



DAS KONZEPT GEGEN VERSCHLEISS

DILLIDUR

TECHNISCHE INFORMATION NR. III/2007

DILLINGER HÜTTE GTS





April 2007



INHALTSVERZEICHNIS

5

Ein längeres Leben für Ihre Anlagen

12

Die Herstellung von DILLIDUR

Erschmelzung des Stahls

Umformung zu Grobblech

Härten

17

Die Werkstoffeigenschaften von DILLIDUR

Härte und Festigkeit

Zähigkeit

Durchhärtung

Warmfestigkeit

20

Die Verarbeitung von DILLIDUR

Kaltumformen

Warmumformen

Thermisches Schneiden

Schweißen

Spanende Bearbeitung

Nitrieren

49

Literatur

50

Stichwortverzeichnis



Bild 1: Baggerschaufel aus DILLIDUR-V-Stählen im harten Tagebaueinsatz
(Bild mit freundlicher Genehmigung der Firma Schlüter Baumaschinen, Erwitte, Westfalen)



EIN LÄNGERES LEBEN FÜR IHRE ANLAGEN

Ob in Steinbrüchen, Bergwerken, Kiesgruben, in der Bauindustrie oder in der Eisen- und Stahlindustrie, nirgendwo sonst werden wertvolle Geräte und Maschinen so sprichwörtlich „verschlissen“ wie in diesen Industriebereichen.

Förderrutschen, Schurren, Silos, Prallplatten, Panzerungen, Siebbleche, Schneidkanten, Kippermulden, Ladeschaufeln usw. sind Bauteile, denen ein Höchstmaß an Verschleißfestigkeit abverlangt wird. Deshalb hängen Qualität und Lebensdauer der eingesetzten Maschinen und ihrer Bauteile in besonderem Maße von den Werkstoffen ab, aus denen sie bestehen.

Wir möchten Ihnen eine Gruppe von Stählen vorstellen, die bisher schwer zu vereinbarenden Forderungen wie höchste Verschleißfestigkeit bei geringstem Materialeinsatz und gleichzeitig hervorragender Verarbeitbarkeit vereinen: die DILLIDUR-Stähle von DILLINGER HÜTTE GTS.

Namhafte Hersteller von Baumaschinen, Förderanlagen und Aufbereitungsanlagen verwenden DILLIDUR und vertrauen auf die jahrzehntelange Erfahrung von DILLINGER HÜTTE GTS in der Produktion von verschleißfesten Stählen.

Das DILLIDUR-Konzept ist für unterschiedliche Einsatz-

gebiete entwickelt worden und daher sind DILLIDUR-Stähle in einer gut abgestuften Härteskala verfügbar, so dass jeder Anwendungsfall abgedeckt werden kann: DILLIDUR 275 C, 325 L, 400 V, 450 V und 500 V.

Informationen über die spezielle DILLIDUR-Variante für den Formenbau (DILLIDUR 275 SFX) sind in dem entsprechenden Werkstoffblatt zu finden.

In welchen Abmessungen die DILLIDUR-Stähle standardmäßig lieferbar sind, zeigt unser Lieferprogramm. Darüber hinaus sind Sonderabmessungen auf Anfrage möglich.



Die Entscheidung darüber, welcher DILLIDUR-Stahl am besten geeignet ist, hängt von der genauen Kenntnis der Einsatzbedingungen und der Verarbeitungsmöglichkeiten ab.

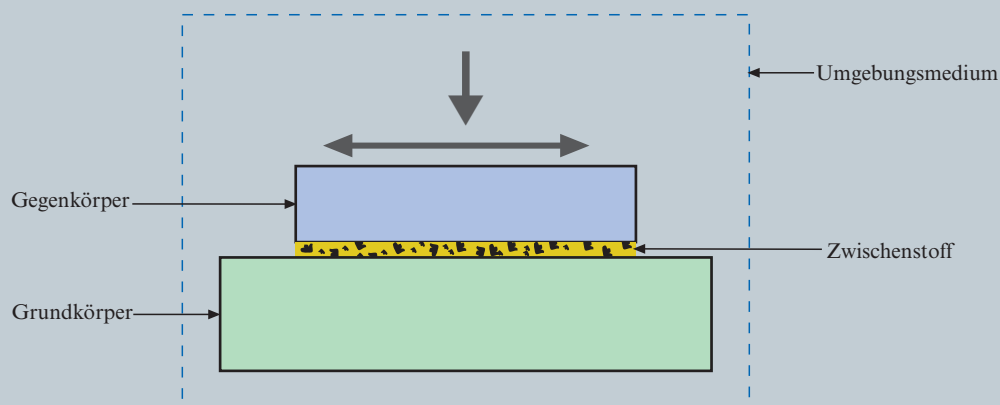
Bei Ihrer Analyse von Verschleißfällen sollten Sie die Vielschichtigkeit tribologischer Vorgänge berücksichtigen, wobei eine umfassende Überprüfung

aller daran unmittelbar beteiligten Komponenten erforderlich ist. Dabei hilft Ihnen die frühere DIN 50320 „Verschleiß“. Ein solches „tribologisches System“ ist schematisiert in Bild 2 dargestellt.

Im Unterschied zu den Eigenschaften Härte, Festigkeit usw., die als Werkstoffkenngrößen angesehen werden, resultiert der

unter tribologischen Beanspruchungen auftretende Verschleiß aus dem Zusammenwirken aller am Verschleißvorgang beteiligten Teile einer technischen Konstruktion und kann nur durch „systembezogene“ Verschleißkenngrößen beschrieben werden. Daher gilt der Grundsatz: „Verschleiß ist keine Werkstoffeigenschaft, sondern immer eine Systemeigenschaft!“

Bild 2: Struktur eines allgemeinen tribologischen Systems ¹⁾



¹⁾ Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.



An einem Verschleißvorgang sind im allgemeinen vier Elemente beteiligt, wie aus Bild 2 ersichtlich ist. Diese Elemente bilden die eigentliche Struktur des tribologischen Systems und beeinflussen im wesentlichen die Wahl eines geeigneten Verschleißbleches (Grundkörper).

Die nachfolgenden Fragen und Erläuterungen sollen Ihnen als Hilfsmittel dienen, diese Struktur zu erfassen und daraus eine beanspruchungsgerechte Werkstoffauswahl zu treffen.


















- Welches Material (Steine, Quarzsand, Kies, Kohle, Schlamm, Mehl, Zucker, usw.) beansprucht mit welcher Härte das Verschleißblech bzw. welche Beschaffenheit hat der Gegenkörper?
- Um welche Art der Beanspruchung handelt es sich (Gleiten, Rollen, Stoßen, Strömen) und wie stark sind die einwirkenden Kräfte (Geschwindigkeit, Druck, Temperatur, Beanspruchungsdauer usw.)?
- Welche Zwischenstoffe wirken mit (Wasser, Öl, Säure, Luft, Verschleißprodukte, usw.)?
- In welcher Umgebung findet der Verschleißvorgang statt (feuchte, salzhaltige, trockene Luft, Umgebungstemperatur usw.)?

In Abhängigkeit von der Beanspruchungsart wird Verschleiß in Verschleißarten und Verschleißmechanismen aufgliedert.

In Tabelle 1 sind, in Anlehnung an die nicht mehr gültige, aber dennoch instruktive DIN 50320 die hauptsächlichsten Verschleißarten zusammengestellt, die sich für die verschiedenen tribologischen Beanspruchungen ergeben können, mit einer Kennzeichnung der wirkenden Verschleißmechanismen.



Tabelle 1: Gliederung des Verschleißgebietes in Anlehnung an die frühere DIN 50320 ¹⁾

Systemstruktur	Tribologische Beanspruchung (Symbole)	Verschleißart	Wirkende Mechanismen (einzeln oder kombiniert)			
			Adhäsion	Abrasion	Oberfläch-zerrüttung	Tribochem. Reaktionen
- Festkörper - Zwischenstoff (Trennung der Körper) - Festkörper	Gleiten Rollen Wälzen Stoßen 	-	-	-	■	□
- Festkörper - Festkörper (Fest-, Grenz-, Mischreibung)	Gleiten 	Gleitverschleiß	■	□	□	■
	Rollen Wälzen 	Rollverschleiß Wälzverschleiß	□	□	■	□
	Oszillieren 	Schwingungsverschleiß	■	■	■	■
	Prallen Stoßen 	Prallverschleiß Stoßverschleiß	□	□	■	□
- Festkörper - Partikel		Abrasiv-Prallverschleiß	-	■	■	□
	Gleiten 	Abrasiv-Gleitverschleiß	-	■	-	□
- Festkörper - Festkörper / Partikel	Gleiten 	Dreikörper-Abrasiveverschleiß	□	■	■	□
	Wälzen 		□	■	■	□
	Stoßen 		□	□	■	□
- Festkörper - Partikel - Flüssigkeit	Strömen 	Hydroabrasivverschleiß (Spülverschleiß)	-	■	■	□
- Festkörper - Partikel (Gas)	Strömen 	Gleitstrahlverschleiß	□	■	■	□
	Strömen Stoßen 	Prall-Schrägstrahlverschleiß	□	■	■	□
- Festkörper - Flüssigkeit	Strömen Schwingen 	Kavitationserosion	-	-	■	□
	Stoßen 	Tropfenschlagerosion	-	-	■	□
	Strömen 	Flüssigkeitserosion	-	-	□	■
- Festkörper - Gas	Strömen 	Gaserosion	-	-	-	■

■ hauptsächlich wirkend
□ mitunter wirkend

¹⁾ Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.



Verschleißarten beschreiben im wesentlichen die Kinetik und Struktur tribologischer Systeme und Verschleißmechanismen ergeben sich durch stoffliche und energetische Wechselwirkungen zwischen Grund- und Gegenkörper, beeinflusst durch Zwischenstoff und Umgebungsmedium. Man unterscheidet¹⁾:

- Adhäsion: Hervorgerufen durch lokale Verschweißungen der sich berührenden Oberflächen, z.B. „Fressen“
- Abrasion: Materialabtrag aufgrund ritzender Beanspruchung
- Oberflächenzerrüttung: Ermüdung und Rissbildung im oberflächennahen Bereich durch wechselnde mechanische Beanspruchungen, z.B. „Pitting“
- Tribochemische Reaktion: Entstehung von Reaktionsprodukten durch tribologische Beanspruchung bei chemischer Reaktion mit der Umgebung, z.B. „Oxidation“

Jeder dieser Mechanismen beansprucht einen Werkstoff auf unterschiedliche Weise und erfordert die Optimierung bestimmter Werkstoffkenngrößen (z.B. die Härte gegen Abrasion oder die Zähigkeit gegen Oberflächenzerrüttung).

Die Kenntnis der Struktur eines tribologischen Systems dient als Hilfsmittel, Verschleißvorgänge zu erfassen und diese durch geeignete Maßnahmen, möglichst bereits in der Entwicklungsphase einer Maschine, zu vermindern.

Eine genaue Vorhersage von Verschleißvorgängen und Verschleißraten ist jedoch meist sehr schwierig, denn trotz vieler Erfahrungen ist ihre Vielschichtigkeit fast unbegrenzt und daher kann meist nur der Praxistest zuverlässige Verschleißmessgrößen liefern.

Bitte beachten Sie, dass neben der beanspruchungsgerechten Werkstoffauswahl auch konstruktive und/oder betriebs- und verfahrensbedingte Maßnahmen

helfen können, den Verschleiß erheblich zu reduzieren.

Beispielsweise kann durch die Veränderung der Transportgeschwindigkeit eines Schüttgutes der Abwurf und damit der Auftreffwinkel in einen Aufgabetrichter variiert werden. Damit ändert sich der Anteil an Prall- und Abrasivverschleiß und damit u.U. die Verschleißrate (betriebsbedingte Maßnahme). Ebenso kann jedoch auch der Neigungswinkel der Trichterwand abgeändert werden (konstruktive Maßnahme), wobei sich ebenfalls die Verschleißrate ändert.

Ein passiver Verschleißschutz, der zu einem Selbstschutz durch das Verschleißmaterial führt, z.B. durch das Anbringen von Stufen (Leisten) an der Trichterwand, kann zusätzlich helfen, den Bauteilverschleiß zu verringern.

¹⁾ Wiedergegeben mit Erlaubnis des DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Maßgebend für das Anwenden der DIN-Norm ist deren Fassung mit dem neuesten Ausgabedatum, die bei der Beuth Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin, erhältlich ist.



