohe Härte der Grundmasse, die Warmhärte und Anlaßbeständigkeit erreicht wird. Wie aus der Darstellung Skizze 3 zu ersehen ist, steigt die Härte mit richtiger Härte Temperatur wesentlich. Andererseits ist es wichtig, daß die Werkzeuge nicht zu lange auf Temperatur gehalten, d. h., daß sie nicht überzeitet werden. Ein zu langes Halten auf Härte Temperatur bewirkt besonders bei den niedriger legierten Stählen eine starke Kornvergrößerung und es bilden sich bei diesen Werkzeugen Grobkornhärterisse. In der Skizze 4 und 5 sind für die Stähle ABC II und ABC III die Tauchzeiten für verschiedene Durchmesser und die größten Materialstärken angegeben, wobei einmal mit einer Vorwärmung auf 850° und einmal auf 1000° gearbeitet wurde. Bekanntlich wandeln die hochlegierten Stähle sehr schwer um, sie müssen daher langsam durchgewärmt werden. Damit die Haltezeit auf der eigentlichen Härte Temperatur nicht zu lang wird, müssen Werkzeuge aus einem Schnellarbeitsstahl nach Möglichkeit in einem Zweikammerofen vorgewärmt werden, wobei die erste Vorwärmung auf 750 bis 800° und die zweite auf etwa 1000° erfolgen soll. Ebenso wichtig wie das richtige Härten ist auch das vorschriftsmäßige Anlassen. Die Wirkung eines richtigen Anlassens ist



Skizze 6: Steigerung der Schnittfähigkeit eines Schnellarbeitsstahls der Klasse 18 B durch Anlassen auf 590° in Abhängigkeit von der Härte Temperatur. Bearbeiteter Werkstoff hat 125 kg/qmm Festigkeit, Schnittgeschwindigkeit — 9 m/min. Span: 4 × 1,5 mm

aus der Skizze 6 zu ersehen. Das Anlassen bewirkt eine erhebliche Leistungssteigerung der Stähle und ist möglichst zweimal durchzuführen. Beim zweiten Anlassen soll die Temperatur 10° unter der ersten Anlaßtemperatur liegen.

Werkzeuge, die wegen ihrer Feinschneidigkeit oder wegen anderer Umstände nicht bei den angegebenen Temperaturen gehärtet werden können, sondern bei tieferen Temperaturen gehärtet werden müssen, dürfen nicht so hoch angelesen werden. Zur Beseitigung der Spannungen muß man diese Teile bei Temperaturen von etwa 150 bis 200° 2 Stunden entspannen. Beides, sowohl das Anlassen als auch das Entspannen, muß unmittelbar nach dem Härten erfolgen, da sonst leicht Brüche durch die entstandenen Härtespannungen entstehen können.

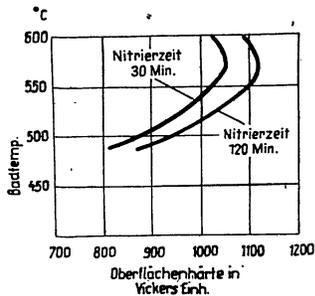
Bei Werkzeugen, die sehr feinschneidig sind oder hinterdreht werden, ist eine zu große Weichheit ungünstig, da dann der Stahl „schmiert“. Man darf in diesen Fällen den Stahl nicht „weichgeglüht“ verwenden, sondern man muß ihn vor der Bearbeitung auf Härten von etwa 300 bis 350 H_B vergüten, da die sonst übliche Härte von 250 H_B zu gering ist.

Wärmebehandlungsvorschriften
Schnellarbeitsstähle

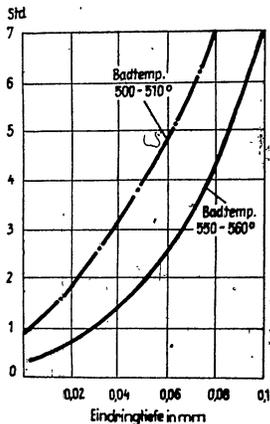
StBz. (Klasse)	Wärmeformgebung °C	Weichglühen °C	Festigkeitsgefüht kg/mm²	Härten		Anlassen °C	Härte angel. Rc
				°C	in		
80 WCo 74-100 E 18 Co 10	1160-900	820-850	85-110 240-300 HB	a) 1290-1310 b) 1290-1290	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	560-580 2mal	63-66
75 WCo 74-90 E 18 Co 5	1150-900	820-850	85-110 240-300 HB	a) 1290-1310 b) 1290-1290	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	560-580 2mal	63-66
90 WCo 48-30 ECo 3	1100-900	800-850	85-110 240-300 HB	a) 1240-1270 b) 1220-1250	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	550-570 2mal	63-66
135 WCo 48-18 EV 4 Co	1100-900	800-840	85-110 240-300 HB	a) 1240-1270 b) 1220-1250	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	560-580 2mal	63-66
85 WCo 26-50 DKo 5	1100-900	790-820	85-110 240-300 HB	a) 1220-1250 b) 1200-1230	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	540-560 2mal	63-66
130 WY 42-38 EV 4	1100-900	790-810	85-110 240-300 HB	a) 1240-1270 b) 1220-1250	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	560-580 2mal	63-66
90 WY 48-25 D	1100-900	790-810	85-110 240-300 HB	a) 1250-1290 b) 1230-1260	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	550-570 2mal	63-66

StBz. (Klasse)	Wärmeformgebung °C	Weichglühen °C	Festigkeitsgefüht kg/mm²	Härten		Anlassen °C	Härte angel. Rc
				°C	in		
ABC IIE	1050-900	760-800	85-110 240-300 HB	a) 1240-1270 b) 1220-1250	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	540-560 2-4mal	63-66
90 WY 38-23 ABC II	1100-900	790-820	85-110 240-300 HB	a) 1230-1260 b) 1210-1240	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	540-560 2mal	63-66
75 WCY 36-15 ABC II	1100-900	790-820	85-110 240-300 HB	a) 1230-1260 b) 1210-1240	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	540-560 2mal	63-66
75 WY 72-12 B 18	1150-900	850-850	85-110 240-300 HB	a) 1270-1300 b) 1250-1280	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	550-570 2mal	63-66
72 WY 72-7 B 18	1100-900	850-850	85-110 240-300 HB	a) 1270-1300 b) 1250-1280	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	550-570 2mal	63-66
95 WMo 10-28 ABC III	1100-900	760-790	85-110 240-300 HB	a) 1200-1230 b) 1180-1210	Öl, Gebilase Warmbad 500-550°	530-550 2mal	63-65

* Festigkeit soll nicht unter 85 kg/mm² liegen, bei Dreh-Hohlebohrern und hinterdrehten Werkzeugen etwa 110 kg/mm² = 300 HB
 a) Für Drehschleife und einfache Werkzeuge.
 b) Für schwergewichtete, stückweilige und feinschleifende Schweißwerkzeuge.



Skizze 7: Mittlere Oberflächenhärte der Nitrierschicht der Schnellarbeitsstähle bei versch. Badtemperaturen und Behandlungszeiten



Skizze 8: Mittlere Nitriertiefe der Schnellarbeitsstähle bei versch. Badtemperaturen und Behandlungszeiten

Dieses Vergüten wird wie folgt durchgeführt:

Für eine Festigkeit von 120 kg/mm² (350 H_B) wird der Stahl mit einer Temperatur von etwa 1000° in Öl abgelöscht und danach 2 Stunden bei 700 bis 720° angelassen. Will man nur eine Festigkeit von 100 kg/mm² (300 H_B) erreichen, so wird der Stahl mit einer Temperatur von 800 bis 830° in Öl abgelöscht, aber nicht angelassen. Die Festigkeit ist von der Zusammensetzung der Stähle abhängig, so daß es sich empfiehlt, die genaue Wärmebehandlung von Fall zu Fall festzulegen.¹

Bei einer richtigen Durchführung der Wärmebehandlung werden die Schnellarbeitsstähle die erwarteten Leistungen ergeben. Eine unsachgemäße Behandlung führt jedoch stets zu einer Leistungsminderung.

Bei bestimmten Werkzeugen, z. B. hinterdrehten Werkzeugen aller Art, Spiralbohrern, Reibahlen und ähnlichen Schneidwerkzeugen, die

¹ Nach Dr. Haufe, Die Schnellstähle und ihre Wärmebehandlung, Carl Hansen Verlag, München 1931.

kalt schneiden und auf Verschleiß beansprucht sind, kann eine weitere Verbesserung der Standzeit durch das Badnitrieren erzielt werden. Dieses Verfahren besteht in einem Aufstücken der Oberfläche gehärteter, angeflansener und geschliffener Schnellstahlwerkzeuge. Die Badnitrierung erfolgt in einem aus Natrium- und Kaliumcyanid bestehenden Salzbad, nach Vorwärmen bei Temperaturen, die etwa 20 bis 30° unter den Anlaßtemperaturen liegen. Die Skizzen 7 und 8 geben Aufschluß über die erzielbaren Vickershärten und Eindringtiefen. Das Nitrieren kann auch mit dem Anlassen zusammengelegt werden.

Warmarbeitsstähle

Warmarbeitsstähle sind Stähle, die bei höherer Temperatur noch standfest sind; sie müssen also außer einer großen Zähigkeit bei Schlag- und Druckbeanspruchung warmfest, anlaßbeständig und warmverschleißfest sein. Außerdem sollen sie unempfindlich gegen dauernden Temperaturwechsel sein. Diese Eigenschaften erreicht bzw. verbessert man durch Hinzufügung von aufeinander abgestimmten Legierungselementen.

An die Warmarbeitsstähle werden nachstehende Anforderungen gestellt:

1. höhere Anlaßbeständigkeit,
2. ausreichende Warmfestigkeit,
3. hoher Warmverschleißwiderstand bei Schlag, Druck und Reibung,
4. Warmzähigkeit,
5. Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel,
6. gute Wärmeleitfähigkeit,
7. Verzugsfreiheit,
8. Werkzeug darf nicht mit dem Werkstück kleben.

Zu diesen Anforderungen ist folgendes zu sagen:

Anlaßbeständigkeit. Man versteht hierunter die Beständigkeit des gehärteten und angelassenen Stahls gegen Härte- und Festigkeitsabnahme beim Erwärmen auf bestimmte Anlaß- oder Arbeitstemperaturen.

Ausreichende Warmfestigkeit. Die Festigkeit des Stahls bei bestimmten Arbeitstemperaturen muß ausreichend sein, um keine Beschädigung des Werkzeuges zuzulassen.

Warmverschleißwiderstand ist der Widerstand gegen Schlag, Druck und Reibung bei der Arbeitstemperatur.

Warmzähigkeit ist eine ausreichende Zähigkeit bei der Arbeitstemperatur.

Unempfindlichkeit gegen Temperaturwechsel. Die Warmarbeitsstähle müssen gegen schroffe Temperaturwechsel möglichst unempfindlich sein,

da sooft leicht die sog. „Brandrisse“ auftreten. Der Temperaturwechsel wird hervorgerufen, wenn das Werkzeug kurz nach dem Schlagen oder Pressen des Werkstücks durch Wasser oder Preßluft gekühlt wird, um eine unzulässig hohe Erwärmung zu verhindern.

Gute Wärmeleitfähigkeit ist notwendig, um die Wärme beim Arbeiten des Werkzeuges schnell abzuleiten, damit keine Wärmestauungen entstehen, die das Werkzeug zu hoch erwärmen würden.

Verzugfreiheit muß das Werkzeug bzw. der Stahl haben, damit beim Arbeiten nicht ein Verzug auftritt und das warmverformte Werkstück klemmt bzw. unzulässige Toleranzen aufweist.

Werkzeug darf nicht kleben, da sonst Störungen in der Fertigung auftreten und das Werkzeug schnell rauh und unbrauchbar wird.

Die chemische Zusammensetzung der Warmarbeitsstähle ist in der Hauptsache durch nachstehende Legierungselemente gekennzeichnet: Silizium — Chrom — Wolfram — Nickel — Molybdän — Vanadin.

Je nach dem vorgesehenen Verwendungszweck werden die Stähle entsprechend legiert. In dem Edeltahlverzeichnis sind die Verwendungszwecke für die verschiedenen Stahlmarken angegeben. Es sei hier nur noch darauf verwiesen, daß die Entwicklung in der Gegenwart dahin geht, die hochlegierten Wolframstähle durch niedriger legierte Stähle auf Molybdängrundlage zu ersetzen. So wird z. B. von den Schrauben- und Mutterfabriken schon vielfach die Stahlgüte: 45 CrVMoW 5-8 verwendet, die sich sehr gut bewährt hat und als Ersatz oder besser gesagt als ein Austausch für den 5%igen Wolframstahl in Betracht kommt. Verschiedene Stahlwerke haben neuerdings Stähle mit etwa 3% Mo, 3% Cr und 0,6% V sowie 1% Si, 5% Cr, 1,5% Mo, 0,3% V und 1,5% W herausgebracht, die sich ebenfalls im Austausch für die hochlegierten Wolframstähle bestens bewährt haben. Der erste genannte Stahl läuft unter der Werkstoff-Nr. 2365, SEL Bezeichnung X 28 CrMoV 3-3, der zweite unter Werkstoff-Nr. 2606, SEL Bezeichnung 35 CrMoVW 20-15.

Diese Stähle sind im Edeltahlverzeichnis nicht enthalten. Nähere Angaben über die Stähle und die Behandlungsvorschrift sind am Schluß dieses Abschnittes verzeichnet.

Kennzeichnend für die Warmarbeitsstähle ist, daß diese nach dem Härten keine Glashärte annehmen und auch niemals mit einer hohen Härte verwendet werden. Die Gesenkatähle z. B. werden je nach Beanspruchung und Größe des Gesenkes, nach dem Härten, auf eine bestimmte „Einbaufestigkeit“ angelassen.

Bei der Warmformgebung und Wärmebehandlung der Warmarbeitsstähle ist folgendes zu beachten:

Warmformgebung. Falls die Stähle für einen besonderen Verwendungszweck geschmiedet werden müssen, z. B. Preßscheiben u. ä., sind diese langsam und gleichmäßig zu erwärmen; bis 300° langsam, dann rascher auf 850 bis 900°, gut durchwärmen, anschließend rasch auf die Schmiedetemperatur etwa 1050 bis 1100° erwärmen, gut durchziehen lassen, ohne aber zu überzeiten, möglichst in einer Hitze fertiggeschmieden, falls nicht möglich, nachwärmen. Ist die untere Schmiedetemperaturgrenze erreicht, dann nur so hoch nachwärmen, daß das Schmieden bis zur unteren Temperaturgrenze beendet ist, da sonst Grobkornbildung auftritt. Nach dem Schmieden werden die Teile im Ablegeofen oder Asche langsam auf 200 bis 250° abgekühlt.

Weichglühen. Damit die Werkzeuge besser bearbeitet werden können, müssen sie nach dem Schmieden weichgeglüht werden. Nach langsamem, durchgreifendem Vorwärmen werden die Stücke in der vorgeschriebenen Glühtemperatur etwa 4 Stunden gehalten, dann läßt man die Teile im Ofen auf 500°, und weiter an ruhiger Luft abkühlen. Bei genügender Bearbeitungszugabe bedarf der Stahl keinen Schutz gegen Entkohlung.

Spannungsfreiglühen. Mitunter macht es sich notwendig, die Werkzeuge nach starker Zerspannung spannungsfrei zu glühen, bevor diese fertigbearbeitet werden. Die Temperatur beträgt für das Spannungsfreiglühen 600 bis 650°, ungefähr 4 Stunden beläßt man die Teile auf dieser Temperatur, dann kühlen sie langsam im Ofen ab.

Härten. Die Werkzeuge werden zum Härten gleichmäßig und durchgreifend auf die vorgeschriebene Härtetemperatur erhitzt. Die Erwärmung soll mindestens 2 Stunden dauern. Liegt die Härtetemperatur über 1000°, so muß der Stahl zunächst langsam auf 850 bis 900° und bei Härtetemperaturen unter 1000° auf 650 bis 850° vorgewärmt werden. Die weitere Erwärmung auf Härtetemperatur kann dann schneller vor sich gehen. Die richtige Höhe der Härtetemperatur innerhalb den angegebenen Grenzwerte ist sachgemäß zu wählen, wobei die Härtetemperatur mit der notwendigen Durchwärme- und Haltezeit abgestimmt sein muß.

Das Abschrecken in den vorgeschriebenen Härtemitteln muß so durchgeführt werden, daß eine volle Aushärtung erzielt wird, d. h., daß die Abkühlgefäße eine genügende Größe haben müssen, damit keine unzulässige Erwärmung der Abkühlflüssigkeit durch das Härtegut erfolgt. Eine zu schroffe Abkühlung soll ebenfalls vermieden werden.

Anlassen. Das Anlassen muß entsprechend den Vorschriften für die betreffende Stahlmarke geschehen. Es empfiehlt sich, die Werkzeuge zur Verbesserung der Zähigkeit zweimal anzulassen. Das zweite Mal ist das Anlassen möglichst langsam durchzuführen. Bei schwierig geformten

Werkzeugen ist sogar ein drittes Anlassen bei einer Temperatur von etwa 30 bis 50° unter der letzten Anlaßtemperatur zu empfehlen. Die Teile müssen besonders beim ersten Anlassen langsam angewärmt werden, da durch das Härten mitunter große Härtespannungen entstanden sind. Die Haltezeit auf der Anlaßtemperatur soll wenigstens 2 Stunden betragen, für starke Querschnitte rechnet man für 25 mm Wandstärke mit etwa 1 Stunde Anlaßdauer. Das Abkühlen erfolgt dann in ruhiger Luft.

Behandlung während der Verwendung im Betrieb. Um unnötige Spannungen und Ribbildungen zu vermeiden, sollen Warmarbeitsstähle grundsätzlich nur angewärmt in Betrieb genommen werden. Die Anwärmtemperatur richtet sich nach der jeweiligen Arbeitstemperatur. In nachstehender Tabelle sind für verschiedene Werkzeuge die üblichen Anwärmtemperaturen verzeichnet.

Werkzeug	Anwärmtemperatur
Gesenke	etwa 200°
Preßwerkzeuge für Zink-Blei-Legierungen	etwa 200—250°
für Leichtmetalle	etwa 300—400°
für Schwermetalle	etwa 350—500°
Drukgußwerkzeuge für die Verarbeitung von Blei, Zinn, Zink und Legierungen	etwa 150°
Leichtmetalle und ähnliche	etwa 200—250°
Schwermetall, wie Messing und andere Cu-Legierungen	etwa 250—300°
hochschmelzende Schwerlegierungen, wie Alpaka, Silber, Neusilber, Bronzen u. a.	etwa 300—350°
Preßwerkzeuge für Metallteile für die Verarbeitung von: Zink	etwa 200°
Leichtmetall und ähnlichem	etwa 250—300°
Buntmetall mit normaler Verarbeitungstemperatur	etwa 300—350°
desgl. mit hoher Verarbeitungstemperatur	etwa 350—400°
Schrauben und Mutttern	etwa 200—300°

Erwärmen sich die Werkzeuge beim Arbeiten zu stark, so müssen sie abgekühlt werden. Die Kühlung soll so mild wie möglich erfolgen, um

Bildung von Warmrissen zu unterbinden. Die Kühlung darf jedoch nicht so stark vorgenommen werden, daß die Werkzeuge unterkühlt werden. Es ist eine ständige Kontrolle der Werkzeuge während des Betriebes notwendig. Während der Arbeitspausen muß die Kühlung abgestellt werden, um eine Unterkühlung zu vermeiden. Bei längeren Pausen ist ein Anwärmen der Werkzeuge eventuell notwendig.

Nach einer gewissen Betriebszeit ist es vorteilhaft, die Werkzeuge zu entspannen, wobei die Temperatur etwa 50° unter der letzten Anlaßtemperatur liegen soll. Sollten sich feine Haarrisse gebildet haben, so sind die Formen vor dem Entspannen nachzuarbeiten. Durch dieses Entspannen wird die vorzeitige Bildung von Warmrissen vermieden und dem Betrieb werden erhebliche Kosten erspart, da die Werkzeuge eine bedeutend höhere Lebensdauer erhalten.

Ein besonderer Abschnitt soll den Gesenken und ihrer Wärmebehandlung gewidmet sein. Die richtige Durchführung des Härten und Anlassens von großen Gesenckblöcken ist eine der schwierigsten Aufgaben der Härtere. Es gehört sehr große Erfahrung und Sorgfalt dazu, große Gesenke einwandfrei abzuwärmen.

Das Reißen der großen Gesenckblöcke erfolgt entweder während der Härtung, beim Anlassen oder auch längere Zeit nach Inbetriebnahme. In den weitaus meisten Fällen ist dieses Reißen auf eine ungünstige Spannungsverteilung zurückzuführen. Diese Spannungen entstehen durch Temperaturunterschiede zwischen Kern und Oberfläche bei der Wärmebehandlung. Temperaturunterschiede werden stets dann auftreten, wenn nicht genügend Zeit für die richtige Durchwärmung vorhanden war, die Blöcke zu kalt in einen heißen Ofen eingebracht worden sind und andere Fehler begangen wurden. Die nachstehenden Hinweise (nach Dr. Haufe) sollen helfen, die angegebenen Fehler zu vermeiden.

Bereits beim Erwärmen der Gesenke müssen die nachstehenden Punkte beachtet werden, damit keine zu großen Unterschiede zwischen der Temperatur im Kern und an der Oberfläche auftreten.

1. Man soll die Ofentemperatur nie unnötig hoch wählen, auch wenn dadurch eine längere Zeit benötigt wird, bei einer Ofentemperatur von 1000° wird z. B. die Härtetemperatur von 850° nach 8½ Stunden erreicht. Bei zu hoher Ofentemperatur reißen die Blöcke, die Kanten und Ecken werden überhitzt. Die Abmessung der Gesenke für das obige Beispiel betragen 360 mm Quadrat.
2. Wird bei der Erwärmung mit treibender Flamme gearbeitet, ist die Oberflächentemperatur eines Gesenkes 360 x 360 mm bereits nach

5½ Stunden erreicht, bei normaler Erwärmung hingegen erst nach 10½ Stunden. Es ist verständlich, daß auf der anderen Seite durch die zu schnelle Erwärmung große Temperaturunterschiede auftreten müssen (der Unterschied beträgt etwa 25% zwischen Kern und Oberfläche), so daß eine normale Erwärmung besser ist.

3. Zu beachten ist auch besonders der Querschnitt der Gesenke. So kann der Temperaturunterschied zwischen Kern und Oberfläche bei einem Gesenk von 360 mm Quadrat gegenüber einem von 100 mm Quadrat ein Vielfaches betragen.

4. Je niedriger die Wärmeleitfähigkeit, desto höher sind die Temperaturunterschiede.

Um eine rißfreie Erwärmung durchzuführen, müssen deshalb folgende Regeln beachtet werden:

Bis 500° ist die Erwärmung besonders vorsichtig und langsam durchzuführen, es soll möglichst das Gesenk in den kalten Ofen eingesetzt und mit dem Ofen hochgeheizt werden. Wärmer als 200 bis 300° darf der Ofen keinesfalls sein, d. h., die tatsächliche Temperatur des Ofens darf nicht höher sein. Ein Öffnen der Ofentür hat keinen Zweck. Erst wenn das Gesenk die Ofentemperatur angenommen hat, soll mit dem Aufheizen begonnen werden; dieses ist langsam durchzuführen.

Über 500° kann mit treibender Flamme geheizt werden. Zum Durchwärmen ist der Ofen abzustellen und eine gewisse Zeit auf Temperatur zu halten.

Aus der Skizze 9 ist die Erwärmungszeit für Gesenke aus legiertem und unlegiertem Stahl für eine Härtetemperatur von 850° zu ersehen.

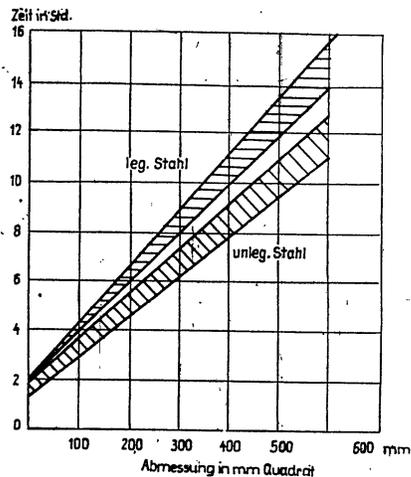
Beim Härten der Gesenke nehmen die Temperaturunterschiede zwischen Kern und Oberfläche mit nachstehenden Größen zu:

1. der Ablöschtemperatur,
2. der Größe der Gesenke,
3. mit abnehmender Wärmeleitfähigkeit des Gesenkes.

Die so entstehenden Spannungen werden noch durch Gefügespannungen erhöht, die durch das Härten auftreten. Die letzteren sind besonders hoch bei den Wasserhärtern oder, besser gesagt, bei den sogenannten Schalenhärtern. Welchen Einfluß die Gesenckblockgröße auf den Temperaturunterschied hat, zeigt die Skizze 10.

Zur Vermeidung bzw. Herabminderung der Spannungen infolge der Temperaturunterschiede sind folgende Hinweise zu beachten:

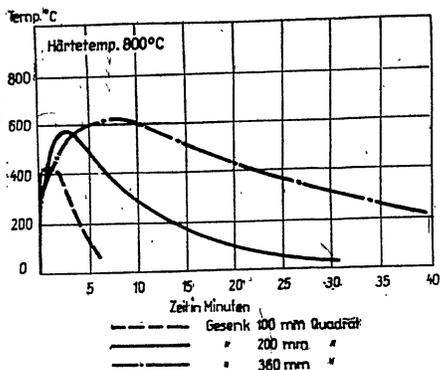
1. Die Abschrecktemperatur soll so niedrig wie möglich gehalten werden.
2. Die Abkühlungsgeschwindigkeit soll nicht größer als unbedingt notwendig sein.



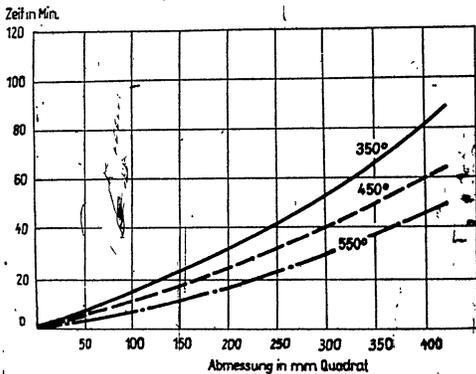
Skizze 9: Erwärmungszeit für Gesenke versch. Größe

Bei Wasserhärtern wird eine Verringerung der Spannungen dadurch erzielt, daß die Gesenke mit der Arbeitsfläche nach unten im Wasser über einem Sprudel abgeschreckt werden. Dann wird der Block zu etwa zwei Drittel aus dem Wasser gezogen, bis der Rücken Farbe angenommen hat, darauf wird er wieder eingetaucht und nach einiger Zeit wieder herausgezogen. Dies ist so lange durchzuführen, bis das Gesenk auf dem Rücken dunkel bleibt.

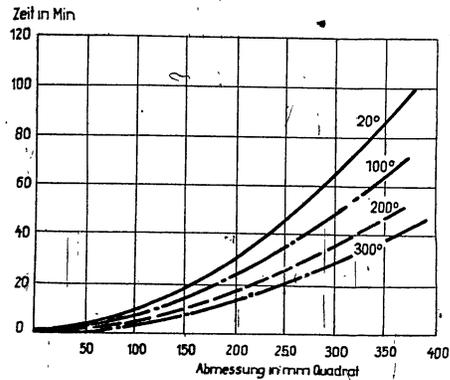
Die Gesenke sollen niemals bis zum Erkalten im Abschreckbad bleiben, sondern sie müssen warm in einen Anlaßofen mit etwa 250° Ofentemperatur gebracht werden. Die Blöcke sollen noch so warm sein, daß das Härteöl oder das Wasser bei der Entnahme aus dem Bad gerade noch verdampft. Besser ist noch ein Abfangen bei der richtigen Kerntemperatur (siehe Skizzen 11 und 12). Es gehört hierzu jedoch eine sehr große Erfahrung. Die Kerntemperatur muß bei der Entnahme etwas niedriger als die vorgesehene Anlaßtemperatur sein.



Skizze 10: Einfluß der Gesenkblochgröße auf den Temperaturunterschied zwischen Oberfläche und Kern.



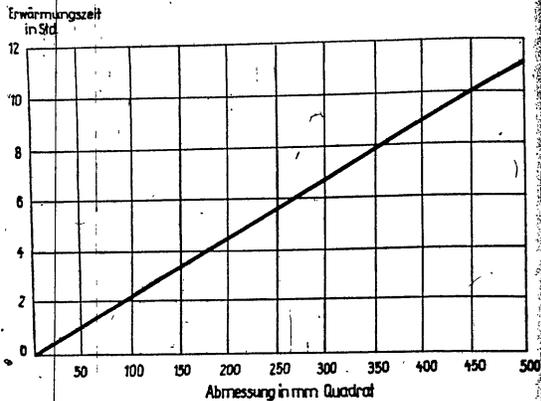
Skizze 11: Abkühlungszeit in Öl für eine Kerntemperatur von 350, 450 und 550°



Skizze 12: Abkühlungszeit in Wasser für eine Kerntemperatur von 300, 200, 100 und 20°

Anlassen der Gesenke. Wie schon gesagt wurde, muß das Anlassen sofort nach dem Härten erfolgen. Die Anlaßtemperatur wird durch die Arbeitsfestigkeit bestimmt. Die Arbeitsfestigkeit richtet sich nach der Gesenkstahlart, der Größe des Gesenkes, der Art und Form der Gravur, der Art des Arbeitsverfahrens sowie der Verformungsfähigkeit und Verarbeitungstemperatur des zu verschmiedenden Werkstoffes. Allgemein kann gesagt werden, daß Gesenke mit flachen Gravuren bei Verarbeitung harter Werkstoffe hohe Festigkeit besitzen müssen. So werden z. B. Scherengesenke aus Wasserhärter nur 150° angelassen, und sie besitzen Rockwellhärten von etwa 65 Rc. Bei mittleren Gesenken und Flachgravuren sind Festigkeiten von etwa 160 kg/mm² angebracht.

Sehr wichtig ist die sorgfältigste Ausführung der Gesenke, es müssen alle Biegebeanspruchungen und vor allem alle Kerbwirkungen vermieden werden. Ein sehr gefährlicher Teil ist der Schwalbenschwanz und besonders der Übergang vom Schwalbenschwanz zum Block. Hier müssen alle Riefen durch grobe Schrupperarbeit oder scharfe, nicht abgerundete Übergänge vermieden werden, da sonst von dem Übergang die Härte- oder Spannungsrisse ausgehen. Für Tiefgravuren beträgt die Festigkeit etwa 130 kg/mm² und bei stärkerer Kerbwirkung höchstens 100 bis 110 kg/mm².



Skizze 13: Anwärnzeiten beim Anlassen von Gesenkböcken verschiedener Größe. Anlaßtemperatur 550° C

Da sich der gehärtete Stahl beim Erwärmen nicht gleichmäßig ausdehnt, sondern bei etwa 100 bis 275° eine Verkürzung auftritt, ist die Gefahr der Bildung von Anwärmrissen sehr groß. Man muß aus diesem Grunde besonders beim Anlassen sehr langsam und vorsichtig erwärmen. Über die Erwärmungsdauer zum Anlassen gibt die Skizze 13 Aufschluß.

Die Anlaßzeit, d. h. die Haltezeit: auf der Anlaßtemperatur, beträgt 2 bis 4 Stunden für Gesenke unter 400 mm Quadrat. Bei den anlaßspröden Stählen (Mn- und Cr-Ni-Stählen) muß das Gebiet um 500° vermieden, und das Anlassen über 550° durchgeführt werden. Die Abkühlung führt man dann in Öl durch. Nach dem Anlassen auf 250 bis 300° muß der Stahl zum Entspannen erwärmt werden.

Molybdän- und Cobalt-legierte Warmarbeitsstähle, die nicht im Edelmetallverzeichnis enthalten sind.

Stahl Werkst.-Nr. 2343, SELBez. 40:CrMoV 21. Schrottgr. 81.

Hauptanalyse: C 0,4, Si 1,0, Cr 5,0, Mo 1,5, V 0,6%

Verwendung: Warmarbeitsstahl mit guter Unempfindlichkeit gegen ständigen Temperaturwechsel. Verwendung für Schmiedegesenke, für Backen, Stempel und Dorne von Schmiedemaschinen, für Druckgußformen zur Verarbeitung von Leichtmetallen und ihren Legierungen, für Metallstrangpreßwerkzeuge, Leichtmetallpreßmatrizen u. ä.

degesenke, für Backen, Stempel und Dorne von Schmiedemaschinen, für Druckgußformen zur Verarbeitung von Leichtmetallen und ihren Legierungen, für Metallstrangpreßwerkzeuge, Leichtmetallpreßmatrizen u. ä.

Behandlung: Warmformgebung: 1100–850°
 Glühen: 740–780°²
 Härten: 1000–1070° ruhige Luft, Warmbad von 450–500°
 980–1030° Öl
 Festigkeit nach dem Härten: etwa 200 kg/mm²
 Festigkeit nach dem Anlassen bei: 600° etwa 180 kg/mm²
 650° etwa 140 kg/mm²
 700° etwa 100 kg/mm²

Stahl Werkst.-Nr. 2606, SELBez. 35 CrMoVW 20-15. Schrottgruppe 81

Hauptanalyse: C 0,35, Si 1,0, Cr 5,0, Mo 1,5, V 0,3, W 1,5%

Verwendung: Warmarbeitsstahl für Schmiedegesenke, Backen, Stempel in Schmiedemaschinen, Warmscherenmesser, Werkzeuge der Schrauben-, Nieten- und Mutterherstellung.
 Für Teilpreßgesenke bei der Nichteisenmetallverarbeitung, Strangpreßwerkzeuge, Preßmatrizen, Preßscheiben u. ä.

Behandlung: Warmformgebung: 1100–850°
 Weichglühen: 740–780°
 Härten: 980–1050° in Öl, ruhiger Luft, Warmbad 450–550°
 Festigkeit nach dem Härten: etwa 200 kg/mm² bei Ölhärtung
 etwa 180 kg/mm² bei Lufthärtung
 Festigkeit nach dem Anlassen bei: 600° etwa 190 kg/mm²
 650° etwa 150 kg/mm²
 750° etwa 110 kg/mm²

¹ Bühler US Ultra, Schmieden bei 1150–1000° C.

² Dierrenberg WC Spezial
 Carp & Hones MC 50
 Bühler US Ultra } Glühen: 800–830° C

Stahl Werkst.-Nr. 2365, SEL Bez. X28 CrMoV 3-3. Schrottgruppe 81

Hauptanalyse: C 0,30, Cr 3,0, Mo 3,0, V 0,6%

Verwendung: Warmarbeitsstahl für sehr hohe Warmbeanspruchung. Austausch für den 9%igen Wolframstahl, besonders unempfindlich gegen ständigen Temperaturwechsel und gegen das Auftreten von Warmrissen.

Verwendet für alle hochbeanspruchten Werkzeuge der Schrauben-, Nieten- und Muttererzeugung. Lochdorne, Ziehkerne u. ä. in der Rohrfertigung, für Wärmescherenmesser, hochwertige Gesenkeinsätze, Backen-, Loch- und Kopfstempel in Schmiedemaschinen, für Werkzeuge der Metallstrangpressen, Preßdorne, Preßscheiben, Preßmatrizen u. ä., für Druckgußformen zur Verarbeitung von Schwer- und Leichtmetallen, für Formteilpreßgesenke der Nichteisenmetall-Verarbeitung.

Behandlung: Warmformgebung: 1100—850°
Weichglühen: 720—740°
Härten: 1000—1100° in Öl, ruhiger Luft, Gebläse oder Warmbad 450—500°

Festigkeit nach dem Härten: etwa 190 kg/mm²
Festigkeit nach dem Anlassen bei: 600° etwa 185 kg/mm²
650° etwa 160 kg/mm²
700° etwa 110 kg/mm²

Stahl Werkst.-Nr. 2662, SEL Bez. 30 WCo 36. Schrottgruppe 71 (76)

Hauptanalyse: C 0,30, Co 2,0, Cr 2,5, V 0,3, W 9,0%

Verwendung: Hochleistungswarmarbeitsstahl mit Kobaltzusatz, der durch seine Legierung für sehr hochbeanspruchte Werkzeuge Verwendung findet, wenn der 9%ige Wolframstahl nicht mehr ausreicht. Seine Verwendung ist praktisch die gleiche wie beim Stahl 30 WCrV 34-11, d. h. für hochbeanspruchte Preßmatrizen, Teilpreßgesenke, Druckgußformen zur Verarbeitung von Schwermetallen in großen Stückzahlen, sehr hochbeanspruchte Werkzeuge in Schmiedemaschinen, hochwertige Gesenkeinsätze.