Neben den Eigenschaften eines Stahles gegen Verschleiß wie Härte, Verformungsfähigkeit, Widerstand gegen Rissbildung und Rissausbreitung, spielen meist die folgenden Entscheidungskriterien eine wichtige Rolle bei der Auswahl:

- die Schweißbeignung
- die Kaltformbarkeit
- die Warmformbarkeit
- die Zerspanbarkeit
- die Zähigkeit
- die Wirtschaftlichkeit

DILLIDUR-Stähle bieten Ihnen einen optimalen Kompromiß zwischen hoher Verschleißfestigkeit und bester Verarbeitbarkeit. Das hilft, Material- und Verarbeitungskosten zu sparen. Um die Auswahl des richtigen DILLIDUR-Stahls zu erleichtern, sind in Tabelle 2 die Eigenschaften der einzelnen DILLIDUR-Stähle noch einmal gegenübergestellt. Die Aussagen gelten für Blechdicken < 25 mm und sind lediglich Anhaltswerte. Die relativen Verhältnisse

zwischen den einzelnen Stahlsorten verändern sich bei abweichenden Dicken jedoch nicht wesentlich.

Detaillierte Erläuterungen zu den Eigenschaften finden Sie in den entsprechenden Abschnitten dieser Broschüre.

Tabelle 2: Entscheidungshilfe zur Auswahl eines beanspruchungsgerechten DILLIDUR-Stahls

DILLIDUR	275 C	325 L	400 V	450 V	500 V
Verschleißwiderstand ¹⁾	+++	+	++	++(+)	+++
Schweißbeignung	0	+	+++	++	+
Kaltformbarkeit	+	++	++	++	+
Warmformbarkeit	++	++	0	0	0
Zerspanbarkeit	++	++	++	+	0
Kerbschlagzähigkeit	0	+	++	++(+)	+

(+++ = sehr gut, ++ = gut, + = befriedigend, 0 = nicht zu empfehlen, wenn diese Eigenschaft besonders wichtig ist.)

¹⁾ Gilt vorwiegend für Abrasivverschleiß (gemessener Verschleißwiderstand unter Laborbedingungen)



Wegen ihrer besonderen Mikrostruktur und Härte haben DILLIDUR-Stähle einen bis zu 5x höheren Verschleißwiderstand als konventionelle Stähle (s. Bild 3). Daher bieten moderne Stähle wie DILLIDUR den Konstrukteuren heute bisher schwer realisierbare Möglichkeiten: ihre Konstruktionen abzumagern und die Verschleißfestigkeit überall dort zu verbessern, wo es notwendig ist.

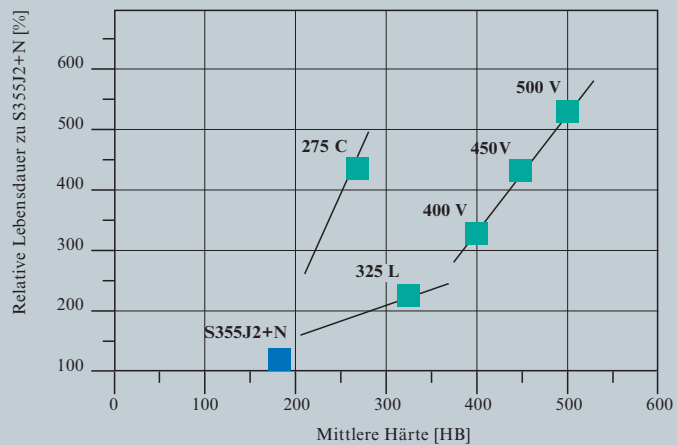
Ebenso ist aus Bild 3 zu erkennen, dass die Aussage: „Je härter der Stahl, desto besser ist sein Verschleißwiderstand“ nur mit Einschränkungen gilt. Diese Tatsache ist auf metallurgische Strukturunterschiede zurückzuführen und gilt im allgemeinen für alle Verschleißstähle.

Bei Untersuchungen mit dem Verschleißtopfverfahren (Abrasion mit trockenem Kies unter Laborbedingungen) wurde der gemessene relative Verschleißwiderstand bezogen auf den

Baustahl S355J2+N mit der mittleren Härte der getesteten Werkstoffe verglichen, und es stellte sich heraus, dass steigende Härte nur dann mit steigendem Verschleißwiderstand gleichzusetzen ist, wenn man sich innerhalb einer bestimmten

Stahlsorte (C, L oder V) bewegt. Eine Erklärung hierfür ergibt sich aus der Tatsache, dass man die Härte eines Stahls auf verschiedene Weise erreichen kann (s. Abschnitt „Die Herstellung von DILLIDUR“, S. 12ff).

Bild 3: Relative Lebensdauer von DILLIDUR-Stählen im Vergleich zu S355J2+N





DIE HERSTELLUNG VON DILLIDUR

Die hohe Härte von DILLIDUR-Stählen wird nicht allein durch gezieltes Legieren erreicht, sondern auch durch besondere Herstellungsverfahren: Die Bleche werden nach dem Walzen durch kontrollierte Wärmebehandlung gehärtet. Alle Prozesse – Stahlherstellung, Umformung zu Grobblech und Härten – sind bei jeder Stahlcharge genauestens aufeinander abgestimmt und erlauben eine optimierte Beeinflussung des Werkstoffgefüges und damit beste Eigenschaften.

Erschmelzung des Stahls

DILLIDUR-Stähle werden, nach einer sorgfältigen Roheisen-Entschwefelung, im Sauerstoff-

aufblasverfahren erschmolzen, anschließend pfannenmetallurgisch behandelt und zur Herstellung von Blechen im üblichen Abmessungsbereich im Stranggussverfahren vergossen. Zur Herstellung sehr dicker, schwerer Bleche steht alternativ das Blockgussverfahren zur Verfügung.

Ein niedriger Gehalt an Phosphor und Schwefel ist Voraussetzung für eine hohe Zähigkeit. In der Regel liegen die Phosphorgehalte bei maximal 0,020 % und die Schwefelgehalte bei maximal 0,005 %. Der erforderliche Legierungsgehalt wird ebenfalls in der Pfanne exakt eingestellt. Hierbei wird auf eine optimale Kombination von höchsten mechanischen

Kennwerten und guter Verarbeitbarkeit gezielt.

Besonders kontrolliert wird das mit dem Legierungsgehalt steigende Kohlenstoffäquivalent (CEV, PCM bzw. CET). Niedrige Werte des Kohlenstoffäquivalents deuten auf eine gute Schweißbarkeit hin. Jedoch ist ein mit der Blechdicke zunehmendes Minimum an Legierungselementen erforderlich, um bei der anschließenden Vergütung eine ausreichende Einhärtung sicher einzustellen.

Anhaltswerte für das Kohlenstoffäquivalent von DILLIDUR 275 C, 325 L, 400 V, 450 V und 500 V sind in Tabelle 3 enthalten.

Tabelle 3: Anhaltswerte für das Kohlenstoffäquivalent von DILLIDUR 275 C, 325 L, 400 V, 450 V und 500 V

DILLIDUR	275 C	325 L	400 V					450 V			500 V		
Dicke [mm]	40	40	10	25	40	80	120	10	40	80	10	40	80
CEV	0,80	0,78	0,37	0,46	0,51	0,61	0,64	0,46	0,53	0,65	0,47	0,52	0,67
CET	0,66	0,44	0,28	0,31	0,33	0,35	0,36	0,33	0,36	0,39	0,36	0,37	0,42
PCM	0,62	0,37	0,23	0,25	0,27	0,30	0,31	0,29	0,32	0,35	0,34	0,35	0,39

Kohlenstoffäquivalent:

$$CEV = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Cu + Ni)/15$$

$$CET = C + (Mn + Mo)/10 + (Cr + Cu)/20 + Ni/40$$

$$PCM = C + Si/30 + (Mn + Cu + Cr)/20 + Mo/15 + Ni/60 + V/10 + 5 \cdot B$$



Umformung zu Grobblech

DILLINGER HÜTTE GTS verfügt über zwei der leistungstärksten Walzgerüste der Welt. Hier werden die vom Stahlwerk erzeugten Brammen nach einem genau festgelegten und auf die jeweilige chemische Zusammensetzung des Stahls abgestimmten Stichplan gewalzt. Selbst bei

großen Blechdicken werden aufgrund der hohen Walzkräfte bis 108.000 kN (11.000 Tonnen) ausreichende Verformungen im Kern des Bleches erreicht. Das Gefüge ist dann bestens zum nachfolgenden Härten geeignet und bildet eine der Voraussetzungen für die gute Homogenität und die mechanischen Eigenschaften der DILLIDUR-Stähle.

Die Reproduzierbarkeit des Walzprozesses hinsichtlich Walztemperaturen, Walzkraft, und Dickenverformung bei den einzelnen Walzstichen wird durch eine exakte Messung und schnelle Prozessregelung gewährleistet.

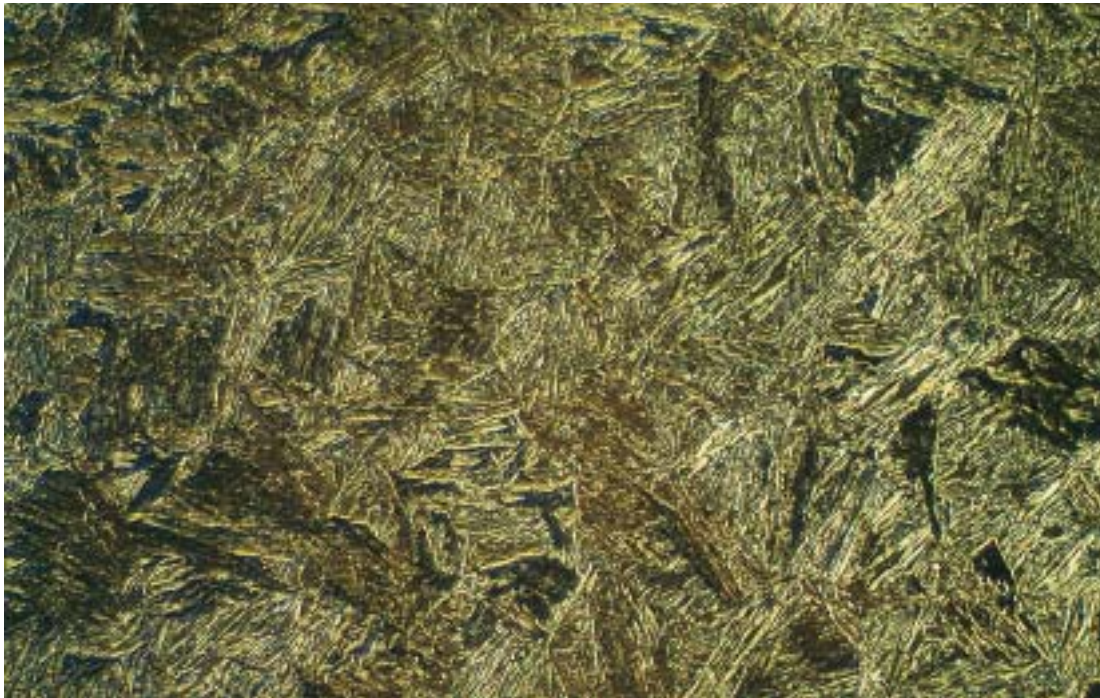


Bild 4: Das typische Härtegefüge von DILLIDUR-V-Stählen in 500-facher Vergrößerung

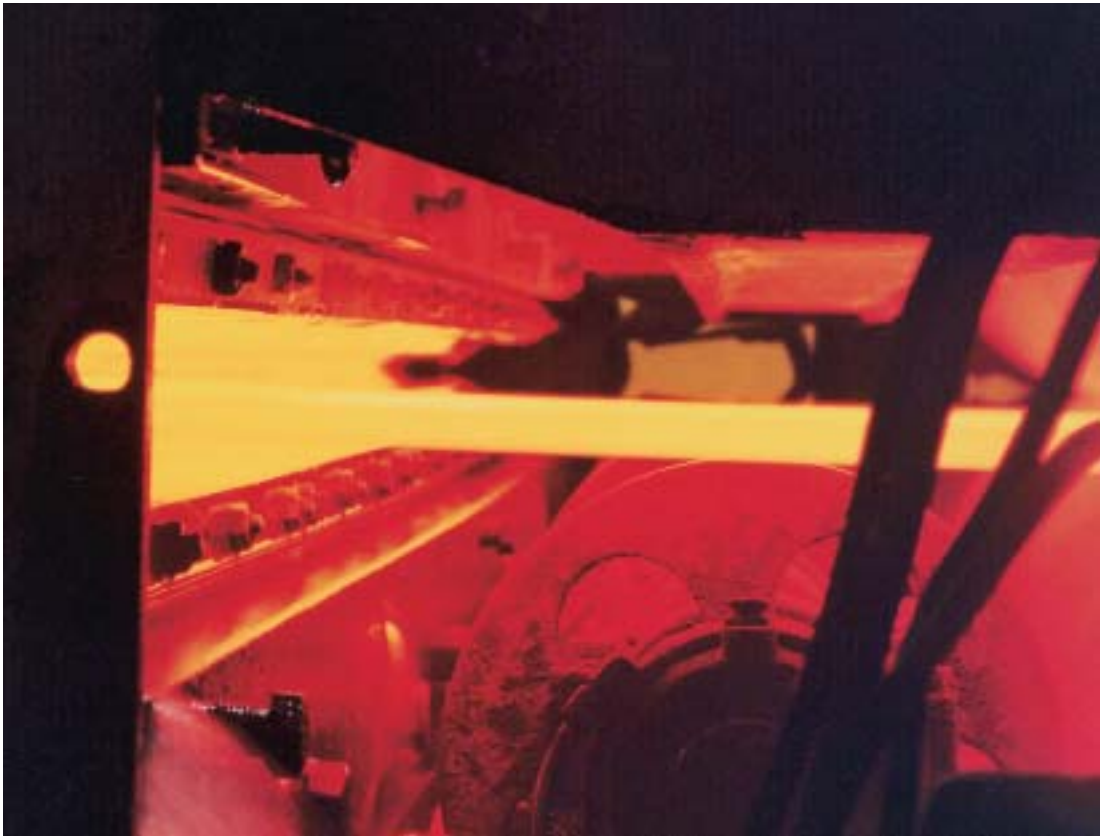


Bild 5: Ein austenitiertes DILLIDUR-V-Blech fährt in die „Quettanlage“



Härten

DILLIDUR 275 C ist normalisiert und erhält seine Härte hauptsächlich über seinen Gehalt an Kohlenstoff. Das Gefüge dieser Stahlsorte ist weitgehend ferritisch-perlitisch.

DILLIDUR 325 L ist ebenfalls normalisiert, erhält seine Härte jedoch durch zusätzliches Legieren bei niedrigerem Kohlenstoffgehalt zur Verbesserung der Schweißbarkeit. Das Gefüge dieses normalisierten Stahles ist weitgehend bainitisch.

Die hohe Härte von DILLIDUR-V-Stählen wird nicht allein durch gezieltes Legieren erreicht, sondern auch durch einen besonderen Herstellungsprozess: Die Grobbleche werden nach dem Walzen auf Austenitierungstemperatur erwärmt und anschließend in einer speziell entwickelten sogenannten „Quettanlage“ unter definierten Bedingungen mit Wasser abgeschreckt. Durch einen schnell laufenden Wasserfilm über die Ober- und Unterseite des Bleches werden extrem hohe Abkühlgeschwindigkeiten er-

reicht, so dass ein feinkörniger, harter Gefügestand im Stahl eingestellt wird. Die Kühlung erfolgt kontinuierlich und gleichmäßig, wodurch eine homogene Härteverteilung erzielt wird. Somit ist die Basis für einen erhöhten Verschleißwiderstand geschaffen.

Das typische Härtegefüge eines DILLIDUR-V zeigt Bild 4 auf Seite 13.

Bild 5 zeigt einen „Einblick“ in die „Quettanlage“.



Bild 6: Aufgabetrichter einer Brecheranlage, Wände aus DILLIDUR 400 V



DIE WERKSTOFFEIGENSCHAFTEN VON DILLIDUR

Härte und Festigkeit

DILLIDUR-Stähle weisen Härten auf, die weit über das Maß konventioneller Stähle hinausgehen.

In Tabelle 4 sind Anhaltswerte für die Härte, die Streckgrenze, die Zugfestigkeit, die Mindestbruchdehnung sowie die Zähigkeit angegeben.

Trotz ihrer hohen Festigkeitseigenschaften sind die DILLIDUR-Stähle nicht für sicher-

heitsrelevante Bauteile vorgesehen. Dafür stehen die hochfesten vergüteten Stähle DILLIMAX zur Verfügung.

Zähigkeit

Trotz ihrer hohen Härte besitzen DILLIDUR-Stähle für ihren typischen Einsatzfeld ausreichend gute Zähigkeitseigenschaften. Die Kerbschlagzähigkeit ist für die kohlenstoffarmen DILLIDUR-V-Stähle mit martensitischem Gefüge am höchsten, wobei mit steigendem

Kohlenstoffgehalt das Zähigkeitsniveau langsam abnimmt. Daher ist die Kerbschlagarbeit des DILLIDUR L niedriger (bainitisches Gefüge) und die des DILLIDUR C aufgrund des hohen Kohlenstoffgehaltes gering. Auch bei Verschleißstählen kann die Zähigkeit bei schlagartiger Beanspruchung oder bei oberflächenzerrüttemdem Prallverschleiß entscheidend sein, z.B. bei Kippmulden von Lkws (s. Bild 21, S. 38).

Tabelle 4: Anhaltswerte für Härte, Streckgrenze, Zugfestigkeit, Bruchdehnung und Zähigkeit bei Blechdicken < 25 mm

DILLIDUR	275 C	325 L	400 V	450 V	500 V
Härte [HB] ¹⁾	275	320	400	450	500
Streckgrenze R _{eH} [MPa]	650	650	800	950	1100
Zugfestigkeit R _m [MPa]	950	1000	1200	1400	1600
Dehnung A [%] ²⁾	9	15	12	11	9
Kerbschlagzähigkeit [J] ³⁾	10	20	45	35	25

¹⁾ mittlere Oberflächenhärte

²⁾ Rundzugprobe, quer

³⁾ Charpy-V-Längsproben bei -20 °C



Durchhärtung

Um hervorragende mechanische Eigenschaften, in diesem Fall eine hohe Härte im Blechkern sowie ein homogenes Gefüge zu erhalten, ist neben höchsten Abkühlgeschwindigkeiten und der Einstellung sehr niedriger Gehalte an nichtmetallischen Einschlüssen und Wasserstoff, auch eine genaue, auf den Stahl abgestimmte Zugabe von Legierungsmitteln notwendig.

Zur Durchhärtung eignen sich besonders die Elemente Chrom, Molybdän, Mangan, Vanadin und Bor. Die chemische Analyse der DILLIDUR-Stähle wird so eingestellt, dass der Härteabfall zum Blechkern hin unter Berücksichtigung eines zugunsten der Schweißbarkeit zu begrenzenden Kohlenstoffäquivalentes möglichst gering ist. Eine hohe Einhärtung verhindert einen zu schnellen Verschleiß von der Blechoberfläche hin zum Blechkern.

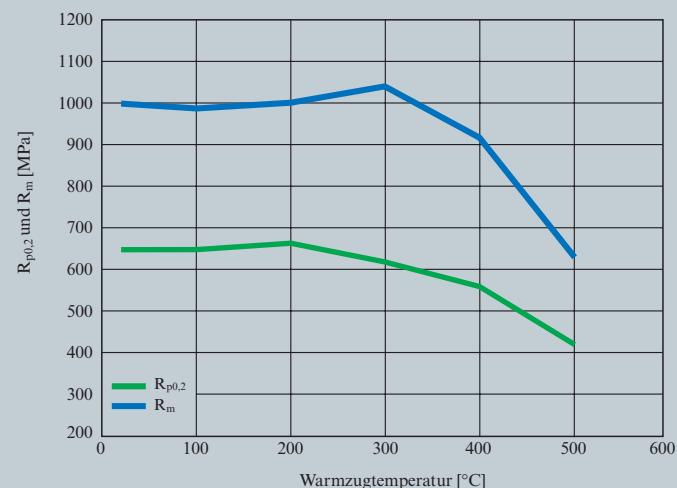
Warmfestigkeit

Verschleißvorgänge, die bei höheren Temperaturen ablaufen, erfordern von den eingesetzten Werkstoffen gute Warmfestigkeitseigenschaften. Denn auch bei höheren Betriebstemperaturen soll der Schutz gegen Verschleiß möglichst gut sein, so dass lange Standzeiten erreicht werden.

Die „Lufthärter“ DILLIDUR C und L können bis zu einer Temperatur von 400 °C im Dauereinsatz verwendet werden.

Bild 7 zeigt anhand von Warmzugversuchen bei verschiedenen Blechdicken, dass DILLIDUR 325 L bei dieser Temperatur immer noch eine Festigkeit von 630 MPa aufweist.

Bild 7: Einfluss der Temperatur auf die Streckgrenze und Zugfestigkeit von DILLIDUR 325 L (Anhaltswerte, Blechdicke = 20 mm)





DILLIDUR-V-Stähle können wegen ihrer besonderen Wärmebehandlung nicht dauerhaft bei Temperaturen über 200 °C - 250 °C eingesetzt werden, ohne dass ein Verlust von Härte und Festigkeit eintritt.

Die Bilder 8 und 9 zeigen am Beispiel von Warmzugversuchen bei verschiedenen Blechdicken den typischen Einfluss der Temperatur auf die mechanischen Eigenschaften von DILLIDUR 400 V und DILLIDUR 500 V.

Bild 8: Einfluss der Temperatur auf die Streckgrenze und Zugfestigkeit von DILLIDUR 400 V (Anhaltswerte, Blechdicke = 20 mm)

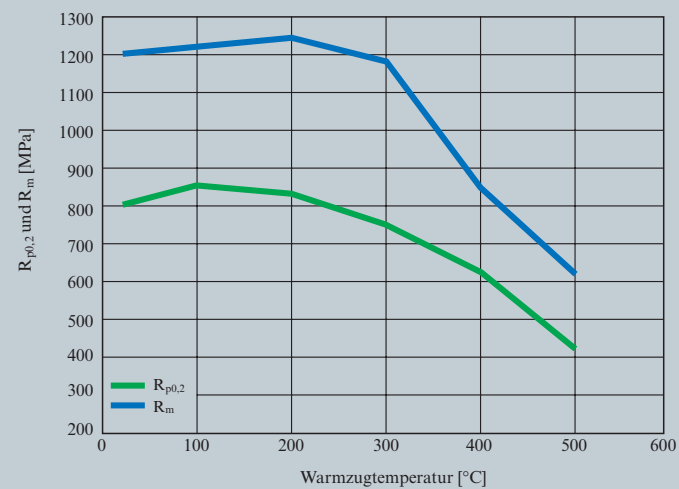
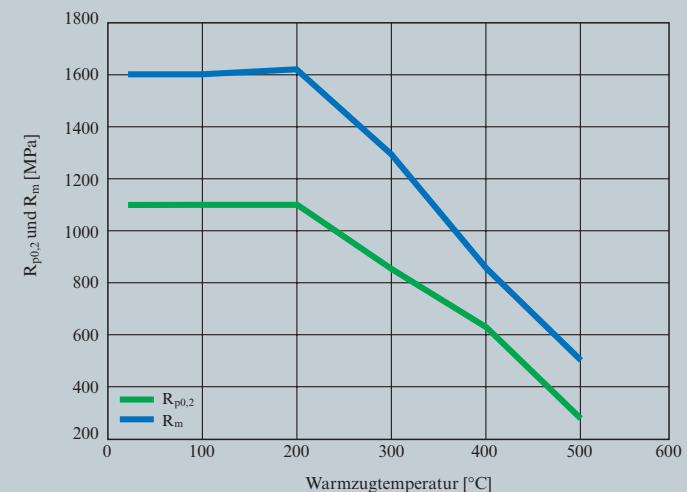


Bild 9: Einfluss der Temperatur auf die Streckgrenze und Zugfestigkeit von DILLIDUR 500 V (Anhaltswerte, Blechdicke = 20 mm)





DIE VERARBEITUNG VON DILLIDUR

DILLIDUR-Stähle lassen sich trotz ihrer hohen Härte gut verarbeiten. Dessen ungeachtet gelten für DILLIDUR-Stähle bestimmte Verarbeitungsrichtlinien. Der Anwender muss sich davon überzeugen, dass seine Berechnungs-, Konstruktions- und Arbeitsverfahren werkstoffgerecht sind, dem vom Verarbeiter einzuhaltenden Stand der Technik entsprechen und sich für den vorgesehenen Verwendungszweck eignen.

Im folgenden sollen einige grundlegende Zusammenhänge erläutert und praktische Verarbeitungshinweise für DILLIDUR gegeben werden.

Kaltumformen

DILLIDUR-Stähle lassen sich trotz ihrer hohen Härte und Festigkeit durch Runden und Kanten gut kaltumformen.

Hierbei ist zu beachten, dass mit ansteigender Streckgrenze des Stahles die für die Umformung erforderlichen Kräfte für gleiche Wandstärken zunehmen. Die Rückfederung nimmt ebenfalls zu. Um die Gefahr einer Rissbildung von den Kanten her zu vermeiden, sollten Brennschnitt- oder Scherkanten im Bereich der vorgesehenen Kaltumformung beschliffen werden. Es ist auch ratsam, die Blechkante, die beim Biegen außen liegt, leicht zu brechen.