Behandlung: Warmformgebung: 1000—850°
Weichglühen: 760—800°
Härten: 1130—1180° in Öl, ruhiger Luft, Gebläse oder Warmbad

Festigkeit nach dem Härten in Öl: etwa 180 kg/mm²
Festigkeit nach dem Anlassen bei: 600° etwa 180 kg/mm²
650° etwa 160 kg/mm²
700° etwa 120 kg/mm²

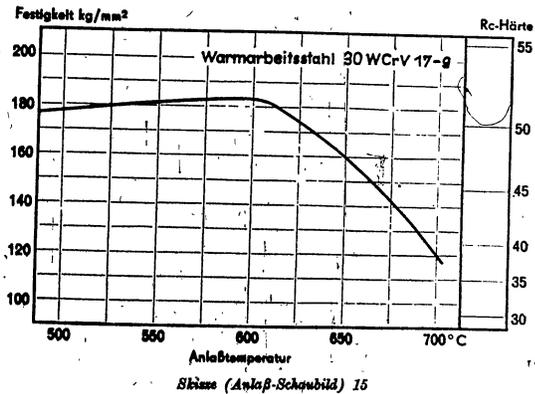
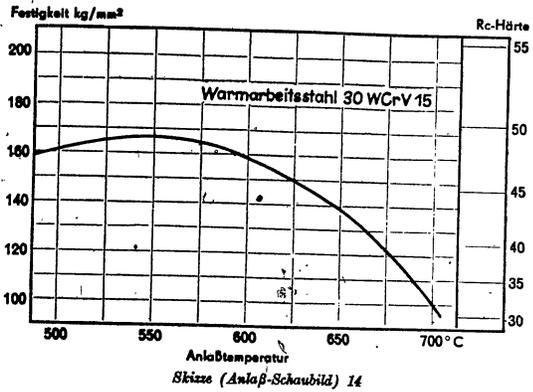
Die nachstehenden Stähle sind nicht im Edelmetallverzeichnis enthalten. Diese Stähle sind in der letzten Zeit entwickelt und daher auch noch nicht in die SEL und SES aufgenommen worden, sie werden jedoch von Westdeutsche Stahlwerke und Österreich geliefert.

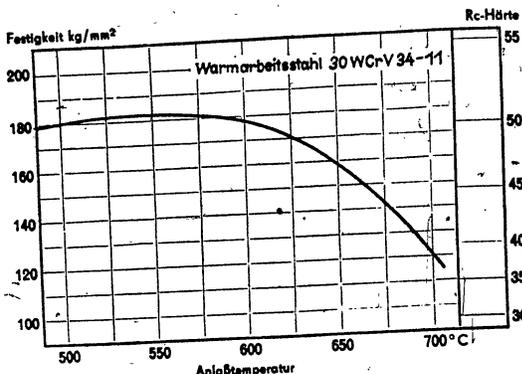
Abbild. Nr.	SEL-Bez. W.-Nr.	Warmformgebung °C	Weichglühen °C	max. Glühfestigkeit kg/mm²	Härten		Festigkeitskoeff. kg/mm²	Festigkeit nach dem Anlassen auf °C:				
					°C	in		400	450	500	550	600
20	X 23 CrMoV 8-3 W.-Nr. 2365	1100-850	720-780	82	1000-1100	Öl	190	190	185	180	160	110
21	30 WCr 38 W.-Nr. 2982	1100-850	760-800	84	1130-1180	Öl Wärmbad 450-500°	180 150	180	180	180	160	120
23	35 CrMoV 20-15 W.-Nr. 2606	1100-850	740-780	84	980-1050	Öl Wärmbad 450-500°	200 180	200	200	190	150	110
22	40 CrMoV 21 W.-Nr. 2343	1100-850	740-780	82	970-1050 1000-1050	Öl Wärmbad 450-500°	200 200	200	190	180	140	100

Wärmebehandlungsverschriften
Wärmebestände

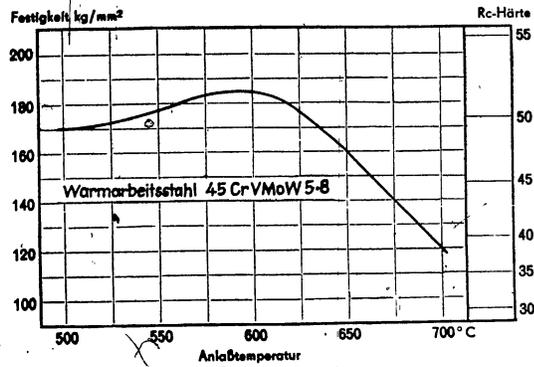
Abbild. Nr.	SEL-Bez.	Warmformgebung °C	Weichglühen °C	max. Glühfestigkeit kg/mm²	Härten		Festigkeitskoeff. kg/mm²	Festigkeit nach dem Anlassen auf °C:				
					°C	in		400	450	500	550	600
14	30 CrNiMo 8	1050-850	650-700	85	820-860	Öl	200	165	155	145	130	115
15	30 WCrV 15	1050-850	730-750	85	970-1000 1000-1050	Wasser Öl	180 150	180	160	155	145	135
16	30 WCrV 17-9	1100-900	760-800	85	1050-1100	Öl	180	170	170	160	115	115
17	30 WCrV 34-11	1100-900	760-800	85	1050-1150	Öl Wärmbad 450° Gebälse	180 160	180	175	165	155	120
35	WCrV 34-11	1100-900	760-800	85	1075-1125	Öl	185	180	175	155	120	120
36	NiCrMo 16	1050-850	620-660	90	810-840	Öl	180	165	155	145	130	120
40	CrMnMo 7	1050-850	710-750	82	840-870	Luft	175	160	150	140	135	120
					830-870	Öl	200	160	145	135	120	100
					860-900	Luft	170	145	135	125	110	110

Schaubild	SFS-Bez.	Wärmeformgebühg	Weichglühn	max. Festigk.	Härten	Festigk. geh.	Festigkeit nach dem Anlassen auf ° C								
							° C	in	Öl	Luft	Wassbad 500°	Öl	Luft	Wassbad 500°	Öl
18	40 NiCrMo 15	1050-850	620-650	85	820-850 840-870	180 175	400	450	500	550	600	650	700		
19	45 CrNiMoV 5.8	1100-850	740-780	85	1000-1050	190					175	175	170	155	110
20	55 NiCrMo 6	1050-850	680-700	80	840-880	210	150	160	140	130	120	105			
	55 NiCrMo 6	1050-850	640-670	85	830-890	160	140		130	110					
	55 NiCrMoV 7	1050-850	640-700	85	840-890 860-900	220 200	170	165	155	145	136	115			
	65 NiCrMo 6	1050-850	640-670	90	830-890	170	145		135	115					
	Stähle für Pilgerdorne														
	28 NiCrMoV 5	1100-850	650-700	90	830-890	150	120		110	100					
	28 NiCrV 5	1100-850	650-700	90	830-850	130	100		90	80					
	28 NiCrMoV 10	1100-850	650-700	90	830-860	180	150		135	120					
	28 NiCrMoV 17	1100-850	650-700	90	830-860	195	170		145	130					

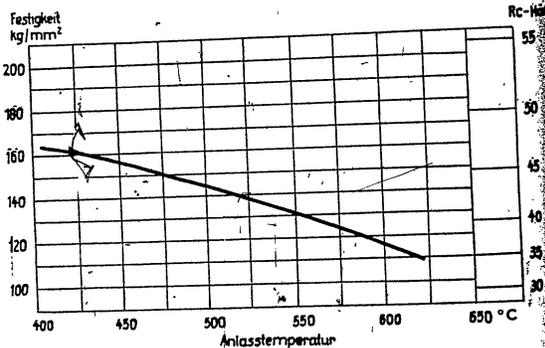




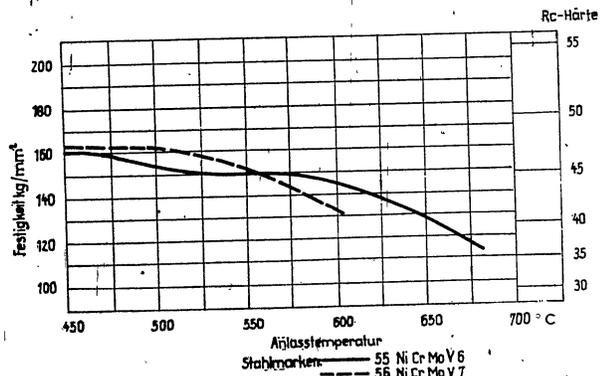
Skizze (Anlaß-Schaubild) 16



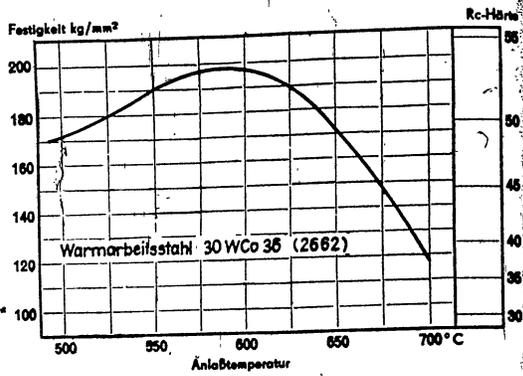
Skizze (Anlaß-Schaubild) 18



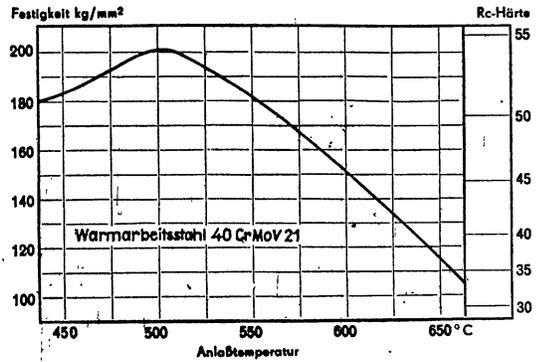
Skizze (Anlaß-Schaubild) 17



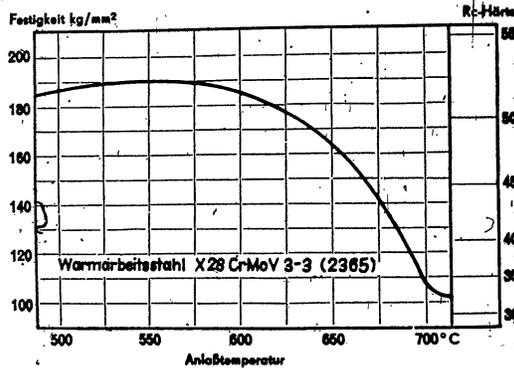
Skizze (Anlaß-Schaubild) 19



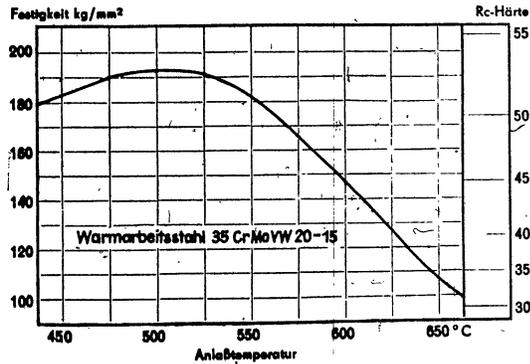
Skizze (Anlaß-Schaubild) 20



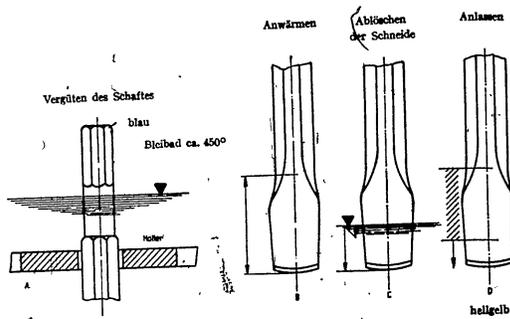
Skizze (Anlaß-Schaubild) 22



Skizze (Anlaß-Schaubild) 21



Skizze (Anlaß-Schaubild) 23



Skizze 24: Härtebeispiel für einen Preßluftmeißel

Stähle für Warm- und Kaltarbeit

Diese Stahlsorten bilden den Übergang von den reinen Warmarbeitsstählen zu den Kaltarbeitsstählen. Ihre Verwendung als Warmarbeitsstahl beschränkt sich auf niedrigere Temperaturen und kurzzeitige Beanspruchung mit dem Werkstück, als es bei den reinen Warmarbeitsstählen der Fall ist. Der Kohlenstoffgehalt der Stähle für Warm- und Kaltarbeit ist genau wie bei den Warmarbeitsstählen noch verhältnismäßig niedrig. Die Legierungselemente sind auch hier in der Hauptsache Wolfram, Chrom, Silizium, Vanadin und Molybdän.

Die Festigkeit bzw. Rockwellhärte erreicht, weder nach der Härtung noch bei der Anwendung Glashärte, sie liegt im Betrieb meist zwischen 42 bis 58 Rc. Eine Ausnahme bilden der Stahl 85 Cr 7 für Warm- und Kaltwalzen und der Stahl 210 Cr 46, wenn dieser als Warmarbeitsstahl verwendet wird; die Rc-Härte liegt etwa bei 60 bis 62 Rc.

Die Wärmebehandlungsvorschriften sind im allgemeinen die gleichen wie bei den Warmarbeitsstählen. Es sei nur besonders auf die sogenannten „Dauerstähle“ und ihre Behandlung hingewiesen. Diese Stähle, die in der Hauptsache für Preßluftwerkzeuge und ähnliche verwendet werden, bedürfen einer besonders sorgfältigen Wärmebehandlung. Diese Stähle bzw. Werkzeuge werden in der Hauptsache durch starke schwingende Beanspruchung sehr stark belastet, so daß sie bei nicht sachgemäßer Ausführung und Behandlung rasch zu Bruch gehen. Es entstehen darin

meist die sogenannten Dauerbrüche, die bewirken, daß das Werkzeug rasch entzweigt, obwohl die eigentliche Arbeitsschneide- oder -fläche noch vollkommen in Ordnung ist. Für diese Werkzeuge, Meißel und Döpper, sei daher ein besonderes Behandlungsbeispiel angeführt.

Wärmebehandlung eines Preßluftmeißels

Eine richtige Wärmebehandlung ist gerade bei den stark auf Schlag und Schwingungen beanspruchten Preßluftwerkzeugen von größter Wichtigkeit, deshalb soll an dem Beispiel eines Preßluftmeißels eine Wärmebehandlung geschildert werden.

Härten: Die etwa auf 700° vorgewärmten Meißel werden in einem Härteofen, der die vorgeschriebene Härtetemperatur hat, auf die richtige Temperatur erhitzt und nach etwa 10 Minuten Haltezeit in dem Abkühlmittel abgelöscht. Das Abschrecken soll mit dem Schlagende voraus erfolgen, die Meißel müssen dabei dauernd auf und ab bewegt werden.

Anlassen: Nach Vorwärmen auf dem Ofenrand auf etwa 200° werden die Meißel laut Skizze 24 A mit der Schneide voraus bis etwa zur Mitte des Einsteckendes in einem Bleibad von etwa 450° C eingetaucht und solange darin belassen, bis das Schlagende eine blaue Anlaßfarbe zeigt, die Anlaßdauer beträgt etwa 20 Minuten. Dann erfolgt das Abkühlen an der Luft. An überfeilter, entkohlungsfreier Stelle sollen der Schaft etwa 165 kg/mm², das Schlagende etwa 180 kg/mm² Festigkeit besitzen.

Härten und Anlassen der Schneide: In einem Koks- oder Holzkohlen-Härtefeuer wird die in der Skizze 24 B¹ angegebene Länge auf Härtetemperatur erhitzt. Die Erwärmungsdauer beträgt etwa 6 Minuten, dann wird die Schneide im Abkühlmittel abgelöscht (s. Skizze 24 C); sie muß ständig ein wenig auf und ab bewegt werden. Die Schneide soll schnell abgeschmirgelt und die Anlaßfarbe beobachtet werden. Hat die Schneide die hellgelbe Farbe erreicht, dann muß der Meißel rasch im Abkühlmittel vollends abgelöscht werden. Eine Feile soll an der Schneide gut greifen — etwa 195 kg/mm² Festigkeit (s. Skizze 24 D).

Es sei an dieser Stelle auf das Buch von Erich Reimann „Das Härten“¹ verwiesen, das sehr gute Hinweise und Beispiele für das Härten von Werkzeugen bringt.

Für die gebräuchlichsten Stahlmarken sind die Anlaßkurven nachstehend aufgeführt. Anhand dieser Kurven kann man für jede Anlaßtemperatur die ungefähre Rockwellhärte bzw. Festigkeit ersehen.

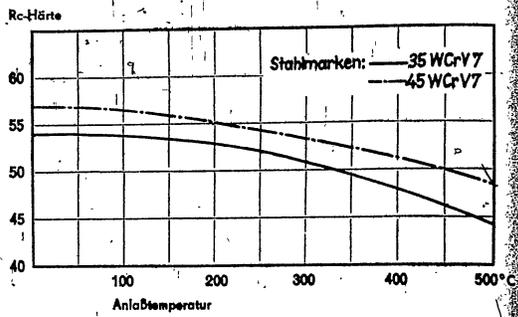
¹ E. Reimann, Das Härten, Verlag B. G. Teubner, Leipzig-Berlin 1953.

Außerdem sind in der nachstehenden Tabelle die üblichen Arbeitshärten für verschiedene Werkzeuge aufgeführt.

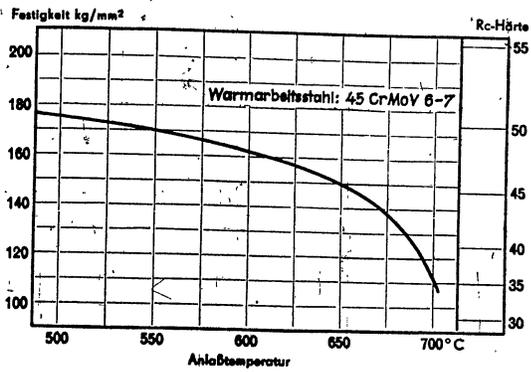
Verwendungszweck	Arbeits-härte Rc	Verwendungszweck	Arbeits-härte Rc
Biegestangen für Warmarbeit.	44-48	Schrotter (Schrotmeißel)	54-58
Döpper für Warmarbeit	54-58	Warmabgratwerkzeuge	53-55
Durchschläge für Kalt- und Warmarbeit	55-58	Warmscherenmesser	54-58
Flachmeißel	53-58	Abgratwerkzeuge für Kaltarbeit	54-58
Hammersattel	56-58	für Warmarbeit	53-55
Handdöpper	53-58	Kopfstempel an Hämmermaschinen	44-48
Kaltabgratwerkzeuge	54-58		
Kaltlochmatrizen	58-60		
Preßluftdöpper	53-58		

Wärmebehandlungsvorschriften
Stähle für Warm- und Kaltarbeit

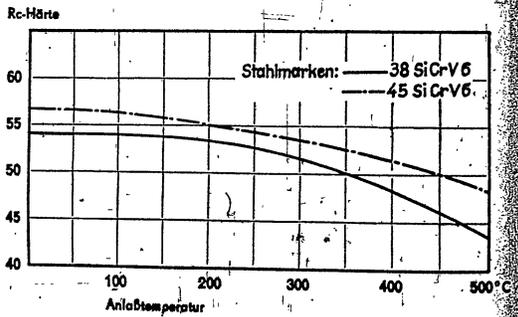
Anlaß-Scheitelf Nr.	SES-Bez.	Wärmeformgebung °C	Weichglüh °C	Gütekategorie max. kg/mm ²	Härten °C	Härten in	Zähigkeit nach dem Härten (Rc)	Festigkeit bzw. Rc nach dem Anlassen auf °C							
								100	200	300	400	500	600	800	1000
25	35 WCrV7	1050-850	710-750	80	800-930 900-1000	Wasser Öl	180 170	170	165	155	145	135	115		
26	38 SiCrV6	1050-800	710-750	88	800-930	Wasser	54	63	57	48	40	36			
27	45 CrMoV6-7	1100-850	740-780	80	930-970	Öl	54	58	50	49	48	46	43	40	36
28	45 SiCrV6	1050-800	710-750	80	960-990	Öl	53-60	53	51	50	50	49	48	46	45
29	45 WCrV7	1050-850	710-750	80	900-930	Öl	57	55	53	52	50	49	48	46	45
30	45 NiCr5	1050-850	660-700	80	880-910	Öl	57	56	54	53	52	51	50	49	48
31	46 SiMn4	1050-850	860-790	80	800-840 830-860	Wasser Öl	57	54	51	49	48	47	44	40	35
32	46 SiMn4	1050-890	800-730	80	840-880	Öl	58-60	59	58	54	53	51	49	46	
33	55 WCrV7	1050-850	710-750	88	830-860	Öl	57	55	53	49	49	49	49	49	
34	64 SiCr5	1050-850	710-750	80	830-860	Öl	57	55	53	49	49	49	49	49	
35	67 SiCr5	1050-850	710-750	80	830-860	Öl	57	55	53	49	49	49	49	49	
36	85 Cr7	1100-850	740-780	70	800-830	Wasser	64	61	57	52	52	52	52	52	52
37	910 Cr46	1050-850	800-810	85	920-950	Öl	63-64	63	60	58	58	58	58	58	58
38	X 20 Cr 12	1100-850	740-780	75	910-970	Wärmbad	63	63	60	58	58	58	58	58	58
39	X 20 Cr 12	1100-850	740-780	75	970-1030	Öl	160	140	130	100					



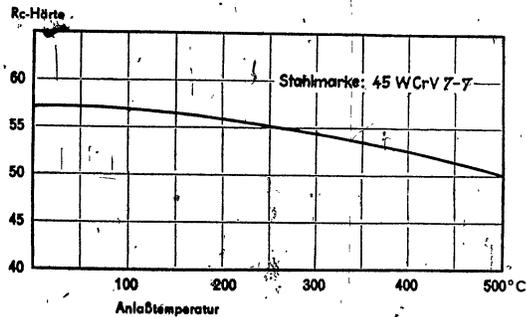
Skizze (Anlaß-Schaubild) 25



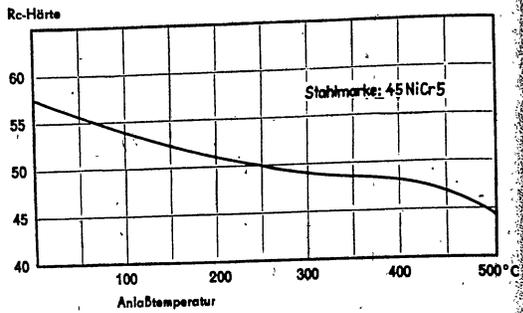
Skizze (Anlaß-Schaubild) 27



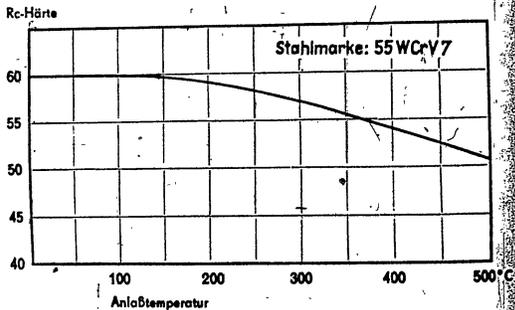
Skizze (Anlaß-Schaubild) 26



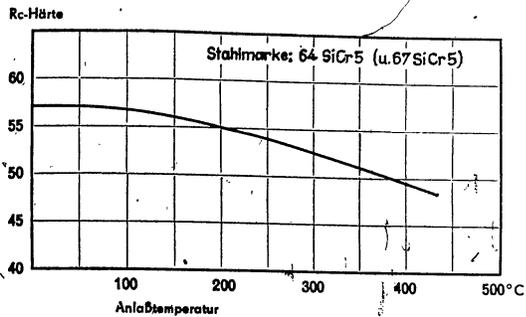
Skizze (Anlaß-Schaubild) 28



Skizze (Anlaß-Schaubild) 29



Skizze (Anlaß-Schaubild) 30



Skizze (Anlaß-Schaubild) 31

Stähle für Kaltarbeit

Das Anwendungsgebiet der Kaltarbeitsstähle ist sehr weit gespannt; es umfaßt daher eine Vielzahl von Stählen, die außer unterschiedlichem Kohlenstoffgehalt auch verschiedene Legierungselemente, enthalten. In der Hauptsache handelt es sich hierbei um Chrom, Wolfram, Nickel, Mangan, Vanadin und in wenigen Fällen um Kobalt.

An Kaltarbeitsstähle werden folgende Anforderungen einzeln oder kombiniert gestellt:

- gute Verschleißfestigkeit,
- hohe Druckfestigkeit, besonders der Schneidkanten,
- möglichst geringer Verzug,
- gute Maß- und Formbeständigkeit,
- hohe Schmitthaltigkeit,
- genügende Zähigkeit.

Die beiden Hauptgruppen der Kaltarbeitsstähle sind folgende:

- Stähle für Schnitte und Schneidwerkzeuge,
- Stähle für spanlose Verformung.

Je nach dem Verwendungszweck muß die Auswahl der Stähle getroffen werden. Für die Warmformgebung und Wärmebehandlung der Stähle gilt in kurzen Zügen das Nachstehende als Richtlinie:

Warmformgebung. Die Stähle sind langsam und durchgreifend in möglichst neutraler Ofenatmosphäre zu erwärmen. Die Temperaturen, bei denen die Warmformgebung durchgeführt wird, sind bei den einzelnen Marken angegeben.

Weichglühen. Damit man die Stähle gut bearbeiten kann und auch ein gutes Ausgangsgefüge für die nachfolgende Härtung schafft, müssen sie weichgeglüht werden. Dieses Glühen erfolgt nach einem langsamen und durchgreifenden, mehrere Stunden (meist 4 Std.) dauernden Erwärmen auf der vorgeschriebenen Temperatur. Dann werden die Stücke langsam im Ofen auf etwa 500°, anschließend an ruhiger Luft abgekühlt. Besonders muß man darauf achten, daß beim Glühen keine Verzunderung oder Entkohlung eintritt.

Spannungsfreiglühen. Sind in Teilen durch Bearbeitung oder Richten starke Eigenspannungen entstanden, so müssen diese durch ein Glühen bei 600 bis 650° (etwa 1 bis 2 Std. lang) beseitigt werden. Die Abkühlung erfolgt wieder langsam im Ofen.

Härten. Die Werkzeuge werden zum Härten zunächst langsam und gleichmäßig auf etwa 400 bis 600° vorgewärmt, dann rascher auf die richtige Härtetemperatur gebracht. Bei dieser Temperatur werden die Teile gut durchgewärmt, ohne zu überzeiten. Zu beachten ist aber besonders bei den 12% igen Chromstählen; daß diese sehr langsam umwandeln und daher eine längere Haltezeit als andere Stähle auf der Härtetemperatur bedürfen.

Zur Vermeidung der Entkohlung müssen geeignete Maßnahmen vorgesehen werden, sei es, daß man die Teile aus Ofen mit neutraler Atmosphäre, oder aus der Verpackung (ausgebranntem, kleingestoßenem Koksgrieß) härtet.

Die Stähle sind beim Ablöschen im Kühlmittel ständig zu bewegen damit eine Dampfblasenbildung und dadurch die Entstehung von weichen Flecken vermieden wird. Außerdem können leicht Härterisse dann auftreten, wenn die Teile nach einer nur kurzen Bewegung am Boden des Härtebottichs abgelegt werden.

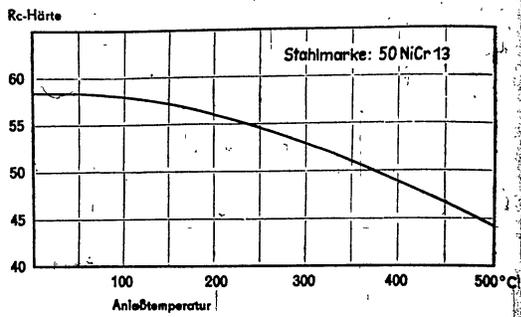
Anlassen. Das Anlassen soll sofort nach dem Härten erfolgen. Wie hoch man anläßt, ist eine Erfahrungssache. Man soll die Teile möglichst im Bad auskochen, da dadurch eine gleichmäßigere Anlaßwirkung als nach „Farbe anlassen“ erzielt wird. Das Anlassen soll nicht zu kurz sein, es muß mindestens eine Stunde dauern.

Zwischenentspannen. Es empfiehlt sich, ein Zwischenentspannen der Werkzeuge bei Temperaturen von 50° unter der Anlaßtemperatur durchzuführen. Dieses Entspannen erfolgt von Zeit zu Zeit nach einer gewissen Betriebszeit.

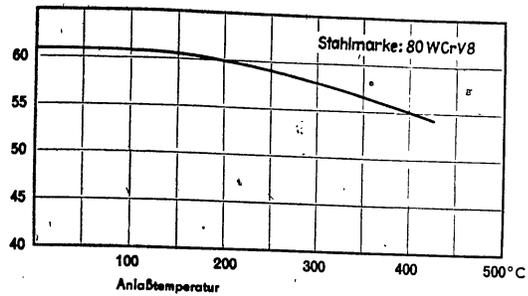
**Wärmebehandlungsverfahren
Stähle für Kaltarbeit**

Stahl- Nr.	SBS- Bezeichnung	Wärme- behandlung °C	Weichglühen °C	Glüh- festigkeit max. kg/mm ²	Härten		Feile- festigkeit (Rc)	Rc nach dem Anlassen auf °C												
					in	in		100	200	300	400	500								
8	K 13 NiCr 14	Eisenstahl; Behandlung siehe unter Eisenstähle																		
9	15 Cr 8	Eisenstahl; Behandlung siehe unter Eisenstähle																		
10	16 MnCr 5	Eisenstahl; Behandlung siehe unter Eisenstähle																		
11	18 NiCrMo 15	1050-850	680-650	85	Eisenstahl; 500-800 Öl															
12	20 MnCr 4	Eisenstahl; Behandlung siehe unter Eisenstähle																		
13	22 MnCr 6	Eisenstahl; Behandlung siehe unter Eisenstähle																		
14	30 CrMoV 9	Behandlung siehe unter Warmarbeitsstähle																		
15	31 CrV 9	1050-850	680-720	75	830-850 Öl, Wasser															
16	K 32 CoAl 6	Nitrierstahl; Behandlung siehe dort																		
17	37 NiCr 10	1050-850	680-650	85	890-850 ¹⁾ Wasser															
18	50 NiCr 13	1050-850	680-650	85	840-870 ¹⁾ Öl, Gebälte															
19	70 Si 7	1050-850	680-740	80	830-850 Öl															
20	80 CrV 3	1050-850	680-710	88	800-830 Öl															
21	80 CrV 5	1050-850	680-710	88	790-810 Wasser															
22	80 NiCrV 8	1050-850	710-760	88	800-830 Öl															
23	80 W 4	1050-850	680-710	90	780-810 Wasser															
24	80 WCrV 8	1050-850	710-760	85	850-900 Öl															
25	85 Cr 1	1050-800	680-710	80	800-830 Öl															
26	85 Cr 7	1050-800	710-730	80	800-830 Wasser															
27	90 CrSi 5	1050-800	730-760	80	830-860 Öl															
28	90 MnV 8	1050-850	680-720	80	780-810 Öl															
29	100 Cr 6	1050-850	710-750	80	830-860 Wasser															

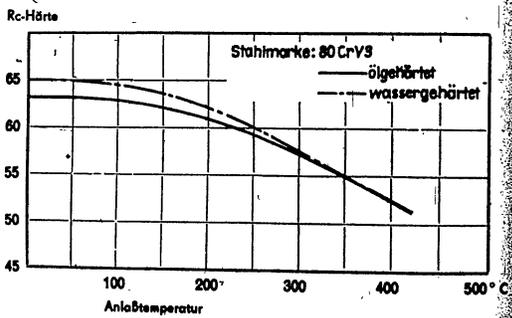
¹⁾ Prägewerkzeuge und Eisenstempel aus aufkühlenden Mitteln härten.