Wegen des relativ hohen Kohlenstoffgehaltes, ist der Brennschnitt von DILLIDUR 275 C

sehr hart (ca. 600 HB) und spröde. Daher sollte die Brennschnittfläche vor dem Kaltumformen ca. 3 mm abgearbeitet werden.

Wegen der unterschiedlichen Wärmebehandlungszustände ergeben sich die in Tabelle 5 dargestellten verschiedenen Mindestbiegeradien der DILLIDUR-Stähle. Zudem sind, aufgrund des Umformungsprozesses beim Walzen, die Mindestbiegeradien und -matrizenweiten quer zur Walzrichtung niedriger als in Längsrichtung.

Die folgenden Mindestbiegeradien können als Anhaltswerte für die DILLIDUR-Stähle gelten, wobei die Umformgeschwindigkeit unter 10 % Dehnung der Außenfaser pro Sekunde betragen muss.



Tabelle 5: Mindestbiegeradien und -matrizenweiten zur Kaltumformung von DILLIDUR-Stählen

DILLIDUR	275 C		325 L		400 V		450 V		500 V	
	quer	längs	quer	längs	quer	längs	quer	längs	quer	längs
Biegeradius	6 t	8 t	5 t	6 t	3 t	4 t	5 t	6 t	7 t	9 t
Matrizenweite	14 t	18 t	14 t	16 t	10 t	12 t	14 t	16 t	16 t	20 t
Warmumformung möglich	möglich		möglich		-	-	-	-	-	-

Biegewinkel < 90°, t = Blechdicke, Umformzeit > 2 s (< 10 % Dehnung der Außenfaser pro Sekunde)

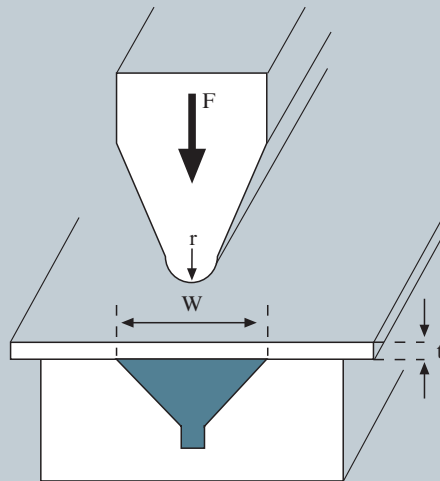




Bild 10: Kontinuierlicher Schiffsentlader im Hafen der DILLINGER HÜTTE GTS



Warmumformen

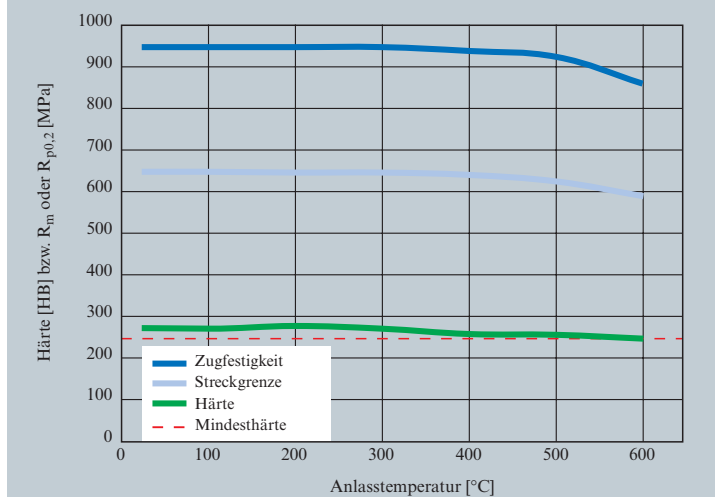
Unter Warmumformen versteht man im allgemeinen ein Umformen bei Temperaturen, bei denen eine metallurgische Veränderung zu erwarten ist. Dies ist bei DILLIDUR 275 C und DILLIDUR 325 L die Spannungsarmglühtemperatur (ca. 580 °C). Bei den DILLIDUR- V-Stählen liegt diese Grenze wegen des speziellen Härtungsprozesses deutlich tiefer (ca. 250 °C).

Da die Streckgrenze der Stähle mit zunehmender Temperatur abnimmt, kann es bei engen Biegeradien und größeren Wandstärken für DILLIDUR 275 C und DILLIDUR 325 L dennoch vorteilhaft sein, die Umformvorgänge bei höheren Temperaturen auszuführen. Die erforderlichen Umformkräfte nehmen dabei proportional zur Temperatur ab.

DILLIDUR 275 C: Da der Stahl seine Härte bei Luftabkühlung nach dem Normalisieren erreicht, ist eine Warmformgebung ohne Verlust der Härte immer möglich, wenn anschließend wieder normalisiert oder eine gleichwertige Temperaturführung bei der Warmformgebung eingehalten wird. Die Temperatur für das Normalisieren beträgt 880 bis 950 °C.

Ohne anschließendes Normalglühen kann der Stahl bis ca. 600 °C ohne wesentlichen Härteverlust erwärmt werden. Bild 11 zeigt für DILLIDUR 275 C die allgemeine Veränderung der Härte bzw. der Festigkeitswerte in Abhängigkeit von der Anlass-temperatur.

Bild 11: DILLIDUR 275 C: Einfluss der Anlass-temperatur auf Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur (Anhaltswerte)

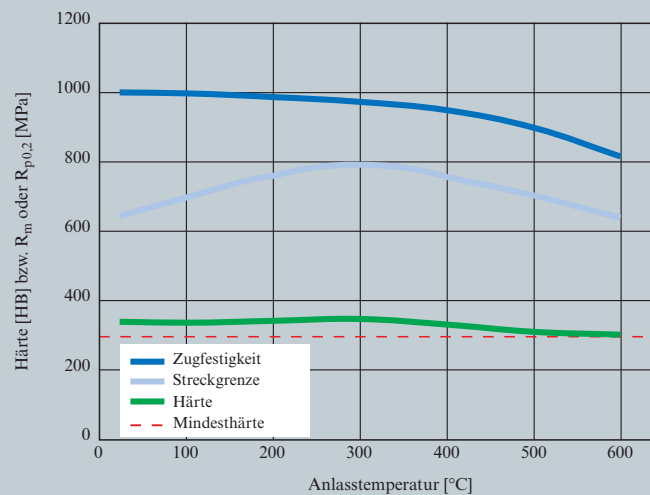




DILLIDUR 325 L: Da der Stahl seine Härte bei Luftabkühlung nach dem Normalisieren erreicht, ist eine Warmformgebung ohne Verlust der Härte immer möglich, wenn anschließend wieder normalisiert oder eine gleichwertige Temperaturführung bei der Warmformgebung eingehalten wird. Die Temperatur für das Normalisieren beträgt 900 bis 950 °C.

Ohne anschließende Wärmebehandlung kann der Stahl bis ca. 600 °C ohne wesentlichen Härteverlust erwärmt werden. Die allgemeine Veränderung der Härte bzw. der Festigkeitswerte mit der Anlasstemperatur kann Bild 12 entnommen werden.

Bild 12: DILLIDUR 325 L: Einfluss der Anlasstemperatur auf Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur (Anhaltswerte)



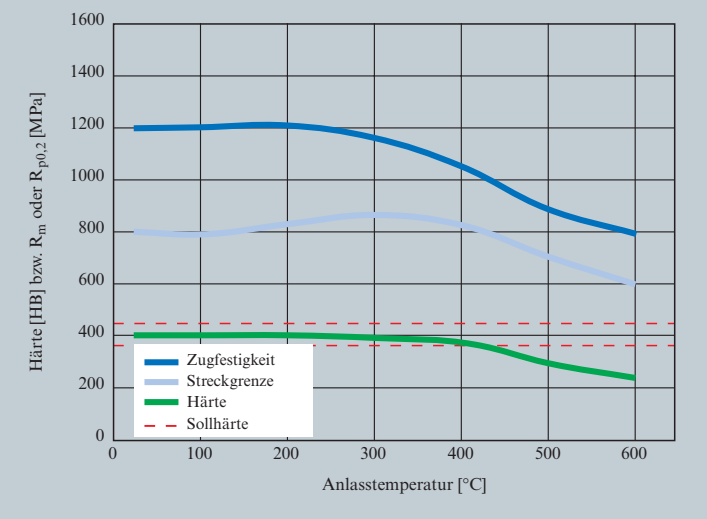


DILLIDUR 400 V/500 V: Da der Stahl seine Härte durch beschleunigte Abkühlung von der Austenitisierungstemperatur erhält, ist eine Warmformgebung ohne Verlust der Härte nur möglich, wenn das Werkstück anschließend wieder gehärtet wird.

Aufgrund unterschiedlicher Wärmebehandlungseinrichtungen beim Verarbeiter sowie unterschiedlicher Bauteilgeometrie lassen sich im Vergleich zur Blechherstellung in der Regel nur geringere Abkühlgeschwindigkeiten erzielen.

Die vom Werk eingestellte Ausgangshärte und Durchhärtung können im allgemeinen ebenfalls nicht mehr erreicht werden. Zusätzlich besteht die Gefahr von Verzügen. Für Bauteile, die bei der Verarbeitung abge-

Bild 13: DILLIDUR 400 V: Einfluss der Anlasstemperatur auf Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur (Anhaltswerte)

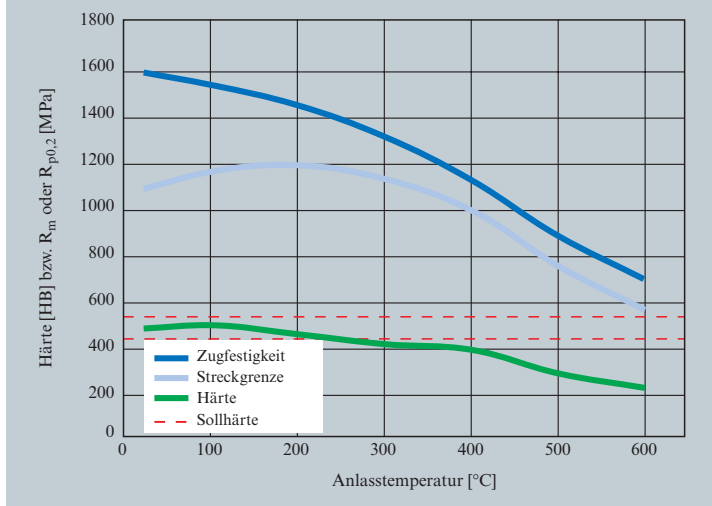


schreckt werden, kann gegebenenfalls in Absprache mit DILLINGER HÜTTE GTS die chemische Zusammensetzung entsprechend angepasst werden.

Die Bilder 13 und 14 zeigen die allgemeine Veränderung der Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte von DILLIDUR 400 V und 500 V in Abhängigkeit von der Anlasstemperatur.



Bild 14: DILLIDUR 500 V: Einfluss der Anlasstemperatur auf Zugfestigkeit, Streckgrenze und Härte nach dem Abkühlen auf Raumtemperatur (Anhaltswerte)



Eine Warmumformung der DILLIDUR-V-Stähle sollte, falls erforderlich, möglichst im Temperaturbereich zwischen 880 und 950 °C stattfinden.

Beim nachfolgenden Härten ist für eine schnelle Wärmeabfuhr, unter Vermeidung isolierender Dampfschichten zu sorgen, um eine ausreichende Einhärtung sicherzustellen.



Thermisches Schneiden

Brennschneiden, Plasma-Schmelzschnitten oder Laserschneiden der DILLIDUR-L und V-Stähle ist bei sachgerechter Arbeitsweise ohne Schwierigkeiten möglich, sofern einwandfreie und für die jeweils vorliegende Arbeit geeignete Werkzeuge vorliegen. Da die verschiedenen Hersteller unterschiedliche Werkzeuge entwickelt haben, sollten Sie die von dem Hersteller in Form von Schneidtabellen vorgegebenen Einstellwerte und Hinweise beachten (Düsenauswahl, Gasdrücke, Arbeitsweise, Geschwindigkeit usw.).

Einen ausgeprägten Einfluss auf die Brennschneidbedingungen und die erzielbare Schnittflächengüte hat ferner der Oberflächenzustand der Bleche. Bei hohen Anforderungen an die Schnittflächengüte ist es erforder-

lich, die Oberseite des Werkstückes im Schnittfugenbereich von Zunder, Rost, Farbe und sonstigen Verunreinigungen zu säubern.

Autogenes Brennschneiden:

Bei diesem Brennschneidverfahren wird der Stahl mittels einer Gas-Sauerstoffflamme auf Entzündungstemperatur gebracht und nachfolgend im Schneidsauerstoffstrahl verbrannt. Dabei wird lediglich eine sehr schmale Zone (< 1 mm) neben der Schneidkante auf Härtungstemperatur gebracht (austenitiert) und aufgrund des extrem hohen Wärmeflusses in das umliegende kalte Material, in Härtingsgefüge umgewandelt. Dieser Wärmeabfluss kann die Abkühlgeschwindigkeiten des Wasserabschreckens erreichen. Die angrenzenden Bereiche werden angelassen. Man spricht auch von der sogenannten Wärmeeinflusszone (WEZ).