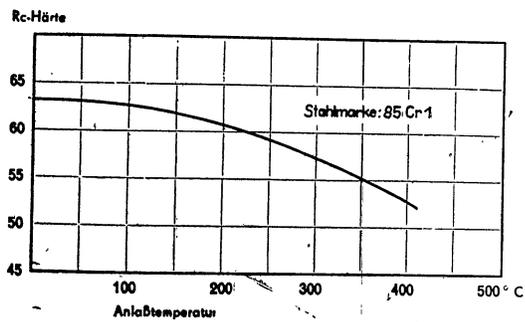
Skizze (Anlaß-Schaubild) 32



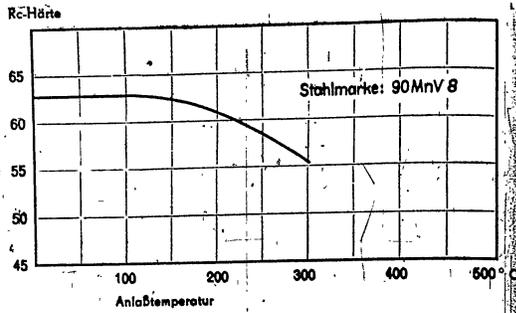
Skizze (Anlaß-Schaubild) 34



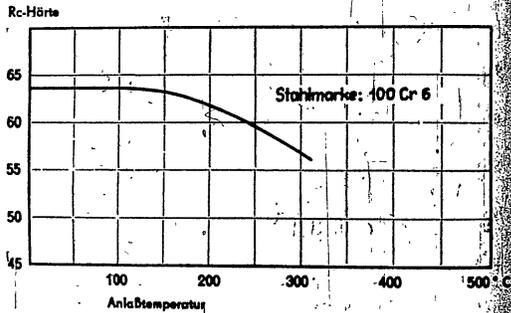
Skizze (Anlaß-Schaubild) 33



Skizze (Anlaß-Schaubild) 35

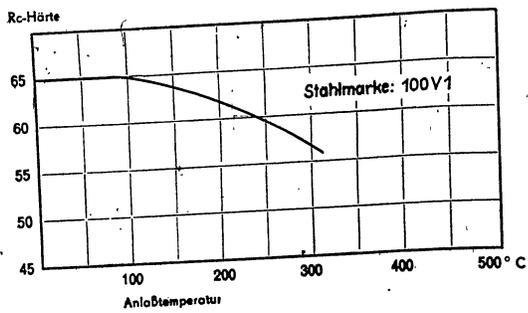


Skizze (Anlaß-Schaubild) 36

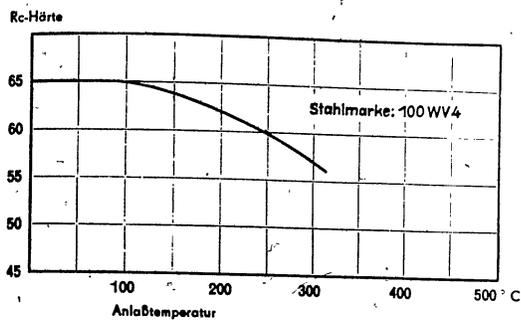


Skizze (Anlaß-Schaubild) 37

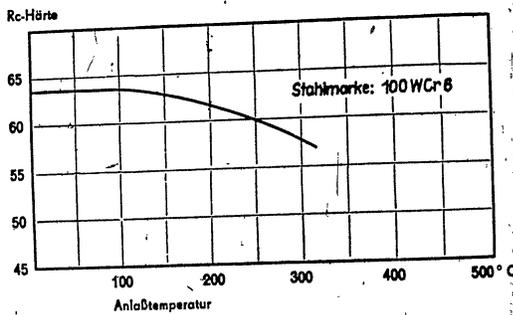
Prüfungs-Nr.	Stahlmarke	Wärmeformgebung °C	Weichglühen °C	Glühfestigkeit max. kg/mm²	Härten		Re-Coh.	Rc nach dem Anlassen auf °C					
					in °C	in		100	300	400	500		
38	100 V 1	1000-800	890-710	72	770-800	Wasser	43	63	63	63	57		
	100 V 3	1000-800	890-710	75	800-860	Wasser	43	63	63	63	57		
39	100 WC 6	1050-850	710-750	88	770-800	Öl	64	64	63	63	58		
40	100 WV 4	1050-850	710-750	80	770-800	Wasser	65	65	63	63	58		
	105 Cr 4	1050-850	710-750	70	770-800	Wasser	65	65	63	63	58		
	105 Cr 5	1050-850	730-780	75	780-880	Wasser	66	66	63	63	58		
41	105 MnCr 4	1050-850	690-790	80	800-830	Öl	64	64	63	63	57		50
	110 Cr 3	1050-850	710-750	80	780-810	Wasser	65	65	63	63	58		
	110 MnV 5	1050-850	710-750	80	800-880	Wasser	65	65	63	63	58		
42	110 WCIV 5	1050-850	710-750	88	780-810	Öl	64	64	63	63	59		
43	115 CrV 8	1050-850	710-750	80	810-840	Öl	64	64	63	63	57		
44	120 W 6	1050-850	710-750	80	810-840	Öl	64	64	63	63	58		43
	120 W 7	1050-850	710-750	80	810-840	Wasser	65	65	63	63	57		
45	120 WV 4	1050-850	710-750	80	810-840	Wasser	65	65	63	63	57		54
	125 Cr 1	1050-850	710-750	80	780-810	Wasser	65	65	63	63	57		
46	125 Cr 1	1050-850	710-750	85	780-810	Wasser	65	65	63	63	57		
	125 Cr 15	1050-850	710-750	85	830-860	Öl	64	64	63	63	58		
	125 W 19	1050-850	710-750	90-95	800-830	Wasser	66	66	63	63	58		
47	125 WCIV 4	1050-850	710-750	88	800-830	Wasser	66	66	63	63	60		
	125 Cr 8	1050-850	710-750	80	770-800	Wasser	66	66	63	63	58		
48	125 WCIV 13	1050-850	710-750	85	790-820	Wasser	67	67	65	65	60		
49	145 Cr 6	1050-850	710-750	88	800-830	Salzwasser	64	64	63	63	58		
	145 CrV 6	1050-850	710-750	88	830-870	Öl	65	65	63	63	50		



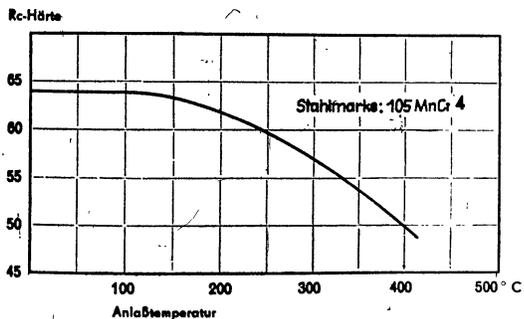
Skizze (Anlaß-Schaubild) 38



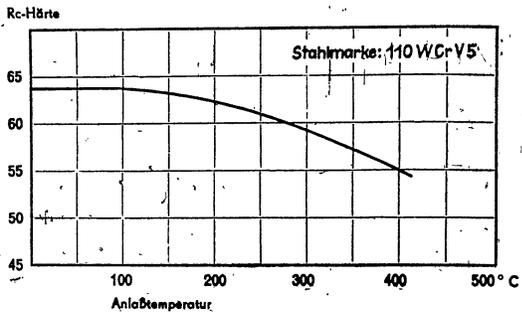
Skizze (Anlaß-Schaubild) 40



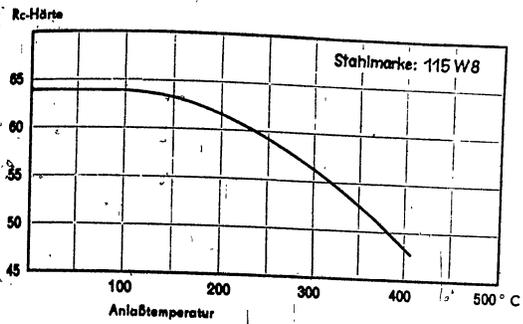
Skizze (Anlaß-Schaubild) 39



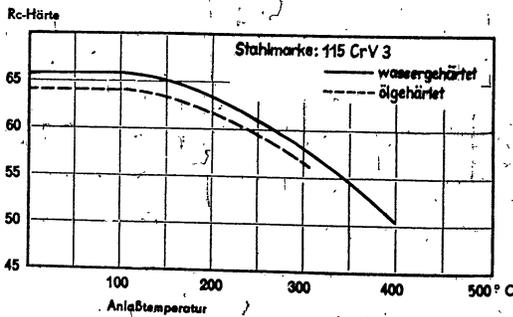
Skizze (Anlaß-Schaubild) 41



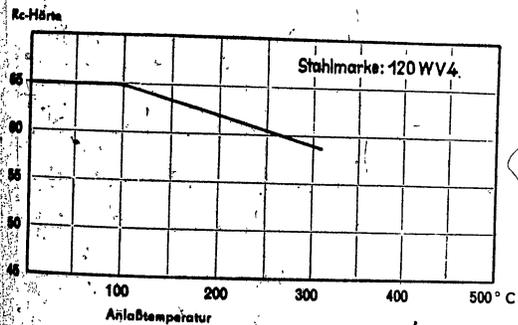
Skizze (Anlaß-Schaubild) 42



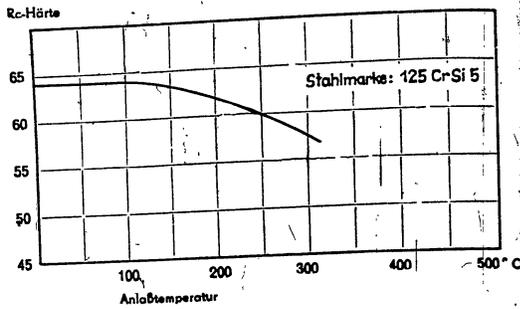
Skizze (Anlaß-Schaubild) 44



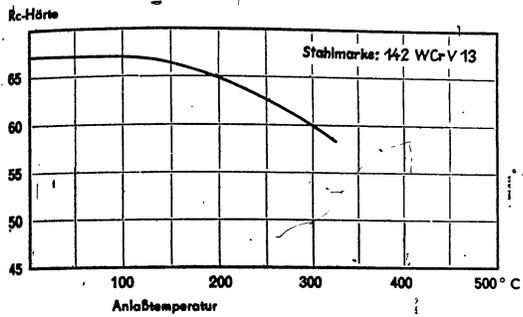
Skizze (Anlaß-Schaubild) 43



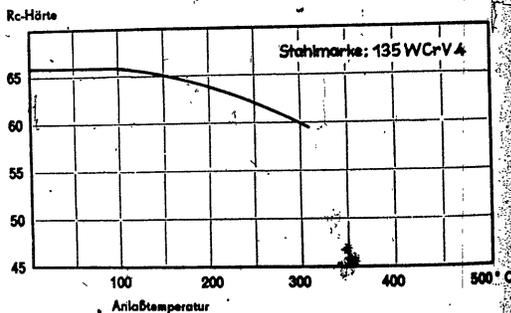
Skizze (Anlaß-Schaubild) 45



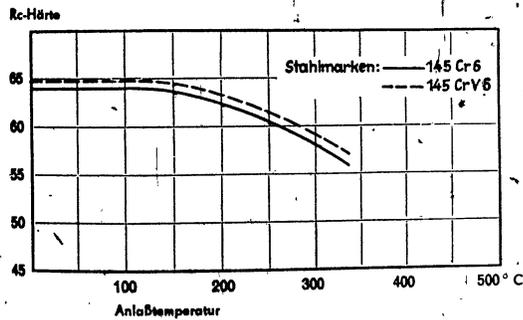
Skizze (Anlaß-Schaubild) 46



Skizze (Anlaß-Schaubild) 48

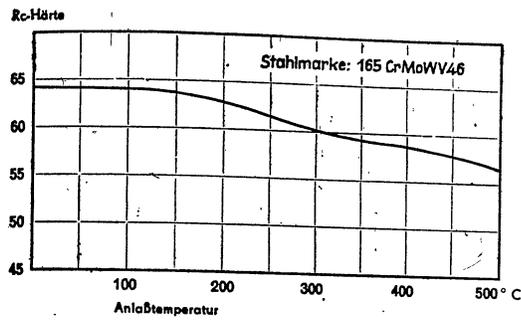


Skizze (Anlaß-Schaubild) 47

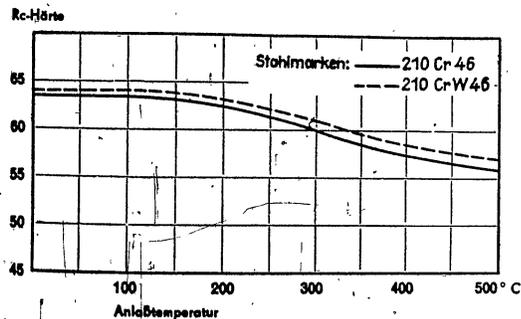


Skizze (Anlaß-Schaubild) 49

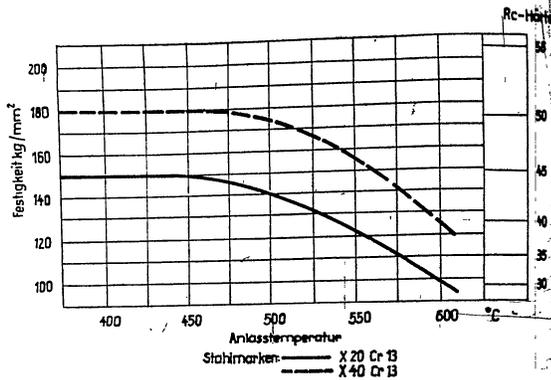
Anlaß-Schaubild Nr.	SES-Bez.	Warmformgebung °C	Weichglühn °C	Glühfestigk. max. kg/mm²	Härten °C	Härten in	Rc-Festigkeit nach dem Anlassen auf °C	
							100 200 300 400 500 600	100 200 300 400 500 600
50	160 CrSi 14	1050-850	750-780	95	840-860	Öl	64	62 61
	165 CrMoWV 46	1000-850	820-860	85	1000-1030	Luft, Öl, Warmbad	64	63 60 59 59
51	200 Cr 8	1050-850	780-810	92	840-860	Öl	64	61 59
	210 Cr 46	1050-850	800-840	85	920-950	Öl, Warmbad, 400-450° Luft	63-64	63 60 57
52	210 CrW 46	1050-850	800-840	85-90	940-970	Luft	63	
					940-970	Öl, Warmbad, 400-450° Luft	63-66	64 63 61 58
53	X 20 Cr 13	1100-900	760-800	75	980-1020	Öl	160	
					980-1020	Öl	195 55 54 50	



Skizze (Anlaß-Schaubild) 50



Skizze (Anlaß-Schaubild) 51



Skizze (Anlaß-Schaubild) 52

Unlegierte Werkzeugstähle

Bei den unlegierten Werkzeugstählen gibt es drei Gruppen: W 1, W 2 und W 3. Diese Bezeichnungen bedeuten: Werkzeugstahl 1. Güte, Werkzeugstahl 2. Güte und Werkzeugstahl 3. Güte. Der Unterschied zwischen diesen drei Gruppen besteht in der Hauptsache im folgenden: mit fallender Güte steigt der Schwefel- und Phosphorgehalt, nimmt der Mangengehalt zu, steigt die Tiefe der Einhärtung und die Härtetemperaturgrenze nimmt ab. Das heißt, daß ein Stahl der Güte C 70 W 1 gegenüber dem Stahl C 75 W 3 einen niedrigeren P- und S-Gehalt und weitere Härtetemperaturen hat; andererseits härtet er nicht so tief ein wie der Stahl C 75 W 3. Auch die übrigen Eigenschaften sind bei dem Stahl der ersten Güte natürlich besser als bei einem Stahl der niedrigeren Qualitäten (z. B. die Glühung). In den Stahlwerken wird die Produktion laufend geprüft. Stähle, die als Stahl der Güte 1 erschmolzen wurden, jedoch nicht den Anforderungen in bezug auf die Härtetemperaturen und die

sonstigen Bedingungen dieser Güte entsprechen, werden in Güte 2 oder gar 3, entsprechend ihren Qualitäten, eingestuft. In größeren Edelstahlwerken wird jede Charge durch Härtebruchproben auf die Härbarkeit geprüft und danach in die zutreffende Gütegruppe eingestuft.

Im allgemeinen ist folgende Härteabstufung auf Grund des C-Gehaltes gegeben:

Weich	mit etwa 0,65% C
Zäh	mit etwa 0,75–0,9% C
Extrazähhart	mit etwa 0,90–1,1% C
Mittelhart	mit etwa 1,10–1,30% C
Hart	mit etwa 1,30–1,5% C

Für die Stoß- und Schlagbeanspruchung wählt man die Stähle mit einem C-Gehalt von unter 1,0% C und für Verschleiß- und Schneidbeanspruchung über 1% C.

Man soll die unlegierten Werkzeugstähle genauso wie ja alle anderen Stähle möglichst an der unteren Härtetemperatur härten, damit der Verzug so gering wie möglich gehalten werden kann.

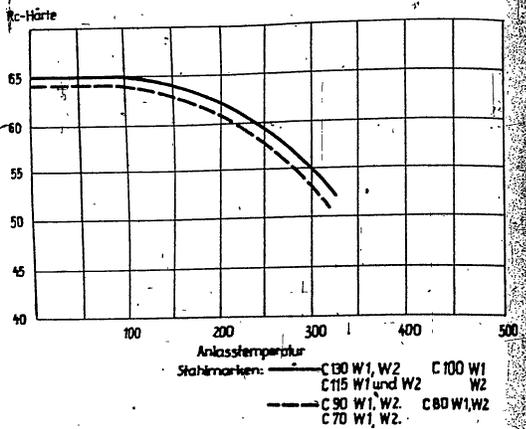
Die unlegierten Werkzeugstähle weisen praktisch nach dem Härten zweierlei Gefüge auf, im Korn das zähe Gefüge — das aus den weicheren Gefügebestandteilen Perlit bzw. Troostit und Sorbit besteht und am Rand das harte Gefüge des Martensit. Aus diesem Gefügeunterschied ergeben sich auch die größeren Schwierigkeiten bei der Härtung unlegierter Stähle. Diese Stähle neigen eher als die legierten Stähle zum Verziehen und Reißen. Man muß daher beim Härten besondere Sorgfalt walten lassen. Die Härteschicht ist bei der 1. und 2. Qualität etwa 2 bis 3 mm stark. Schwache Teile härten durch. Man kann die schwachen Teile ebenfalls in Öl härten. Auch die gebrochene Härtung ist teilweise anwendbar. Die Erwärmung der unlegierten Stähle muß besonders gleichmäßig erfolgen, damit Härtespannungen von vornherein vermieden werden. Für viele Verwendungszwecke haben sich die unlegierten Werkzeugstähle auch heute noch bewährt und können nicht durch die legierten Stähle ersetzt werden. Bei richtiger Härtung ist die Härte der hochgekohlten Stähle meist höher als bei den legierten Stählen, man spricht von einer „giftigeren“ Härte. Die Werkzeuge sollen auf jeden Fall angelassen werden, zumindest muß ein Entspannen erfolgen. Es ist zu beachten, daß die unlegierten Stähle, schon über 100° angelassen, an Härte verlieren.

Die Anlaßkurven für verschiedene Kohlenstoffgehalte sind in dieser Broschüre enthalten. (Die beste Zähigkeit erreicht man auch bei diesen Stählen durch möglichst zweimaliges Anlassen.

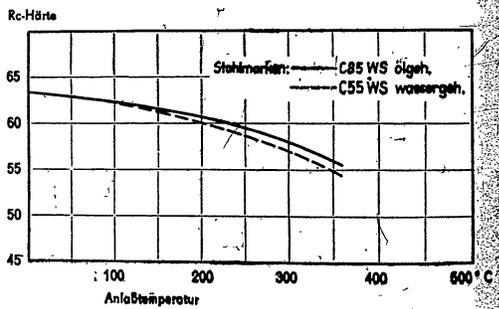
Wärmebehandlungsvorschriften
 Unlegierte Werkzeugstähle

Nr.	Stahl-Spezifikation	Wärmebehandlung °C	Weichglüh °C	Glibhglüh °C	Glibhglühzeit max. kg/mm²	Härten		Rc nach dem Anlassen auf °C						
						in °C	in °C	100	200	300	400	500	550	
56	C 85 W 8	1100-800	680-710	58-65	Einschleifen 820-890 °C Wasser 1. Härten Oberflächentiefe 64 Rc 2. Härten Kerntiefe 50-55 kg/mm²	770-800	Wasser	46	nach Bedarf	57	54	50		
		1100-800	680-710	60		790-820	Wasser	57	54	50				
		1050-800	680-710	63-68		790-820 (technische Teile)	Wasser	50						
54	C 85 W 8	1100-800	680-710	60-65	790-820	Wasser	65	nach Bedarf	68	60	57			
		1100-800	680-710	64	790-820	Wasser	65	64	56	54				
58	C 70 W 1	1050-800	680-710	70	770-800	Wasser	55	56	54					
		1000-800	680-710	65-70	770-800	Wasser	55	56	54					
58	C 70 W 2	1000-800	680-710	65-70	770-810 (810-840)	Wasser	63	65	61	57				
		1000-800	680-710	65-70	770-810 (810-840)	Wasser	63	65	61	55				
58	C 75 W 8	1000-800	680-710	75	780-800	Wasser	63	65	61	55				
		1000-800	680-710	75	780-800	Öl	63	65	61	55				

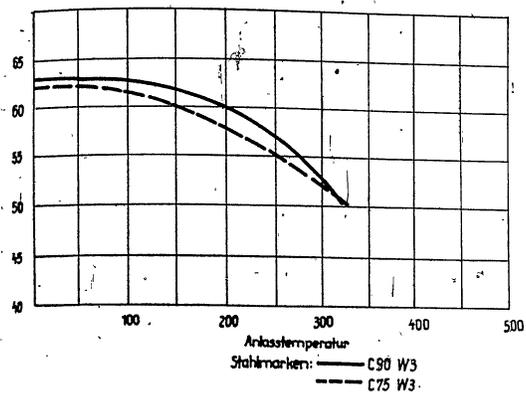
Nr.	Stahl-Spezifikation	Wärmebehandlung °C	Weichglüh °C	Glibhglühzeit max. kg/mm²	Härten		Rc nach dem Anlassen auf °C					
					in °C	in °C	100	200	300	400	500	600
58	C 80 W 1	1000-800	680-720	65-68	770-800 (800-830)	Wasser	64	64	63	54		
		1000-800	680-720	65-68	770-810 (800-830)	Wasser	64	64	63	54		
54	C 85 W 5	1000-800	680-720	75	770-800 (800-830)	Wasser	63	63	60	58		
		1000-800	680-720	70	770-800 (800-830)	Wasser	64	64	63	55		
58	C 90 W 8	1000-800	680-720	80	770-810 (800-830)	Wasser	65	64	61	53		
		1000-800	680-720	80	770-810 (800-830)	Wasser	65	64	61	53		
58	C 100 W 1	1000-800	680-720	78	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
		1000-800	680-720	78	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
58	C 105 W 8	1000-800	680-720	78	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
		1000-800	680-720	78	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
58	C 115 W 1	1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
		1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
58	C 115 W 8	1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
		1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
58	C 130 W 1	1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
		1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
58	C 130 W 8	1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		
		1000-800	680-720	76	750-780 (780-810)	Wasser	65	65	64	58		



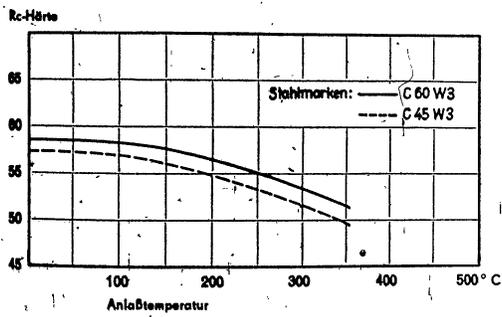
Skizze (Anlaß-Schaubild) 53



Skizze (Anlaß-Schaubild) 54



Skizze (Anlaß-Schaubild) 55



Skizze (Anlaß-Schaubild) 56

Wälzlagerstähle

Die Anforderungen an Wälzlagerstähle bestehen in der Hauptsache darin, daß folgende drei Bedingungen erfüllt werden müssen:

1. genügende Weichheit bei der Anlieferung,
2. hoher Reinheitsgrad des Materials,
3. Oberfläche möglichst frei von Entkohlung und Riefen.

Die Härte des Materials zur Produktion von Kugellagern oder Rollen muß wegen der Bearbeitung auf Automaten niedrig sein. Für Kugeln ist diese Bedingung insofern notwendig, da sonst eine Kaltverformung des Materials Schwierigkeiten bereiten würde.

Die Prüfung des Materials auf Reinheit erfolgt durch eine metallographische Untersuchung. Als Maßstab werden meist die Richtreihen von Diergarten zugrunde gelegt.

Ein möglichst entkohlungsfreies und riefenfreies Material ist besonders für die Blankstähle erforderlich.

Die Rollen und auch die gepreßten Kugeln erhalten sonst eine Weichheit, die eine Härteannahme verhindert. Das Gefüge des Wälzlagerstahls im weichgeglühten Zustand soll nur aus der Grundmasse und kugeligem Karbid bestehen, da auch nur dann die niedrige Festigkeit erreicht werden kann und eine gleichmäßige Härtung möglich ist. Die Lieferbedingungen von Kugellagerstahl sind in der verbindlichen TGL 2783 :1 niedergelegt, die in der Deutschen Demokratischen Republik Gültigkeit hat. Bei Lieferungen aus Importen, insbesondere aus Westdeutschland, müssen die dort geltenden Vorschriften beachtet werden.

Die Glühung großer Posten erfordert eine sehr lange Zeit. Nach „Küntscher — Technische Baustähle —“¹ werden etwa 30 Stunden für eine Charge von 10 bis 15 t benötigt. Diese Zeit setzt sich wie folgt zusammen:

Normalglühen:	Weichglühen:
Aufheizen auf 860° 6 Std.	Hochheizen auf 790° 4 Std.
Haltezeit bei 860° 1 Std.	Haltezeit bei 780° 40 Std.
Luftsturz auf 500° 1 Std.	Abkühlung bis 500° 8 Std.
	Schlußabkühlung auf Raumtemperatur in Luft

Zur Erzielung eines besonders feinen Kornes bei der Härtung wird von Prof. Dr. Küntscher eine Doppelhärtung empfohlen:

1. Härtung von 840 bis 850° im Wasser oder Öl,
2. Härtung von 820 bis 830° im Wasser oder Öl.

¹ Küntscher, Technische Baustähle, Wilhelm Knapp Verlag, Halle 1968, 4. Auflage.

In Öl werden meist die Wälzlagerstähle und auch Stähle mit erhöhtem Mangan- oder Siliziumgehalt gehärtet. Kugeln und Rollen werden in Wasser gehärtet.

Nach dem Härten soll ein Entspannen oder Anlassen bei etwa 200° erfolgen:

Laut Werkstoffblatt 350-53 sind für die Wärmebehandlung die in der nachstehenden Tabelle zusammengefaßten Temperaturen anzuwenden:

SES-Bes.	Warmformgebung °C	Weichglühen °C	Glühfestigkeit max. kg/mm ²	Härten		Rockwell-Härte nach dem Härten	Anlassen ²⁾ °C
				°C	in		
10 Cr 2	1100-850	750-800	1)	780-810 810-840	W Ö	58-66 ³⁾	150-170
20 Cr 4	1100-850	750-800	1)	780-820 820-850	W Ö	58-66 ³⁾	150-170
30 Cr 4	1100-850	750-800	1)	(800-830 830-870	W Ö	58-66 ³⁾	150-170
50 CrNi 6	1100-850	740-790	77	830-880	Ö	58-66 ³⁾	150-170

¹ Nach dem Werkstoffblatt 350-53 soll die Brinellhärte zwischen 170-307 kg/mm² = 90-75 kg/mm² Festigkeit liegen. Für geschmiedenes Material wird eine max. Härte von 219 kg/mm² = 77 kg/mm² Festigkeit zugelassen.

Die TGL 2783 mit einer maximalen Härte von 307 kg/mm² = 75 kg/mm² Festigkeit auf geschmiedenes Material kann nach dem Ziehen bloßen Entspannungsglühungen unterworfen werden, bei dem jedoch keinerlei Zunderbildung auftreten darf.

² Die Oberflächenhärte für die verschiedenen Teile ist nach dem Werkstoffblatt wie folgt festgelegt:

- für Kugeln 60-66 Rc
- für Kurvenrollen 58-65 Rc
- für Walzen 58-64 Rc
- für sonstige Teile 58-63 Rc.

³ Das Anlassen soll möglichst in Bädern oder im Luftwanneofen durchgeführt werden.

Legierte Baustähle

Einsatzstähle

Die kennzeichnende Eigenschaft der Einsatzstähle ist, daß sie bei richtiger Wärmebehandlung eine hohe Oberflächenhärte und einen zähen Kern erhalten. Ein Vorteil der Einsatzstähle ist ferner, daß sie eine erhöhte Dauerfestigkeit (Schwingungsfestigkeit) besitzen. Mit steigender Festigkeit nimmt die Dauerfestigkeit zu. Darüber hinaus wird die Kerbempfindlichkeit der Oberfläche herabgesetzt. Die Herabsetzung der Kerbempfindlichkeit wird durch die in der Außenzone auftretenden Druckspannungen erreicht.

Bei der Stahlauswahl sind nachstehende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

1. bei reinem Verschleiß, ohne hohe Anforderungen an den Kern, genügen unlegierte bzw. niedriglegierte Stähle, wie z. B. 15 Cr 3,
2. wird das Maschinenteil außer auf Verschleiß auch auf *Druck, Zug, Biegung und Verdrehung* beansprucht, muß man Stähle höherer Kernfestigkeit nehmen. Es genügen hier meist Cr-Mn-Stähle (16 MnCr 5 20 MnCr 5 u. ä.),
3. kommt zu der Beanspruchung nach Punkt 2 noch eine stärkere schlag- oder stoßartige Beanspruchung hinzu, dann muß der Kern und die Einsatzschicht eine gewisse Zähigkeit haben. In diesen Fällen ist meist ein Cr-Ni-Stahl notwendig.

Die Eigenschaften der verschiedenen Stähle lassen sich kurz wie folgt zusammenfassen: reine Chromstähle haben gegenüber den unlegierten Stählen eine höhere Verschleißfestigkeit. Die Cr-Mn-Stähle sind in der Verschleißfestigkeit den Cr-Ni-Stählen überlegen, sie neigen nicht so stark zum „Fressen“. Die Chrom-Nickelstähle sind für besondere Ansprüche auf Zähigkeit geeignet. Ihr Anwendungsbereich erstreckt sich über alle Abmessungen.

Die Aufkohlung der Randzone erfolgt in kohlenstoffabgebenden Mitteln. Man kann entweder feste, flüssige oder gasförmige Aufkohlungsmittel verwenden.

Die festen kohlenstoffabgebenden Mittel bestehen in der Hauptsache aus Holzkohle, pulverisierter Lederkohle oder einer Mischung von 3 Teilen Holzkohle und einem Gewichtsteil Bariumkarbonat.

Die flüssigen Aufkohlungsmittel enthalten in der Hauptsache solche Bestandteile wie: Cyannatrium, dem Chloride und Carbonate beigemengt sind.

Als gasförmiges Mittel werden in der Hauptsache Leucht- und Propan- gas verwendet.

Die richtige Wahl des Aufkohlungsmittels ist sehr wichtig. Sowohl die Chrom-Mangan-Stähle als auch die Chrom-Molybdän-Stähle dürfen nur in „mildwirkenden“ Mitteln eingesetzt werden, da sonst Überkohlungen in der Randzone auftreten können, und sich ein sogenanntes Zementitnetz bildet, d. h. der überschüssige Kohlenstoff scheidet sich an den Korngrenzen als freier Zementit aus. Dieser Vorgang führt dann zu Abblätterungen beim Härten, Schleifen oder im Betrieb.

Die vorgeschriebene Temperatur beim Einsetzen muß eingehalten werden. Sowohl bei einer zu hohen als auch einer zu niedrigen Temperatur treten infolge eines ungenügenden Kohlenstoffausgleiches scharfe Übergänge zwischen Kern und Randzone auf, die solche Abblätterungen verursachen.

Die erforderliche Aufkohlungszeit soll durch eingesetzte Probestäbe aus dem gleichen Material kontrolliert werden. Als Faustregel kann man beim Einsatz in festen Mitteln für 1 mm Einsatztiefe eine Zeit von 5 Stunden rechnen. Bei flüssigen Einsatzbädern erzielt man 0,8 bis 1 mm Tiefe in etwa 2 bis 3 Stunden. Für Aufkohlungsmittel mittlerer Wirkung gilt folgende Zusammenstellung:

Zeit ¹⁾ Stunden	Eindringtiefe in mm bei:			
	unlegiertem Stahl		legiertem Stahl	
	850°	900°	850°	900°
1	0,4	0,6	0,5	0,8
5	0,8	1,2	1,0	1,3
10	1,2	1,5	1,5	1,8
30	1,5	2,5	1,8	2,8
60	2,5	4,5	3,2	5,2

¹⁾ Die Einsatzdauer rechnet erst vom Erreichen der Einsatztemperatur der eingesetzten Teile an.

Wichtig ist auch die Beachtung aller anderen Vorschriften für die Wärmebehandlung. So müssen auch die Teile nach einer starken mechanischen Bearbeitung bei 550 bis 650° spannungsfrei gegläht und nachfolgend langsam abgekühlt werden. Das Einbringen in den Ofen oder das Salzbad soll nach genügender Vorwärmung erfolgen, keinesfalls soll man die Teile kalt in den hochgeheizten Ofen einbringen.

Ein weiterer Fehler bei der Einsatzbehandlung kann durch Weichfleckigkeit entstehen. Die Weichfleckigkeit der eingesetzten Teile muß durch geeignete Maßnahmen vermieden werden; sie tritt infolge von Hohlräumen beim Einpacken oder des Setzens des Köhlungspulvers auf. Bei den nachfolgenden Behandlungen kann durch einen Luftzutritt eine Entkohlung auftreten, so z. B. beim Zwischenglühen oder Anwärmen zum Härten. Man kann die Entstehung solcher Entkohlung durch Einpacken in gebrauchtem Härtepulver, durch reduzierende Flammenführung bei den Gas- oder Ölfen, durch Anbringen von Schutzschleien bei elektrischen Öfen und Einlegen von Holzkohle an der Tür usw. vermeiden.

Ist die Härtetemperatur zu niedrig oder die Ablöschwirkung zu gering, entsteht ebenfalls Weichfleckigkeit. Bei unlegierten Stählen ist daher oft eine Salzwasserhärtung nötig. Bei hochlegierten Stählen tritt Weichfleckigkeit durch Überkohlung oder durch die Austenitbildung auf. Der Austenit kann durch ein Zwischenglühen und eine Schlußhärtung an der unteren Grenze beseitigt werden.

Bei der Aufkohlung in festen Mitteln (Pulvern) werden die Teile in Kästen eingepackt, so daß sie allseitig von einer genügend starken Schicht Härtepulver umgeben sind. Die Stellen, die weich bleiben sollen, werden durch ein Umkleiden mit einem Gemenge aus Asbest, Ton oder Lehm vor der Aufkohlung geschützt. Besser sind elektrolytische Überzüge aus Nickel oder Kupfer. Man kann die betreffenden Stellen auch stärker halten und dann vor dem Härten abdrehen.

Für die Wärmebehandlung gibt es verschiedene Behandlungsvorschriften je nach dem Verwendungszweck bzw. den Anforderungen, die man an die Teile stellt.

Das Gefüge der Einsatzstähle besteht metallographisch gesehen praktisch aus zwei verschiedenen Stählen. Der Kern ist ein Stahl mit 0,15 bis maximal 0,25% C, der Rand hingegen ist ein Stahl mit etwa 1% C. Will man also einen Einsatzstahl richtig wärmebehandeln, müssen aus diesem Grunde auch zwei Härtungen durchgeführt werden, da die Härtetemperaturen für einen C-Gehalt von 0,20 und von 1% verschieden sind. Diese Doppelhärtung ist aber nicht immer notwendig und man wird aus Gründen der Kostenersparnis nach Möglichkeit versuchen, mit einer einfachen Härtung auszukommen. Nachstehend sind die verschiedenen Möglichkeiten der Wärmebehandlung nach dem Einsetzen aufgezählt. Schon der Konstrukteur muß bestimmen, welche Wärmebehandlung für die verschiedenen Maschinenteile anzuwenden ist, da er auch am besten beurteilen kann, welchen Beanspruchungen die betreffenden Teile ausgesetzt sind.

Möglichkeiten der Wärmebehandlung von Einsatzstählen

	Nr. der Wärme- behandlungs- vorschrift
1. Einsetzen	1
Abkühlen in Öl oder Wasser (I. Härtung)	2
Anlassen	5
2. Einsetzen	1
Abkühlen im Einsatzkasten	—
Erwärmen auf Temperatur der II. Härtung	4
Ablöschen in Öl und Wasser	5
Anlassen	1
3. Einsetzen	—
Abkühlen im Einsatzkasten	3
Zwischenglühen	4
Erwärmen auf Temperatur der II. Härtung	5
Abkühlen in Öl und Wasser	1
Anlassen	—
4. Einsetzen	2
Abkühlen im Einsatzkasten	4
Erwärmen auf Temperatur der I. Härtung	5
Ablöschen in Öl oder Wasser	1
Erwärmen auf Temperatur der II. Härtung	2
Ablöschen in Öl oder Wasser	4
Anlassen	5
5. Einsetzen	1
Abkühlen in Öl und Wasser	2
Erwärmen auf Temperatur der II. Härtung	4
Ablöschen in Öl oder Wasser	5
Anlassen	1
6. Einsetzen	—
Abkühlen im Einsatzkasten	2
Erwärmen auf Temperatur der I. Härtung	3
Abkühlen in Öl oder Wasser	4
Zwischenglühen	5
Erwärmen auf Temperatur der II. Härtung	—
Ablöschen in Öl oder Wasser	4
Anlassen	5

- | | |
|---|---|
| 7. Einsetzen | 1 |
| Abkühlen in Öl oder Wasser | 2 |
| Zwischenglühen | 3 |
| Erwärmen auf Temperatur der II. Härtung | 4 |
| Ablöschen in Öl oder Wasser | |
| Anlassen | 5 |

Zu den einzelnen Arten der Wärmebehandlung ist folgendes zu sagen: Das einfachste Verfahren Nr. 1 ist nur für einfach geformte Teile anzuwenden, die einer geringen Beanspruchung unterliegen. Bei dieser Wärmebehandlung erfolgt eine Verfeinerung des Kernes, die Randzone aber ist durch die zu hohe Härtetemperatur überhitzt.

Die Verfahren 2 und 3 bewirken eine feine Randzone, der Kern wird jedoch nicht rückgefeint. Dadurch ergibt sich eine geringere Zähigkeit des Kernes. Beim Verfahren 3 ist der Verzug geringer als beim Verfahren 2. In beiden Fällen ist die Oberflächenhärte gut.

Die Wärmebehandlungen Nr. 4-7 werden als „Doppelhärtung“ bezeichnet. Das beste, aber auch das teuerste Verfahren ist das Verfahren Nr. 6. Bei der Behandlung nach 4 und 5 erhält man eine sehr gute Oberflächenhärte und hohe Kernzähigkeit. Bei der Behandlung 6 und 7 ist der Verzug besonders niedrig. Bei allen vier Wärmebehandlungen ist das Gefüge sowohl des Kernes als auch des Randes entsprechend seinem Kohlenstoffgehalt richtig gehärtet und damit feinkörnig.

Die neue TGL beschränkt sich auf vier Behandlungen und zwar:

- | | |
|-------------|--------------------|
| Verfahren 1 | Verfahren 4 bzw. 5 |
| Verfahren 2 | Verfahren 6 bzw. 7 |

Bei einer Pulveraufkohlung wird man den Stahl meist im Kasten abkühlen lassen und neu auf die Härtetemperatur erwärmen; bei einer Salzbadaufkohlung ist die direkte Härtung aus dem Salzbad in Wasser oder Öl in ein Salzbad von 200 bis 300° günstiger. Das Abschrecken im Salzbad kann nur dann durchgeführt werden, wenn der Cyangehalt des Aufkohlungsbades nicht höher als 15% ist.

Das Erwärmen für die Härtung ist rasch, möglichst im Salzbad durchzuführen, wenn eine Doppelhärtung vorgenommen wird. Zur Vermeidung von Rissen und zur Verminderung des Verzuges bei einer Doppelhärtung wird empfohlen, den Stahl in einem Salzbad von 550° abzukühlen und ihn anschließend sofort im Salzbad auf die Temperatur der Härtung II zu erwärmen.