Die starken Temperaturunterschiede können zu Spannungen und unter ungünstigen Bedingungen zu Härterissen führen. Mit zunehmender Dicke und Legierungsgehalt erfordert das Brennschneiden der DILLIDUR-Stähle mehr Sorgfalt als konventionelle Baustähle.

Das Brennschneiden muss bei ausreichend hoher Temperatur erfolgen, um eine Rissbildung zu vermeiden. Die Abkühlgeschwindigkeit wird dadurch verringert, so dass die austenitierte Zone weniger stark aufhärtet und die Schrumpfspannungen deutlich reduziert werden.

Die in der Tabelle 6 aufgeführten Mindestvorwärmtemperaturen haben sich beim autogenen Brennschneiden bewährt. Einspringende Ecken sollten mit Radius gebrannt werden, um die Kerbwirkung zu vermindern.

Tabelle 6: Mindestvorwärmtemperaturen zum Brennschneiden von DILLIDUR-Stählen

Blechdicke [mm]	< 10	< 20	< 30	< 50	< 60	< 100
DILLIDUR 275 C	150 °C	150 °C	175 °C	225 °C	225 °C	225 °C
DILLIDUR 325 L	15 °C	75 °C	100 °C	120 °C	–	–
DILLIDUR 400 V ¹⁾	15 °C	15 °C	15 °C	75 °C	100 °C	100 °C
DILLIDUR 450 V ¹⁾	15 °C	15 °C	50 °C	75 °C	100 °C	125 °C
DILLIDUR 500 V ¹⁾	50 °C	50 °C	75 °C	100 °C	150 °C	180 °C

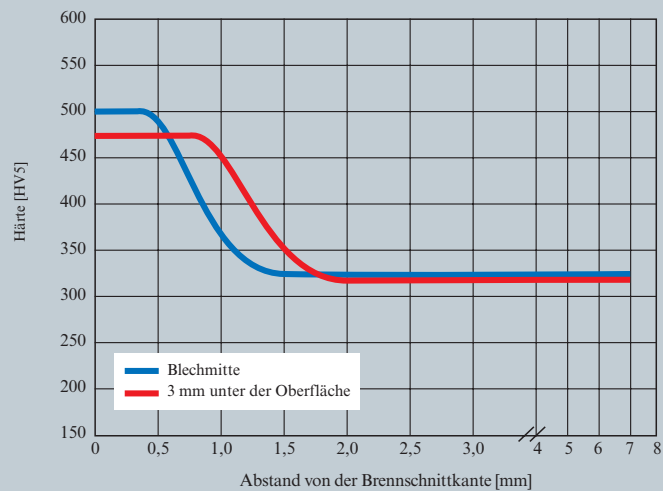
¹⁾ max. Erwärmungstemperatur < 250 °C, kurzfristig 300 °C



Werden die Schnittkanten bei der Weiterverarbeitung kalt umgeformt, etwa durch Biegen oder Abkanten, so sollten Sie bei allen DILLIDUR-Stählen die durch das Brennschneiden aufgehärteten Zone durch Überschleifen im Umformbereich beseitigen (s. Abschnitt „Kaltumformen“, S. 20).

Bild 15 zeigt den typischen Härteverlauf in der WEZ der Brennschnittkante eines DILLIDUR 325 L. Es werden Härtewerte wie beim Wasserabschrecken erreicht. Diese Härte fällt aber schnell auf die Ausgangshärte des Werkstückes ab.

Bild 15: Aufhärtung von DILLIDUR 325 L an der Brennschnittkante beim Sauerstoff-Acetylen-Brennschneiden (Anhaltswerte, Blechdicke: 15 mm)





Bei den DILLIDUR-V-Stählen erreicht die Brennschnittkante wieder die Härte des wassergehärteten Ausgangswerkstoffes. Dazwischen liegt eine schmale, erweichte Zone, die in der Nähe der Oberfläche durch die breitere Heizflamme etwas breiter ist (s. Bilder 16 und 17).

DILLIDUR-V-Stähle sollten nicht für längere Zeit über 250 °C erwärmt werden, da sie sonst deutlich an Härte verlieren.

Aus diesem Grund ist bei Brennteilen, die Wärme nicht rasch genug abführen können, wie beispielsweise kleine Bauteile, Siebbleche, Lamellen, Messerschneiden, usw., eher zusätzlich zu kühlen als vorzuwärmen.

Dies kann beispielsweise durch ein Brennen im Wasserbad geschehen, bei dem das zu brennende Blech zu 2/3 im Wasser liegt und somit die Wärme über das Wasser rasch abgeführt wird. Die resultierenden Schrumpfkkräfte sind in diesem Falle deutlich geringer, so dass eine Rissgefahr wegen der schmalen WEZ nicht besteht. Ein weiterer Vorteil ist die erstklassige Maßtoleranz, die mit dieser Brennschneidmethode erreicht werden kann.

Bild 16: Aufhärtung von DILLIDUR 400 V an der Brennschnittkante beim Sauerstoff-Acetylen-Brennschneiden (Anhaltswerte, Blechdicke: 20-30 mm) und Beispiel der Brennschnitt-WEZ am Blechrand (Schliffbild)

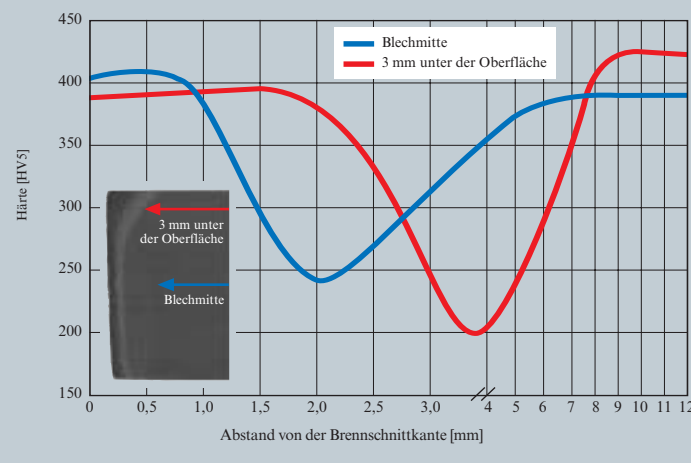
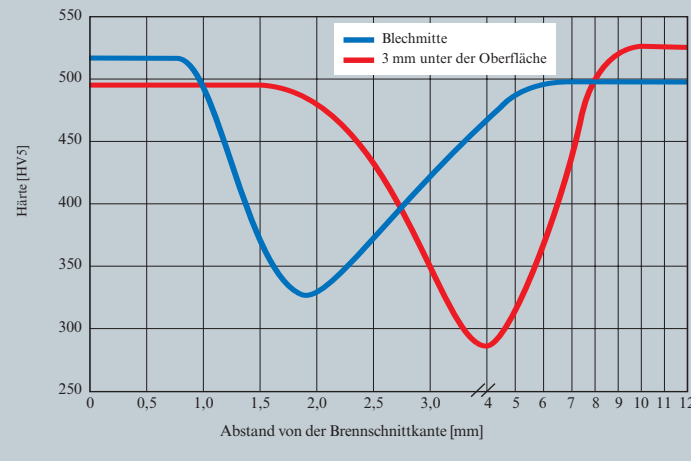


Bild 17: Aufhärtung von DILLIDUR 500 V an der Brennschnittkante beim Sauerstoff-Acetylen-Brennschneiden (Anhaltswerte, Blechdicke: 20-30 mm)





Laser- und Plasmaschneiden:

Die wesentlichen Vorteile des Laser- und Plasmaschneidens liegen in der höheren Schneidleistung und den schmalen Schnittfugen bei gleichzeitig geringstem Wärmeeinbringen. Mit beiden Schneidverfahren lassen sich kleinste Teile, Lamellen und Siebbleche verzugsarm und ohne Härteverlust schneiden (s. Bild 18). Auch auf ein Vorwärmen kann bei diesen Verfahren verzichtet werden.

Grundvoraussetzung für das Laserschneiden ist eine einwandfreie Oberfläche der Bleche, da der Laserstrahl auf der Blechoberfläche im sogenannten Brennfleck ohne Verluste durch Reflexion gebündelt und störungsfrei absorbiert werden muss.

Sämtliche DILLIDUR-Stähle können speziell für diesen Fall auf Wunsch auch gestrahlt und beschichtet geliefert werden.

Die erreichbaren Schneidleistungen hängen stark von der Laserleistung und der zu schneidenden Blechdicke ab. Bei 10 mm Blechdicke und einer Leistung von 2-3 kW sind Schnittgeschwindigkeiten bis zu 2000 mm/min möglich.

Durch geeignete Oberflächenbehandlung, lässt sich die Leistung unter Umständen noch verbessern.



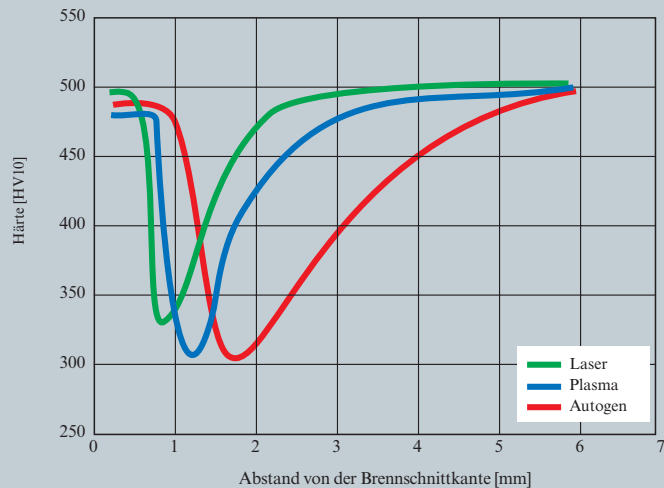
Bild 18: Lasergeschnittenes Siebblech aus DILLIDUR 400 V, Blechdicke 12 mm



Im Gegensatz zum Laserschneiden eignet sich das Plasmaschneiden auch für Blechdicken > 30 mm. Die Wärmeeinflusszone ist jedoch etwas breiter. Bild 19 zeigt den typischen Einfluss der unterschiedlichen Schneidverfahren auf die Wärmeeinflusszone eines wasserhärteten Verschleißstahles.

Wasserstrahlschneiden: Dieses Verfahren eignet sich besonders gut zum Schneiden von DILLIDUR-Stählen, da keine thermische Einflüsse vorliegen, die zu Werkstoffveränderungen führen. Somit werden die Eigenschaften des Bauteils nicht beeinträchtigt. Die Schnittgeschwindigkeiten sind jedoch etwas langsamer.

Bild 19: Typischer Einfluss von unterschiedlichen Brennschneidverfahren auf die Wärmeeinflusszone eines wasserhärteten Verschleißstahles





*Bild 20: Geschweißte Baggerschaufel aus DILLIDUR-V-Stählen
(Bild mit freundlicher Genehmigung der Firma Schlüter Baumaschinen, Erwitte, Westfalen)*



Schweißen

Schweißbeignung: Mit zunehmenden Legierungsgehalten, erfordert die Verarbeitung, insbesondere die Wärmeführung beim Schweißen, besondere Sorgfalt.

Sofern die allgemeinen Regeln der Schweißtechnik (EN 1011, s. Abschnitt „Literatur“, S. 49) sowie die folgenden Hinweise beachtet werden, sind DILLIDUR 400 V und 450 V zum Schweißen mit den üblichen Schweißverfahren sehr gut geeignet: Unterpulver-, Lichtbogenhand-, und Schutzgasschweißen.

Dagegen ist DILLIDUR 275 C wegen des relativ hohen Kohlenstoffgehalts schwieriger zu schweißen. Hierfür sind andere Verbindungen, z.B. Schrauben, vorzuziehen.

DILLINGER HÜTTE GTS weist darauf hin, dass die nachfolgenden Empfehlungen zum Schweißen rein informativ Charakter haben.

Die vielfältigen Schweißbedingungen, die Konstruktion sowie die verwendeten Zusatzwerkstoffe beeinflussen wesentlich die Qualität der Schweißverbindung. Da die jeweiligen betrieblichen Verarbeitungsbedingun-

gen nicht bekannt sind, ist es nicht möglich, die mechanischen Eigenschaften der Schweißnaht oder die Fehlerfreiheit der Schweißungen von vornherein zu garantieren. Die Praxis zeigt jedoch gute Ergebnisse, wenn geeignete Schweißbedingungen eingehalten werden.