Ein Anlassen der einsatzgehärteten Teile ist unbedingt durchzuführen, da hierdurch die Verschleißfestigkeit steigt und insbesondere auch die Bildung von Schleifrisen vermieden wird.

Werden Stähle sehr tief eingesetzt, so entsteht die Gefahr der Bildung eines Zementitnetzes bzw. eines Schalenzementits. Es ist daher notwendig, diesen Schalenzementit in kugeligem Zementit umzuwandeln. Dies geschieht am zweckmäßigsten durch eine Glühung bei einer Temperatur von über 900° und durch ein Abkühlen in der Luft oder im Öl mit nachfolgender Glühung bei 700°. Dieses Ergebnis erreicht man auch bei der Doppelhärtung, wenn man die I. Härtetemperatur etwas höher wählt und die Zwischenglühung bei 700° durchführt.

In der nachstehenden Tabelle sind die Kernfestigkeiten für verschiedene Stähle und Durchmesser angegeben.

TABELLE 3

Streubereich der Kernfestigkeit nach dem Abschrecken in Abhängigkeit vom Querschnitt (Blindhärteproben 80 mm Quadrat)

Stahlmarke	10 mm	30 mm	80 mm Stärke	
15 Cr 3	70-100	60-85	50-75	kg/mm ²
16 MnCr 5	95-125	80-110	65-95	..
20 MnCr 5	110-145	100-130	85-120	..
22 MnCr 6	-	115-160	105-140	..
15 CrNi 6	100-130	90-120	80-110	..
18 CrNi 8	130-165	120-145	110-135	..
ECMo 80	-	-	-	..
(Ähnl. 16 CrMo 4)	100-130	85-110	70-100	..
ECMo 100	-	-	-	..
(Ähnl. 22 CrMo 4)	125-165	110-145	85-120	..
EN 15	-	-	-	..
(Ähnl. 18 NiCr 7)	70-95	60-80	50-75	..
EON 25	-	-	-	..
(Ähnl. 13 NiCr 12)	90-120	80-110	70-100	..
EON 35	-	-	-	..
(Ähnl. 13 NiCr 14)	100-130	90-120	80-115	..

Bei der Festlegung der richtigen Stahlmarke muß auch die Kernfestigkeit für verschiedene Abmessungen berücksichtigt werden. Die obige Tabelle soll ein Anhalt für die richtige Stahlauswahl sein. In der nach-

folgenden Tabelle sind die Temperaturen der Wärmebehandlung, also Temperaturen für das Einsetzen, die I. Härtung, das Zwischenglühen, die II. Härtung und das Anlassen sowie für das Glühen und Normalisieren und die Warmformgebung verschiedener Stähle aufgeführt. Ferner sind die Werte für die Rockwellhärten der Oberfläche und die Kernfestigkeiten angegeben.

Vergütungsstähle

Bei den im vorigen Kapitel behandelten Einsatzstählen hat die Forderung nach einem zähen Kern die Begrenzung des Kohlenstoffgehaltes auf maximal 0,24% bedingt. Eine Ausnahme bildete nur der Stahl (K) 40 Cr 4, der nur für eine Cyan-Härtung geeignet ist.

Bei den nun zu behandelnden Vergütungsstählen liegt der Kohlenstoffgehalt durchweg im Bereich von 0,25 bis 0,50%.

Die legierten Vergütungsstähle enthalten folgende Legierungselemente: Chrom, Nickel, Molybdän, Vanadium bzw. Silizium und Mangan in höheren Prozentsätzen.

Diese Legierungselemente können einzeln oder kombiniert vorliegen je nach dem Verwendungszweck und den Anforderungen, die an das betreffende Bauteil gestellt werden.

Früher waren fast ausschließlich die Ergebnisse des Zerreiß- und Kernschlagversuches maßgebend. Man wählte die Stähle nach der ermittelten Streckgrenze, Festigkeit, Dehnung, Einschnürung und der Kerbschlagzähigkeit aus. Die Werte des Zerreißversuches können jedoch nur für statisch beanspruchte Teile gelten. Bei dynamisch beanspruchten Konstruktionsteilen liegen die Verhältnisse anders. Hier kommt der Begriff „Schwingungsfestigkeit“ hinzu, der für die Wahl des Stahls ausschlaggebend ist. Die Schwingungsfestigkeit steigt mit der Zerreißfestigkeit. Für Teile, die jedoch Kerben oder scharfe Übergänge aufweisen, trifft diese Erhöhung nicht hundertprozentig zu, da die Kerben sehr hohe Spannungsspitzen ergeben. Man muß daher die Teile nach Möglichkeit konstruktiv so gestalten, daß die erhöhte Schwingungsfestigkeit der Stähle mit höherer Zerreißfestigkeit voll ausgenutzt werden kann.

Unter Vergüten versteht man bekanntlich ein Härten in Wasser, Öl oder Luft, je nach der Stahlart, mit nachfolgendem Anlassen auf Temperaturen von etwa 300 bis 700°. Man kann Stähle bis auf Festigkeiten von etwa 150 kg/mm vergüten. In wenigen Fällen sind sogar höhere Festigkeitswerte möglich. Durch das Vergüten wird besonders das Verhältnis der Streckgrenze zur Zerreißfestigkeit stark gehoben. Trotz hoher Festigkeit werden die Zähigkeitswerte durch das Vergüten erheblich verbessert. Maßgebend ist nicht allein die verlangte Festigkeit, sondern vor allem auch der zu vergütende Querschnitt. Man kann nicht alle

Stahl- Nr. der Bezeichnung	Wärme- behandlung °C	Normal- temperatur °C	Geh.- mittel mm	Einsetzen in °C	I. Härtung		Zwischen- glühen		II. Härtung		Ober- flächen- Härte Rc	Kernfestigkeit kg/mm ²	Anlassen °C
					°C	in	°C	in	°C	in			
15 Cr 3	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-175
(R) 15 Cr 4	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 20 Cr 4	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 15 MnCr 5	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
18 MnCr 5	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 20 MnCr 4	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
20 MnCr 5	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
22 MnCr 6	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 13 NiCr 7	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 18 NiCr 12	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 18 NiCr 14	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
15 CrNi 6	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
18 CrNi 8	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
16 CrNi 4	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
23 CrNi 4	1100-850	870-800	1	P	870-800	W	650-680	770-800	W	65	60-85	60-15	150-200
(K) 40 Cr 4	1050-850	850-750	78	S	840-880	Cyanbad	790-810	810-830	0	64	120-140	60-30	150-180

Stähle vergüten. Das Durchvergüten richtet sich nach der Stahlart und der Legierung. In der nachstehenden Aufstellung sind für verschiedene Querschnitte und verlangte Festigkeiten die in Betracht kommenden Stähle angegeben, s. Tabelle 4.

Da die Durchvergütung vom Querschnitt abhängt, ist es meist zweckmäßiger, die Teile erst nach der Bearbeitung zu vergüten. Will man z. B. Zahnräder mit einem Fertigmaß von 200 mm \varnothing und einer Stärke von 35 mm herstellen, die dann auf die Festigkeit von 85 kg/mm² vergütet werden sollen, müßte man bei der Verwendung eines vergüteten Stahlstahls die Güte 30 Cr Mo V 9 wählen. Bei der Vergütung im bearbeiteten Zustand kommt man jedoch schon mit dem Stahl 42 Mn V 7 aus. Außer dem Querschnitt und der verlangten Festigkeit können auch andere Gründe für die Wahl des Stahls maßgebend sein.

Wird z. B. für besonders genaue Zahnräder ein möglichst niedriger Verzug bei der Wärmebehandlung gefordert, so muß man einen Luft härter wählen, wenn auch festigkeitsmäßig ein Öl härter oder gar ein Wasserhärter genügen würde.

Das Anwendungsgebiet der unlegierten Stähle, also der Vergütungsstähle, ist auf die schwachen Querschnitte beschränkt. Bei größeren Querschnitten unter gleichen Anforderungen an die Festigkeit müßten Chrom-, Mangan-Silizium-, Chrom-Vanadium-, Chrom-Nickel- oder Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle angewandt werden.

Die früher üblichen Stähle auf der Chrom-Nickel-Basis nach DIN 1662 sind seit längerer Zeit durch Stähle mit geringerem Nickelgehalt (1 bis maximal 2%) und einem Molybdänzusatz abgelöst worden. Diese Stähle haben gegenüber den früheren Stählen VCN 25, VCN 35 und VCN 45 folgende Vorteile:

Durch den Molybdänzusatz sind diese Stähle von der Anlaßsprödigkeit vollkommen frei. Sie können daher nach dem Anlassen beliebig abkühlen. Der anwendbare Temperaturbereich beim Anlassen ist wesentlich breiter, so daß auch höhere Vergütungsfestigkeiten bei guter Zähigkeit angewendet werden können.

Infolge der günstigeren Erstarrung beim Gießen der Rohblöcke ist der Abfall der Festigkeitseigenschaften, insbesondere der Zähigkeit, in der Querrichtung gegenüber der Längsrichtung geringer. Es entsprechen:

- VCN 25 dem Stahl 36 CrNiMo 4
- VCN 35 dem Stahl 34 CrNiMo 6
- VCN 45 dem Stahl 30 CrNiMo 8

Die Verwendung der genannten drei Stähle ist zur Zeit jedoch noch genehmigungspflichtig. Die Genehmigung wird vom Ministerium für Berg- und Hüttenwesen, HV Eisenindustrie, erteilt. Aus der Sowjetunion werden noch Chrom-Nickelstähle importiert, die den Normenstählen

TABELLE 4
Anwendungsbereich der Vergütungsstähle
in Abhängigkeit vom Durchmesser und der verlangten Festigkeit
kg/mm²

130	30 CrMoV 9 30 CrNiMo 8	30 CrMoV 9 30 CrNiMo 8		
120	36 CrNiMo 4 40 CrMo 4 42 MnV 7 42 CrV 6	34 CrNiMo 6 50 CrMo 4 50 CrV 4		
110			30 CrMoV 9 30 CrNiMo 8	
100	35 CrMo 4 40 Cr 4,35 Cr 4 35 SiMn 5 42 CrV 6	36 CrNiMo 4 40 CrMo 4 42 MnV 7 42 CrV 6	34 CrNiMo 6 50 CrMo 4 50 CrV 4	
90	25 CrMo 4 27 MnCrV 4 40 Mn 4	35 CrMo 4 40 Cr 435 Cr 4 35 SiMn 5 42 CrV 6	36 CrNiMo 4 40 CrMo 4 42 MnV 7 42 CrV 6	30 CrMoV 9 30 CrNiMo 8
80	Ck 60 Ck 45	25 CrMo 4 27 MnCrV 4 40 Mn 4 30 Mn 5	35 CrMo 4 40 Cr 435 Cr 4 35 SiMn 5 42 CrV 6	34 CrNiMo 6 50 CrMo 4 50 CrV 4
70			36 CrNiMo 4 40 CrMo 4 42 CrV 6 40 Mn 4 30 Mn 5	35 CrMo 4 35 SiMn 5
60	Ck 35	Ck 45		25 CrMo 4 27 MnCrV 4 30 Mn 5
50			Ck 45	
40	Ck 22		Ck 35	
30				
20	Ck 22			
bis 16 mm	üb. 16-40	üb. 40-100	üb. 100-250	\varnothing in mm

DE 1682 sehr ähnlich sind und nur gering abweichen. Eine einwandfreie Durchvergitung liegt dem vor, wenn die Festigkeit im Kern die gleiche ist wie am Rand. Ferner muß ebenfalls das Verhältnis vom Streckgrenze zur Zugfestigkeit gleich bleiben. Das Korngefüge darf nach dem Vergüten keinen freien Ferrit aufweisen. Das Abschreckmittel ist so zu wählen, daß es den Anforderungen des zu vergütenden Querschnitts und der Stahlart entspricht.

Je schroffer die Abkühlung, desto besser ist die Durchvergitung und desto günstiger liegen die mechanischen Werte.

Nach dem Anlassen kann bei den niedriglegierten Stählen Befestig abgekühlt werden.

Bei anderen Stählen, insbesondere bei den Chrom-Nickelstählen, muß nach dem Anlassen eine Abkühlung in Öl oder Wasser erfolgen, damit die Anlaßsprödigkeit, die sonst bei einer zu langsamen Abkühlung auftritt, vermieden wird.

In den nachstehenden Tabellen sind die Wärmebehandlungsverfahren für die Vergütungsstähle angegeben. Bei den Chrom-Nickelstählen sind für das Härten, Anlassen und für die Festigkeitswerte zwei Spalten vorgesehen, die durch 1. und 2. gekennzeichnet werden. Spalte 1: diese Werte gelten für die früheren Normstähle VCN 25 W, VCN 25 H usw. Spalte 2: diese Werte entsprechen Angaben aus dem Buch: „GOST-Normen, die Eigenschaften der wichtigsten Baustähle“.

Die Angaben sind zum Teil nicht vollständig, d. h. es ist nur ein kleiner Anlaßbereich angegeben. Es war zur Zeit noch nicht möglich, ausführlichere Angaben anzugeben. Die Angaben für die Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung beziehen sich auf die Abmessung von 60 mm Ø. In dem folgenden vier Spalten sind Angaben über die Zugfestigkeit für verschiedene Durchmesser angegeben, die man bei den betreffenden Stählen ersehen kann. Die Zahlen für die Festigkeitswerte können nur als Anhalt dienen, da ihre exakte Angabe den Ballasten dieser Veröffentlichung sprengen würde.

In dem Vergütungs-Schemabildern bedeutet:

- Zugfestigkeit in kg/mm²
- Streckgrenze in kg/mm²
- Dehnung l = 5 dl in %
- Einschnürung in %
- W = Wasser
- Ö = Öl
- L = Luft

W(Ö) bedeutet also, daß der Stahl entweder in Wasser oder Öl abgeschreckt werden kann, wobei der zuerst genannten Art der Wärme zu gehen ist.

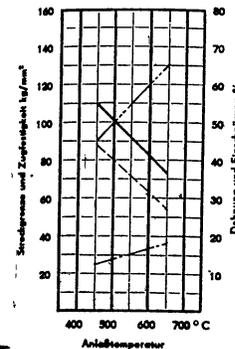
¹ GOST-NORMEN, Eigenschaften der wichtigsten Baustähle, Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1954.

Vergütungsstähle

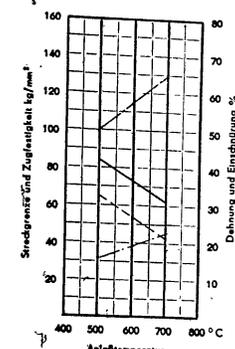
Stahl-Bezeichnung	Wärmebehandlung	Wärmebehandlung in °C	Wärmebehandlung in °C	Zugfestigkeit in kg/mm ²	Zugfestigkeit in kg/mm ²	Streckgrenze in kg/mm ²	Streckgrenze in kg/mm ²	Dehnung l = 5 dl in %	Dehnung l = 5 dl in %	Einschnürung in %	Einschnürung in %	Zugfestigkeit für Ø		Anlaßzeit in h	Anlaßtemperatur in °C	Härten	Härten in °C	Anlassen	Anlassen in °C	Festigkeitswerte für 60 mm Ø		Dehnung l = 5 dl in %	Dehnung l = 5 dl in %	Zugfestigkeit für Ø	Zugfestigkeit für Ø				
												16-18 mm	100-110 mm							1. Zugfestigkeit	2. Zugfestigkeit					1. Streckgrenze	2. Streckgrenze	1. Dehnung	2. Dehnung
(X) 30 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
(X) 30 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
31 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
(X) 35 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
(X) 40 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
46 Cr 6	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
(X) 30 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
58 Cr 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
(X) 30 Mn 4	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37
(X) 30 Mn 5	1050-850	880-780	850-780	80-80	80	60	60	18	18	18	18	100-110	100-110	18	18	W	840-870	840-870	600	600	80	80	18	18	100-110	100-110	18	18	37

SES-Bez.	Wärme-gleichung °C	Wärme-gleichung Normal- sieren	Güß-temperat. max. kg/mm ²	Hitzen °C	Anlassen °C	Festigkeitswerte für 40 mm Ø		Zugfestigkeit für Ø		Dynamische Verzögerung Nc
						Zug- festigkeit kg/mm ²	Streck- festigkeit kg/mm ²	bis 100- mm mm	10- mm mm	
96 Mn 5	1050-850	850-750	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	90-70 78-52	14-21	100- 115 118	86- 95 106	59
98 Mn 7	1050-850	850-750	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	90-75 78-55	15-20	100- 115 118	86- 95 106	59
(K) 40 Mn 4	1050-850	850-700	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	90-75 78-55	15-18	100- 115 118	86- 95 106	59
84 Ni 5	1050-850	850-700	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	90-75 78-55	> 40	100- 115 118	86- 95 106	59
70 Si 7	1050-850	850-700	80	830-850 830-840 810-830	0 0 0	90-70 78-50	5-18	100- 115 118	86- 95 106	59
(K) 40 MnCr 4	1050-850	850-700	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	115-97 100-86	8-18	100- 115 118	86- 95 106	59
(K) 30 NiCr 5	1050-850	850-700	70	830-850 830-840 810-830	0 0 0	83-66 80-44	19-23 ¹⁾ 17-20 ²⁾	100- 115 118	86- 95 106	59
(K) 30 NiCr 14	1050-850	850-700	80	830-850 830-840 810-830	0 0 0	103-77 94-53	18-24 ¹⁾ 18-24 ²⁾	100- 115 118	86- 95 106	59
(K) 30 NiCr 13	1050-850	850-700	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	100-78 90-58	15-23 ¹⁾ 9-15 ²⁾	100- 115 118	86- 95 106	59
37 NiCr 10	1050-850	850-700	75	830-850 830-840 810-830	0 0 0	104-80 95-60	18-26 ¹⁾ 14-21 ²⁾	100- 115 118	86- 95 106	59
(K) 37 NiCr 13	1050-850	850-700	80	830-850 830-840 810-830	0 0 0	112-85 100-75	14-21 9-15 ²⁾	100- 115 118	86- 95 106	59

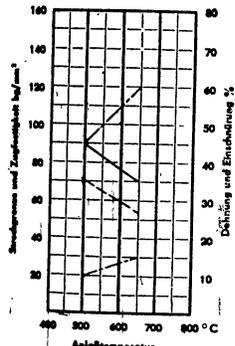
¹⁾ Verbleibt für die baharistom Normstäbe (VGN 15 mm).
²⁾ Verbleibt für die GOST-Normen. Die Eigenschaften der wichtigsten Bauteile.



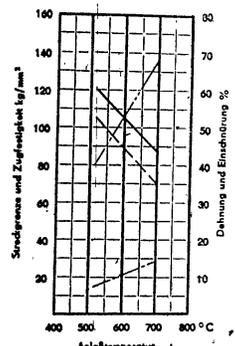
Skizze (Anlaß-Schaubild) 57
Stahlmarken: 30 Cr 4 (wasserdicht)
40 Cr 4 (ölgehort)



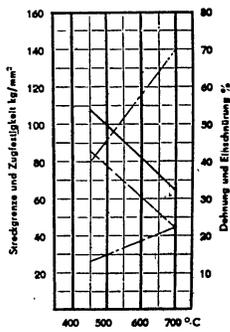
Skizze (Anlaß-Schaubild) 58
Stahlmarken: 30 Mn 5
40 Mn 5



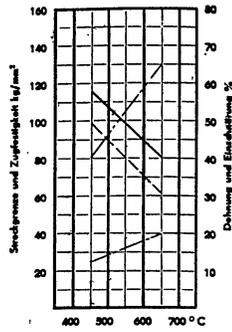
Skizze (Anlaß-Schaubild) 59
Stahlmarken: 36 Mn 7



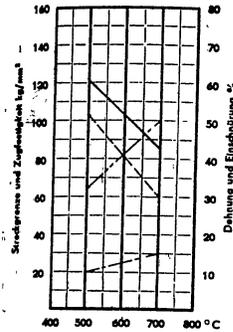
Skizze (Anlaß-Schaubild) 60
Stahlmarken: (K) 40 MnCr 4



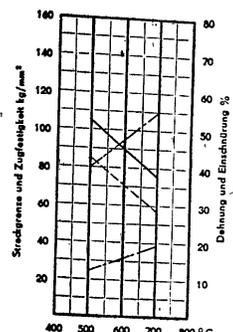
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 25CrMo 4
Skizze (Anlaß-Schaubild) 61



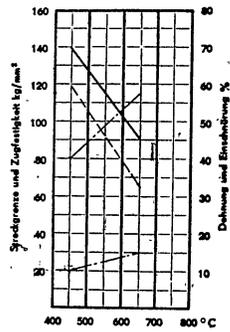
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 34CrMo 5
Skizze (Anlaß-Schaubild) 62



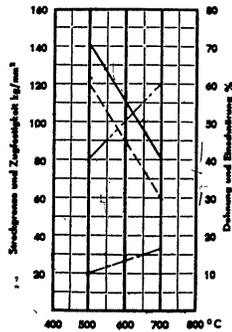
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 42 Mn V 7
Skizze (Anlaß-Schaubild) 65



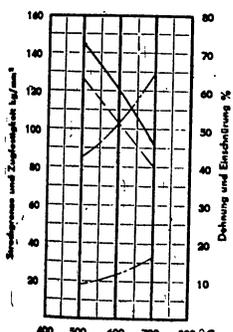
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 35 Si Mn 5
Skizze (Anlaß-Schaubild) 66



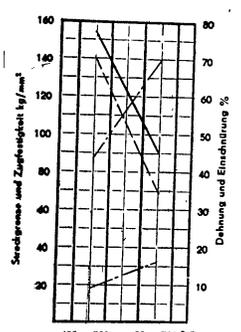
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 50 Cr Mo 4
Skizze (Anlaß-Schaubild) 63



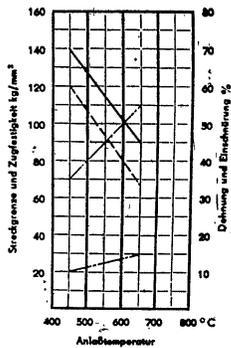
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 50 Cr V 4
Skizze (Anlaß-Schaubild) 64



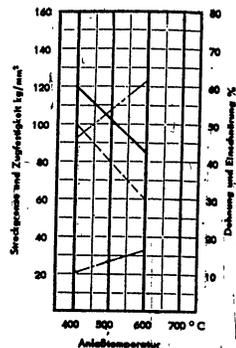
Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 30 Cr Mo V 9
Skizze (Anlaß-Schaubild) 67



Anlaßtemperatur
Stahlmarke: 30 Cr Ni Mo 8
Skizze (Anlaß-Schaubild) 68



Stahlmärke: 34 Cr Ni Mo 6
Skizze (Anlaß-Schaubild) 69



Stahlmärke: 36 Cr Ni Mo 4
Skizze (Anlaß-Schaubild) 70

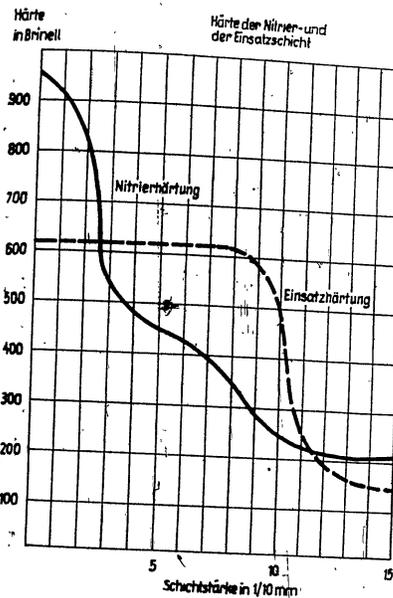
Nitrierstähle

Das Nitrieren ist ebenso wie das Einsatzhärten ein Härten der Stahloberfläche. Man erzielt bei der Nitrierhärtung eine sehr hohe Härte, allerdings nur in einer verhältnismäßig dünnen Schicht; dann fällt die Härte rasch unter die bei der Einsatzhärtung erzielte Rockwellhärte. Man kann mit Nitrierstählen auf Cr-Al-Mo-Grundlage Vickershärten von 1050 H_v, mit Cr-Mo-V-legierten Stählen Härten von 750 H_v erreichen.

Die Skizze 71 zeigt den Verlauf der Härte von der Stahloberfläche aus, wobei beide Härtungsmethoden gegenübergestellt werden.

Das Nitrieren beruht in der Aufnahme von Stickstoff und der dadurch verursachten Bildung von Nitriden an der Stahloberfläche. Die Temperatur beim Nitrieren beträgt etwa 500°, sie soll auf keinen Fall 580° überschreiten. Die Nitrierzeit ist sehr lang, sie beträgt etwa 80 Stunden. Nach Kallen und Schrader kann man bei einem Stahl mit 0,3% C, 1,5% Cr und 1% Al mit folgenden Nitriertiefen rechnen:

20 Std.	0,35 mm	80 Std.	0,68 mm
40 Std.	0,48 mm	100 Std.	0,76 mm
60 Std.	0,59 mm		



Skizze 71

Der Vorteil der Nitrierhärtung besteht vor allem in der außerordentlichen hohen Verschleißfestigkeit der Oberflächen nitrierter Teile; außerdem ist die Nitrierschicht bis etwa 500° warmfest, d. h., es tritt bis zu dieser Temperatur kein wesentlicher Härteabfall ein. Die Oberflächenhärte ist, wie schon oben gesagt wurde, sehr hoch. Sie liegt etwa 30% über der Martensithärte unlegierter C-Stähle.

Ein weiterer Vorteil ist die niedrige Nitriertemperatur, dadurch wird vor allem der Verzug gegenüber den Einsatzstählen wesentlich vermindert. Das nur geringe Wachsen der Schicht von etwa 0,02 bis 0,03 mm ermöglicht es, daß man bereits Teile mit Fertigmaß nitriert und sie dann nur leicht überschleift. Man kann auch das Wachsen von vornherein berücksichtigen. Die Nitrierung gibt erhöhten Korrosionsschutz, setzt die Wechselfestigkeit herauf und vermindert die Kerbwirkung.

Die Nachteile der Nitrierstähle liegen besonders in der Empfindlichkeit gegen Schlag, Stoß und starke Drücke. Die nur dünne Schicht kann bei starken Belastungen leicht eindrücken, bei Schlag und Stoß erfolgt ein Ablättern bzw. ein Reißen der Nitrierschicht.

Alle Nitrierstähle müssen vor dem Nitrieren vergütet werden. Es ist dabei unbedingt darauf zu achten, daß die Stähle nach dem Vergüten genügend bearbeitet werden, um eine entkohlte Haut zu beseitigen. Wenn das Material oder die betreffenden Teile eine entkohlte Schicht besitzen, ist eine einwandfreie Nitrierung nicht möglich. Die Nitrierschicht blättert dann ab.

Das Vergüten ist vor allem deswegen notwendig, um einen schroffen Gefügeübergang vom Kern zur Randzone zu vermeiden; außerdem erzielt man eine gewisse Kernfestigkeit.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß eine Härteprüfung nach Vickers nur mit geringen Belastungen durchgeführt werden darf, da sich sonst ganz falsche Werte ergeben würden. Bei zu hoher Prüflast drückt sich die Schicht ein und man bekommt niedrigere Vickerswerte, obwohl die tatsächliche Härte der äußeren Schicht einwandfrei und hoch genug ist.

Will man an einem Bauteil ein bestimmtes Stück nicht nitrieren, so kann man dies durch Schutzüberzüge aus Kupfer, Zinn, Zink oder Nickel erreichen.

Außer den nachstehend angeführten reinen Nitrierstählen können auch Stähle mit hohem Chromgehalt, z. B. nichtrostende Stähle zur Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit, oder Schnellstähle zur Erhöhung der Standfestigkeit nitriert werden. Die letzteren werden meist "bad-nitriert" (s. Abschnitt Schnellarbeitsstähle).

Die Nitrierung des 12%igen Chromstahls 210 Cr 46 ergibt bei besonders feinen Schnitten (z. B. für Reißverschlüsse) eine fünffache Leistung gegenüber nicht nitrierten Schnitten. Das Nitrieren erfolgt bei 550°. Zeitdauer 2½ Stunde, nach dem Nitrieren muß der Stahl im Wasser abgeschreckt werden (lt. Angaben tschechischer Fachkollegen).

SES-Bez.	Wärmeformgebung °C	Weichglühen °C	Güßfestigkeit max kg/mm²	Härten		Anlassen	Festigkeitswert nach dem Vergüten in Form		Oberflächenhärte H _v
				°C	in		Stückgröße kg/mm²	Dehnung %	
27 CAl 6	1050-850	650-700	75	870-900 880-910	W O	580-650	90-65	16	800
30 CrMoV 9	1050-850	680-720	80	840-870 850-880	W O	580-630	115-100	11	700
38 CrAlNi 4	1050-850	650-700	80	870-900 880-910	W O	580-650	90-80	12	900
K 35 CAl 6	1050-850	650-700	80	870-900 880-910	W O	580-650	100-80	12	900
K 35 CrMoV 5	1050-850	650-700	80	ca. 860	W O	800-820	100-80	12-15	750
K 38 CrAlNi 6	1050-850	650-700	80	940-950	O	ca. 100	ca. 100	10	900

Nitrierstähle

Stähle für Flammen-, Induktions- und Tauchhärtung

Bei diesen Stählen wird ebenfalls wie bei den Einsatz- und Nitrierstählen nur eine Härtung der Oberfläche vorgenommen, während der Kern zäh bleibt. Man verwendet diese Stähle in Fällen, wenn auf Grund der bekannten Beanspruchung ein Vergütungsstahl angewandt werden muß, aber auch dann, wenn eine harte, verschleißfeste Oberfläche gefordert wird. Die drei Härtungsverfahren sind:

Flammen- oder Brennhärten. Die Erwärmung des Stahls erfolgt durch Gasbrenner. Unmittelbar hinter dem Brenner ist eine Abschreckvorrichtung angebracht. Diese Vorrichtung, die die Form einer Brause hat, ist je nach dem zu härtenden Werkstück ring- oder flächenförmig ausgebildet.

Induktionshärtung. Das Erhitzen des Stahls wird durch Induzierung von Wirbelströmen im Werkstück erreicht. Die Abkühlung erfolgt mittels besonders geformter Vorrichtungen im Wasser oder Öl. Dieses Verfahren wird in Zukunft sehr an Bedeutung gewinnen.

Tauchhärtung. Bei diesem Verfahren erfolgt das Erhitzen durch kurzzeitiges Eintauchen in hochoverhitzte Metall- oder Salzbad, wobei nur die Oberfläche die Härtetemperatur erreicht. Bei der nachfolgenden Abschreckung wird die Stahloberfläche gehärtet.

Da keine Zufuhr von Kohlenstoff oder Stickstoff stattfindet, ist es notwendig, daß der Kohlenstoffgehalt des Stahls genügend hoch ist. Die Stähle weisen meist einen C-Gehalt von 0,35 bis 0,60% auf. Durch die rasche Erhitzung mit nachfolgender sofortiger, schroffer Abkühlung treten im Werkstück erhebliche Spannungen auf. Man kann diese Spannungen vermindern, wenn der Stahl in Wasser mit einer Temperatur von etwa 50° abgeschreckt wird. Nach der Oberflächenhärtung sollen die Teile sofort bei 160 bis 220° (je nach Bedarf) etwa 1 bis 2 Stunden entspannt werden. Vor der Oberflächenhärtung sind die Teile zu vergüten.

Bei der Oberflächenhärtung erzielt man Einhärtetiefen von etwa 2 bis 3 mm. Je nach der Stahlzusammensetzung ist es auch möglich, bis zu 30 mm Tiefe den Stahl einzuhärten.

Der Vorteil der Oberflächenhärtung besteht vor allem in der annähernden Verzugsfreiheit und der einfachen Wärmebehandlung.

Stähle für Flammen-, Induktions- und Tauchhärtung

SES	Wärmeformgebung °C	Weichglüh °C	Geh. festst. max. kg/mm²	Härten		Anlassen °C	Festigkeitswerte nach dem Vergüten im Kern		Oberflächenhärte H _v		
				°C	in		Festigkeit kg/mm²	Streckgrenze kg/mm²			
(K) 40 Mn 4	1100-850	650-700	75	820-850 830-860	W O	500-650	W O	90-75	70-45	15-18	52-58
46 SiMn 4	1050-850	680-720	78	830-850	W	500-650	L	105-80	70-60	10-12	52-58
(K) 35 SiMn 5	1050-850	680-720	78	830-850 840-860	W O	500-650	L/O	105-82	85-63	13-18	52-58
42 Mn V 7	1050-850	640-680	78	840-870 890-900	W O	500-650	L/O	125-95	112-70	10-14	55-61
(K) 50 Cr V 4	1050-850	680-720	80	820-870 830-850	O W	500-700	L/O	140-80	120-60	10-17	58-63

Warmfeste Baustähle

Bei den bisher behandelten Baustählen war die Raumtemperatur für die Festigkeitseigenschaften maßgebend. Bei den warmfesten Baustählen interessieren uns die Festigkeitswerte des Stahls bei erhöhten Temperaturen. Die für die Festigkeitsprüfung festgelegten Werte erstrecken sich in der Hauptsache auf die Streckgrenze und Dehnung bei den verlangten Temperaturen. Es wurden folgende Begriffe zur Beurteilung der Stahleigenschaften festgesetzt:

Warmstreckgrenze,
Kriechgrenze bzw. Dauerstandfestigkeit,
Zeitstandfestigkeit,
Zeitdehngrenze.

Diese Begriffe beinhalten:

Warmstreckgrenze ist die Streckgrenze des Stahls bei seiner Prüfung im WarmzerreiBversuch. Der mittels des KurzerreiBversuchs ermittelte Wert ist für Temperaturen bis zu 350° anwendbar. Bei höheren Temperaturen reicht jedoch dieser Wert nicht mehr aus, sondern man muß die

DVM-Kriechgrenze oder Dauerstandfestigkeit bestimmen. Hierunter versteht man diejenige Belastung, bei der in der 25. bis 35. Belastungsstunde die Dehngeschwindigkeit nicht größer als 10×10^{-4} %/Std. beträgt. Nach 45 Stunden darf die bleibende Dehnung nicht größer als 0,2% sein. Man spricht daher auch von der „0,2%-Grenze“. Diese im Langzeitversuch von 45 Stunden ermittelte Größe ist bis zu 550° brauchbar und ergibt einwandfreie Werte. Bei noch höheren Temperaturen genügen aber diese ermittelten Belastungsgrößen nicht mehr. Man muß dann Versuche über bedeutend längere Zeiten durchführen, um das Verhalten der Stähle bei höheren Temperaturen wirklich einwandfrei beurteilen zu können.

Zeitstandfestigkeit. Es gibt hier zwei verschiedene Bestimmungen, einmal die 10 000-Stunden- und die 100 000-Stunden-Grenze. Man versteht hierunter die Belastung, bei der nach 10 000 bzw. 100 000 Stunden ein Bruch zu erwarten ist. Zur Beurteilung zieht man ferner die *Zeitdehngrenze* heran, bei der nach 10 000 bzw. 100 000 Stunden eine Dehnung von 1% zu erwarten ist.

Die beiden zuletzt genannten Prüfungen sind natürlich sehr langwierig und auch sehr teuer, so daß sie nur für bestimmte Stahlgüten durchgeführt werden können, jedoch nicht als Abnahmeprüfung in Betracht kommen.

Die Werte für die Warmstreckgrenze und die Dauerstandfestigkeit bzw. DVM-Kriechgrenze sind im Edelstahlverzeichnis (Seite 53) angegeben. Die Behandlung der warmfesten Baustähle ist in der nachstehenden Aufstellung festgelegt. In dieser sind außerdem noch die Hochdruckstähle angeführt, die wasserstoffbeständig sind. Hierunter fallen die Stähle: 10 Cr 11 (Marke N 5 B), 10 CrV 11 (Marke N 5 A), 21 CrVMoW 12 (Marke N 10), 22 CrV 9 (Marke N 8 A). Diese Stähle wurden für den Einsatz in der chemischen Industrie geschaffen. Maßgeblich beteiligt war hieran das Leuna-Werk in Leuna. Der von Künstcher entwickelte Stahl N 10 hat bei geringsten Legierungsanteilen die besten Dauerstandfestigkeiten bei hohen Temperaturen und Drücken. Die DVM-Kriechgrenze dieses Stahls liegt bei 500° mit 23 kg/mm² weit über der anderer Stähle. Die Vorschriften über die Wärmebehandlung dieses Stahls sind in der bereits genannten Aufstellung enthalten, außerdem die Werte für die Warmstreckgrenze und die DVM-Kriechgrenze.

Wärmebehandlungsvorschriften für warmfeste Baustähle

StBz-Bez.	Wärmebehandlung °C	Weichglüh °C	Gibbfestigkeit max. kg/mm²	Vergüten		Elastizitäts- Streckgrenze kg/mm²	Mindestwärmestärke kg/mm² bei °C				Mindest-Dauerhaftigkeit kg/mm² bei °C	
				Härten °C	Anlassen in		300	300	350	400		450
10 Cr 11	1100-850	680-720	45	800-1000	L/O	650-720	45-55	19	18	15	10	5
10 Cr V 11	1100-850	680-720	45	850-1000	L/O	650-720	45-55	25	20	18	13	8
18 Cr Mo 4	1100-850	650-700	50	800-900	L/O	650-720	45-55	27	23	21	13	14 (9)
15 Mo 8	1100-850	650-700	45	910-940	L	670-720	45-55	24	20	17	14	11 (5)
18 Cr Mo 4	1100-850	680-720	60	800-900	O	600-680	50-70	22	20	26	25	13 (3)
19 Mo 5	1100-850	650-700	75	880-980	W	600-680	53-65	26	25	21	17	13 (3)
(N) 30 Mn 4	s. 19 Mo 5											
21 Cr Mo W 12	1100-850	680-720		1030-1050	O/L	650-720	50-55	53	50	48	42	33 (13)
28 Cr V 9	1100-850	680-720		850-900	O/L	680-720	75-90	44	40	37	28	20 (12)
28 Cr Mo 5	s. 24 Cr Mo 5											
24 Cr Mo 4	1100-850	680-720	75	800-900	O	600-650	80-95	54	54	54	45	24 (26)

StBz-Bez.	Wärmebehandlung °C	Weichglüh °C	Gibbfestigkeit mit kg/mm²	Vergüten		Festigkeits- Streckgrenze kg/mm²	Mindestwärmestärke kg/mm² bei °C				Mindest-Dauerhaftigkeit kg/mm² bei °C		
				Härten °C	Anlassen in		300	350	400	450		500	550
24 Cr Mo 5	1100-850	680-720	75	900-980	O	600-680	85-90	45	40	37	34	28	10 (5)
24 Cr Mo V 5-5	1100-850	650-700	75	970-1000	O/L	800-880	91-95	55	50	48	45	40	30 (10)
25 Cr Mo 4	1100-850	680-720	75	830-850	W	600-680	65-80	40	36	34	32	18 (8)	
25 Mo 8	1100-850	650-680	75	860	O	660	70-80	44	40	35	30	10	
25 Mo V 8	1100-850	650-680	75	850	O	680-700	70-80	44	40	35	30	10	
26 Cr V 7	1050-850	680-720	78	860-880	O	70-90	70-90	47	44	41	37	20 (10)	
28 Cr Mo 4	1050-850	650-700	80	870-900	W	600-650	80-95	50	44	36	33	18 (11)	
24 Cr Mo 5	1050-850	680-720	76	830-850	W	600-650	80-100	48	48	48	45	20 -10	
(N) 25 Cr Mo 4	siehe 24 Cr Mo 5												

Hochwarmfeste Stähle

In den letzten Jahren sind besonders in Westdeutschland neue Stähle entwickelt worden, die man als „hochwarmfeste Stähle“ bezeichnet. Diese Stähle sind nicht im Edeldahlverzeichnis enthalten. Vollständigkeitshalber sollen einige kurze Angaben über diese Stähle gemacht werden. Obwohl diese Stähle entsprechend ihrer Zusammensetzung praktisch mehr in das Gebiet der hitzebeständigen Stähle fallen, werden diese Angaben im Anschluß an das Kapitel „Wärmefeste Baustähle“ gemacht.

Es werden zwei Gruppen der hochwarmfesten Stähle unterschieden: a) die nicht austenitischen hochwarmfesten Stähle, b) die austenitischen hochwarmfesten Stähle.

a) Nicht austenitische hochwarmfeste Stähle

Chemische Zusammensetzung, %

Werkst.-Nr.	C %	Si %	Mn %	Co %	Cr %	Mo %	Ni %	V %	W %
4992	0,22	0,3	0,6	—	12,5	1,2	0,4	—	—
4997	0,18	0,3	0,5	—	12,0	1,0	0,6	0,25	—
4998	0,18	0,3	0,5	—	12,0	1,0	0,6	0,25	0,5
4993	0,22	0,3	0,6	1,8	12,5	2,0	0,4	—	—

Warmformgebung und Wärmebehandlung

Warmformgebung: 1100—900° für alle Stahlmarken.
 Weichglühen: 760—800° für alle Stahlmarken:
 Härten: 1000—1050° in Öl oder Luft für Stahl 4992
 1030—1060° in Öl oder Luft für Stahl 4997, 4998
 4998
 Anlassen: 680—740° für Stahl 4992
 700—750° für Stahl 4997, 4998
 700—780° für Stahl 4993

Schweißen

Alle Güten sind nach allen Verfahren schweißbar. Während des Schweißens, ist ein Anwärmen auf 300 bis 400° unbedingt notwendig. Die geschweißten Teile müssen im warmen Zustand neu vergütet werden.

Festigkeitswerte

1. Bei Raumtemperatur, Material vergütet

Werkst.-Nr.	Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²	Bruchdehnung l = 5 d	
			%	mindestens
4992	55	70—90	14	5
4997	60	75—95	13	5
4998	60	75—95	13	5
4993	60	75—95	13	5

2. 0,2-Grenze und DVM-Kriechgrenze

Werkst.-Nr.	0,2-Grenze bei			DVM-Kriechgrenze bei		
	500	550	600° C	500	550	600° C
4992	34	24	12	18	12	5 kg/mm ²
4997	38	27	15	24	16	7 kg/mm ²
4998	38	28	16	25	17	8 kg/mm ²
4993	48	36	20	36	20	8 kg/mm ²

3. Zeitstandfestigkeit und Zeitdehnung in kg/mm² bei ° C

Werkstoff-Nr.	Zeitstandfestigkeit						Zeitdehnung					
	σ_B			σ_B			$\sigma 1\%$			$\sigma 1\%$		
	10 000 h	100 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	100 000 h	10 000 h	100 000 h	100 000 h	100 000 h		
4992	30	17	8	25	12	—	24	11	4	20	6	—
4997	—	19	7	—	—	—	—	14	5	—	—	—
4998	—	22	9	—	17	4	1/2	18	7	—	12	(3)
4993	—	23	10	—	18	5	—	19	8	—	14	(4)

Anwendungsgebiet

Bis zu Temperaturen von 600°, wenn die Beanspruchung nicht zu hoch ist (Turbinenschaufeln, Turbinenläufer, Rohrleitungen für Heißdampf- oder Krackanlagen). Der Stahl 4997 hat eine geringere Warmfestigkeit und ist insbesondere für Anlagen gedacht, die gegen Druckwasserstoffangriffe beständig sein müssen.

b) Austenitische hochwarmfeste Stähle

Chemische Zusammensetzung %

Werkst.-Nr.	C	B	Co	Cr	Mo	N ₂	Ni	Nb	V	W
4961	0,07	—	—	16,5	—	—	12,5	10×%C	—	—
4989	0,07	—	—	16,5	1,8	—	16,5	10×%C	—	—
4988	0,07	—	—	16,5	1,3	0,12	13,0	10×%C	0,7	—
4984	0,07	0,07	—	16,5	1,8	—	16,5	10×%C	—	—
4999	0,07	—	20	16,5	2,8	0,12	20,0	10×%C	1,0	1,8

Warmformgebung und Wärmebehandlung

Werkstoff-Nr.	Warmformgebung °C	Abschrecken			Aushärten		
		Temp. °C	Haltezeit h	Abschreckmittel	Temp. °C	Haltezeit h	Abkühlmittel
4961	1150-800	1050-1100	1	Luft o. Wasser	—	—	—
4989	1150-800	1050-1100	1	Luft o. Wasser	—	—	—
4988	1100-950	1100-1150	3/4-1/2	Luft o. Wasser	750	5	Luft
4984	1100-950	1130-1150	3/4-1/2	Wasser	750	5	Luft
4999	1130-1000	1230-1250	1/2	Wasser	750	25-50	Luft

Die Güten 4961 und 4989 werden nur abgeschreckt, die Güten 4988, 4984 und 4999 „abgeschreckt und ausgehärtet“ verwendet. Der letztere Warmbehandlungsvorgang wird kurz als „wärmebehandelt“ bezeichnet.

Man kann höhere Warmfestigkeiten bei den Stählen 4988 und 4984 erzielen, wenn sie „warm-kalt-verfestigt“ werden. Es wird dann vor dem Aushärten eine Verformung von 12 bis 45% bei etwa 850 bis 750° oder eine gleiche Kaltverformung bei der Raumtemperatur durchgeführt.

Schweißen

Außer der Güte 4984 können alle Güte autogen, argonarc, elektrisch oder nach dem Widerstandspreßverfahren geschweißt werden. Die Güte 4984 kann preßgeschweißt werden, wenn die auftretende Temperatur unter 1170° bleibt.

Festigkeitswerte

1. Bei Raumtemperatur

Werkst.-Nr.	Behandlung	Streckgrenze kg/mm ²	Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung l = 5 d %	Kerbschlagzähigkeit DVM-Probe mkg/cm ²
4961	abgeschreckt	mind. 22	55-70	mind. 35	mind. 15
4989	abgeschreckt	25	55-70	35	15
4988	wärmebehandelt	27	55-75	30	10
	warm-kalt-verf.	55	70-90	16	7
4984	wärmebehandelt	30	60-75	30	10
	warm-kalt-verf.	55	70-90	16	ca. 5
4999	wärmebehandelt	45	70-90	20	5

2. 0,2-Grenze bei höheren Temperaturen

Werkst.-Nr.	Behandlung	0,2-Grenze in kg/mm ² bei °C									
		100	200	300	400	500	550	600	650	700	700
4961	abgeschreckt	20	17	16	16	15	14	13	12	10	
4989	abgeschreckt	21	19	18	17	16	15	14	13	11	
4988	wärmebehandelt	26	25	25	24,5	23	22	20	18	—	
	warm-kalt-verf.	54	52	50	48	45	44	40	—		
4984	wärmebehandelt	26	24	23	22	21	20	18	16	14	
4999	wärmebehandelt	40	38	37	37	36	34	33	32	28	

3. DVM-Kriechgrenze

Werkst.-Nr.	Behandlung	DVM-Kriechgrenze in kg/mm ² bei °C									
		400	450	500	550	600	650	700	750		
4961	abgeschreckt	15	14,5	14	13	11	9	6	3		
4989	abgeschreckt	16	15,5	15	14	13	11	8	6		
4988	wärmebehandelt	23	22	21	20	18	15	—	—		
	warm-kalt-verf.	47	45	43	41	38	(25)	—	—		
4984	wärmebehandelt	21	20	19	18	17	15	12	—		
	warm-kalt-verf.	45	43	41	38	35	28	18	—		
4999	wärmebehandelt	33	32	30	27	23	19	14	9		

4. Zeitstandfestigkeit und Zeitdehngrenze

Temp. ° C	Stahlmarken (Werkst.-Nr.) und Behandlungen						
	4961 1)	4989 1)	4988 2)	4988 3)	4984 2)	4984 3)	4999 2)
Zeitstandfestigkeit							
σ B 10 000 h	500	32	32	—	—	—	—
	550	22	23	25	32	—	—
	600	15	16	21	27	25	38
	650	10	12	14	(20)	17	25
	700	6	8	—	—	11	14
	750	4	6	—	—	—	10
	800	2	4	—	—	—	(6)
σ B 100 000 h	500	25	26	28	—	—	—
	550	15	16	20	26	—	—
	600	8	9	14	21	17	27
	650	5	6	9	(14)	11	16
	700	3,5	4,5	—	—	7	11
	750	—	3,2	—	—	—	(6)
	800	—	2,5	—	—	—	(3,5)
Zeitdehngrenze							
σ 1% 10 000 h	500	20	20	—	—	—	—
	550	14	15	21	28	—	—
	600	10	11	17	23	19	30
	650	7	8	11	(16)	13	19
	700	5	6	—	—	8	11
	750	2,5	2,4	—	—	—	(4)
σ 1% 100 000 h	500	16	17	18	—	—	—
	550	10	11	14	20	—	—
	600	6	7	10	16	14	21
	650	4	5	7	(10)	9	13
	700	2,5	3,5	—	—	5	(8)
	750	—	2	—	—	—	(4)
	800	—	1,4	—	—	—	(2,5)

1) = abgeschreckt, 2) = wärmebehandelt, 3) = warm-kalt-verfestigt.

Anwendungsgebiet

Stahlmarke

(Wst. Nr.)

4961 Druck- und Vakuumbehälter, Ventile, Armaturen, Turbinenschau-
feln, Wärmeaustauscher, Heißdampf- und Heißluftleitungen.

4989 Wie 4961, wenn eine höhere Warmfestigkeit erforderlich ist.

4988 Höher beanspruchte Maschinenteile, wenn die Güte 4989 nicht
ausreicht und geschweißt werden muß. Dieser Stahl kann bis
650° verwendet werden.

4984 Für hochbeanspruchte Teile, wie z.B. Turbinenläufer und
Turbinenschaukeln bis zu Temperaturen von etwa 700° C, wenn
kein Schweißen erforderlich ist.

4999 Für langlebige Anlagen, besonders bei Temperaturen oberhalb 650°.

Es sei noch erwähnt, daß die nichtaustenitischen Stähle von den Deut-
schen Edelstahlwerken unter der Bezeichnung „MTS“, die austenitischen
Stähle vom gleichen Werk unter „ATS“ und unter dem Namen „Turbo-
therm“ von der Fa. Gebr. Böhler geliefert werden.

Federstähle

SES-Bez.	Warmform- gebung °C	Weich- glühen °C	Härten °C	Anlassen in °C	Werte	angelasen auf °C				
						300	350	400	450	500
48 Si7	1050-900	730-760	830-860	W 480-520	σB σS δ5	180 172 4	141 122 8	135 112 10	120 106 12	108 95 13
50 Mn 7	1050-900	650-700	780-810	Ü 470-540	σB σS δ5	170 168	130 114	104 7,5	88 12	104
50 CrMn 4	1050-900	650-700	830-860	Ü 470-540	σB σS δ5	163 148 8	142 133 9	135 122 11	120 106 13	108
(K) 50 CrV 4	1050-900	720-760	830-870	Ü 450-600	σB σS δ5	178 165 163	147 140 138	130 114 131	120 106 123	130 98 123
K 50 CrMnV 4	1050-900	720-760	830-870	Ü 450-600	ähnlich 50 CrV 4	4	7	10	12	13
55 SiMn 6	1050-900	730-760	830-860	Ü 470-540	σB σS δ5	178 162	152 137	132 114	114 98	114
55 SiMn 7	siehe 55 SiMn 6					σB σS δ5	8	10	12	13

SES-Bez.	Warmform- gebung °C	Weich- glühen °C	Härten °C	Anlassen in °C	Werte	angelasen auf °C					
						300	350	400	450	500	550
58 CrV 4	1050-900	720-760	830-870	Ü 450-600	σB σS δ5	ähnlich 50 CrV 4					
60 SiMn 6	ähnlich 55 SiMn 6					σB σS δ5					
60 SiMn 7	ähnlich 65 Si 7					σB σS δ5					
65 Si 7	1050-900	730-760	830-860	Ü 470-540	σB σS δ5	237 210 5	187 168 8	160 120 9	133 110 12	133	
67 SiCr 5	1050-900	730-760	830-860	Ü 450-600	σB σS δ5	170 130 > 6	150 120 > 6	133 110 9	133 110 12	133	
70 Si 7	1050-900	730-760	830-860	Ü 470-540	σB σS δ5	237 210 5	187 168 8	160 120 9	133 110 12	133	

Rostbeständige, säurebeständige Stähle

Die rostbeständigen säurebeständigen Stähle lassen sich in zwei Gruppen einteilen:

- a) die ferritischen und martensitischen Stähle,
- b) die austenitischen Stähle.

Diese Gruppierung erfolgt auf Grund der Gefügebeschaffenheit. Zu der Gruppe der ferritischen Stähle gehören die niedrig gekohlten, hoch mit Chrom legierten Stähle sowie die Chrom-Molybdän-Stähle. Die Stähle mit einem höheren Kohlenstoffgehalt auf der Chrom- und Chrommolybdängrundlage, die vergütbar oder härter sind, haben ein Gefüge von Perlit, Sorbit, Troostit oder Martensit, sie sind halferritisch oder martensitisch.

Die Chrom-Nickel- und Chrom-Nickel-Molybdän-Stähle haben austenitisches Gefüge und gehören in die zweite Gruppe. Die rost- und säurebeständigen Stähle haben nur dann die gewünschte Beständigkeit, wenn ihre Oberfläche sauber, metallisch blank, zunder- und oxydfrei ist. Dies gilt besonders für die ferritischen und martensitischen Stähle. Diese sollen möglichst nur mit polierter, zumindest aber feingeschliffener Oberfläche verwendet werden. Fremdrost, verschmutzte Stellen und ähnliches bilden Ansatzstellen für eine örtliche Korrosion. Nach Warmbehandlungen, wie Schmieden, Glühen u. a., müssen die entstandenen Zunderschichten und Anlaßfarben durch Beizen oder Schleifen beseitigt werden. Die bei einer Kaltverarbeitung entstandenen Anrisse, Grate oder ähnliche Verletzungen der Oberfläche müssen entfernt werden, da sonst an diesen Stellen eine geringere Sicherheit gegen den Angriff gegeben ist. Ist die Kaltverformung sehr stark gewesen, müssen die entstandenen Spannungen durch eine Wärmebehandlung mit nachfolgendem Beizen oder Schleifen aufgehoben werden.

Bleche aus austenitischen Stählen werden meistens mit gebeizter Oberfläche geliefert, da diese Ausführung genügt, um die Apparate oder sonstige Teile gegen chemische Angriffe beständig zu machen. In der nachstehenden Tabelle sind für die verschiedenen Stahlmarken die möglichen Walzverfahren angegeben. Es ist sehr wichtig, daß bei der Bestellung diese Verfahren mit angegeben werden, damit der Besteller auch die entsprechende Güte in der Oberfläche bekommt. Für Besteckbleche wird man z. B. nach Möglichkeit das Walzverfahren IIIc vorschreiben, während für die Messerklingen, Marke X 40 Cr 13, das Verfahren Ic genügt, weil die ausgestanzten Klingen noch wärmebehandelt werden. Für Satinierbleche kommt normalerweise die Ausführung IIIa bzw. IIIb in Frage, für Sonderfälle allerdings auch die polierte Ausführung V. In

Edelstahlverzeichnis Seite 60 ist eine Erklärung der verschiedenen Walzverfahren gegeben, die hier noch einmal wiederholt werden soll.

Walzverfahren für Bleche aus rost- und säurebeständigem Stahl.

- Ic : warmgewalzt, wärmebehandelt, nicht entzündet
- IIa : warmgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt
- IIc : warmgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt mit geglätteter Oberfläche
- IIIa : kaltgewalzt, nicht wärmebehandelt, daher hart, blank
- IIIb : kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt
- IIIc : kaltgewalzt, wärmebehandelt, gebeizt, mit geglätteter Oberfläche
- IV : geschliffen (ein- oder zweiseitig)
- V : poliert auf Hochglanz (zweiseitig, nur beschränkt lieferbar)

Stähle, die Karbidbildner enthalten, können nicht auf Hochglanz poliert werden (siehe Tabelle Seite 114).

Oberflächenführung der rost- und säurebeständigen Stähle (Bleche)

Beiderseitig hochglanzpolierte Bleche sind sehr schwer zu beschaffen, da sehr lange Lieferzeiten bestehen und nur ein Werk solche Bleche bestellt.

Es gibt verschiedene Korrosionsarten, die anschließend kurz geschildert werden.

Korrosionsarten

Kontaktkorrosion. Diese Korrosionsart entsteht immer dann, wenn zwei verschiedene Metalle miteinander in Berührung kommen. Ist ein als Elektrolyt wirkendes Mittel vorhanden, dann entsteht ein elektrochemisches Element. Das unedlere Metall wird dadurch elektrochemisch negativ und durch die entstehende Korrosion schneller zerstört. Im Apparatebau kommt es sehr oft vor, daß z. B. ein rostbeständiger Stahl mit einem Armaturenteil aus Nicht Eisenmetall in Berührung kommt. Derartige Berührungen verschiedener Metalle sollen nach Möglichkeit vermieden werden, ist dies nicht möglich, muß eine Isolierschicht die direkte Verbindung verhindern.

Spaltkorrosion. Diese Korrosion entsteht an rost- und säurebeständigen Stählen an feinen Hohlräumen oder Spalten, die ungenügend entlüftet werden und mit einem organischen Dichtungsmaterial versehen sind. Durch die dauernde Einwirkung eines Angriffsmittels entsteht im Laufe der Zeit eine Korrosion.

TABELLE 5

Stahlmarke	Oberflächenführung
X 10 Cr 13	Ic, IIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 20 Cr 13	Ic, IIa, IV
X 40 Cr 13	Ic, IIa, IV
X 20 CrMo 13	Ic, IIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 22 CrNi 17	Ic, IIa, IV
X 8 CrNi 17*	Ic, IIa, IIIb, IIIc, IV
X 8 CrMoTi 17*	Ic, IIa, IIIb, IIIc, IV
X 90 CrMoV 18	Ic, IIa
X 35 CrMo 17	Ic, IIa
X 12 MnCr 18-10	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 12 CrNi 18-8	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 5 CrNi 19	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 8 CrNi 19-8	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 10 CrNi 19-8-10*	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV
X 10 CrNi 19-8-10*	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV
X 8 CrNi 19-8-8	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 5 CrNi 19-10	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV, V
X 10 CrNi 19-8-9*	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV
X 10 CrNi 19b 18-10*	Ic, IIa, IIIa, IIIb, IIIc, IV

Die Verfahr... Ic, IIa, IV und V für Blechdicken über 0,7 mm, IIIa, IIIb, IIIc für Blechdicken von 0,5 bis 3 mm. In Ausnahmefällen werden von einzelnen Firmen auch stärkere Bleche nach diesen Verfahren geliefert.

* Diese Stahlmarke ist für eine Hochglanzpolitur nicht geeignet.

Lochfraß. Dieser tritt besonders in Lösungen auf, die Verbindungen von Halogenen (Chlor, Brom, Jod und Fluor) enthalten. Es entsteht dann ein örtlicher Angriff, der das Blech punktförmig zerstört, ohne daß ein allgemeiner Angriff stattfindet.

Spannungs- oder Rißkorrosion. Diese Art der Korrosion tritt nur bei den austenitischen Stählen auf und entsteht unter dem Einfluß von statischen Spannungen beim Angriff besonders wirkender Angriffsmittel, z. B. Salzlösungen in schwacher Säurekonzentration, feuchten Salzen oder technischen Bädern und Laugen mit reduzierend wirkenden Beimengungen. Die Risse verlaufen quer zur Spannungsrichtung unter

starker Verästelung „intrakristallin“ (d. h. durch die Körner) und können das Blech in der ganzen Stärke durchdringen.

Bei der Auswahl der Stähle ist in erster Linie maßgebend, welchem Angriff das betreffende Maschinenteil oder das Blech ausgesetzt sind und bei welcher Temperatur dieser Angriff erfolgt.

Es gibt sogenannte Beständigkeitstabellen, an Hand derer man für die verschiedenen Angriffe die geeignete Stahlmarke aussuchen kann. Am Schluß dieses Buches ist eine derartige Tabelle abgedruckt. Für die Eignung eines Stahles wird als Maßstab der Gewichtsverlust pro Stunde zugrunde gelegt. Es wurden vier Gruppen festgelegt, die durch die Zahlen 0 bis 3 gekennzeichnet sind. Alle näheren Angaben sind unmittelbar vor der Tabelle vermerkt.

Außer dem chemischen Angriff sind für die Stahlauswahl noch die benötigten Festigkeitseigenschaften bei den in Betracht kommenden Temperaturen maßgebend, ferner die Art der Verarbeitung, wie z. B. die Oberflächenführung des Fertigteilens, und insbesondere auch, ob an dem Bauteil eine Schweißung durchgeführt wird oder nicht. Der letzte Punkt ist von größter Bedeutung für die Auswahl des Materials.

Bei den ferritischen und martensitischen Stählen treten bei Temperaturen über 950°, bei den austenitischen Stählen zwischen 450 bis 900° Ausscheidungen von Karbiden in Form von Korngrenzfilmen auf. Diese Ausscheidungen bewirken eine Verarmung der Grundmasse an Chrom in der Nähe der Ausscheidung. Durch diesen Chrommangel kann die Beständigkeit des Materials gegen Angriffe so gering werden, daß eine Zerstörung durch Korrosion einsetzt. Man spricht dann von einem „interkristallinen“ Angriff oder von dem Kornerfall.

Diese Ausscheidungen werden durch ein Glühen der Teile nach dem Schweißen bei Temperaturen über 1000° und nachfolgendem Abschrecken beseitigt. In den meisten Fällen ist eine derartige Nachbehandlung wegen der Größe der Teile jedoch nicht möglich. So können z. B. im Apparatebau die geschweißten Behälter fast nie nachgeglüht werden. Aus diesem Grund wurden Stähle geschaffen, die durch bestimmte Zusätze oder durch einen besonders niedrigen Kohlenstoffgehalt gegen die interkristalline Korrosion beständig sind. Derartige Zusätze sind Titan, Tantal und Niob. Diese Elemente sind starke Karbidbildner. Will man ohne diese Karbidbildner auskommen, so ist es notwendig, den Kohlenstoffgehalt unter 0,07% zu halten.

Die Karbidbildner müssen, damit sie wirksam sind, in einem bestimmten Verhältnis zum Kohlenstoff stehen. Nach dem Werkstoffblatt 450-54 wurde das Verhältnis für Titan wie folgt festgesetzt:

$$\text{Titan} \geq 5 \times \% \text{ C}$$

In der Stahl- und Eisenliste wurde das Verhältnis wie folgt festgesetzt:

Stahl X 10 CrNiTi 18-9 Titan $\geq 6 \times \% C$
 Stahl X 10 CrNiMoTi 18-10 Titan $\geq 4 \times \% C$

Die sowjetischen Stähle haben nach der GOST-Norm 5582-50 bzw. 5632-52 nachstehende Titangehalte für die hauptsächlich in Frage kommenden Stähle:

Stahl 1 Ch 18 N 9 T bzw. Ja 1 T entsprechend
 X 10 CrNiTi 18-9 - Ti = (C-0,03) 5 bis 0,8%
 Stahl Ch 18 N 12 M 2 T bzw. EJ 171 entsprechend
 X 10 CrNiMoTi 18-10 - Ti = 0,3 bis 0,6%

Für die bis jetzt in der SES nicht enthaltenen Stähle mit Niob- bzw. Tantalgehalt schreibt das Werkstoffblatt 400-54 folgende Mindestwerte bzw. Verhältniswerte zum Kohlenstoffgehalt vor:

Niob $8 \times \% C$, Tantal kann einen Teil des Niob in doppelter Menge ersetzen. Diese Vorschrift gilt für alle mit Niob legierten Stähle, wie z. B. Stahlgüte X 10 CrNiNb 18-9 W.-Nr. 4550, entspricht dem Stahl 4541 oder X 10 CrNiMoNb 18-10 W.-Nr. 4580 entsprechend der Güte 4571, und die Stähle nach W.-Nr. 4583 und 4595.

In den nachstehenden Abschnitten wird nun auf die verschiedenen Verarbeitungsprozesse eingegangen und einige Hinweise hierzu gegeben.

Beizen

Wie schon anfangs ausgeführt wurde, sind die rostbeständigen und säurebeständigen Stähle nur dann gegen Angriffe beständig, wenn ihre Oberfläche metallisch blank ist. Nach jeder Warmbehandlung entstehen jedoch Zunder und Anlaufarben. Diese müssen unbedingt beseitigt werden. Am leichtesten erfolgt die Beseitigung bei großen Flächen durch das Beizen. Schweißnähte werden außerdem mit einer Stahlbürste, möglichst aus rostbeständigem Stahl, gesäubert. Von den Stahlwerken werden Beizen mit verschiedenen Zusammensetzungen angegeben, von denen anschließend einige aufgeführt sind. Die Deutschen Edelstahlwerke geben nachstehende Beizmischungen an:

Beizmischung „a“ — 8–10 Teile konz. Schwefelsäure
 90 Teile Wasser
 Temperatur 60–80° C

Beizmischung „b“ — 33,4 Teile konz. Salpetersäure
 0,6 Teile Flußsäure 40% ig
 66 Teile Wasser
 Temperatur 50–60° C

Beizmischung „c“ — 50 Teile konz. Salzsäure
 5 Teile konz. Salpetersäure
 45 Teile Wasser
 Temperatur 50–60° C

Beizmischung „d“ — 10–25 Teile konz. Salpetersäure
 75–90 Teile Wasser
 Temperatur 50–60° C bei 10% Salpetersäure
 20° C bei 25% Salpetersäure

Warmgewalzte Bleche aus Cr-Ni-Stählen werden zweckmäßig in Beize „a“ vorgebeizt und dann in Beize „b“ fertigbeizt, die übrigen Stähle werden zweckmäßig nur in Beize „b“ oder „c“ gebeizt.

Kaltverarbeitete Teile, die z. B. nach dem Tiefziehen gegläht oder abgeschreckt wurden, beizt man in Beize „d“ vor und in Beize „b“ oder „c“ fertig.

Für die Schweißnähte wird zweckmäßig die Beize „a“ oder noch besser „c“ verwendet.

Stahlwerke Südwestfalen empfehlen folgende Beizen:

Vorbeize für alle Stähle: 20–30 Teile konz. Salpetersäure
 80–70 Teile Wasser
 Temperatur: kalt oder 30°

für austenitische Stähle:

7–10 Teile konz. Schwefelsäure
 evtl. 2–4% Salzsäure oder Kochsalzzusatz
 90–85 Teile Wasser
 Temperatur: 60–80° C

Fertigbeize: Beize „a“ (besonders für Schweißnähte)

50 Teile konz. Salzsäure
 5 Teile konz. Salpetersäure
 45 Teile Wasser evtl. mit 2 Teilen Schwefelsäurezusatz
 Temperatur: 50–60° C. Die Beize erwärmt sich beim Gebrauch selbst und ist dann sehr aggressiv.

Beize „b“: 35 Teile konz. Salzsäure
 6 Teile Flußsäure
 4 Teile konz. Salpetersäure
 55 Teile Wasser
 Temperatur: 20° C oder:

Beize „c“: 12 Teile konz. Schwefelsäure
 4 Teile Flußsäure
 4 Teile konz. Salpetersäure
 80 Teile Wasser
 Temperatur: 20° C

Die Fertigbeizbäder sind laufend zu überwachen. Mit Hilfe eines Aräometers ist die Dichte des Bades zu ermitteln oder man bestimmt den p_H -Wert. Stark verschlammte Bäder ergeben verstärkte Gefahr für eine Beizporenbildung.

Als Passivierungsbad wird folgende Zusammensetzung angegeben:

20-30 Teile konz. Salpetersäure
80-70 Teile Wasser
Temperatur kalt oder 30° C.

In diesem Bad soll das Beizgut etwa 3 bis 5 Minuten zur Erzielung höchster Korrosionsbeständigkeit bleiben.

Stahlwerk Röchling gibt für seine Stähle nachstehende Beizlösungen an:

Für die ferritischen und martensitischen Stähle:

Vorbeize: 100 Teile Wasser
15 Teile konz. Salzsäure
1 Teil techn. Flußsäure

Fertigbeize: 100 Teile Wasser
20 Teile konz. Salpetersäure
1 Teil techn. Flußsäure

oder: 100 Teile Wasser
30 Teile konz. Salpetersäure
3 Teile konz. Schwefelsäure

Für den Stahl Anoxin 3 = X 8 CrNi 12-12 (4307):

Vorbeize: 100 Teile Wasser
10 Teile Schwefelsäure
4 Teile Salzsäure
5 Teile Flußsäure
2 Liter Sparbeize

Fertigbeize: 100 Teile Wasser
20 Teile Salpetersäure

Für die anderen Chrom-Nickel-Stähle (austenitische Stählmarten):

Vor- und Fertigbeize: 100 Teile Wasser
20 Teile Salpetersäure
5 Teile Salzsäure
1 Teil techn. Flußsäure

Für Roneusil 12 Mn W.-Nr. 4211:

Vorbeize: 100 Teile Wasser
20 Teile Salzsäure

Fertigbeize: 100 Teile Wasser
30 Teile konz. Salpetersäure.

Allgemein ist zu dem Beizen noch zu sagen, daß die Teile nur so lange in der Beize zu belassen sind, wie es unbedingt notwendig ist. Andernfalls ist mit einem starken Materialangriff zu rechnen; die Oberfläche wird sehr rauh und es bilden sich Beizporen. Die Vorbeize hat den Zweck, den Zunder zu lockern; dies geschieht evtl. mehrmals, verbunden mit Abbürsten im Wasser. Nach dem Fertigbeizen sind die Teile sorgfältig in fließendem Wasser abzuspülen.

Sie müssen dann so aufgestellt werden, daß das Wasser gut ablaufen kann. Bei Teilen mit unzugänglichen Stellen muß noch eine Nachbehandlung mit einer Kalk- oder Sodalösung erfolgen.

Löten

Alle rost- und säurebeständigen Stähle lassen sich weich- und hartlöten. Zu beachten ist aber, daß die Lötverbindungen keinen hohen mechanischen Beanspruchungen ausgesetzt werden dürfen; ferner ist an der Lötstelle stets die Gefahr einer lokalen Korrosion vorhanden. Liegt die Löttemperatur oberhalb der Anlaßtemperatur der vergüteten Stähle, so ist mit einer Verminderung der Festigkeitseigenschaften zu rechnen. Als Hartlote kommen Silberlote nach DIN 1710 oder Weichlote nach DIN 1707 in Frage. Als Flußmittel nimmt man beim Hartlöten Borex, Borsäure bzw. besondere Marken, beim Weichlöten werden Lötpasten aus Zinkchlorid und Salzsäure bzw. Lötwasser, besonders für das Löten von rostbeständigen Stählen, verwendet.

Schweißen

Wie schon einleitend gesagt wurde, verhalten sich die rost- und säurebeständigen Stähle bei Schweißungen verschieden. Ein Teil kann ohne Nachbehandlung nach dem Schweißen verwendet, der andere Teil muß nach einer durchgeführten Schweißung einer Wärmebehandlung unterzogen werden. Schließlich gibt es noch Stähle, die sich nicht schweißen lassen. Die Schweißbarkeit der verschiedenen Stähle ist verschieden. In der nachstehenden Zusammenstellung (Tabelle 6) sind Angaben über die Schweißbarkeit gemacht. Durch die schlechtere Wärmeleitfähigkeit und den niedrigeren Schmelzpunkt gestatten die säurebeständigen Stähle einen geringeren Wärmeaufwand als gewöhnliches Eisen. Wegen des hohen Ausdehnungswertes müssen die Schweißnähte freie Ausdehnungsmöglichkeit haben. Man muß beachten, daß deshalb Eckschweißungen möglichst vermieden werden sollen. Mehrere Längsnähte bei zusammengesetzten Schüssen sollen versetzt angebracht werden. Die Erwärmung auf Schweißhitze soll von möglichst kurzer Dauer sein, daher ist im allgemeinen, besonders aber bei den ferritischen und martensitischen

Stählen die Elektroschweißung vorzuziehen. Bei der Autogenschweißung ist unbedingt auf die neutrale Flamme zu achten, damit keine Aufkohlung erfolgt. Für titanlegierte Stähle ist die Arcatonschweißung nicht zu empfehlen.

Schweißverfahren

Autogenschweißung. Den Brenner auf neutrale Flamme einstellen. Sauerstoffüberschuß ergibt eine poröse und schlackige Schweißnaht. Die Brennergröße ist eine Nummer kleiner als beim Schweißen von Eisen zu wählen. Schweißgeschwindigkeit muß kleiner sein als bei Eisen. Anwendung hauptsächlich bei dünnen Blechen.

Elektroschweißung. Beim Schweißen mit Gleichstrom ist die umhüllte Elektrode am positiven Pol, der negative Pol am Werkstück oder Metallplatte. Der Lichtbogen ist so kurz wie möglich zu halten. Beim Schweißen mit Wechselstrom müssen besondere Elektroden verwendet werden.