Schweißnahtvorbereitung: Die Nahtvorbereitung kann durch spanende Bearbeitung oder durch thermisches Schneiden erfolgen. Bei Schweißbeginn muss der Nahtbereich metallisch blank, trocken und frei von Brennschneidschlacke, Rost, Zunder, Farbe und sonstigen Verunreinigungen sein.



Schweißzusatzwerkstoffe und

Hilfsstoffe: Die Schweißzusatzwerkstoffe sind in Abhängigkeit von den Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften zu wählen.

In den meisten Fällen ist es ausreichend, für Kehlnähte und nicht vollbeanspruchte Stumpfstoße, einen „weichen“ Schweißzusatzwerkstoff mit niedriger Festigkeit und Härte zu verwenden (Streckgrenze ≤ 355 MPa). Dies ist jedoch nur zweckmäßig, wenn durch konstruktive Maßnahmen die Schweißnähte in weniger verschleißbeanspruchte Bereiche gelegt werden können, so dass keine Nachteile für die Standzeit des Bauteils entstehen.

Tabelle 7 zeigt eine Zusammenstellung geeigneter „weicher“ Schweißzusatzwerkstoffe. Die

Wurzelnaht sollte auf jeden Fall „weich“ geschweißt werden, um voll auftretenden Spannungen nachgeben zu können.

Für extrem verschleißbeanspruchte Schweißnähte wird empfohlen, die Decklagen mit speziellen Hartauftrags Elektroden auszuführen. Für solche Anwendungen zeigt Tabelle 8 eine Zusammenstellung geeigneter „harter“ Schweißzusatzwerkstoffe. Sie sollten beachten, dass mit höherer Härte in der Schweißnaht die Gefahr der Kaltrissbildung steigt.

Beim Lichtbogenhandschweißen werden aus Gründen der Rissicherheit grundsätzlich Stabelektroden mit kalkbasischer Umhüllung verwendet. Basisch umhüllte Stabelektroden haben zwei herausragende Eigenschaf-

ten: Die Zähigkeit des Schweißgutes ist höher, und ihr Wasserstoffeintrag ist mit ca. 5 ml/100 g Schweißgut geringer als bei allen anderen Umhüllungstypen (ca. 10 bis 15 ml/100g Schweißgut). Die Gefahr der Kaltrissbildung ist daher deutlich geringer. Rücktrocknung und Lagerung nach Angaben des Herstellers sind dabei unbedingt zu beachten, da die basischen Umhüllungen Luftfeuchtigkeit aufnehmen.

Werden austenitische Elektroden oder Elektroden auf Nickelbasis verwendet, kann unter Umständen auf ein Vorwärmen verzichtet werden. Die Anwendung dieser Elektrodentypen ist jedoch aufgrund der höheren Kosten nur bei kleinen Nahtquerschnitten zu empfehlen.



Tabelle 7: „Weiche“ Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe zum Schweißen von DILLIDUR-Stählen

Lichtbogenhandschweißen

Bezeichnung	Norm	Hersteller
Tenacito	DIN EN 499 E 42 6 B 42 H5 – AWS A 5.1 E 7018	OERLIKON
Phoenix 120 K	DIN EN 499 E 42 5 B 32 H5 – AWS A 5.1 E 7018	THYSSEN
Fox EV 50	DIN EN 499 E 42 4 B 42 H5 – AWS A 5.1 E 7018	BOEHLER
OK 48.00	DIN EN 499 E 38 2 B 42 H5 – AWS A 5.1 E 7018	ESAB

Schutzgasschweißen

Bezeichnung	Norm	Hersteller
Fluxofil 30	DIN EN 758 T 42 2 B C 3 – AWS A 5.20 E 70 T-5	OERLIKON
Fluxofil 31	DIN EN 758 T 42 4 B C 3 – AWS A 5.20 E 70 T-5	OERLIKON
Union K 52	DIN EN 440 G 42 A C G3 Si1 – AWS A 5.18 ER 70 S-6	THYSSEN
OK Autrod 12.51	DIN EN 440 G 42 5 M G3 Si1 – AWS A 5.18 ER 70 S-6	ESAB

Unterpulverschweißen

Bezeichnung	Norm	Hersteller
OE S2	DIN 756 S2 – AWS A 5.17 EM 12	OERLIKON
Union S2	DIN 756 S2 – AWS A 5.17 EM 12	THYSSEN
OK Autrod 12.20	DIN 756 S2 – AWS A 5.17 EM 12	ESAB
EMS 2	DIN 756 S2 – AWS A 5.17 EM 12	BOEHLER

zu kombinieren mit fluoridbasischen Pulvern, TYP FB nach DIN EN 760, bspw. A FB 1 55 AC



Tabelle 8: „Harte“ Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe zum Schweißen von DILLIDUR-Stählen

Lichtbogenhandschweißen

Bezeichnung	Norm	Hersteller
Tenacito 80	DIN EN 757 E 69 4 Mn2NiCrMo B H5 – AWS A 5.5 E 11018-G	OERLIKON
Tenacito 100	DIN EN 757 E 89 2 Mn2Ni1CrMo B H5 – AWS A 5.5 E 12018-G	OERLIKON
SH Ni2 K 90	DIN EN 757 E 55 5 2 NiMo B – AWS A 5.5 E 10018-M	THYSSEN
SH Ni2 K 130	DIN EN 757 E 89 2 Mn2Ni1CrMoB – AWS A 5.5 E 12018-M	THYSSEN

Schutzgasschweißen

Bezeichnung	Norm	Hersteller
Union NiMoCr	AWS A 5.28 ER 100 S-1	THYSSEN
Fluxofil 41	DIN EN 758 T 50 6 1NiMo B C(M) 3 – AWS A 5.29 E 90 T5-G	OERLIKON
Fluxofil 42	AWS A 5.29 E 110 T5 K4	OERLIKON

Unterpulverschweißen

Bezeichnung	Norm	Hersteller
Union S3 Mo	DIN EN 756 S3Mo – AWSA 5.23 EA 4	THYSSEN
Union S3 NiMoCr	AWSA 5.23 ~ EM2	THYSSEN
Fluxocord 41	AWSA 5.23 F9A8-EC-G	OERLIKON
Fluxocord 42	AWSA 5.23 F11 A8-EC-F5	OERLIKON

zu kombinieren mit fluoridbasierten Pulvern, Typ FB nach DIN EN 760, bspw. A FB 1 55 AC



Vermeidung von Kaltrissen:

Wie alle gehärteten Verschleißstähle neigen auch DILLIDUR-Stähle unter ungünstigen Bedingungen zur Bildung von Kaltrissen im Härtingsgefüge im Bereich der Schweißnaht.

Da die Risse erst mehrere Stunden nach dem Schweißen entstehen, sollte eine Rissprüfung frühestens 48 Stunden nach dem Schweißen erfolgen.

Grundsätzlich lassen sich Kaltrisse aber verhindern, wenn man beim Schweißen geeignete Vorsichtsmaßnahmen ergreift und vor allem die zwei Faktoren ausschaltet, die die Kaltrissbildung begünstigen: Wasserstoff im Schweißgut und Eigenspannungen. Ein dritter Einflussfaktor, die Aufhärtung in der Wärmeinflusszone der DILLIDUR-Stähle ist wegen des, je nach Typ, erhöhten Legierungsgehaltes von Grundwerkstoff und Schweißzusätzen, nur begrenzt zu steuern.

Die Einlagerung von Wasserstoffatomen an den Korngrenzen des Schweißgutgefüges und an der Schmelzlinie ist hauptverantwortlich für die Kaltrissbildung. Der Wasserstoff wird über feuchte Schweißzusätze, Feuchtigkeitsfilme auf den Schweißkanten oder über die den Lichtbogen umgebende Atmosphäre eingebracht. Der Wasserstoffeintrag ist zu verringern durch die Wahl geeigneter Zusatzwerkstoffe und deren trockene Lagerung, vor allem aber durch das Anwärmen des zu schweißenden Bauteils bzw. des Schweißnahtbereiches.

Die höhere Temperatur bewirkt eine verzögerte Abkühlung der Schweißnaht nach dem Schweißen, wodurch dem Wasserstoff mehr Zeit zum Ausdiffundieren gegeben wird. Dieser Vorgang findet hauptsächlich im Temperaturbereich zwischen 300 und 100 °C statt.

Unter kontrollierter Wärmeleitung ist nicht nur ein Erwärmen des Nahtbereiches zu Beginn des Schweißens zu verstehen, sondern auch das

Einhalten einer bestimmten Mindesttemperatur während des gesamten Schweißens (Arbeitstemperatur). Beim Schutzgasschweißen werden nur vergleichsweise geringe Mengen Wasserstoff ins Schweißgut eingebracht (< 2ml/100g), so dass bei DILLIDUR 400 V und 450 V unter Verwendung von Schweißdrähten niedriger Festigkeit häufig auf ein Vorwärmen verzichtet werden kann.

Wegen der allgemein höheren Streckenenergien, die beim UP-Schweißen angewandt werden, ist die Gefahr der Kaltrissbildung hier gegenüber dem E-Handschiessen verringert, vorausgesetzt, dass die Pulver nach Angaben des Herstellers rückgetrocknet und gelagert werden.

Das UP-Schweißen sollte erfahrungsgemäß nur für DILLIDUR 400 V verwendet werden. Bei Streckenenergien > 2,5 kJ/mm können die angegebenen Vorwärmtemperaturen erfahrungsgemäß um 30 °C abgesenkt werden.



Bild 21: Geschweißte LKW-Kippmulde aus DILLIDUR 400 V, Blechdicke 10 mm



Vorwärmtemperaturen zum Schweißen sind in den Bildern 22 bis 25 wiedergegeben. Sie zeigen die empfohlenen Mindestvorwärmtemperaturen in Abhängigkeit von der Blechdicke und damit vom Kohlenstoff-äquivalent CET und dem Wasserstoffgehalt des abgeschmolzenen Schweißgutes.

Bitte beachten Sie, dass es sich bei der Blechdicke nicht um die kombinierte Blechdicke handelt. Maßgebend ist stets das dickste Blech der zu schweißenden Konstruktion.

Bei Schweißbeginn sollte die Vorwärmtemperatur über die gesamte Schweißnahtlänge gleichmäßig erreicht sein. Hier-

bei sollte beidseitig der Naht eine Zone von ca. 100 mm oder mindestens vierfacher Blechdicke auf Vorwärmtemperatur erwärmt werden. Bei Mehrlagenschweißungen müssen Sie die Vorwärmtemperatur gleichfalls als Mindestzwischenlagentemperatur einhalten.

Die Gefahr, dass Risse in Schweißverbindungen infolge von Eigenspannungen auftreten, ist bei erst teilweise gefülltem Nahtquerschnitt besonders groß. Deshalb muss eine Abkühlung unter die vorgeschriebene Arbeitstemperatur während des gesamten Schweißens vermieden werden. Im Interesse niedrigerer Eigenspannungen sind schroffe Querschnittsübergänge und

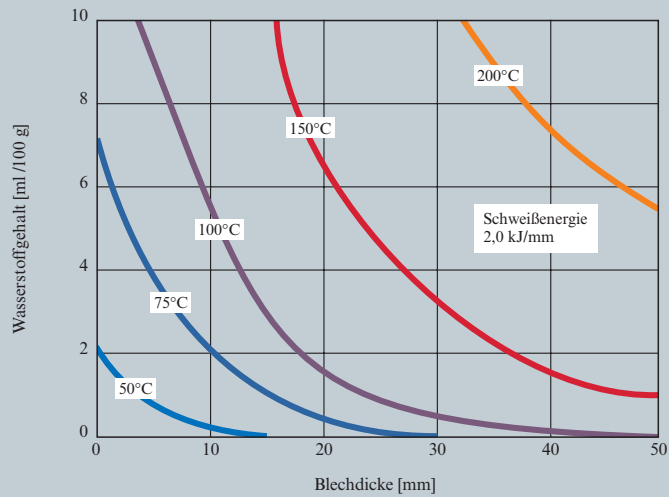
Anhäufungen von Schweißnähten zu vermeiden. Bitte achten Sie außerdem auf eine gute Anpassung der zu schweißenden Bauteile sowie auf eine möglichst kerbfreie Ausführung der Schweißnähte. Durch eine günstige Schweißfolge lassen sich die Eigenspannungen ebenfalls verringern.

Grundsätzlich sollte die Schweißfolge so gewählt werden, dass die einzelnen Bauteile möglichst lang frei schrumpfen können.

Wurzel- und Heftschweißungen sollten unter Berücksichtigung der Mindestvorwärmtemperaturen ausreichend dick ausgeführt werden.