Arcatonschweißung. Bei dieser Schutzgas-Schweißung wird der Einfluß des Sauerstoffs und des Stickstoffs aus der Luft durch die Wasserstoffatmosphäre um den Lichtbogen vermieden. Die Schweißung wendet man meist für Bleche über 4 mm Stärke an. Dieses Verfahren ist für titanlegierte Stähle nicht gut geeignet.

Argonarschweißung. Bei diesem ebenfalls mit Schutzgas arbeitenden Verfahren erzielt man eine große Schweißgeschwindigkeit. Das Verfahren ist besonders für dünne Bleche anzuwenden.

Widerstandsschweißung. Sie wird hauptsächlich für die Verbindung von Stabstahl angewendet.

Schweißzusatzwerkstoffe. Diese Werkstoffe müssen dem Grundmaterial entsprechen und wegen dem Abbrand höherwertig sein: man verwendet in der Hauptsache austenitische Werkstoffe, bei der Autogenschweißung in Form von blanken Drähten oder Streifen, bei der Elektroschweißung als umhüllte Elektroden, damit der Abbrand der Legierungsbestandteile so gering wie möglich gehalten wird.

TABELLE 6

Stahlmarke	Schweißen					Nachbehandlung nach dem Schweißen	Zusatzwerkst. s. Tab. 7	Polierbarkeit	Tiefzug Verformbarkeit	Ersch.-szahl
	A	L	At	Ag	W					
X 10 Cr 13	1	1	1	1	1	Glühen oder Vergüten	1-5	sehr gut	A	9
X 20 Cr 13	2	2	-	-	2	Vergüten	1-5	sehr gut	B	-
X 40 Cr 13	3	3	3	3	3	-	-	sehr gut	C	-
X 20 CrMo 13	2	2	-	-	2	Vergüten	5	sehr gut	B	-
X 20 CrNi 17	2	2	-	-	2	Vergüten	1-5	sehr gut	B	-
X 8 CrTi 17	1	1	-	-	1	keine	3-2*-5*	gut, aber kein Hochgl. ¹⁾	D	9
X 8 CrMoTi 17	1	1	-	-	1	keine	4-6*	degl.	D	9
X 20 CrMoV 18	3	3	3	3	3	-	-	sehr gut	C	-
X 26 CrMo 17	2	2	-	-	2	Vergüten	5	sehr gut	C	-
X 18 MoCr 18-10	4	4	4	4	4	Abkühlen von 1050-1100° Luft < 1,5 mm Wasser > 1,5 mm	gleiche Güte	sehr gut	A	12
X 12 CrNi 18-8	1	1	1	1	1	Glühen, Abkühlen	3-5	sehr gut	A	13
X 5 CrNi 18-9	1	1	1	1	1	keine	3-5	sehr gut	A	13
X 8 CrNi 18-10	1	1	1	1	1	keine	3	sehr gut	A ₁	14
X 10 CrNiTi 18-9	1	1	-	-	1	keine	3-5*	gut, aber kein Hochgl.	A	12
X 10 CrNiMoTi 18-10	1	1	-	-	1	keine	4-6*	degl.	A	12
X 9 CrNiMoSi 18-8	1	1	1	1	1	keine	4-6*	gut	A	12
X 5 CrNiMo 18-10	1	1	1	1	1	keine	4-6*	sehr gut	A	12
X 10 CrNiNb 18-9	1	1	1	1	1	keine	3-5*	gut, aber kein Hochgl.	A	12
X 10 CrNiMoNb 18-10	1	1	1	1	1	keine	4-6*	degl.	A	12

Erklärungen der Kurzzeichen:

Schweißen: A = Autogen mit Zusatz
L = Lichtbogen
At = Arcaton
Ag = Argonarc
W = Widerstandsschweißung

1 = Schweißen gut möglich
2 = Schweißen nur bedingt möglich
3 = Schweißen nicht möglich
4 = Schweißen nicht möglich, wenn keine chemische Beanspruchung vorliegt.

* wenn Betriebstemperatur über 300°

Kaltverformbarkeit:

A = gut kaltverformbar

A₁ = beste Kaltverformbarkeit

B = Nur gering kaltverformbar

C = nicht kaltverformbar

D = Bleche über 3 mm Stärke nur warm (300-350°) verformbar

¹⁾ für Sattlerbleche, die gut polierfähige Güte ohne Titan, also 8 Cr 17 verwenden.

Unterstrichene Zahlen: dieses Verfahren bevorzugen

TABELLE 7
Schweißzusatzwerkstoffe für nichtrostende, säurebeständige Stähle

Nr.	Bezeichnung	Chemische Zusammensetzung in %							Anwend- beg für C
		C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	Sonstige	
1	X 8 Cr 15	0,10	1,5	1,5	13,5 15,5	-	< 1,0		< 300
2	X 8 CrNb 18	0,10	1,5	1,5	16,5 18,5	-	< 1,0	Nb > 12 x %C	> 300
3	X 5 CrNi 19-9	0,08	1,5	1,5	18,0 20,0	-	8,5 10,5		< 300
4	X 5 CrNiMo 19-10	0,08	1,5	1,5	18,0 20,0	2,0 2,5	9,0 11,0		< 300
5	X 8 CrNiNb 19-9	0,10	2,0	1,5	18,0 20,0	-	9,0 10,0	Nb > 12 x %C	> 300
6	X 8 CrNiMoNb 19-10	0,10	2,0	1,5	18,0 20,0	2,0	9,5 11,5	Nb > 12 x %C	> 300

Es ist ohne weiteres möglich, die niedriger legierten Stähle mit höher legiertem Zusatzwerkstoff zu schweißen.
Hochtemperaturerhitzen erzielt man nur bei Verwendung der Schweißzusatzwerkstoffe Nr. 1-3 und 4.

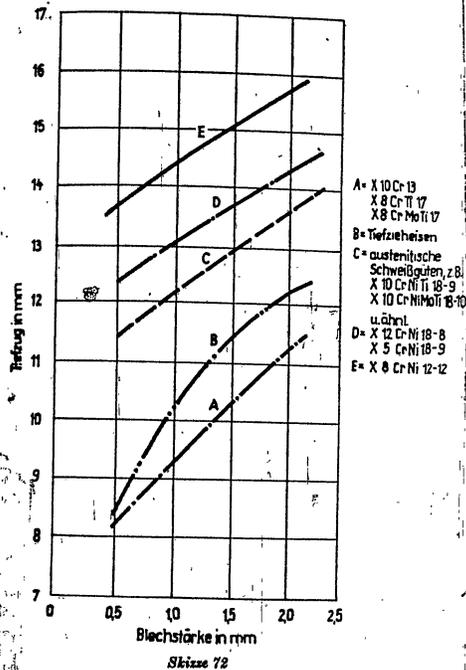
Kaltverformung

In der Tabelle 6 sind auch Angaben über die Kaltverformbarkeit enthalten. Ergänzend werden in der Skizze 72 einige Kurven verschiedener Stahlmarken über die Erichsen-Tiefungszahl in ihrer Abhängigkeit von der Blechstärke wiedergegeben.

Wie aus diesen Kurven hervorgeht, liegen die Stähle der ferritischen Gruppe X 10 Cr 13, X 8 CrTi 17 und X 8 CrMoTi 17 unter den Werten für Tiefzieheisen. Man muß also bei diesen Stählen beim Tiefziehen eine stärkere Abstufung vornehmen und gleichzeitig bei 600 bis 800° entspannen, einige Minuten auf Temperatur halten und an der Luft abkühlen. Man kann die Tiefziehfähigkeit der ferritischen Stähle durch Anwärmen auf 250 bis 350° erhöhen.

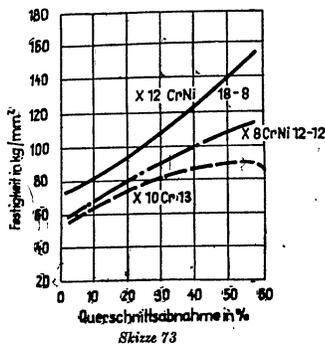
Die Kurven der austenitischen Stähle liegen weit über der des Tiefzieheisens, man erkennt besonders die große Überlegenheit des Stahles X 8 CrNi 12-12. Die Entspannung zwischen den Zügen soll bei 1000 bis 1100° mit einem wenige Minuten dauernden Halten auf Tempe-

Tiefziehfähigkeit (Erichsen)
von rost- und säurebeständigen Stählen



ratur und nachfolgendem Abschrecken im Wasser erfolgen. Zu beachten ist, daß vor jeglichen Zwischenentspannungen die Teile sauber entfettet werden, damit kein Einbrennen von Öl oder Fett geschehen kann. Die durch die Erwärmung entstandenen Anlaufarben und Zunderschichten sind ebenfalls sorgfältigst zu entfernen (durch Bürsten oder Beizen).

Kaltverfestigung von rost- und säurebeständigen Stählen



Spanabhebende Bearbeitung

Die rein ferritischen Stähle neigen leicht zum Schmieren, sie lassen sich wie ein weicher unlegierter Stahl mit etwa 50 kg/mm² Festigkeit bearbeiten. Die perlitischen oder martensitischen Stähle lassen sich normalerweise wie Baustähle mit der gleichen Festigkeit verarbeiten. Die austenitischen Stähle bereiten durch die geringe Wärmeleitfähigkeit, ihre hohe Zähigkeit und die bei der Bearbeitung entstehende hohe Kaltverfestigung größere Schwierigkeiten. Sie lassen sich am besten mit Hartmetallwerkzeugen spanabhebend bearbeiten. Für das Bohren dieser Stähle müssen hochwertige, möglichst kobaltlegierte Schnellarbeitsstähle verwendet werden. Tritt durch ein stumpfes Werkzeug eine starke Kaltverfestigung auf, kann diese nur durch ein Abschrecken von 1000° beseitigt werden.

Wie stark die Kaltverfestigung der austenitischen Stähle z. B. beim Ziehen ist, zeigt die Skizze 73. Während sich der ferritische Stahl

X 10 Cr 13 bei 40% Querschnittsabnahme nur von etwa 55 kg/mm² auf 86 kg/mm², also um 56% verfestigt, verfestigt sich der Stahl X 12 CrNi 18-8 von 72 kg/mm² auf 122 kg/mm² = rd. 70%. Man kann daher bei Blechen nur Querschnittsabnahmen von max. 30% beim Kaltwalzen erzielen.

Die vorstehend gegebenen Hinweise sollen dem Verbraucher von rost- und säurebeständigen Stählen die wichtigsten Eigenschaften dieser Stähle aufzeigen, ohne daß sie Anspruch auf eine erschöpfende Vollständigkeit erheben. Das Gebiet der rost- und säurebeständigen Stähle ist so groß und vielseitig, daß bei schwierigeren Einzelfragen ein eingehendes Studium der Fachliteratur notwendig ist.

Nichtrostende, säurebeständige Stähle

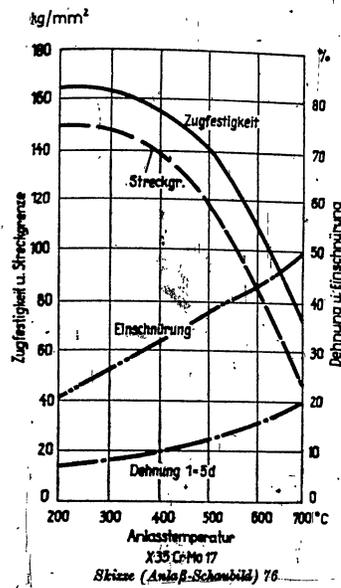
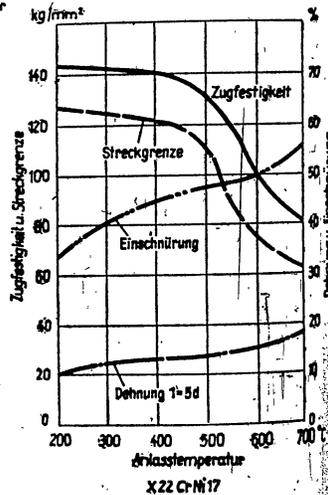
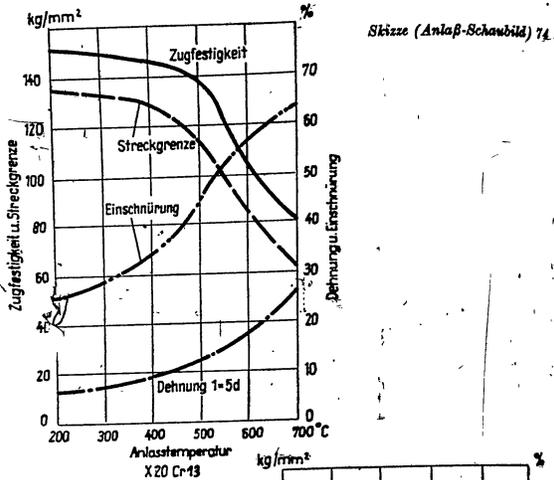
Stahlart	SIS-Nr.	Wärmeformgebung °C	Weichglüh °C	Festigkeitswert nach dem Anlassen Zugfestigkeit kg/mm ²	Anlassen °C	Festigkeitswert nach dem Anlassen Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung bei Bruch %			
								Härten bzw. Abschrecken °C	Festigkeitswert bei Bruch kg/mm ²	Dehnung bei Bruch %
74	X 10 Cr 15	1150-750	750-800	80-85	860-1000	100	700-750 L	60-75	> 45	> 33
	X 8 Cr 18	1150-750	750-800	80-75	830-980	100 (45)	700-700 L	60-80	> 45	> 18
	X 40 Cr 18	1100-800	750-800	85-80	870-1000	135 (65)	850-800 L	70-90	> 55	> 14
	X 8 Cr 18	1150-750	790-800	65-75	875-1085	110 (45)	100-900 L	55 Rc	> 55	> 14
75	X 18 Cr Ni 17	1150-750	850-700	65-75	1000-1085	110 (45)	740-680 L	80-95	> 60	> 14
	X 8 Cr Ni 17	1050-750	800-850	45-80						
	X 8 Cr Ni 17	1050-750	800-850	45-80						
	X 8 Cr Ni 17	1050-750	800-850	45-80						
76	X 30 Cr Mo 18	1100-800	800-850	75-90	1050-1075	210 (67)	100-800 L	80 Rc 57	> 80	> 14
	X 30 Cr Mo 17	1100-750	780-800	65-75	970-1000	160 (45)	850-700 L	80-85	> 40	> 45
	X 18 Mo Cr 18-10	1050-850			1050-1100	< 1,6 mm in L > 1,6 mm in W		65-75	> 40	> 45

a) Ferritische, martensitische Stähle

b) Austenitische Stähle

Stahlart	SIS-Nr.	Wärmeformgebung °C	Weichglüh °C	Festigkeitswert nach dem Anlassen Zugfestigkeit kg/mm ²	Anlassen °C	Festigkeitswert nach dem Anlassen Zugfestigkeit kg/mm ²	Dehnung bei Bruch %
X 8 Cr Ni 18-8	X 8 Cr Ni 18-8	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 50
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-70	> 28
X 8 Cr Ni 18-10	X 8 Cr Ni 18-10	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 35
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		80-80	> 40
X 10 Cr Ni Ti 18-9	X 10 Cr Ni Ti 18-9	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 37
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-75	> 37
X 10 Cr Ni Mo Ti 18-10	X 10 Cr Ni Mo Ti 18-10	1150-750	1000-1100	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 37
		1150-750	1000-1100	L 4,0 W 4,0		85-75	> 37
X 8 Cr Ni Mo 18-8	X 8 Cr Ni Mo 18-8	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 35
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-70	> 33
X 8 Cr Ni Mo 18-10	X 8 Cr Ni Mo 18-10	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 35
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-70	> 33
X 18 Cr Ni Ti 28	X 18 Cr Ni Ti 28	1000-800	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 35
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-75	> 35
X 10 Cr Ni Mo 18-9	X 10 Cr Ni Mo 18-9	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 37
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-75	> 37
X 10 Cr Ni Mo 18-10	X 10 Cr Ni Mo 18-10	1150-750	1000-1050	< 4,0 mm L > 4,0 mm W		85-75	> 37
		1150-750	1000-1050	L 4,0 W 4,0		85-75	> 37

¹ Nach den neuesten Erfahrungen ist die Temperatur von 850-1020° günstiger. Bei Feils- und Mittelblechen ist Stabilisierungswärme bei 870-900° etwa 2 Std. mit Abkühlung an ruhender Luft anzuwenden, wenn hohe Anforderungen an Beständigkeit gegen intermetallische Korrosion gestellt werden.



Hitzbeständige Stähle

Ähnlich wie bei den rost- und säurebeständigen Stählen werden auch die hitzbeständigen Stähle, entsprechend ihrem Gefügestand, in drei Gruppen eingeteilt:

- a) ferritische Stähle,
- b) ferritisch-austenitische Stähle,
- c) austenitische Stähle.

Als Grund ihrer chemischen Zusammensetzung und ihres Gefüges weichen sich diese drei Gruppen durch ganz verschiedene Eigenschaften aus. Die Hauptlegierungselemente der ferritischen Gruppe sind: Chrom, Aluminium und Silizium; bei den beiden anderen Gruppen: Chrom, Nickel und Silizium. Der Vertreter der zweiten Gruppe ist der Stahl X20 CrNiSi 25-4, der vorerst noch nicht in der SES enthalten ist.

Als hitzebeständig bezeichnet man diejenigen Stähle, die außer einer erhöhten Zunderbeständigkeit bei Temperaturen über 550° C noch eine genügend hohe Warmfestigkeit bei diesen hohen Temperaturen aufweisen. Die Zunderbeständigkeit wird durch dichte oxydierende Schutzschichten bewirkt, die die Legierungselemente bilden.

Nach dem Werkstoffblatt 470-50 gilt ein Stahl als zunderbeständig bei einer Temperatur x , wenn das Gewicht der verzundernten Metallmenge bei dieser Temperatur im Durchschnitt $1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ und bei einer um 50° C höheren Temperatur $2 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ für eine Beanspruchungsdauer von 120 Stunden bei 4 Zwischenabkühlungen nicht überschreitet.

Angaben über die Zunderbeständigkeit sowie das Verhalten der verschiedenen Stähle bei dem Angriff verschiedener Gase, sind im Edelstahlverzeichnis Seite 72 in einer Tabelle zusammengefaßt. Es sei hier noch einmal kurz auf das Verhalten der Stähle der drei Gruppen bei hohen Temperaturen eingegangen.

Die ferritischen Stähle haben besonders hohe Beständigkeit gegen die Einwirkung schwefelhaltiger, oxydierender Gase; gegen schwefelhaltige, reduzierende Gase ist die Beständigkeit mittel bis groß. Die ferritisch-austenitischen Stähle haben in beiden Fällen eine mittlere Beständigkeit. Gegen-aufkohlende Gase sind beide Gruppen nur mittel bis mäßig beständig.

Die austenitischen Stähle weisen gegen schwefelhaltige, oxydierende und reduzierende Gase nur eine geringe Beständigkeit auf. Gegen aufkohlende Gase ist ihre Beständigkeit mittel bis gering. Sehr hoch ist sie hingegen im Gegensatz zu den beiden ersten Gruppen, bei stickstoffhaltigen, sauerstoffarmen Gasen.

Die Warmfestigkeit der austenitischen Stähle ist bedeutend höher, als den Stählen der ferritischen und ferritisch-austenitischen Gruppe. Sei hier auf die Wärmebehandlungsvorschriften verwiesen, in denen Angaben über die Zeitdehngrenze für die verschiedenen Stähle gegeben werden. Auf Grund dieser hohen Warmfestigkeit können die austenitischen Stähle sehr hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt werden, die die ferritischen Stähle nicht vertragen.

Versprödung

Die hitzebeständigen Stähle aller drei Gruppen haben bestimmte Temperaturbereiche, in denen eine Versprödung auftritt. Diese Gebiete sind bei den verschiedenen Gruppen folgende:

Ferritische Stähle

Die 475° Versprödung tritt in dem Temperaturbereich zwischen 400 bis 550° auf, wenn der Chromgehalt über 15% liegt. Je höher der

Cr-Gehalt, desto größer ist die Neigung zur Versprödung. Man soll daher nur den unbedingt notwendigen Chromgehalt wählen und nicht für ein Bauteil einen Stahl mit 18% Chrom bestellen, wenn bereits ein 13% iger Chromstahl genügt, da die Temperaturen im Betrieb nur 850° maximal betragen. Diese Versprödung kann durch Erwärmen auf Temperaturen zwischen 700 bis 800° beseitigt werden.

Ein weiterer Versprödungsbereich besteht bei Temperaturen zwischen 600 bis 900°, allerdings nur für Stähle mit einem Chromgehalt über 25%. Andere Legierungselemente wie Si, Mn, Mo und Ti verschieben die Neigung zur Versprödung in starkem Maße in Richtung zu den niedrigeren Chromgehalten. Durch ein kurzes Erwärmen auf Temperaturen über 900° wird die Versprödung beseitigt. Von den nachstehenden Stählen neigt nur der Stahl X 10 CrAl 24 zu dieser Versprödung, wenn er bei zu niedrigen Temperaturen verwendet wird. Wird dieser Stahl aber bei Temperaturen über 1000° eingesetzt, er ist ja bis 1200° hitzebeständig, besteht keine Gefahr.

Bei Temperaturen über 950° liegt der dritte Versprödungsbereich, der in einem Kornwachstum des Ferrits besteht. Ihre Beseitigung ist nicht möglich. Teile, die durch längere Benutzung bei höheren Temperaturen versprödet sind, können nur in der Wärme, d. h. auf mindestens 200° angewärmt, gerichtet oder nachgebogen werden.

Ferritisch-austenitische Stähle

Für die Versprödung zwischen 400 bis 550° gilt das gleiche wie bei den ferritischen Stählen.

Ebenso ist im Gebiet zwischen 600 bis 900° dieselbe Neigung zur Versprödung vorhanden, auch hier gilt das bei den ferritischen Stählen Gesagte.

Bei Temperaturen über 950° tritt bei diesen Stählen keine Versprödung auf.

Austenitische Stähle

Der einzige Versprödungsbereich liegt bei den austenitischen Stählen zwischen 600 bis 900°. Die Höhe des Chrom- und Nickelgehaltes sowie der Siliziumgehalt beeinflussen die Versprödung stark. Man kann die Versprödung durch ein Erhitzen auf Temperaturen über 1000° mit nachfolgendem Abschrecken in Wasser oder Abkühlen an der Luft beseitigen. Am meisten wird der Stahl X 15 CrNiSi 24-19 von dieser Versprödung betroffen, wenn er nicht seiner Bestimmung gemäß in dem obigen Temperaturbereich länger verwendet wird; er soll daher nur in Einsatz kommen, wenn die Betriebstemperatur über 1000° liegt.

Schweißen und Schweißverfahren

Die ferritischen und ferritisch-austenitischen Stähle sollen möglichst nur elektrogeschweißt werden, um die Versprödungsgefahr neben der Schweißnaht möglichst gering zu halten. Bei der autogenen Schweißung ist durch die längere Wärmeeinwirkung die Neigung zur Versprödung bedeutend größer. Vor dem Schweißen ist ein Anwärmen der Schweißkanten und deren näherer Umgebung auf etwa 100 bis 200° durch einen Gasbrenner mit weicher Flamme (keinesfalls mit dem Schweißbrenner) zu empfehlen. Diese Anwärmung soll während des Schweißvorganges beibehalten werden. Für komplizierte Schweißungen und Bauteile muß nach Möglichkeit ein Entspannen durch nachfolgendes Glühen bei 700 bis 750° mit Luftabkühlung vorgenommen werden.

Es kann auch nach folgenden Schweißverfahren geschweißt werden: autogen mit absolut neutraler Flamme, Arcatom- und Argonarc- sowie Widerstands-Punkt- und Nahtschweißung. Nicht durchgeführt werden kann die elektrische Widerstands- und Abschmelzschweißung.

Für die hitzebeständigen Stähle der verschiedenen Zusammensetzungen werden folgende Zusatzwerkstoffe der Tabelle 8 verwendet:

TABELLE 8a

Grundmaterial	Schweißzusatzwerkstoff
X 10 CrSi 6	1) X 8 Cr 15, X 8 Cr 30, X 12 CrNi 25-4, X 12 CrNi 22-12
X 10 CrSi 13	1) wie bei X 10 CrSi 6
X 10 CrSi 18	1) X 8 Cr 30, X 12 CrNi 25-4, X 12 CrNi 22-12
X 10 CrAl 7	1) X 8 Cr 9, X 8 Cr 15, X 12 CrNi 25-4, X 12 CrNi 22-12, X 8 CrNiNb 19-9
X 10 CrAl 13	wie bei X 10 CrSi 6
X 10 CrAl 18	wie bei O 10 CrSi 18
X 10 CrAl 24	wie bei X 10 CrSi 18
X 15 CrNiSi 19-9	X 12 CrNi 22-12
X 15 CrNiSi 24-19	X 12 CrNi 25-20
X 10 NiCrSi 36-16	X 12 NiCr 36-18
X 20 CrNiSi 25-4	X 12 CrNi 25-4 ¹⁾ , X 12 CrNi 25-20 ²⁾

1) Schutzgaschweißung mit artfischem Zusatzdraht.
Lichtbogenschweißung allgemein mit austenitischem Zusatzwerkstoff.
2) Für Schutzgas- und Abschmelzschweißung.
3) Für Lichtbogenschweißung.

TABELLE 8b

Schweißzusatzwerkstoffe für die hitzebeständigen Stähle

Bezeichnung	Werkstatt-Nr.	Chemische Zusammensetzung in %					
		C	Si	Mn	Cr	Ni	Nb
X 8 Cr 9	4716	0,1	1,5	1,5	8-10		
X 8 Cr 15	4723	0,1	1,5	1,5	13,5-15,5	< 1,0	
X 8 Cr 30	4773	0,1	2,0	1,5	29-31	< 2,0	
X 12 CrNi 25-4	4820	0,15	1,5	1,5	25-27	3,5-4,5	
X 8 CrNiNb 19-9	4551	0,1	2,0	1,5	18-20	8-10	> 12x % C
X 12 CrNi 22-12	4829	0,15	2,0	2,0	21-23	10-12	
X 12 CrNi 25-20	4842	0,15	1,5	2,5	24-26	19-21	
X 12 NiCr 36-18	4863	0,15	2,0	2,0	17-19	35-38	

Die austenitischen Stähle können nach allen Verfahren geschweißt werden, eine Nachbehandlung ist nicht notwendig.

Für die verschiedenen Schweißverfahren sind folgende Richtlinien zu beachten:

- Autogenschweißung:** Brennergröße = eine Nummer kleiner als beim Eisen üblich. Flammeneinstellung neutral, die Schweißgeschwindigkeit ist geringer als beim Eisen.
- Elektroschweißung:** Elektrode an den positiven Pol, Werkstück oder Eisenplatte an den negativen Pol. Lichtbogen so kurz wie möglich.
- Arcatomschweißung:** Bei den ferritischen Stählen ohne Zusatz bis 2 mm Blechstärke, stärkere Bleche mit Zusatzwerkstoffen schweißen. Auf Überhitzung achten!
- Argonarcschweißung:** Wie bei der Arcatomschweißung erfolgt die Schweißung unter Schutzgas. Argon ist vollkommen neutral.
- Widerstandsschweißung:** Da der Werkstoff auf Grund seines höheren elektrischen Widerstandes sich schneller erhitzt, muß auf eine Überhitzung geachtet werden. Bei den Cr-Si-Al-Stählen ist eine Widerstandstumpfschweißung nicht möglich.

Zinkbäder wird als Auskleidung oder als Wanne selbst, Armco-Eisen M 2 (Al) verwendet.

Salzbäder. Die hitzebeständigen Stähle sind gut verwendbar bei Bädern aus Alkali-Nitrat oder Nitriten. Keine Beständigkeit besitzen sie bei Bädern, die Chloride, Cyanide oder Sulfide enthalten.

Ventilstähle

Die Beanspruchung der Ventilstähle ist je nach ihrem Einsatz sehr verschieden. Bei Ventilen, die vor allem rostbeständig sein sollen, kommt die Güte X 10 Cr 13 bzw. X 20 Cr 13 in Frage. Für Einlaßventile, besonders größerer Abmessung, die nicht rostbeständig sein müssen, wird der Vergütungsstahl 35 Si Mn 5 verwendet.

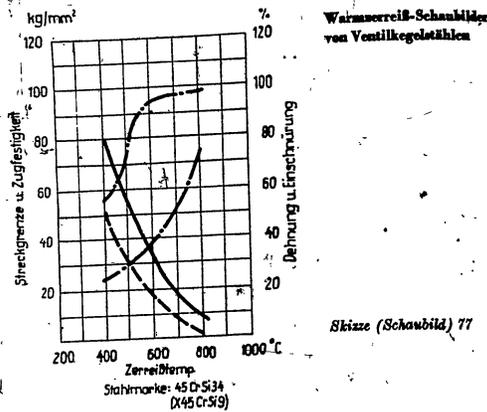
Für Ventile, die durch hohe Hitze einwirkung nicht nur auf Zunder- und Hitzebeständigkeit beansprucht werden, sondern von denen man auch eine hohe Dauerstandfestigkeit verlangt, werden Stähle verwendet, die mit Chrom und Silizium, bei hohen Beanspruchungen noch mit Nickel und Wolfram legiert sind. Gegenüber den normalen hitzebeständigen Stählen haben die Ventilstähle einen höheren Kohlenstoffgehalt von etwa 0,45%.

Der gebräuchlichste Ventilstahl ist die Marke 45 CrSi 34 (X 45 CrSi 9). Bei sehr hohen Beanspruchungen ist der Stahl X 45 CrNiW 18-9 zu nehmen. Zur Erhöhung des Widerstandes gegen Abnutzung können die Ventilstähle im Schaft nitrirt werden.

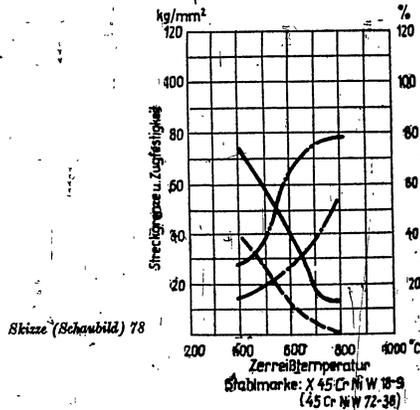
Die Dichtflächen der Ventilegel- oder -sitze werden oft bei sehr hoch beanspruchten Ventilen durch kobaltlegierte Karbidlegierungen gepanzert. Dieses Panzern geschieht im warmen Zustand bei etwa 650°, um eine Rißbildung zu vermeiden. Das Schleifen der Dichtflächen muß dann unter großer Sorgfalt erfolgen, um Schleifrisse zu verhindern.

Es sei hier noch erwähnt, daß für Ventilplatten von Kompressoren nachstehende Stahlmarken Verwendung finden. Für normale Beanspruchung K 50 CrV 4, bei höherer Beanspruchung K 40 NiCr 5 (VCN 15). Für höchste Anforderungen ist ein etwa 5% iger Nickelstahl mit Wolframzusatz von der Fa. Schoeller-Bleckmann geschaffen worden (HNC 5), der aber nicht in der SES enthalten ist. Für Sauerstoffkompressoren kommt der rostbeständige Stahl X 40 Cr 13 in Frage, bei Kompressoren für Schwefeldioxyd X 10 CrAl 24 oder X 20 CrNiSi 25-4.

Stahl- marke	Wärme- behandlung °C	Vergütungs- temperatur °C	Zug- festigkeit kg/mm ²	Dehn- vermögen %	Charpy- schlag J/m ²	Härten °C	Abmessungen in	Bruchschlag		Dichte		Wärmeleitfähigkeit			
								10 ³ kg/m ³	10 ³ kg/m ³	10 ³ kcal/m ²	10 ³ kcal/m ²				
X 10 Cr 13	1150-750	750-800	85	80-1000	0	700-750	L	60-75	> 45	> 18	70	41	28	14	6
X 20 Cr 13	1100-900	800-850	85	800-850	0	700-750	L	80-85	> 50	> 8	70	65	60	40	10
X 35 SiMn 5	1050-850	800-770	78	880-850	0	680-670	L	80-85	> 50	> 14	70	60	45		
45 Cr 13	1050-850	770-830		880-850	W	700-750	L/W	80-105	> 70	> 14	70	65	37	11	7
X 45 CrSi 9	1100-900	790-830		1000-1050	O/L	700-750	L/W	90-105	> 70	> 14	70	65	27	11	7
X 45 Cr 51 8	1100-900	790-830		1000-1050	O/W	75-85		75-85	> 35	> 10	4,5	2,0			
X 40 MnCr 15	1100-900			1050-1100	L/W	80-75		80-75	> 80	> 10	67	57	43	27	b
X 15 CrNiSi 18-9	1150-900			1000-1050	W	700-750		700-750	> 40	> 15	700				
X 45 CrNiW 18-9	1100-900			850-880	L	1.5%		80-110	> 45	> 20	15	9	4	2,5	a
X 45 CrNiW 75-34	1100-900			1000	W	0,8%		85	55	35	68	54	40	32	b
Stahl				1000-1050	O	0,8%		80-90	> 50	> 20	25	17	8	9,5	a
DEW V 44 D	1050-850			1000-1050	O	0,8%		80-90	> 50	> 20	68	54	40	32	b
Schoeller Bleckmann	1050-850			1000-1050	O	0,8%		80-90	> 50	> 20	68	54	40	32	b
Robler YSW	1100-900			1000-1050	O	0,8%		80-90	> 50	> 20	68	54	40	32	b



Skizze (Schaubild) 77



Skizze (Schaubild) 78

Magnetstähle

SES-Bez.	Warmformgebung °C	Weichglühen °C	Härten		
			°C	in	
200 Cr 18	1000-700	650-750	810-880	O/W	dreistufige Härtung: a) Vorwärmen auf 250°, 5 bis 10 Minuten halten, rasch auf 1100-1250° erhitzen, 15 Minuten halten, dann ab freier Luft oder Gebläsewind abkühlen. b) Nach zwölfstündiger Lagerung, Zwischenglühen bei 900-730°. c) Härten nach rascher Erwärmung auf 950-1050° in Öl oder Luft.
100 Cr-Si 16	1000-700	650-750	810-880	O/W	
100 Cr-Mn 19	1000-700	650-750	810-880	O/W	
17 Cr-Co 15-8	1050-900	650-750	840-880	O	
100 Cr-Co-Mo 33	1050-900	650-750	1		
100 Cr-Co-Mo 48	1050-900	650-750	1		
100 Cr-Co-Mo 68	1050-900	650-750	1		
100 Cr-Ni 120	1050-900	650-750	930-980	O	

Sonderstähle und physikalische Stähle

Hartmanganstahl 120 Mn 50

Dieser Stahl zeichnet sich durch seine hohe Verschleißfestigkeit aus. Diese wird durch eine Kalthärtung noch bedeutend gesteigert. Im Betrieb erfolgt diese Kalthärtung der Oberfläche meist selbsttätig. Im Naturzustand ist die Verschleißfestigkeit geringer als im vergüteten Zustand. Eine Bearbeitung ist unter den üblichen Bedingungen nicht möglich. Eine Erwärmung auf 250° bringt einen teilweisen Verlust der Verschleißfestigkeit, in diesem Zustand ist jedoch eine Bearbeitung gut möglich. Mit Schneidwerkzeugen kann der Stahl im vergüteten bzw. abgeschreckten Zustand nicht bearbeitet werden, ein Bohren, Kaltlochen, Meißeln oder Feilen ist aber möglich. Das Bohren muß mit bestem Schneidwerkzeugstahl oder, noch besser, mit Hartmetall durchgeführt werden.

Wegen seiner geringen Wärmeleitfähigkeit ist der Stahl bei jeder Warmformgebung und Wärmebehandlung bis 850° nur langsam anzuwärmen, und er muß stets gut durchgewärmt werden.

Decolletage- oder Triebstahl Mh 97

Dieser Stahl findet in der Uhrenindustrie und dort eine Verwendung, wo Achsen und Wellen eingesetzt werden, die sich ganz besonders gut bearbeiten lassen müssen. Dieser Stahl ist durch einen erhöhten Zusatz an Schwefel, in besonders gleichmäßiger und feiner Verteilung hierfür geeignet. Die Späne bröckeln bei der Bearbeitung kurz ab und ergeben keine langen Spanlocken. Neuerdings wird nicht nur die Güte Mh 97 geliefert, sondern es kommen drei verschiedene Marken zur Lieferung, die folgende Zusammensetzung haben:

	C	Si	Mn	P	S	für Durchmässer
Stahl 1	0,70	< 0,35	0,5—0,8	0,05—0,10	0,15—0,25	≥ 2,5 mm
Stahl 2	0,85	0,15—0,3	0,3—0,5	0,05—0,10	0,05—0,10	< 2,5 mm
Stahl 3	0,95	< 0,30	0,5—0,8	0,05—0,10	0,15—0,25	< 2,5 mm

Die Behandlung ist die gleiche wie bei den entsprechenden unlegierten Werkzeugstählen, also C 70 W 1, C 90 W 1 und C 100 W 1.

Der Triebstahl wird stets in blanker Ausführung geliefert, meist nach DIN 668.

Armo- oder remanenzfreies Weicheisen

Bei der Bestellung muß unbedingt genau angegeben werden, für welchen Zweck der Stahl bestimmt ist. Soll der Stahl als Auskleidung von Zinkwannen und ähnlichem dienen, also in der Hauptsache hitzebeständig sein, sind die Anforderungen, besonders an seine Oberfläche, nur gering. Wird jedoch ein Stahl für Relais und andere elektrotechnische Teile benötigt, muß sowohl beim Stabstahl, als auch beim Blech eine saubere, glatte und möglichst narbenfreie Oberfläche vorliegen. Der Stabstahl wird dann fast stets kalt-nachgezogen, bestellt, die Bleche kaltgewalzt.

Für die letztgenannten Teile soll daher eine ausführliche Behandlungsvorschrift gegeben werden (nach Röchling und DEW).

Alle Teile, die durch Stanzen, Biegen, Drehen oder Stauchen kalt oder warm hergestellt wurden, müssen unbedingt vor dem Einbau gegläht werden, damit die entstandene Verfestigung durch das Bearbeiten beseitigt wird. Die verlangten magnetischen und elektrischen Eigen-

schaften werden nur dann eingehalten, wenn die Glühvorschrift gewissen eingehalten wird. Die Teile müssen metallisch rein, also schmutz-, öl- und rostfrei zum Glühen kommen.

Kistenglühung. Zum Schutz gegen die Einwirkung der Luft- oder Ofenatmosphäre werden die Teile in weiche Stahlspäne eingepackt. Die Späne müssen vor der Verwendung bei 800° mehrere Stunden gegläht werden, sie dürfen keinerlei Öl- oder Fettrückstände aufweisen. Gußeisenspäne können erst nach längerer Glühbehandlung verwendet werden, damit eine ausreichende Kohlenstoffabgabe erfolgt ist. Die Glühkisten werden nach dem Einpacken sorgfältig abgedichtet und dann in den Glühofen gebracht. Das Öffnen der Kisten darf erst dann erfolgen, wenn diese auf Raumtemperatur abgekühlt sind.

Wasserstoffglühung. Diese Glühung ist vorteilhafter und wird wie folgt durchgeführt: Die Teile werden in eine Kiste eingepackt, die mit einem Deckel lose verschlossen wird. Durch ein Rohr wird laufend mit Überdruck feuchter Wasserstoff eingeführt. Ist der Sauerstoff restlos aus dem Kasten entfernt, wird der Wasserstoff am Deckel angezündet, der ganze Kasten unter ständiger Zuführung von Wasserstoff in den mäßig erwärmten Ofen (400°) eingebracht. Unbedingt ist zu beachten, daß der Wasserstoff lange genug vor dem Anzünden eingeleitet wurde, da sonst Knallgasbildung erfolgt.

Das Glühgut muß in beiden Fällen, also bei der Kistenglühung oder bei der Wasserstoffglühung möglichst unter Luftabschluß bzw. unter Wasserstoffatmosphäre langsam auf 800 bis 820° erhitzt werden. Diese Temperatur ist nach voller Durchwärmung der Teile etwa 2 Stunden zu halten. Die Ofentemperatur muß mindestens 20 bis 30° höher liegen, damit das Glühgut selbst auf jeden Fall die Temperatur von 800° besitzt. Anschließend werden die Teile im Ofen bzw. unter Wasserstoffstrom langsam auf Raumtemperatur abgekühlt. Die in den Kisten blankgeglühten Teile müssen eine blaubleuchte Oberfläche haben; keinesfalls darf Glührind entstehen. Bei richtiger Wasserstoffglühung müssen die Teile blank sein.

Antimagnetische Stähle X 20 CrNiMn 11-9, X 40 MnCr 18

Man verlangt von diesen Stählen, daß sie einerseits nicht magnetisierbar sind und andererseits eine hohe Streckgrenze besitzen. Der Stahl X 20 CrNiMn 11-9 ist besser zu bearbeiten als der Stahl X 40 MnCr 18. In der Tabelle über die Wärmebehandlung sind die verschiedenen Werte für die Festigkeit im abgeschreckten, warm-kalt-verfestigten, und kaltverfestigten Zustand angegeben.

Außerdem kann auch der Stahl X 5 CrNi 18-9 verwendet werden. Die magnetische Permeabilität, Gauß/Oerstedt beträgt maximal:

X 20 CrNiMn 11-9	abgeschreckt	1,01
	kaltverfestigt	1,03
X 40 MnCr 18	abgeschreckt	1,01
	kaltverfestigt	1,03
X 5 CrNi 18-9	abgeschreckt	1,05

Invarstahl 3 Ni 144

Der Invarstahl hat von allen Stählen die kleinste Wärmeausdehnung, besonders bei Lufttemperatur ist diese Ausdehnung sehr klein. Er ist nicht vergütbar oder durch Einsatzhärtung zu härten, er läßt sich gut mit anderen Metallen zu Bimetall verschweißen. Seine Wärmeausdehnungszahl beträgt:

20-50°	20-100°	20-200°	20-300°	20-400°	20-500°
0,0000009	0,0000012	0,0000019	0,0000043	0,0000074	0,0000085
20-600°	20-700°	100-200°	200-250°	250-300°	
0,0000110	0,0000120	0,0000027	0,0000051	0,0000116	

Sonderstähle

Stahl-Bear.	Wärmeformgebung °C	Wärme-glühen °C	Festigkeitswert kg/mm²	Härten °C	Anlassen °C	Mechanische Werte		
						Zugfestigkeit kg/mm²	Streckgrenze kg/mm²	Kerb-schlag-zähigkeit %
120 Mn 50	1050-850			980-1080 W (Abschrecken)	natur abgeschreckt	90-110	rd. 80 rd. 40	rd. 20 rd. 40
Mh 97	1000-900	680-710	72	770-860 W 780-820 O	100-200	65 Rc		
M 2		800		gegüht kalt gezogen	gegüht kalt gezogen	28-33 46-55	> 18 > 30	> 30 rd. 8
X 20 CrNiMn 11-9	1100-750			1020-1070 W/L	abgeschreckt warm-kalt-verfestigt kalt gezogen	60-75 65-85 65-85	> 28 > 40 > 20	> 95 > 23 > 12
X 40 MnCr 18	1100-900			1020-1070 W/L	abgeschreckt warm-kalt-verfestigt kalt gezogen	75-90 80-100 80-100	> 28 > 40 > 30	> 35 > 17 > 13
3 Ni 144	1000-800	780-810			abgeschreckt kalt gezogen	60-100 60	> 50 > 30	> 25 > 11 > 28

Beständigkeitstabelle

Durch Laboratoriumsversuche wurden an Proben im geeignetsten Zustand (also gegläht, vergütet oder gehärtet bzw. abgeschreckt) und mit der für den betreffenden Stahl günstigsten Oberflächenbeschaffenheit die verschiedensten Angriffsmittel bei verschiedenen Temperaturen erprobt. Ihr Angriff auf die Proben, aus den verschiedenen Stählen wurde durch allgemein gültige Definitionen festgelegt. Es bedeutet:

- 0 = einen Gewichtsverlust von unter $0,1 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$, entsprechend unter 0,11 mm Stärke/Jahr.
 - 1 = einen Gewichtsverlust von $0,1-1,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$, entsprechend 0,11-1,1 mm Stärke/Jahr.
 - 2 = einen Gewichtsverlust von $1,0-10,0 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$, entsprechend 1,1-11,0 mm Stärke/Jahr.
 - 3 = einen Gewichtsverlust von mehr als $10,0 \text{ g/m}^2$, entsprechend mehr als 11,0 mm Stärke/Jahr.
- (h = Stunde, g = Gramm, m^2 = Quadratmeter)

Man kann dies auch folgendermaßen ausdrücken:

- 0 = vollkommen beständig (zu beachten ist aber L = Lochfraß),
- 1 = praktisch beständig, geringer Angriff,
- 2 = wenig beständig, nur beschränkt anwendbar,
- 3 = unbeständig.

Das Zeichen „L“ beim Angriffsmittel bedeutet, daß bei diesem Mittel die Gefahr des Lochfraßes auch in der Beständigkeitsstufe 0 besteht. Für die härtbaren Stähle gilt die Zusammenstellung nur bedingt, da bei diesen Stählen die Verwendbarkeit bei höheren Temperaturen durch den Martensitzfall ausscheidet.

Diese Laborversuche können und sollen nur einen Anhalt geben, da die Betriebsverhältnisse mitunter ganz anders sind. Es können durch geringe Beimengungen schon ganz andere Verhältnisse geschaffen werden, die den Angriff verschärfen oder auch abschwächen können. Für eine neue Fertigung ist es auf jeden Fall zweckmäßig, Probearbeiten den angreifenden Mitteln auszusetzen, und dadurch Klarheit für noch unbekannte Betriebsverhältnisse zu bekommen.

Beständigkeit der nichtrostenden-säurebeständigen Stähle

Angriffsmittel	Konzentration	Temperatur	Stahlmarke											
			X 10 Cr 18	X 20 Cr 18	X 30 Cr 18	X 40 Cr 18	X 50 Cr 18	X 60 Cr 18	X 70 Cr 18	X 80 Cr 18				
Abwasser (ohne Schwefelsäure)		bis 40	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Abwasser (mit Schwefelsäure)		bis 40	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aeton		20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_3COOH		kochend	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Antwischlorid	L	20	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
CH_3COCl		kochend	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthyläther		20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OC}_2\text{H}_5$		kochend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthylalkohol (Spiritus, Weingeist)		alle Konzentrationen	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$		kochend	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Äthylchlorid	L	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$\text{C}_2\text{H}_5\text{Cl}$		kochend	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Äthylglykol			2	1	-	0	0
Ätzkali (siehe unter Kaliumhydroxyd)							
Ätznatron (siehe unter Natriumhydroxyd)							
Aktivin (Chloramin) NH ₂ Cl wässrige Lösung			-	-	0	1	0
Alaun (siehe unter Kalialaun)							
Alkohol (siehe unter Äthylalkohol und Methylalkohol)							
Aluminium Al	geschmolzen	750	3	3	3	3	3
Aluminiumazetat Al (C ₂ H ₃ O ₂) ₃ wässrige Lösung	kalt gesättigt	20	0	0	0	0	0
	heiß gesättigt	kochend	0	0	0	0	0
Aluminiumnitrat Al (NO ₃) ₃		20	0	0	0	0	0
Aluminiumsulfat Al ₂ (SO ₄) ₃ · 18 H ₂ O	10% kalt	20	2	1	0	0	0
	heiß gesättigt	kochend	3	3	2	2	1
Ameisensäure HCOOH	10% spez. Gew. 1,02	20 70 kochend	2 3 3	2 2 2	0 0 2	0 1 2	0 0 1
	50% spez. Gew. 1,12	20 70 kochend	2 3 3	2 2 2	0 1 2	0 1 3	0 1 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ameisensäure HCOOH	80% spez. Gew. 1,18	20 kochend	2 3	2 3	0 2	0 2	0 1
	100% spez. Gew. 1,22	20 kochend	1 3	1 3	0 2	0 2	0 1
Ammoniak NH ₃ oder Salmiakgeist NH ₃ (OH)	bis 100% kochend	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Ammoniumsulfat Al (NH ₄) ₂ (SO ₄) ₂ · 12 H ₂ O wässrige Lösung	kalt gesättigt	20 kochend	-	-	-	0 3	0 2
Ammoniumbifluorid = Fluorammonium NH ₄ HF ₂	kalt gesättigt	20	3	3	2	0	0
Ammoniumchlorid (Salmiaksalz) NH ₄ Cl = (Klorammon)lösung	10% kalt kochend	kalt kochend	1 1	0 0	0 0	0 0	0 0
	25% kalt kochend	kalt kochend	1 2	1 2	1 1	1 2	0 ¹⁾ 1
	50% kalt kochend	kalt kochend	2 3	2 3	0 3	1 3	0 3
	kalt gesättigt	20 kochend	0 2	0 2	0 2	0 1	0 0
	kalt gesättigt mit Kupfer und Zink- chloriden	kochend	3	3	3	3	3
Ammoniumkarbonat (NH ₄) ₂ CO ₃	kalt heiß gesättigt	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

¹⁾ gemäß X 5 CrNMo 17-18.
1. bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Ammoniumnitrat NH_4NO_3	kalt heiß gesättigt	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
Ammoniumperchlorat NH_4ClO_4 wässrige Lösung	10% L	20 kochend	0 2	0 2	0 1	0 0	0 0
Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$	kalt heiß gesättigt	20 kochend	1 2	1 2	0 1	0 1	0 0
	+ 1% Schwefelsäure	kochend	3	3	1	1	1
Ammoniumsulfid $(NH_4)_2S$	kalt heiß gesättigt	20 kochend	0 2	0 2	0 1	0 0	0 0
Antichlor (siehe unter Natriumthiosulfat)							
Antimon Sb	geschmolzen	650	3	3	3	3	3
Apfelsäure	bis 50%	20 50	0 3	0 0	0 0	0 0	0 0
Apfelwein		20				0	0
Aspirin (siehe unter Natriumacetylsalicylat)							
Atmosphäre ¹⁾			0/1	0/1	0	0	0
Atmosphäre (Salzhaltige Seeluft)			1	1	0	0	0
Bariumchlorid $BaCl_2$		1000 Schmelzfluß	3	3	3	3	3

¹⁾ Je nach Gehalt an Verunreinigungen der Atmosphäre durch Abgase, Fabrikgas, Salzgehalt usw. Klimatische Verhältnisse sind für Angriff entscheidend. Politischer Zustand ist vorzuziehen.

1	2	3	4	5	6	7	8
Beryllhydroxyd $Be(OH)_2 \cdot 8H_2O$	kalt heiß gesättigt	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Bismutnitrat $Bi(NO_3)_3$		600 Schmelzfluß				0	0
Bismut	alle Konzentrationen	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Bismutsäure (Bi_2O_3)	alle Konzentrationen	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Bismut (Bi)		20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Bismut (mit Wasser)		20 70	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Bismut (siehe unter Magnesiumbismut)							
Bismut (siehe unter Cyanwasserstoffsäure)							
Bismut	geschmolzen	400 600					¹⁾ ¹⁾
Bismut (siehe unter Melmsäure und siehe unter Lösung)							
Bismut (Bismutnitrat)	bis max. 20 g Cl/l	20 u. 40				1	¹⁾
Bismut (siehe unter Chlorid)	L						

¹⁾ In reinem Stahl kein Beleggeschmack.
²⁾ Bismut auch Bismut an Übergangsstelle bei Luftberührung.
siehe 3 G.N.M. 17-18.
³⁾ In der Luft bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Bleieessig (basisch) wässrige Lösung	alle Konzentrationen	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
Bleinitrat Pb (NO ₃) ₂		20	1	0	0	0	0
Bleizucker Pb (C ₆ H ₅ O ₇) · 3 H ₂ O wässrige Lösung	alle Konzentrationen	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
Blut, rein		20	0	0	0	0	0
Blutlaugensalz, rotes (siehe unter Kaliumferrioxalat)							
Blutlaugensalz, gelbes (siehe unter Kaliumferrioxalat)							
Bonderlösung (siehe unter Eisenphosphat)							
Bor B		20	0	0	0	0	0
Borax Na ₂ B ₄ O ₇ wässrige Lösung	gesättigt	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Borsäure H ₃ BO ₃ wässrige Lösung	geschmolzen		3	3	3	3	3
Bromsäure HBr	alle Konzentrationen	20 kochend	0 1	0 1	0 0	0 0	0 0
Brantwein		20 kochend	—	—	—	—	—
Brom Br	L	20 kochend	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3
Bromsilber (siehe unter Silbernitrat)	L						
Buttermilch		20	1	0	0	0	0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Buttersäure CH ₃ (CH ₂) COOH spez. Gewicht 0,96		20 kochend	1 3	0 2	0 1	0 1	0 0
Calciumbisulfit Ca (HSO ₃) ₂ = Sulfidlauge wässrige Lösung		20 kochend 20 at	2 3 3	2 3 3	0 3 0	0 3 3	0 0 ¹⁾ 0
Calciumchlorid Ca Cl ₂	L	kalt gesättigt	20 kochend	0 2	0 2	0 0	0 1 0 ²⁾
Calciumhydroxyd Ca (OH) ₂		bis 50% über 50%	20 kochend	0 —	0 —	0 2	0 1
Calciumhypochlorid Ca (OCl) ₂	L	kalt gesättigt	bis 40	—	—	—	— ³⁾
Chininbisulfat			20	—	—	0	0
Chininsulfat			20	—	—	0	0
Chinocollösung		1: 500	20	—	—	0	0
Chlor Cl ₂			100	—	—	0	0
Gas in trock. Zustand			20	0	0	0	0
Gas in feucht. Zustand	L		20 100	3 3	3 3	3 3	3 3
Chloramin (siehe unter Aktivis)							
Chlorammonlösung (siehe unter Ammoniumchlorid)							
Chlorbenzol C ₆ H ₅ Cl			20 kochend	2 3	1 3	0 2	0 0
Chlorsäure Cl ₂ Cl O ₂	L	50%	20	3	3	3	3

¹⁾ Bei Kochensatz infolge Konzentrationserhöhung Angriff möglich.
²⁾ Folgt X 5 C/NiMo 17-18.
³⁾ L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Chlorkalk $\text{Ca}(\text{OCl})_2 \cdot \text{CaCl}_2$	L trocken feucht 2,5 g Cl/l	20 20 20	3 3 3	3 3 3	1 2 2	0 1 1	0 1 ¹⁾ 0
Chlorlauge (siehe unter Natriumhypochlorit)	L						
Chloroform CHCl_3	alle Konzentrationen	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Chlorschwefel (siehe unter Schwefelchlorid)							
Chlorsulfonsäure $\text{C}_2\text{H}_4\text{SO}_4\text{Cl} \cdot \text{H}_2\text{O}$	L 10% konzentriert	20 20	3 3	3 3	3 —	3 0	3 0
Chlorsilber (siehe unter Silberchlorid)							
Chlorwasser	L kalt mit Chlor gesättigtes Wasser	20	3	3	3	1	1 ¹⁾
Chlorwasserstoffdämpfe HCl , trocken	L	20 50 100 400/500	3 3 3 3	2 2 3 3	— 1 2 3	1 1 2 3	1 1 2 3
Chromalaun (siehe unter Kaliumchromat)							
Chromsäure Cr_2O_7 wässrige Lösung	10% rein SO_2 frei 50% rein SO_2 frei 50% techn. SO_2 haltig	20 kochend 20 kochend 20 kochend	1 3 3 3 3 3	0 3 2 3 3 3	0 — 2 3 2 3	0 2 1 3 1 3	0 1 1 3 1 3

¹⁾ geeignet X 5 CrNiMo 17-18.
L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochtragefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Chromsäure $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$	heiß gesättigt	20	0	0	0	0	0
Cyankalium KCN wässrige Lösung	5%	20	0	0	0	0	0
Cyankupfer $\text{Cu}(\text{CN})_2$ wässrige Lösung	kalt gesättigt	kochend	—	—	—	0	0
Cyanwasserstoffsäure HCN = Blausäure		20	0	0	0	0	0
Cyanzink $\text{Zn}(\text{CN})_2$	mit Wasser angefeuchtet	20	1	1	0	0	0
Dampf (Wasserdampf)							
Dampf mit SO_2	alle Temperaturen	2	—	—	—	0	0
Dampf mit CO_2		2	—	—	—	0	0
Dissoziationsbad	schwach salzsauer	20 70-80	3 3	3 3	1 2	1 2	1 1
Dichläräthyl $\text{C}_2\text{H}_4\text{Cl}_2$							
Eisenchlorid FeCl_3 wässrige Lösung	L 30% 50%	20 50	3 3	3 3	2 3	3 3	2 3
Eisengallerte		20	1	0	0	0	0
Eisennitrat $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9 \text{H}_2\text{O}$	alle Konzentrationen	20 kochend	0 0	0 20	0 0	0 0	0 0
Eisnphosphat (Lösung nach dem Herstellverfahren)		98	1	0	0	0	0
Eisensulfat (Ferro-sulfat) $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	wässrige Lösung	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochtragefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Eisensulfat (Ferrisulfat) $Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9 H_2O$		20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Eisensulfat (Ferroulfat und Ferrisulfat) ¹⁾ $FeSO_4$ und $Fe_2(SO_4)_3$ wässrige Lösung	10%	20 kochend	0 1	0 1	0 0	0 0	0 0
Eisessig (konzentrierte Essigsäure)		20	1	0	0	0	0
Entwickler (photogr.)			1	0	0	0	0
Erdöl			0	0	0	0	0
Essig		20 kochend	0 2	0 1	0 0	0 0	0 0
Essigdämpfe	33% 100%		3 3	3 3	1 2	1 2	1 1
Essiggeist		20	2	1	0	0	0
Essigsäure CH_3CO_2H	10% spez. Gew. 1,01	20 kochend	0 2	0 1	0 0	0 1	0 0
	50% spez. Gew. 1,06	20 kochend	1 3	0 2	0 0	0 1	0 0
	80% spez. Gew. 1,07	20 kochend	2 3	1 2	0 1	0 2	0 1
	konzent. spez. Gew. 1,05	20 kochend	1 3	0 1	0 1	0 1	0 0
Essigsäure + Ferhydrol $CH_3CO_2H + H_2O_2$	10 u. 50%	20 50 90	1 2 3	0 0 1	0 0 0	0 0 0	0 0 0

¹⁾ Durch Eisensulfat (Ferrisulfat) wird der Angriff von Schwefelsäure auf die austenitischen Chrom-Nickel-Stähle geschildert.

1	2	3	4	5	6	7	8
Essigsäureanhydrid $C_2H_4O_2$		20 kochend	0 3	0 3	0 0	0 0	0 0
Farbflotte alkalisch oder neutral reagierend		20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
organisch sauer reagierend		20 kochend	3 3	3 3	0 1	0 0	0 0
schwach schwefelsauer oder organisch + schwefelsauer reagierend (H_2SO_4 unter 1,0%)		20 kochend	3 3	2 3	0 1	0 1	0 0
Farbflotte stark schwefelsauer oder organisch + stark schwefelsauer reagierend (H_2SO_4 über 1,0%)		20 kochend	3 3	3 3	2 3	0 3	0 2
Ferrioxycyanid (siehe unter Kaliumferrioxycyanid)							
Ferrioxycyanid (siehe unter Kaliumferrioxycyanid)							
Fettsäure = Oleinsäure $C_{17}H_{33}CO_2H$	technisch höhere Drücke (30 at.)	150 180 200-235 300	0 0 3 3	0 0 2 3	0 0 2 2	0 0 1 2	0 0 0 0
Fettsäuren mit Spuren H_2SO_4	heiß		3	3	2	3	1 ¹⁾
Fixiersalz, Fixierbad L			3	3	3	0	0
Fleisch			0	0	0	0	0
Fluorammonium (siehe unter Ammoniumbifluorid)							
Fluorwasserstoff- säure = Flußsäure H_2F_2	L Dämpfe	40% 100	3 3	3 3	3 1	3 1	3 1

¹⁾ geeignet X 5 CrNiMoCuNb 18-18.
L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Formaldehyd = Formalin = Methylaldehyd wässrige Lösung HCOH	40%	20 kochend	•	•	•	•	•
Fruchtsäfte aller Art Fruchtsäuren		20 kochend	—	—	—	•	•
Gallussäure $C_6H_4(OH)_2CO_2H$	heiß gesättigt	20 kochend	•	•	•	•	•
Gemüse aller Art		kochend	—	—	—	•	•
Gerbsäure = Tannin wässrige Lösung	5%	20 kochend	•	•	•	•	•
	10%	20 kochend	•	•	•	•	•
	50%	20 kochend	•	•	•	•	•
Glaubersalz (siehe unter Natrium sulfat)		20 heiß	•	•	•	•	•
Glyzerin $C_3H_7(OH)_3$	konzentr.	20 heiß	•	•	•	•	•
Grubenwässer, sauer		20	1	1	•	•	•
Harn L		20 kochend	—	—	•	•	•
Harnstoff $CO(NH_2)_2$		20	•	•	•	•	•
Harz		200	—	—	•	•	•
Holzgeist (siehe unter Methylalkohol)		20 heiß	•	•	•	•	•
Hirschhornsalz $(NH_4)_2CO_3 + 2NH_4HCO_3$ wässrige Lösung	kalt gesättigt	20 heiß	•	•	•	•	•

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochraufgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Hydrazinsulfat $(NH_2)_2H_2SO_4$	10%	20 kochend	—	—	2	2	2 ¹⁾
Hydroxylaminsulfat $(NH_2OH)_2H_2SO_4$ wässrige Lösung	10%	20 kochend	—	—	•	•	•
Industrieluft (siehe auch Atmosphäre)			1	1	•	•	•
Jod J_2 L	trocken feucht	20 20	1	•	•	•	•
	in Alkohol gelöst 7%ig	20	—	—	2	1	•
	in Petroleum gelöst 1:1000	20	—	—	—	•	•
Jodoform CHI_3 L	Dämpfe	20 60	•	•	•	•	•
Jodtinktur L		20	2	2	1	1	•
Käse		20	—	—	•	•	•
Kaffee		20 kochend	—	—	—	•	•
Kalialaun $KAl(SO_4)_2 + 12H_2O$	10%	20 kochend	1	•	•	•	•
	heiß gesättigt	20 kochend	2	2	1	1	•
Kalilauge KOH (siehe unter Kaliumhydroxyd)		20 kochend	3	3	1	2	1 ¹⁾
Kalinalpeter (siehe unter Kaliumnitrat)							

¹⁾ geeignet K & CrNiMoCuNb 18-18.
L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochraufgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Kaliumbichromat $K_2Cr_2O_7$ wässrige Lösung	25 %	20 kochend	0 3	0 2	0 1	0 0	0 0
Kaliumbifluorid KHF ₂	L kalt gesättigt	20	3	2	1	0	0
Kaliumbitartrat $KC_4H_4O_6$ (Weinstein)	heiß gesättigt	20 kochend	— 3	— 3	— 3	0 3	0 1 ¹⁾
Kaliumbromid K Br	L	20	0	0	0	0	0
Kaliumchlorat KClO ₃	heiß gesättigt	kochend	0	0	0	0	0
Kaliumchlorid KCl	L heiß gesättigt	20 kochend	1 3	0 1	0 0	0 0	0 0 ¹⁾
Kaliumchromsulfat = Chromalaun $CrK(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ wässrige Lösung		20 kochend	2 3	2 3	1 3	1 3	0 3 ¹⁾
Kaliumcyanat KOCN		20	0	0	0	0	0
Kaliumferriocyanid $Fe(CN)_6 K_3$ = rotes Blutlaugensalz = Ferriocyanidkalium	heiß gesättigt	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Kaliumferrocyanid $Fe(CN)_6 K_4 \cdot 3H_2O$ = gelbes Blutlaugensalz = Ferrocyanidkalium wässrige Lösung	25 %	20 kochend	— —	— —	— —	0 0	0 0
Kaliumhydroxyd = Kalilauge KOH = Ätzkali	20 %	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0

¹⁾ geeignet X 5 CrNiMo 17-13.
²⁾ geeignet X 75 CrNiMoCuNb 18-18.
 L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Kaliumhydroxyd = Kalilauge KOH = Ätzkali	50 %	20 kochend	0 2	0 1	0 0	0 0	0 0
	heiß gesättigt	kochend	2	1	0	0	0
	Schmelzfluß	360	3	3	3	3	3
Kaliumhypochlorit KClO; wässrige Lösung	bis 20 g/l akt. Chlor	20 150	—	—	—	—	0 ¹⁾ 0 ¹⁾
Kaliumjodid KJ wässrige Lösung	L	20 kochend	2 2	1 1	0 0	0 0	0 0
Kaliumkarbonat K_2CO_3 = Pottasche wässrige Lösung	50 %	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
Kaliumnitrat KNO ₃ = Kalisalpeter wässrige Lösung	25 % 50 %	20 kochend 20 kochend	0 2 0 2	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0	0 0 0 0
	Schmelzfluß	550	3	0	0	0	0
Kaliumoxalat $K_2C_2O_4 \cdot H_2O$	alle Konzentrationen	20 kochend	0 2	0 0	0 0	0 0	0 0
Kaliumpermanganat KMnO ₄ wässrige Lösung	alle Konzentrationen	20 kochend	0 3	0 1	0 0	0 0	0 0
Kaliumsulfat K ₂ SO ₄	bis 5 %	—	0	0	—	0	0
Kalkmilch Ca(OH) ₂		20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Kampfer C ₁₀ H ₁₆ O		20	0	0	0	0	0

¹⁾ geeignet X 5 CrNiMo 17-13.
 L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Karbonsäure $C_6H_5(OH)$ = Phenol	rein kochend	2	1	1	1	0	
	rein + 10% Wasser	3	1	1	1	0	
	roh = 90% Phenol	3	3	1	1	0	
Karnallit $Mg Cl_2 \cdot KCl \cdot 6H_2O$	L kalt gesättigt	20	2	2	0	0	0
		kochend	3	3	1	1	0
Kieselfluorwasserstoff- säure SiF_4H_2	Dämpfe	100	3	2	1	1	1
Kochsalz (siehe unter Natriumchlorid)							
Königswasser $HCl + HNO_3$	L	20	3	3	3	3	3
Kohlensäure = Kohlendioxyd CO_2	trocken feucht	heiß heiß	0 1	0 1	0 1	0 0	0 0
Kohlenstofftetrachlorid (siehe unter Tetrachlorkohlenstoff)							
Kreosot	+ 3% Salz	20 20	1 2	1 1	0 0	0 0	0 0
Kupferarsenit + Kupferazetat $Cu_3(AsO_4)_2$ + $Cu(C_2H_3O_2)_2 \cdot H_2O$ = Schweinfurter Grün		20	0	0	0	0	0
Kupferazetat $CH_3(COO)_2Cu \cdot H_2O$		20	1	0	0	0	0
		kochend	1	0	0	0	0
Kupferchlorid $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ wässrige Lösung	L alle Konzentrationen	20	3	3	3	3	3

¹⁾ geeignet X 5 C/NiMo 17-18.
²⁾ Vollkommen beständig X 5 C/NiMoCuNb 18-18.
L bei dem Anpflanzmittel bedeutet Lochraupenfabrik.

1	2	3	4	5	6	7	8
Kupfercyanür $CuCN$	heiß gesättigt	kochend	3	2	0	0	0
Kupferkarbonat $CuCO_3$		20	0	0	0	0	0
Kupfernitrat $Cu(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ wässrige Lösung	50%	20	0	0	0	0	0
		kochend	0	0	0	0	0
Kupferulfat $CuSO_4$ = Kupfervitriol wässrige Lösung	alle	20	0	0	0	0	0
	50%	kochend	1	0	0	0	0
+ 3% H_2SO_4		kochend	2	2	2	0	0
+ 5% H_2SO_4		kochend	2	1	0	0	0
+ 10% H_2SO_4		20	1	1	0	0	0
	5 atü	20	2	2	0	0	0
Lack-Kopallack			0	0	0	0	0
Leim (auch sauer)		20	0	0	0	0	0
		kochend	0	0	0	0	0
Leinöl + 3% H_2SO_4		20	0	0	0	0	0
		200	3	3	3	0	0
Lichte			0	0	0	0	0
Linosform		kalt und heiß	0	0	0	0	0
Lysol		kalt und heiß	0	0	0	0	0
Magnesiumchlorid $MgCl_2$	L 10% 30%	20	2	1	0	0	0
		20	2	1	0	0	0
Magnesiumkarbonat $MgCO_3$		20	0	0	0	0	0

L bei dem Anpflanzmittel bedeutet Lochraupenfabrik.