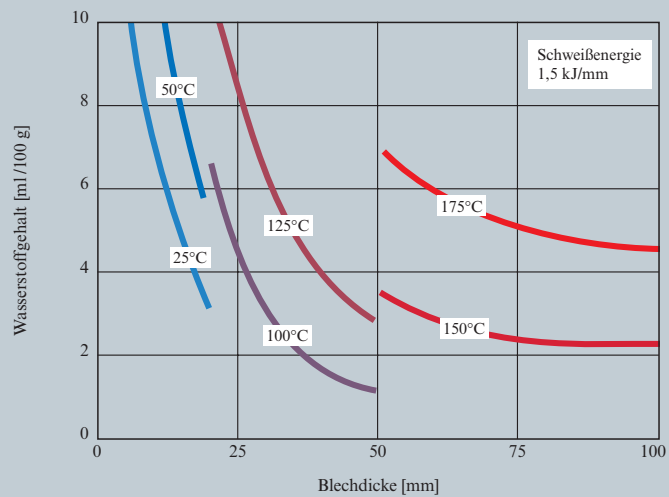
Bild 22: DILLIDUR 325 L: empfohlene Vorwärmtemperaturen in Abhängigkeit von Blechdicke und Wasserstoffgehalt des abgeschmolzenen Schweißgutes



Wasserstoffgehalt HDM gemäß ISO 3690



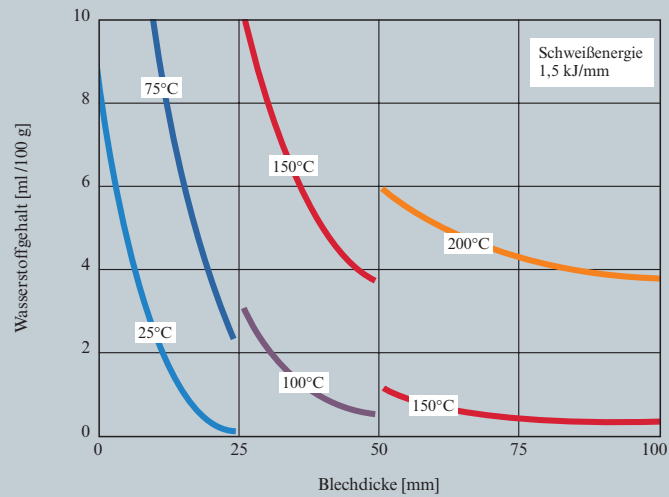
Bild 23: DILLIDUR 400 V: empfohlene Vorwärmtemperaturen in Abhängigkeit von Blechdicke und Wasserstoffgehalt des abgeschmolzenen Schweißgutes



Wasserstoffgehalt HDM gemäß ISO 3690



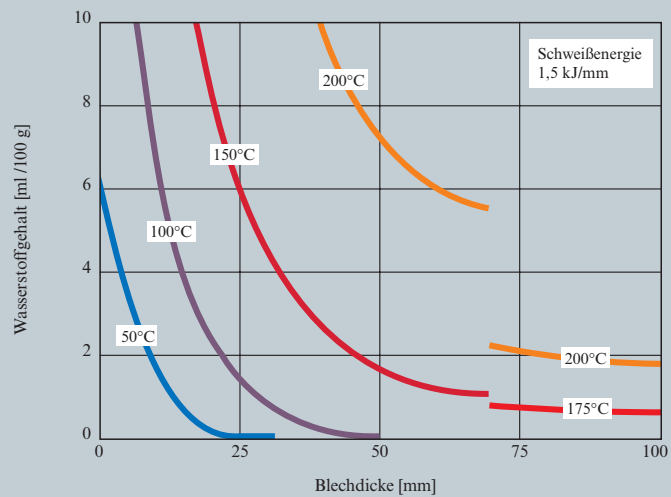
Bild 24: DILLIDUR 450 V: empfohlene Vorwärmtemperaturen in Abhängigkeit von Blechdicke und Wasserstoffgehalt des abgeschmolzenen Schweißgutes



Wasserstoffgehalt HDM gemäß ISO 3690



Bild 25: DILLIDUR 500 V: empfohlene Vorwärmtemperaturen in Abhängigkeit von Blechdicke und Wasserstoffgehalt des abgeschmolzenen Schweißgutes



Wasserstoffgehalt HDM gemäß ISO 3690



Auftragschweißen: Bauteile, die durch Verschleißvorgänge lokal extrem stark beansprucht werden, können zusätzlich durch Auftragschweißen geschützt werden. Das Aufbringen von geschweißten Verschleiß-Schutzschichten ist bei allen DILLIDUR-Stählen möglich.

Es ist zu beachten, dass durch Auftragschweißen die ursprünglichen Eigenschaften des Bleches innerhalb der Wärmeeinflusszone verändert werden, besonders bei DILLIDUR-V-Stählen.

Wenn die aufgetragene Schweißlage abgetragen ist, verschleißt der erweichte Grundwerkstoff eventuell schneller als beim Werkstoff im Ausgangszustand zu erwarten ist. Dieser Verschleißschutz kann auf die Dauer gesehen schlechtere Ergebnisse bringen, wenn die Decklage nicht rechtzeitig erneuert wird. Für Informationen über geeignete Schweißzusätze zum Auftragschweißen empfehlen

wir eine Rücksprache mit den entsprechenden Herstellern.

Spanende Bearbeitung

DILLIDUR-Stähle lassen sich trotz ihrer hohen Festigkeit und Härte gut zerspanen. Allerdings sind einige Grundregeln bei der Bearbeitung dieser gehärteten Stähle zu beachten. Insbesondere sollten Vibrationen möglichst vermieden werden. Es empfiehlt sich daher, auf einer möglichst steifen Maschine zu arbeiten und den Abstand zwischen Werkstück und Maschine (Säule) möglichst gering zu halten. Ebenso ist eine feste Einspannung des Werkstückes auf dem Tisch ratsam.

Je nach Bearbeitung sollte eine hinreichend gute Kühlung gewährleistet sein. Eine unterbrochene oder zu geringe Kühlmittelzufuhr kann zu einer Überhitzung der Schneide führen, was zu erhöhtem Schneidkantenverschleiß und im Extremfall

zum Bruch des Werkzeuges führt. Bitte beachten Sie die entsprechenden Hinweise der Werkzeughersteller.

Um die Instandhaltungskosten zu minimieren und die Lebensdauer der Werkzeuge zu verlängern, sollten die Werkzeuge regelmäßig auf Verschleiß (Verschleißmarke) überprüft und nachgeschliffen werden.

Bei den in den nachfolgenden Tabellen angegebenen Empfehlungen zur Auswahl von Werkzeugen und zur mechanischen Bearbeitung von DILLIDUR-Stählen handelt es sich um Richtwerte, die je nach Maschine zu unterschiedlichen Ergebnissen führen können. Ihre Gültigkeit sollte von dem Verarbeiter vor Ort geprüft werden. Für detailliertere Informationen zur spanenden Bearbeitung und zur optimalen Werkzeugauswahl empfehlen wir eine Rücksprache mit Werkzeugherstellern oder DILLINGER HÜTTE GTS.



Bohren: Die DILLIDUR-Stähle lassen sich trotz ihrer hohen Härte gut bohren. Geeignete Werkzeuge sind kobaltlegierte HSS-Spiralbohrer, Spiralbohrer mit gelöteten Hartmetallschneiden, VHM-Spiralbohrer (gegebenenfalls mit Innenkühlung), sowie Bohrer mit Wendeschneid-

platten. Bei stabilen Bohrern sollte der Vorschub zu Beginn der Zerspanung etwas höher eingestellt werden, damit ein stabiler Eingriff schnell erfolgt. Dies hilft, Vibrationen zu verringern. Vor Austritt des Bohrers aus dem Material sollte der Vorschub kurz unterbrochen werden.

Hierdurch werden Maschine und Werkzeug entspannt und Ausbrüche an den Schneidkanten vermieden. Angaben zur Auswahl von Werkzeugen, Schnittgeschwindigkeiten und Vorschüben sind in Tabelle 9 zu finden.

Tabelle 9: Richtwerte zum Bohren von DILLIDUR 325 L, 400 V, 450 V und 500 V

DILLIDUR	Werkzeugtyp (Schneidwerkstoff)	Schnittgeschwindigkeit V_c [m/min]	Vorschub f [mm/U] in Abhängigkeit vom Durchmesser		
			5 – 15 mm	20 – 30 mm	30 – 40 mm
325 L	Spiralbohrer mit gelöteten HM-Schneiden bzw. VHM-Spiralbohrer ¹⁾	8 – 12	0,02 – 0,12	0,10 – 0,20	0,15 – 0,25
	Bohrer mit Wendeschneidplatten ²⁾	90	0,06 – 0,075	0,10 – 0,11	0,11 – 0,12
400 V	VHM-Hochleistungsbohrer (TIN) ¹⁾	35 – 50 ohne Innenkühlung 40 – 70 mit Innenkühlung	0,06 – 0,16	0,18 – 0,25	–
	Kobaltlegierter HSS-Spiralbohrer ²⁾	8 – 10	0,05 – 0,16	0,20 – 0,25	–
	Bohrer mit Wendeschneidplatten ²⁾	60 – 70	–	0,10 – 0,12	0,12
450 V	VHM-Hochleistungsbohrer (TIN) ¹⁾	35 – 50 ohne Innenkühlung 40 – 70 mit Innenkühlung	0,06 – 0,16	0,18 – 0,25	–
	Kobaltlegierter HSS-Spiralbohrer ²⁾	6 – 10	0,05 – 0,15	0,20 – 0,25	–
	Bohrer mit Wendeschneidplatten ²⁾	50 – 60	–	0,10 – 0,12	0,11
500 V	VHM-Hochleistungsbohrer (TIN) ¹⁾	35 – 50 ohne Innenkühlung 40 – 70 mit Innenkühlung	0,06 – 0,16	0,18 – 0,25	–
	Kobaltlegierter HSS-Spiralbohrer ²⁾	4 – 10	0,05 – 0,13	0,18 – 0,25	–
	Bohrer mit Wendeschneidplatten ²⁾	40 – 50	–	0,10	0,10

¹⁾ Ergebnisse mit Werkzeugen der Firma Fette GmbH, Schwarzenbek

²⁾ Ergebnisse mit Werkzeugen der Firma Ferrotec, Bielefeld

Kühl- bzw. Schmiermittel: Emulsion



Senken: Zylindrische und konische Versenkungen lassen sich in gehärteten Blechen am besten ausführen, wenn das Werkzeug einen Führungzapfen hat. Dadurch werden Vibrationen vermieden. Die Verwendung von dreischneidigen Senkern kann ebenfalls zur Verminderung von Vibrationen beitragen. Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub sind in Tabelle 10 enthalten.

Gewindebohren: Gewinde können im allgemeinen mit der Maschine geschnitten werden. Angaben zur Auswahl von Werkzeugen, Schnittgeschwindigkeiten und Drehzahlen sind in Tabelle 11 zu finden.

Sägen: Für das Sägen von DILLIDUR-Stählen mit einer Bandsäge empfehlen wir, die Brennschnittkante im Sägebereich 1-2 mm tief anzuschleifen und den kleinsten Querschnitt zu sägen. In der Praxis haben sich kobaltlegierte Sägebänder oder hartmetallbestückte Sägeblätter bewährt. Wir empfehlen eine Schnittgeschwindigkeit von ca. 18 m/min bei guter Kühlung.

Tabelle 10: Richtwerte zum Senken von DILLIDUR 325 L, 400 V, 450 V und 500 V

DILLIDUR	Werkzeugtyp (Schneidstoff)	Schnittgeschwindigkeit V_c [m/min]	Vorschub f [mm/U] in Abhängigkeit vom Durchmesser	
			15 – 30 mm	30 – 60 mm
325 L 400 V 450 V 500 V	Senker aus VHM bzw. mit Hartmetall- Wendeplatten ¹⁾	30 – 40 30 – 40 20 – 30 10 – 20	0,10 – 0,15	0,15 – 0,25

¹⁾ Ergebnisse mit Werkzeugen der Firma Fette GmbH, Schwarzenbek und der Firma Ferrotec, Bielefeld

Kühl- bzw. Schmiermittel: Emulsion

Tabelle 11: Richtwerte zum Gewindebohren von DILLIDUR-V-Stählen

DILLIDUR	Werkzeugtyp (Schneidstoff)	Schnittgeschwindigkeit V_c [m/min]	Drehzahl n [1/min] in Abhängigkeit vom Durchmesser				
			M10	M16	M20	M30	M42
400V 450V 500V	Hand- oder Maschinen- gewindebohrer HSS-Co ¹⁾	1,5 – 3,5	50 – 120	40 – 80	30 – 60	20 – 40	15 – 30

¹⁾ Ergebnisse mit Werkzeugen der Firma Ferrotec, Bielefeld

Kühl- bzw. Schmiermittel: Emulsion



Fräsen: DILLIDUR-Stähle lassen sich mit Werkzeugen aus Schnellarbeitsstahl (HSS, TiN, TiCN) und mit wendeplattenbestückten Werkzeugen bearbeiten. Bitte beachten Sie, dass brenngeschnittene Kanten möglicherweise erheblich höhere Härten aufweisen können. Daher sollte der erste Schnitt mindestens 2 mm tief, also weit genug unter die gehärtete Wärmeinflusszone gehen. Zum Fräsen von DILLIDUR-V-Stählen empfiehlt sich der Einsatz von Rundwendeplatten.