1	2	3	4	5	6	7	8
Magnesiumsulfat MgSO ₄ · 7 H ₂ O = Bittersalz wässrige Lösung	10% konzentriert	20 kochend	2 2	1 1	0 0	0 0	0 0
Maleinsäure CH · CO ₂ H	50%	100	0	0	0	0	0
Manganchlorür MnCl ₂ · 4H ₂ O	L 10% 50%	kochend kochend	-	-	-	0 0	0 0
Meerwasser siehe auch Seewasser	L	20 kochend	-	-	0 0	0 1	0 0
Methylaldehyd (siehe unter Formaldehyd)							
Methylalkohol = Holzgeist CH ₃ OH	alle Konzentrationen	20 65	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Methylchlorid CH ₃ Cl	L wasserfrei	kochend	0	0	0	0	0
Methylenchlorid CH ₂ Cl ₂	wasserfrei	20 kochend	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
Milch	frisch sauer	bis 70 bis 70	0 2	0 1	0 0	0 0	0 0
Milchsäure C ₃ H ₅ O ₄	1,5% 10% 80% konzentriert	20 kochend 20 kochend 20 kochend	1 2 1 1 1 3	0 1 1 1 1 2	0 0 0 0 0 1	0 0 0 0 0 2	0 0 0 1 0 1
Mischsäuren (siehe auch Nitriersäuren)	50% H ₂ SO ₄ + 50% HNO ₃	50 90 120	3 3 3	2 3 3	1 -2 3	0 1 2	0 1 2

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	7	8
Mischsäuren (siehe auch Strömungs)	50% H ₂ SO ₄ + 50% HNO ₃	50 90 157	3 3 4	2 3 4	1 1 1	0 0 0
	70% H ₂ SO ₄ - 10% HNO ₃ + 20% H ₂ O	50 90 168	3 3 4	3 3 3	1 1 1	0 0 0
	30% H ₂ SO ₄ - 5% HNO ₃ + 65% H ₂ O	90 110	3 3	3 3	1 1	0 0
	15% H ₂ SO ₄ - 3% HNO ₃ + 82% H ₂ O	134	3	3	1	0
	20% H ₂ SO ₄ - 10% HNO ₃ + 70% H ₂ O	50 80	3 3	3 3	1 1	0 0
	20% H ₂ SO ₄ - 10% HNO ₃ + 70% H ₂ O	kochend	3	3	1	0
Naphthalensulfonsäure C ₁₀ H ₇ (SO ₃) ₂		20	-	-	0	0
Natriumsulfat Na ₂ SO ₄ wässrige Lösung		kochend	1	1	0	0
Natriumsulfat Na ₂ SO ₄ wässrige Lösung	50%	kochend	3	3	1	0
Natriumsulfat = Kochsalz NaCl	fest gestrichelt	20 100	1 2	0 0	0 0	0 0
	fest gestrichelt	100	3	3	1	0
Natriumsulfat = Anhydrit = Glaubersalz	20% 50%	20 kochend	1 3	0 1	0 1	0 1
Schwefelsäure	50%	kochend	3	3	1	1

7 und 8 sind die Werte für die
L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Natriumhypochlorit NaOCl = Bleichlösung = Chlorlauge wässrige Lösung	L 5%	20 kochend	3 3	2 3	0 1	1 1	0 ¹⁾ 0 ¹⁾
Natriumchlorit NaClO ₂	L 5%	20 kochend	—	—	—	2 3	1 ¹⁾ 2
Natriumkarbonat Na ₂ CO ₃ = Soda wässrige Lösung	10% kalt gesättigt	kochend	0	0	0	0	0
	Schmelzfluß	900	3	3	3	3	3
Natriumnitrat = Natronsalpeter NaNO ₃		20 kochend	0	0	0	0	0
	Schmelzfluß	360	—	0	0	0	0
Natriumperchlorat NaClO ₄ wässrige Lösung	10%	kochend	2	2	1	0	0
Natriumperoxyd = Natriumperoxyd Na ₂ O ₂ wässrige Lösung	10% mit Wasserglas stabilisiert	20 kochend bis 80	2 3	1 2	0 0	0 0	0 0
Natriumphosphat Na ₂ HPO ₄ · 12 H ₂ O		kochend	0	0	0	0	0
Natriumsalicylat (Aspirin)			0	0	0	0	0
Natriumsulfat Na ₂ SO ₄ · 10 H ₂ O = Glaubersalz wässrige Lösung	kalt gesättigt	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
Natriumsulfid Na ₂ S · 9 H ₂ O	25%	kochend	+	—	0	0	0

¹⁾ geeignet X 5 GNDM 17-18.
L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Natriumsulfat Na ₂ SO ₄ · 7 H ₂ O wässrige Lösung	50%	kochend	2	2	1	0	0
Natriumperoxyd (siehe unter Natriumperoxyd)							
Natriumthioisulfat Na ₂ S ₂ O ₃ · 5 H ₂ O = Antichlor. wässrige Lösung	25%	20 kochend	0	0	0	0	0
Natronlauge (siehe unter Natriumhydroxyd)							
Natronsalpeter (siehe unter Natriumnitrat)							
Nickelchlorid	L	20	—	—	—	1	1
Nickelnitrat		20	—	—	—	0	0
Nickelsulfat		20 kochend	—	—	—	0	0
Nitrierlösungen							
	50% HNO ₃ + 1% H ₂ SO ₄	20 u. 50	—	—	0	0	0
	50% HNO ₃ + 10% H ₂ SO ₄	20 u. 50	—	—	0	0	0
	50% HNO ₃ + 50% H ₂ SO ₄	20 u. 50	—	—	1	0	0
	5% HNO ₃ + 30% H ₂ SO ₄ + 67% H ₂ O	20 u. 50	—	—	1	0	0
	5% HNO ₃ + 30% H ₂ SO ₄ + 65% H ₂ O	20 u. 50 90	—	—	2	0	0
	15% HNO ₃ + 30% H ₂ SO ₄ + 55% H ₂ O	20 u. 50	—	—	1	0	0
	30% HNO ₃ + 50% H ₂ SO ₄ + 2% H ₂ O	20 u. 50	—	—	1	0	0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Nitrosesäure			20	0	0	0	0	0
60° B6			75	2	2	0	0	0
4-5 % Nitrogehalt								
Novocain			20	0	0	0	0	0
Obst				0	0	0	0	0
Obstpulpe SO ₂ haltig				—	1 ¹⁾	—	0	0
Öle (Schmieröle)			20 kochend	0	0	0	0	0
Öle (vegetabilisch)			20 kochend	0	0	0	0	0
Oleinsäure (siehe unter Fettsäure)								
Oxalsäure C ₂ H ₂ O ₄	5%		20 kochend	1	1	0	0	0
	10%		20 60 kochend	1	1	0	0	0
	25%		3 3 kochend	3	3	2	2	2 ¹⁾
	50%		3 3 kochend	3	3	2	2	1 ¹⁾
Oxalsäure C ₂ H ₂ O ₄	kalt gesättigt		20 kochend	1	0	0	0	0
	heiß ²⁾ gesättigt		40 kochend	1	0	0	0	0
Paraffin	geschmolzen			0	0	0	0	0
P3-Waschmittel			95	0	0	0	0	0
Perhydrol Permuntol } 30% H ₂ O ₂ (siehe unter Wasserstoffperoxyd)								

¹⁾ Verfarbung der Pulpe.
²⁾ geeignet X 5 GNMCoCuNb 18-18.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Persil		kalt und warm						
Petroläther				0	0	0	0	0
Petroleum			20 kochend	0	0	0	0	0
Phenol (siehe unter Karbonsäure)				0	0	0	0	0
Phosphorsäure H ₃ PO ₄ (chemisch rein)		1%	20 kochend	0	0	0	0	0
		1% 3 atü	140	1	0	0	0	0
		10%	20 kochend	2	1	0	1	0
		45%	20 kochend	2	2	1	0	0
		80%	20 kochend	2	2	1	1	0
		konzentriert	20 kochend	2	2	1	1	0
Phosphorsäure anhydrid P ₂ O ₅		trocken oder feucht	20	0	0	0	0	0
Photographischer Entwickler			20	1	0	0	0	0
Photographisches Fixierbad	L		20	3	3	0	0	0
Pinkbad (siehe unter Zinnammonium- chlorid)								
Pinksalz (siehe unter Zinnammonium- chlorid)								

¹⁾ Für kochende Phosphorsäure 50-70%ig X 5 GNMCoCuNb 18-18 geeignet.
L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochtragfähigkeit.

1	2	3	4	5	6	7	8
Pikrinsäure	alle Konzentrationen	20	0	0	0	0	0
Pökellauge (ohne Verfärbung der Lauge)	L	20	1	0	0	0	0
Pottasche (siehe unter Kaliumkarbonat)							
Pulpe (siehe unter Obstpulpe)							
Pyrogallussäure	alle Konzentrationen	20	0	0	0	0	0
Quecksilber Hg		20	0	0	0	0	0
Quecksilberacetat $Hg(C_2H_3O_2)_2$	kalt gesättigt	20	0	0	0	0	0
	heiß gesättigt	kochend	0	0	0	0	0
Quecksilberchlorid (Sublimat) $HgCl_2$ wässrige Lösung	L	0,1% kochend	2 3	0 2	0 1	0 1	0 0
		0,7% kochend	2 3	2 3	1 2	1 2	1 2
Quecksilbernitrat $HgNO_3$		kochend	0	0	0	0	0
Quecksilbercyanid			2	2	-	0	0
Säure-Salz-Mischungen HNO_3 rauchend + 10% Kaliumnitrat		kochend	-	+	-	1	1
HNO_3 rauchend + 10% Aluminiumnitrat		kochend	-	-	-	1	1

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
10% H_2SO_4 + 10% Kupfersulfat		kochend	2	1	0	0	0
10% H_2SO_4 + 2% Ferrisulfat		kochend	2	2	2	2	1
Salicylsäure $HO \cdot C_6H_4 \cdot COOH$ (1:2)		20-85	0	0	0	0	0
Salmiakbetrieblauge						1	1
Salmiakgeist (siehe unter Ammoniak)							
Salmiaksalz (siehe unter Ammoniumchlorid)							
Salpeter KNO_3 (siehe auch Kaliumnitrat)		20	0	0	0	0	0
Salpetersäure HNO_3	7%	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
	10%	20 kochend	0 1	0 0	0 0	0 0	0 0
	25%	20 kochend	0 2	0 1	0 0	0 0	0 0
	37%	20 kochend	0 2	0 1	0 1	0 0	0 0
Salpetersäure HNO_3	50%	20 kochend	0 2	0 1	0 1	0 1	0 1
	66%	20 kochend	0 3	0 2	0 2	0 1	0 1
	99%	20 kochend	2 3	1 3	1 3	0 2	0 2
Salzbrühe		20	1	1	0	1	0

	1	2	3	4	5	6	7	8
Salzsäure HCl	L	0,5%	20 kochend	3 3	3 3	2 2	1 3	1 3
		2%	20 kochend	3 3	3 3	2 3	1 3	1 3
		3,6%	20 kochend	3 3	3 3	2 3	2 3	1 3
		18,5%	20 kochend	3 3	3 3	3 3	3 3	2 3
		37,2% konzentriert	20 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3
Salzsäuregas (siehe Chlorwasserstoffdampf)	L							
Salzwasser	L		20 kochend	2 3	2 2	0 0	0 1	0 0
Schmalz			20	0	0	0	0	0
Schmieröle (siehe unter Öl)								
Schmierseife			20	0	0	0	0	0
Schokolade			20	0	0	0	0	0
Schwefel trocken		geschmolzen	130	0	0	0	0	0
Schwefel naß				1		1	0	
Schwefel siedend			445	3	3	3	2	2
Schwefelchlorür Chlorschwefel S ₂ Cl ₂		wasserfrei	20 kochend	1 2	1 2	0 2	0 0	0 0
Schwefelkohlenstoff CS ₂			20	0	0	0	0	0
Schwefelsäure H ₂ SO ₄		1%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	2 2 3	1 1 1	0 0 0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochraßgefahr.

	1	2	3	4	5	6	7	8
Schwefelsäure H ₂ SO ₄		2,5%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 2	0 0 2 ¹⁾
		5%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 2	0 1 2 ¹⁾
		7,5%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 2	0 1 2 ¹⁾
		10%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	2 2 3	1 2 ¹⁾ 2 ¹⁾
		20%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 3	1 2 ¹⁾ 3 ¹⁾
		40%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 2 3	1 2 ¹⁾ 3 ¹⁾
		60%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 2 3	1 2 ¹⁾ 3 ¹⁾
		80%	20 70 kochend	3 3 3	3 3 3	3 3 3	1 1 3	1 2 ¹⁾ 3
		98% - konz.	20 70 kochend	0 2 3	0 2 3	0 2 2	0 2 2	0 2 ¹⁾ 2 ¹⁾
		150	3	3	3	3	3	3
		rauchend	20	0	0	0	0	0
		11% freies SO ₂	100	3	3	3	1	0

Formular X 8 GNM/Ca/Nb 18-18.

1	2	3	4	5	6	7	8
Schwefelsäure H ₂ SO ₄	rauchend	20	0	0	0	0	0
	60% freies SO ₂	80	3	3	3	0	0
	15% + 1% Kupfersulfat	kochend				0	0
	15% + 1% Ferrisulfat	kochend				0	0
	15% + Peroxyd (Persulfat)	50				0	0
Schwefelwasserstoff H ₂ S, trocken		20	0	0	0	0	0
		100	0	0	0	0	0
		über 200	2	2	1	3	3
Schweflige Säure H ₂ SO ₃ wässrige Lösung		20	3	2	0	0	0
	gesättigt	20		2		0	0
	4 atü	135	3	2	0	1	0
	5-8 atü	160	3	3	1	2	1
	10-20 atü	180-200	3	3	2	2	1
Schweflige Säure Gas, SO ₂ feucht, frei von SO ₃		20	3	2	0	0	0
		300	3	3	1	0	0
		500	3	3	3	1	1
		900	3	3	3	3	2
Schweinfurter Grün (siehe Kupferarsenit und Kupferarsenat)							
Seewasser L		20		0	0	0	0
		kochend				1	0
Seife, geschmolzen			0	0	0	0	0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochtragfähigkeit.

1	2	3	4	5	6	7	8
Seif	L ¹						
Silberbromid - Bromsilber AgBr	L	20	2	0	0	0	0
Silberchlorid - Chlorsilber AgCl	L	20		0	0	0	0
Silbernitrat AgNO ₃ wässrige Lösung	L	10%		3		3	3
Soda (siehe Natriumcarbonat)	Schmelzfluß	250	3	3	0	0	0
Spinnbad (Viscose-Bad)	bis 10% H ₂ SO ₄	70	3	3	2	2	1
	über 10% H ₂ SO ₄	70	3	3	3	3	3 ¹⁾
Stearinsäure		29	0	0	0	0	0
Sublimin (Schering) wässrige Lösung	1:500	20				0	0
Sublimat (siehe unter Quecksilberchlorid)							
Sulfidlinge (siehe unter Calciumchlorid)							
Tannin (siehe unter Gerbstoffen)							
Terpentinöl							
		kalt und heiß	0	0	0	0	0
Tetrachlorkohlenstoff - Kohlenstofftetrachlorid CCl ₄ wässrig	L	20	0	0	0	0	0
		kochend	0	0	0	0	0
Tin							
		(siehe unter Königswasser)					
		*) Standard N 5 C 2586-CaW 10-12.					
		1 bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochtragfähigkeit.					

1	2	3	4	5	6	7	8
Triammoniumphosphat (NH ₄) ₃ PO ₄ · 3 H ₂ O wässrige Lösung		kochend	—	—	—	0	0
Trichloräthylen CHCl ₃ - CCl ₄	L	20 kochend	0	0	0	0	0
Trichloressigsäure CCl ₃ - COOH	alle Konzentrationen	20	0	0	0	0	0
Trinatriumphosphat Na ₃ PO ₄ · 12 H ₂ O wässrige Lösung	kalt gesättigt	20 kochend	—	—	0	0	0
Vaseline		kalt und warm	0	0	0	0	0
Wasser H ₂ O							
Leitungswasser		20 kochend	0	0	0	0	0
Grubenwasser = saure Wasser		20 kochend	1	0/1	0	0	0
Wasserdampf Wasserdampf mit SO ₂ Wasserdampf mit CO ₂		bis 400	0	0	0	0	0
Wasserglas		20 kochend	0	0	0	0	0
Wasserstoffperoxyd = Perhydrof, H ₂ O ₂		kalt und warm ¹⁾	0	0	0	0	0
Wein ¹⁾ (Weißwein, Rotwein)		20 heiß	1	0	0	0	0
Weinessig		20 kochend	0	0	0	0	0

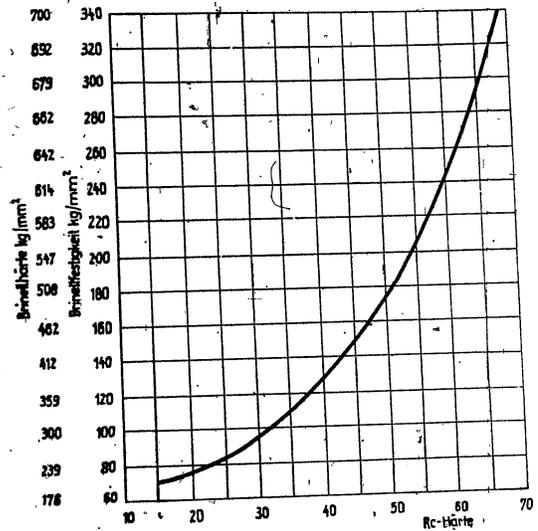
¹⁾ Bei unentzündlichen Stoffen keine Geschwindigkeitsmessung.
²⁾ Bei Temperaturen über 80°C Beginn zunehmenden katalytischen Einflusses.
 L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochdraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Weingeist (siehe unter Äthylalkohol)							
Weinsäure (CHOH) ₂ (COOH) ₂ wässrige Lösung	10% 25% 50%	20 kochend 20 kochend 20 kochend	1 1 1 2 3	0 0 0 2 2	0 0 0 1 1	0 0 0 2 2	0 0 0 2 2
Weinstein (siehe unter Kaliumbitartrat)							
Weinsteinsäure		20 75	2 3	2 3	— —	0 1	0 0
Zink Zn	geschmolzen	500	3	3	3	3	3
Zinkchlorid Zn Cl ₂	L	20	1	1	1	0	0
Zinknat ZnSO ₄ wässrige Lösung	kalt gesättigt heiß gesättigt	20 kochend 20 kochend	— 3 — 2	— 3 — 2	— 3 — 0	0 3 0 0	0 2 0 0
Zinn Sn	geschmolzen	300 400 600	2 3 3	2 3 3	0 1 3	0 1 3	0 1 3
Zinnammoniumchlorid L = Pinkbad = Pinksalz SnCl ₄ · (NH ₄) ₂ wässrige Lösung	kalt gesättigt	20 60	2 3	2 3	1 3	1 3	0 3

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochdraßgefahr.

1	2	3	4	5	6	7	8
Zinnchlorid Sn Cl ₄ wässrige Lösung	L	20 kochend	3	3	3	3	2
		30 kochend	3	3	3	3	3
Zinnchlorür Sn Cl ₂ · 2 H ₂ O wässrige Lösung	L	kalt gesättigt 50 kochend	—	—	—	1	0
		heiß gesättigt 50 kochend	3	3	2	2	0
Zitronensäure CH ₃ · COOH C(OH) · COOH CH ₂ · COOH wässrige Lösung	L	20	—	—	—	0	0
		1% kochend	1	0	0	0	0
		10% kochend	2	1	0	0	0
		25% kochend	2	1	0	0	0
		50% kochend	3	3	2	2	0
Zuckerlösung	L	5% 3 stü. 140	2	1	1	1	0
		kalt und heiß	0	0	0	0	0

L bei dem Angriffsmittel bedeutet Lochfraßgefahr.



Skizze (Schwäbisch) 79

**Ergänzungen zu dem Edeltahlverzeichnis und
Druckfehler-Berichtigungen**

Seit dem Erscheinen des Edeltahlverzeichnisses sind verschiedene Änderungen eingetreten. Das Molybdänverbot ist aufgehoben, dafür jedoch ein Nickelverbot erlassen worden, welches im Gesetzblatt Nr. 68/1955 veröffentlicht wurde. Dadurch werden die Hinweise bei den Molybdänstählen hinfällig, dafür ist nun bei Bestellung von nickellegierten Stählen unbedingt das Verwendungsverbot Nr. 12 zu beachten. Soweit auf Grund dieses Verbotes ein Stahl durch eine Ausnahmegenehmigung von dem Verbot ausgenommen ist, muß in der Bestellung angegeben werden, auf Grund welches Punktes die Verwendung zugelassen ist. Zum Beispiel ist bei Verwendung bzw. Bestellung von rost- und säurebeständigen Stählen, Chrom-Nickel bzw. Chrom-Nickel-Molybdän legiert anzugeben: Ausnahme lt. Punkt 1b, § 1. Kann diese Angabe nicht gemacht werden, muß eine Ausnahmegenehmigung beigebracht werden.

Die nachstehenden Berichtigungen sind im Edeltahlverzeichnis nachzutragen.

- | | | |
|----------|-----------------------------|---|
| Seite 19 | 38 CrSiV 6 | C in 0,38% ändern |
| " | 37 13 NiCr 14 | Cr 1,50 |
| " | 38 34 Ni 5 | Werkst.-Nr. in 5620 ändern |
| " | 48 13 CrMo 4-4 | unter SU-Marke nachtragen: |
| | | ähnl. 15 ChMA |
| " | 51 25 Mn 8 | warmfester Manganstahl
(nicht Mn-Vanadin) |
| " | 25 MnV 8 | warmfester Mangan-Vanadin-Stahl |
| " | 61 X 10 Cr 13 | streichen: sowie Seewasser |
| " | 63 X 22 CrNi 17 | unter Verwendung ergänzen: |
| | | besonders geeignet bei Seewasserangriff |
| " | 64 X 10 CrNiMoTi 18-10 | SU-Marke richtigstellen in: |
| | | Ch 18 N 12 M 2 T, EJ 171 |
| " | 65 X 10 CrNiTi 18-9 | bei der Analyse Titangehalt ändern in: |
| | | Ti > 6 x %C. (Nach der neuen TGL wird er mit 5 x %C festgelegt) |
| " | 65 bei X 10 CrNiMoTi 18-10; | berichtigen: C < 0,12 |
| " | 66 X 10 CrNiNb 18-9 | unter SU-Marke neu einsetzen: |
| | | Ch 18 N 11 B, EJ 398, EJ 402 |
| " | 67 desgl. | unter Analyse für die SU-Marke einsetzen: |
| | | C < 0,10, Si < 1,0, Mn < 2,0, Cr 18,5,
Ni 11,0, Nb > 8 x %C |
| " | 68 X 10 CrAl 7 | SU-Marke neu einsetzen: EJ 428 |
| | X 10 CrAl 13 | SU-Marke Ch 12 JuS einsetzen |
| | X 10 CrAl 18 | SU-Marke Ch 12 JuS streichen |

- | | | |
|----------|-------------------------------------|--|
| Seite 69 | X 10 CrAl 13 | Si-Gehalt in 0,95% ändern |
| | X 10 CrAl 7 | Analyse der SU-Marke Ch 12 JuS einsetzen: |
| | | C < 0,10, Si 1,60, Cr 18,0, Al 1,4% bei der |
| | | Güte X 10 CrAl 18 diese Analyse streichen |
| | | für die SU-Marke die Analyse einsetzen: |
| | | EJ 428. C 0,15, Si 1,5, Cr 6,3, Al 0,9% |
| " | 70 X 15 CrNiSi 19-9 | SU-Marke ändern in Ch 20 N 14 S 2, ebenso |
| | | auf Seite 71 |
| " | 71 X 15 CrNiSi 24-19 | in Analyse ergänzen: Ni 19,0% |
| " | 72 45 CrSi 34 | Bei SU-Marke das L streichen |
| " | 78 neu einsetzen: | (nach X 20 CrNiMn 11-9) unter SU-Marke |
| | | EN 12 ChG ähnl. W.-Nr. 3930 C 0,55, Mn 4,5,
Cr 3,6, Ni 12,5% antimagnetischer Stahl |
| " | 83 34 CrMo 5 | unter W.-Nr. berichtigen: VCMo 135 |
| | 35 CrMo 4 | unter W.-Nr. berichtigen: VCMo 135 |
| | 34 Ni 5 | unter W.-Nr. berichtigen: 5620 |
| " | 81 13 CrMo 4-4 | unter SU-Marke ergänzen: ähnl. 15 ChMA |
| " | 87 K 35 CrMo 4 | unter W.-Nr. berichtigen: VCMo 135 |
| " | 88 X 10 CrAl 7 | unter SU-Marke ergänzen: EJ 428 |
| | X 10 CrAl 13 | unter SU-Marke einsetzen: Ch 12 JuS |
| | X 10 CrAl 18 | unter SU-Marke streichen: Ch 12 JuS |
| " | 91 258 | W.-Nr. ändern in: 5620 |
| " | 91 305 | SES Bezeichnung ändern in 90 Cr Si 5 |
| " | 93 377, 378, 380 | berichtigen in: VCMo 135 |
| " | 93 388 | unter SU-Marke nachtragen: ähnl. 15 ChMA |
| " | 94 416 | unter SU-Marke einsetzen: Ch 12 JuS |
| | 417 | unter SU-Marke streichen: Ch 12 JuS |
| | 415 | unter SU-Marke einsetzen: EJ 428 |
| " | 98 nach 15 MA neu einsetzen: | 15 ChMA 13 CrMo 4-4 388 7335 |
| " | 100 nach Ch 17 N 2 neu einsetzen: | Ch 18 N 11 B X 10 CrNiNb 18-9 416 4550 |
| " | 100 bei Ch 12 JuS ändern: | X 10 CrAl 13 416 4724 |
| " | 100 hinter EJ 347 neu einsetzen: | EJ 428 C 10 CrAl 7 415 4713 |
| | | EJ 398 X 10 CrNiNb 18-9 4550 |
| | | EJ 402 X 10 CrNiNb 18-9 4550 |
| " | 100 hinter Ch 17 N 2 neu einsetzen: | Ch 18 N 12 M 2 T X 10 CrNiMo Ti 18-10 |
| | | 527 4571 |
| " | 102, 103, 104 | die Köpfe sind jeweils falsch eingesetzt, die |
| | | ersten 4 Spalten gehören auf die vorher- |
| | | gehende Seite |
| " | 103 bei Werkst.-Nr. 7335 | SES Nr. ändern in 888 |
| | bei Werkst.-Nr. 7513 | SES Nr. ändern in 403. |

Verzeichnis nach Stahlmarken

(fettgedruckte Zahl bedeutet Seite mit Behandlungsvorschrift)

A		ECN 25	81
ABC II	19, 23	ECN 35	81
ABC II/E	23	ECo 3	22
ABC III	20, 23	EN 15	81
Armco-Eisen	140, 143	EV 4	22
B		EV 4 Co	22
B 18	21, 23	E 18 Co 5	19, 22
C		E 18 Co 10	22
C 15 W 3	70	I	
C 35 W 3	70	Invarstahl	142
C 45 W 3	70, 73	K	
C 50 W 3	70	K 13 NiCr 7	83
C 55 WS	70, 72	K 13 NiCr 12	83
C 60 W 3	70, 73	K 13 NiCr 14	55, 83
C 70 W 1	70, 72	K 15 Cr 4	83
C 70 W 2	70, 72	K 15 Mn Cr 5	83
C 75 W 3	70, 73	K 20 Cr 4	83, 87
C 80 W 1	71, 72	K 20 Mn 4	102
C 80 W 2	71, 72	K 20 MnCr 4	83
C 85 WS	71, 72	K 20 NiCr 5	87
C 90 W 1	71, 72	K 20 NiCr 14	87
C 90 W 2	71, 72	K 30 Cr 4	87
C 90 W 3	71, 73	K 30 Mn 4	87
C 100 W 1	71, 72	K 30 Mn 5	87, 89
C 100 W 2	71, 72	K 30 NiCr 12	87
C 115 W 1	71, 72	K 30 SiMnCr 4	91
C 115 W 2	71, 72	K 35 Cr 4	87, 89
C 130 W 1	71, 72	K 35 CrAl 6	55, 97
C 130 W 2	71, 72	K 35 CrMo 4	91, 103
D		K 35 SiMn 5	90, 93, 99, 137
D	22	K 35 SiMnCr 4	91
DMo 5	22	K 35 CrMoV 5	97
E		K 37 NiCr 13	87
ECMo 60	81	K 38 CrAlMo 6	97
ECMo 100	81	K 40 Cr 4	83, 87, 89
		K 40 Mn 4	88
		K 40 MnCr 4	88, 89
		K 40 NiCr 5	90, 136

K 50 Cr 4 87
K 50 CrV 4 . . . 90, 92, 99, 110, 136
K 50 CrMn V 4 119
K 53 SiMn 4 49, 91

M

Mh 97 140, 143
M 2 143

N

N 5 A 101
N 5 B 101
N 8 A 101
N 10 101

V

VCN 25 84
VCN 35 84
VCN 45 84

X

X 5 CrNi 18-9 114, 121, 127
X 5 CrNi 19-9 122
X 5 CrNiMo 18-10 114, 121, 127
X 5 CrNiMo 19-10 122
X 5 CrNiMo 18-12 127
X 8 Cr 9 132, 133
X 8 Cr 15 122, 132, 133
X 8 Cr 30 132, 133
X 8 CrTi 17 114, 121, 126
X 8 CrNi 12-12 114, 121, 127
X 8 CrNb 18 122
X 8 CrMoTi 17 114, 121, 126
X 8 CrNiNb 19-9 122, 132, 133
X 8 CrNiSi 18-8 127
X 8 CrNiMoNb 19-10 122
X 8 CrNiMoSi 18-9 . . . 114, 121, 127
X 10 Cr 13 . . . 114, 121, 126, 137
X 10 CrAl 7 132, 133
X 10 CrAl 13 132, 133
X 10 CrAl 18 132, 133
X 10 CrAl 24 132, 133
X 10 CrSi 6 132, 133
X 10 CrSi 13 132, 133
X 10 Cr Si 18 132, 133

X 10 CrNiNb 18-9 . . . 114, 121, 127
X 10 CrNiTi 18-9 . . . 114, 121, 127
X 10 CrNiSi 36-16 . . . 132, 133
X 10 CrNiMoNb 18-10 114, 121, 127
X 10 CrNiMoTi 18-10 114, 121, 127
X 12 CrNi 18-8 114, 121, 127
X 12 CrNi 25-4 132, 133
X 12 CrNi 22-12 132, 133
X 12 CrNi 25-20 132, 133
X 12 MnCr 18-10 114, 121, 126
X 12 NiCr 36-18 132, 133
X 12 CrMoTi 25 132, 133
X 15 CrNiSi 19-9 132, 133, 136
X 15 CrNiSi 24-19 . . . 132, 133, 136
X 20 Cr 13 49, 66, 68, 114, 126, 128
X 20 CrMo 13 114, 121, 126
X 20 CrNiMn 11-9 143
X 20 CrNiSi 25-4 . . . 132, 133, 136
X 22 CrNi 17 . . . 114, 121, 126, 128
X 28 CrMo V 3-3 . . . 26, 36, 38, 44
X 35 CrMo 17 . . . 114, 121, 126, 129
X 40 Cr 13 66, 68, 114, 121, 126, 136
X 40 MnCr 18 137, 143
X 45 CrSi 9 138, 137, 138
X 45 CrNiW 18-9 . . . 137, 138
X 90 CrMoV 18 . . . 114, 121, 126

3 Ni-144 142, 143
10 Cr 11 101, 102
10 CrV 11 101, 102
13 CrMo 4-4 102
13 NiCr 7 81, 83
13 NiCr 12 81, 83
13 NiCr 14 81, 83
15 Cr 3 55, 81, 83
15 Cr 4 83
15 Mo 3 102
15 CrNi 6 81, 83
15 MnCr 5 81, 83
16 CrMo 4 81, 83, 102
16 MnCr 5 56, 81, 83
18 CrNi 8 81, 83
19 Mn 5 102
19 NiCrMo 15 87
20 Cr 4 83, 87
20 Mn 4 102
20 MnCr 4 83

20 MnCr 5 55, 81, 83
20 NiCr 5 83
20 NiCr 14 83
21 CrMoW 12 101, 102
22 CrV 9 101, 102
22 CrMo 4 81, 83
22 MnCr 6 55, 81, 83
23 CrMo 5 102
24 CrMo 4-8 102
24 CrMo 5 103
24 CrMoV 5-5 . . . 103
25 Mn 8 103
25 CrMo 4 90, 92, 103
25 MnV 8 103
26 CrV 7 103
26 NiCrMoV 5 40
27 CrAl 6 97
27 MnCrV 4 91
28 NiCrMo 7 91
28 NiCrMo 8 91
28 NiCrMo 7-4 91
28 NiCrV 5 40
28 NiCrMoV 10 40
28 NiCrMoV 17 40
30 Cr 4 87
30 Mn 4 87
30 Mn 5 87, 89
30 NiCr 12 83
30 WCo 36 36, 38, 44
30 CrMoV 9 39, 55, 91, 94, 97
30 CrNiMo 8 . . . 39, 84, 91, 93
30 SiMnCr 4 91
30 WCrV 15 39, 41
30 WCrV 17-9 39, 41
30 WCrV 34-1f 39, 42
31 Cr 4 87
31 CrV 3 55
32 CrAlMo 4 97, 103
34 Ni 5 83
34 CrMo 5 90, 92, 103
34 CrNiMo 6 84, 91, 94
35 Cr 4 87, 89
35 CrMo 4 90, 103
35 SiMn 5 90, 93, 99
35 NiCrMo 16 39
35 WCrV 7 49, 50
35 WCrV 34-11 39

35 CrMoVW 20-15 26, 36, 38, 88
36 Mn 5 83
36 Mn 7 88, 89
36 CrNiMo 4 84, 91, 94
37 MnV 7 90
37 NiCr 10 88
37 NiCr-13 88
38 SiCrV 6 49, 50
40 Cr 4 83, 87, 89
40 Mn 4 88, 99
40 CrMo 4 90
40 MnCr 4 88, 89
40 NiCr 5 90
40 CrMoV 21 34, 38
40 CrMnMo 7 39, 42
40 NiCrMo 15 40
42 Cr 6 87
42 MnV 7 90, 93, 99
45 CrSi 34 136, 137, 138
45 NiCr 5 49, 52
45 SiCr 16 137
45 CrMoV 6-7 . . . 49, 51
45 CrNiW 72-36 . . . 137, 138
45 SiCrV 6 49, 50
45 WCrV 7 49, 51
45 WCrV 7-7 . . . 26, 40, 43
45 CrVMoW 5-8 . . . 49, 91, 99
46 SiMn 4 110
48 Si 7 110
48 MnV 7 90
50 Cr 4 87
50 Mn 7 110
50 CrMo 4 90, 92
50 CrMn 4 110
50 CrV 4 90, 92, 99, 110
50 NiCr 13 55, 56
53 SiMn 4 91
55 SiMn 6 110
55 SiMn 7 110
55 NiCrMo 6 40
55 WCrV 7 49, 52
55 NiCrMoV 6 40, 43
56 NiCrMoV 7 40, 43
58 Cr 4 87
58 CrV 4 90, 111
60 SiMn 6 111
60 SiMn 7 111

62 SiCr 5	49	100 WCr 6	59, 60
64 SiCr 5	49, 53	100 WV 4	59, 61
65 Si 7	111	100 CoCrMo 62	139
65 NiCrMo 6	40	100 CrCoMo 42	139
67 SiCr 5	49, 53, 111	100 CoCrMo 42	139
70 Si 7	55, 88, 111	105 MnCr 4	59, 61
72 WV 72-7	23	105 Cr 4	59, 75
75 WCo 74-50	22	110 Cr 2	59, 75
76 WV 72-12	23	110 MoV 5	59
76 WCrV 36-15	23	110 WMo 10-26	23
80 CrV 3	55, 56	110 WCrV 5	59, 62
80 WCo 74-100	22	115 W 8	59, 63
80 WV 2	55	115 CrV 3	59, 62
80 WCrV 3	55	120 Mn 60	139, 143
80 WCrV 8	55, 67	120 W 4	59
85 Cr 1	55, 67	120 WVA	59, 63
85 Cr 7	49, 55	125 Cr 1	59
85 WMo 26-50	22	125 CrSi 5	59, 64
90 CrSi 5	55	130 W 19	59
90 MnV 8	55, 58	130 WV 42-38	23
90 WCo 48-30	22	135 WCo 48-18	23
90 WV 38-23	23	135 WCrV 4	59, 64
90 WV 48-25	22	140 Cr 2	59
92 CoWCr 120	139	142 WCrV 13	59, 65
97 CrCo 15-8	139	145 Cr 6	59, 65
100 Cr 6	55, 58, 75	145 CrV 6	59, 65
100 Cr 13	139	150 CrSi 14	66
100 V 1	59, 60	165 CrMoWV 46	66, 67
100 V 3	59	200 Cr 8	66
100 CrMn 6	75	210 Cr 46	49, 66, 67, 96, 137
100 CrMn 19	139	210 CrV 46	66, 67
100 CrSi 16	139		

INHALTSVERZEICHNIS

Einleitung	3
Allgemeine Hinweise	5
Entkohlung	7
Anfokhlung	10
Fehler durch falsche Wärmebehandlung	10
Fehler durch Kerbwirkungen	13
Schnellarbeitsstähle	15
Stähle für Schrupparbeiten	17
Stähle für Schlichtarbeiten	17
Warmarbeitsstähle	25
Molybdän- und Cobalt-legierte Warmarbeitsstähle, die nicht im Edelstahlverzeichnis enthalten sind	34
Stähle für Warm- und Kaltarbeit	46
Stähle für Kaltarbeit	53
Unlegierte Werkzeugstähle	68
Wälagerstähle	74
Legierte Baustähle	76
Einsetzstähle	76
Vergütungsstähle	82
Nitrierstähle	94
Stähle für Flammen-, Induktions- und Tauchhärtung	98
Warmfeste Baustähle	100
Hochwarmfeste Stähle	104
Rostbeständige, säurebeständige Stähle	112
Oberflächenführung der rost- und säurebeständigen Stähle	113
Korrosionsarten	113
Beizen	116
Löten	119
Schweißen	119
Schweißverfahren	120
Kaltverformung	122
Spanabhebende Bearbeitung	124
Hitzebeständige Stähle	129
Versprödung	130
Schweißen und Schweißverfahren	132
Kaltverformung	134
Spanabhebende Bearbeitung	134

Ventilstähle	136
Magnetstähle	139
Sonderstähle und physikalische Stähle	139
Hartmanganstahl 120 Mn 50	139
Decolletage- oder Triebstahl Mn 97	140
Armco- oder remanenzfreies Weicheisen	140
Antimagnetische Stähle X 20 CrNiMn 11-9, X 40 MnCr 18	141
Invarstahl 3 Ni 144	142
Beständigkeitstabelle	144
Ergänzungen zu dem Edelstahlverzeichnis und Druckfehlerberichtigungen	178
Verzeichnis nach Stahlmarken	181

Die Eigenschaften der wichtigsten Baustähle (GOST-Normen)

Zusammensetzung, Eigenschaften und Verwendung der Stähle
in Tabellen dargestellt

Kapitel X aus: Der Maschinenbau
Enzyklopädisches Nachschlagewerk, Band 3

Übersetzung aus dem Russischen

1954 · 220 Seiten · 64 Abb. · 98 Tab. · Leinen · 17,— DM

Für rund 100 Stähle wurden aus der Fachliteratur der ganzen Welt die Zusammensetzung, die Wärmebehandlung und die Eigenschaften gesammelt und tabellarisch zusammengestellt. Auf den Tabellen ist jeweils rechts oben die entsprechende deutsche Marke in der Bezeichnung der „Standardliste“ angegeben.

Auf 85 doppelseitigen Tafeln werden Baustähle und auf 13 Tafeln die hochlegierten Stähle mit den erreichbaren Werten dieser Werkstoffe erfaßt. Weiter sind auf 12 Seiten 74 Diagramme der von den Stabmitten aus gemessenen Härtevermögen, der Wechsel- und der Kriechfestigkeit beigelegt, während eine von der deutschen Redaktion verfaßte Gegenüberstellung der sowjetischen und der ihnen ähnlichen deutschen Stahlmarken vorangeht.



VERLAG DIE WIRTSCHAFT BERLIN