Es hat sich gezeigt, dass diese Geometrie der Planfräsergeometrie (mit Anstellwinkel 45°) überlegen ist. Der Einsatz von Wendeplatten mit breiter Schneidkantenfase minimiert zusätzlich den Verschleiß. Statt Kühlung mit Emulsion wird in diesem Fall eine Trockenbearbeitung empfohlen. Der Einsatz von Pressluft oder Minimalmengenschmierung kann aber nochmals zu Standzeitverbesserungen führen. Hartmetallwendeplatten sind empfindlich gegenüber Vibrationen. Diese

müssen also durch alle möglichen Maßnahmen reduziert werden, z.B. durch stabiles Einspannen des Werkstückes. Sollen große Flächen abgearbeitet werden, empfiehlt es sich, das Blech abwechselnd beidseitig zu bearbeiten, da bei dieser Vorgehensweise ein Verzug des Werkstückes vermieden werden kann. Richtwerte für Schnittgeschwindigkeit und Vorschub für das Plan- und Kantenfräsen sind in den Tabellen 12 und 13 wiedergegeben.

Tabelle 12: Richtwerte zum Planfräsen von DILLIDUR-V-Stählen

DILLIDUR	Werkzeugtyp (Schneidstoff)	Schnittgeschwindigkeit V_c [m/min]	Vorschub/Zahn f_z [mm]
400 V	Kopierfräser / (FC 220N) ¹⁾ (HC-P20 + TiN)	130 – 150	0,10 – 0,12
450 V	Kopierfräser / (FC 220N) ¹⁾ (HC-P20 + TiN)	100 – 130	0,10 – 0,12
500 V	Kopierfräser / (FC 220N) ¹⁾ (HC-P20 + TiN)	80 – 90	0,10 – 0,12

¹⁾ Ergebnisse mit Werkzeugen der Firma Fette GmbH, Schwarzenbek
(TwinCut-Kopierfräskopf: $d = 125$ mm, Zähnezahl: $z = 8$)

Kühl- bzw. Schmiermittel: ohne

Tabelle 13: Richtwerte zum Kantenfräsen von DILLIDUR-V-Stählen

DILLIDUR	Werkzeugtyp (Schneidstoff)	Schnittgeschwindigkeit V_c [m/min]	Vorschub/Zahn f_z [mm]
400 V	Schrupfräser / (FC 220N) ¹⁾ (HC-P20 + TiN)	145 – 155	0,13 – 0,15
450 V	Schrupfräser / (FC 220N) ¹⁾ (HC-P20 + TiN)	100 – 140	0,15 – 0,17
500 V	Schrupfräser / (FC 220N) ¹⁾ (HC-P20 + TiN)	85 – 95	0,17 – 0,19

¹⁾ Ergebnisse mit Werkzeugen der Firma Fette GmbH, Schwarzenbek
(TwinCut-Schrupfräser: $d = 63$ mm, Zähnezahl $z = 3$)

Kühl- bzw. Schmiermittel: ohne



Nitrieren

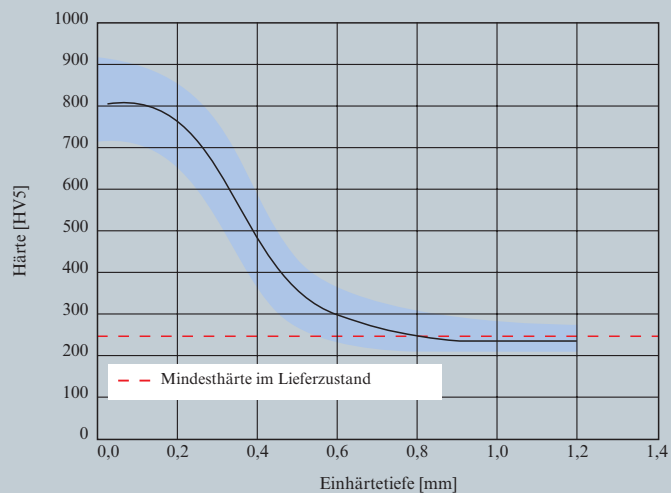
Zur Erhöhung des Verschleißwiderstandes im oberflächennahen Bereich kann es für spezielle Anwendungen sinnvoll sein, die DILLIDUR-Stähle zusätzlich zu nitrieren, beispielsweise im Formenbau oder für Pressstempel.

Beim Nitrieren erfolgt die Härtesteigerung durch Diffusion von Stickstoff in die Werkstückoberfläche, was zur Bildung von harten Nitriden führt.

Das Nitrieren erfolgt je nach Verfahren bei Temperaturen zwischen 500 und 600 °C. Wegen ihres Gehaltes an nitridbildenden Elementen, wie Aluminium, Silizium, Chrom, Niob, Titan und Vanadin, eignen sich die Stähle DILLIDUR-L und DILLIDUR-V besonders gut für das Nitrieren.

Beim Gasnitrieren von DILLIDUR 325 L werden beispiels-

Bild 26: Typisches Härte-Streuband beim Gasnitrieren eines DILLIDUR 325 L, Nitrierdauer ca. 80 Stunden, Nitrier-temperatur 530 °C.



weise Oberflächenhärten bis zu 920 HV und Nitriereinhärtetiefen bis zu 0,7 mm bei 340 HV erreicht (s. Bild 26). Aufgrund eines Anlasseffektes fällt die Härte zum Blechkern hin auf das Niveau der Mindesthärte im Lieferzustand).

Für die Auswahl der geeigneten DILLIDUR-Stahlsorte (inklusive der Variante DILLIDUR NT, die speziell für das Nitrieren entwickelt wurde), empfehlen wir eine Rücksprache mit DILLINGER HÜTTE GTS.



LITERATUR

Literatur zum Abschnitt „Ein längeres Leben für Ihre Anlagen“

Uetz U.: Abrasion und Erosion. Carl Hanser Verlag, 1986, S. 2-25

Zum Gahr K. H.: Entwicklung und Einsatz verschleißfester Werkstoffe. Materialwissenschaft und Werkstofftechnik 19 (1988), S. 223-230

DIN 50 320 (1979): Verschleiß. Beuth Verlag GmbH, Berlin, (zurückgezogen)

DIN 50 321 (1979): Verschleiß-Meßgrößen. Beuth Verlag GmbH, Berlin (zurückgezogen)

GfT Arbeitsblatt 7: Tribologie – Definitionen, Begriffe, Prüfung. Gesellschaft für Tribologie e.V., Moers, 2002

Literatur zum Abschnitt „Die Verarbeitungseigenschaften von DILLIDUR“

Stahl Merkblatt 252: Thermisches Schneiden von Stahl. Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, 1985

Hermann F. D.: Thermisches Schneiden - Die schweißtechnische Praxis. DVS-Berichte Band 13. DVS-Verlag, Düsseldorf, 1979

EN 1011 (Teil 1: 05/2002, Teil 2: 01/2001): Empfehlungen zum Schweißen metallischer Werkstoffe, CEN

Uwer D. et al: Schweißen moderner hochfester Baustähle. Stahl u. Eisen 112 (1992) 4, S. 29-35

Stahl Merkblatt 381: Schweißen unlegierter und niedriglegierter Baustähle. Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, 1989

DIN EN ISO 3690 (03/2001): Schweißen und verwandte Prozesse: Bestimmung des diffusiblen Wasserstoffs im Schweißgut. Beuth Verlag GmbH, Berlin

Stahl Merkblatt 447: Nitrieren und Nitrocarburieren. Stahl-Informations-Zentrum, Düsseldorf, 1983



STICHWORTVERZEICHNIS

Anlassen	23ff
Auftragschweißen	44
Biegeradius	20f
Bohren	45
Brennschneiden, autogenes	27ff
Bruchdehnung	17
Durchhärtung	18
Eigenspannungen	39
Fräsen	47
Gefüge	13, 15
Gewindebohren	46
Härte	15ff
Härten	15
Kaltrissanfälligkeit	37ff
Kaltumformen	10, 20f
Kerbschlagarbeit	17
Kohlenstoffäquivalent	12, 39ff
Laserschneiden	30
Lichtbogenhandschweißen	33ff
Matrizenweite	20f
Mindestvorwärmtemperatur	27, 39ff
Nitrieren	48
Plasma-Schmelzschnitten	30f
Sägen	46
Schutzgasschweißen	33ff
Schweißbeignung	10, 33ff
Schweißzusatzwerkstoffe	33ff
Senken	46
Spanende Bearbeitung	10, 44ff
Streckenenergie	37, 40ff
Streckgrenze	17ff
Tribologisches System	6ff
Unterpulverschweißen	33ff
Verschleißarten und - mechanismen	7ff
Wärmeeinflusszone	27ff, 31
Warmfestigkeit	18ff
Warmumformen	10, 23ff
Wasserabschrecken	15ff, 26
Wasserstoffgehalt	37ff
Wasserstrahlschneiden	31
Zähigkeit	10, 17
Zugfestigkeit	17ff
Zusammensetzung, chemische	12



VERTRIEBSORGANISATIONEN

Deutschland

Vertriebsgesellschaft
Dillinger Hütte GTS
Postfach 104927
70043 Stuttgart
Tel: +49 7 11 61 46-300
Fax: +49 7 11 61 46-221

Frankreich

DILLING-GTS Ventes
5, rue Luigi Cherubini
93212 La Plaine Saint Denis
Cedex
Tel: +33 1 71 92 16 74
Fax: +33 1 71 92 17 98

Andere Länder

Ihren Ansprechpartner in
anderen Ländern erfahren Sie
von unserem Koordinierungsbüro
in Dillingen:
Tel: +49 68 31 47 23 85
Fax: +49 68 31 47 99 24 72

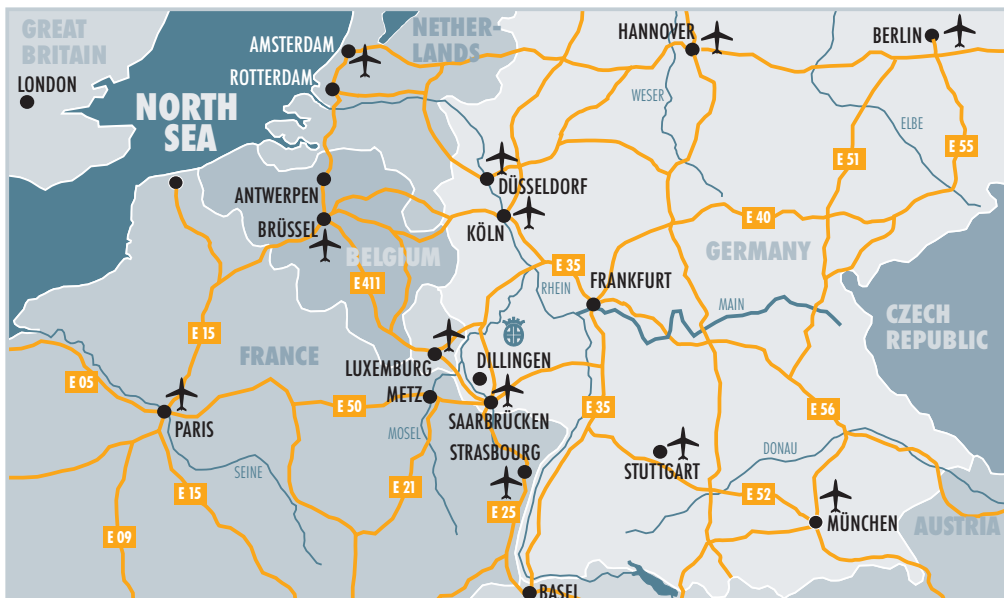


AG der Dillinger Hüttenwerke

Postfach 1580
D-66748 Dillingen/Saar
Tel: +49 68 31 47-21 46
Fax: +49 68 31 47-30 89

e-mail: info@dillinger.biz
<http://www.dillinger.de>

Allgemeiner Hinweis (Haftung):
Angaben über die Beschaffenheit oder Verwendbarkeit von Materialien bzw. Erzeugnissen sind lediglich Beschreibungen. Zusicherungen bezüglich des Vorhandenseins von Eigenschaften oder der Eignung für einen bestimmten Verwendungszweck bedürfen stets besonderer schriftlicher Vereinbarungen.



So finden Sie uns

