

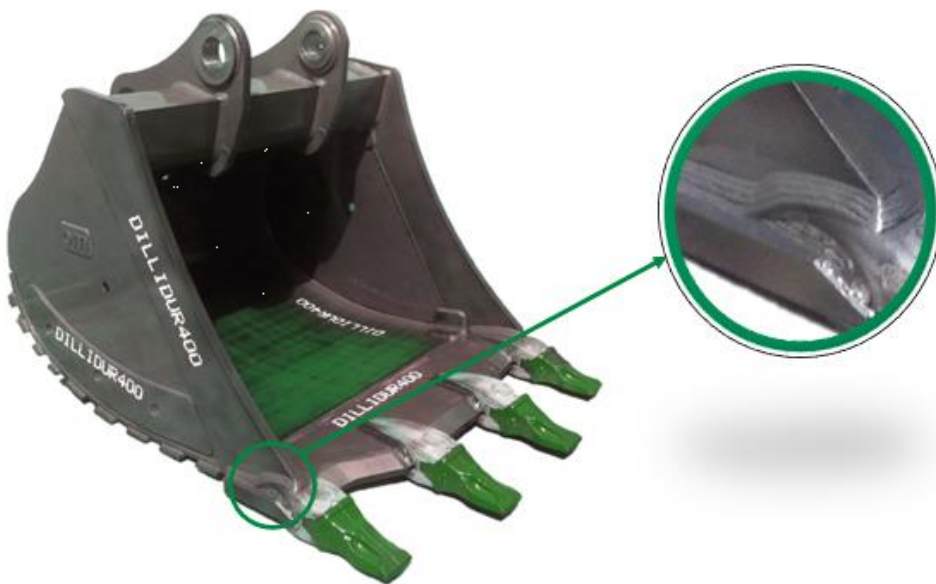
# DILLIDUR

## Verarbeitungshinweise – Schweißen



### Schweißen

Verschleißfester DILLIDUR ist aufgrund seiner außergewöhnlich guten Homogenität ebenso wie seiner Reinheit sehr gut verarbeitbar. Zunehmende Härte bedingt höhere Legierungsbestandteile. Dies erfordert eine sorgfältigere Verarbeitung der Bleche, insbesondere bezüglich der Wärmeführung beim Schweißen. DILLIDUR-Stähle sind schweißgeeignet für alle gängigen Schweißverfahren.



Diese Hinweise zum Schweißen von DILLIDUR sind nach bestem Wissen und der Erfahrung von Dillinger entstanden. Sie sollen den Verarbeiter bei der Entwicklung der eigenen Verarbeitungs-prozedur unseres Werkstoffes unterstützen.

Die vielfältigen Schweißbedingungen, die Konstruktion, sowie die verwendeten Zusatzwerkstoffe beeinflussen wesentlich die Qualität der Schweißverbindung.

Die optimalen mechanischen Eigenschaften der Schweißnaht ebenso wie die Fehlerfreiheit der Schweißungen sind durch Beachtung der gesamten Prozesskette und der Schaffung geeigneter Schweißbedingungen zu erreichen.

Allgemeine Regeln der Schweißtechnik ebenso wie die Verarbeitungsempfehlungen nach EN 1011 sind zu beachten, wobei die hohen Legierungsgehalte und starke Härbarkeit vor allem bei DILLIDUR 325 L, DILLIDUR 550 und DILLIDUR 600 zu berücksichtigen sind. Bei der Verarbeitung sind die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen zu treffen.

## Überblick schweißtechnischer Parameter

### Wärmeinbringen

Spannung [V]:

Stromstärke [A]:

Vorschub [mm/s]:

Leistung P [Watt, J/s]: Spannung · Stromstärke

Streckenenergie E [J/mm]: Leistung / Geschwindigkeit

**Q**

U

I

v

(U · I)

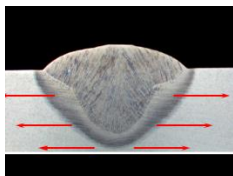
(P / v): (U · I) / v · (60/1000)

Wirkungsgrad -> Strahlung

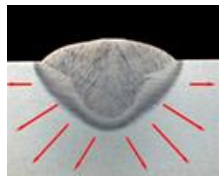
Wärmeeinbringen Q:

E · k (k = Wirkungsgrad s. EN 1011)

### Zwei- und dreidimensionaler Wärmeübergang



2 D bei t = 20 mm



3 D bei t = 35 mm

Die während des Schweißvorgangs eingebrachte Wärmeenergie fließt senkrecht oder parallel zur Blechoberfläche ab. Insbesondere bei Blechdicken < 20 mm ist das Wärmeeinbringen zu begrenzen, um ein zu langsames Abkühlen der Schweißnaht zu verhindern. Der Übergang von zwei- nach drei-dimensional wird bei großen Blechdicken vom Temperatur- und Wärmeeinbringen beeinflusst.

### Kohlenstoffäquivalente

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

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

### Vorwärmtemperatur T<sub>0</sub> nach EN 1011-2 Methode B\* zur Vermeidung von wasserstoff-induzierten Kaltrissen

T<sub>0</sub> = 700 CET + 160 tanh (t/35) + 62 HD exp 0.35 + (53 CET - 32) Q - 330

in Abhängigkeit von:

Kohlenstoffäquivalent CET; Blechdicke t; Wasserstoffgehalt HD; Wärmeeinbringen Q

Empfehlungen zur Berechnung der genannten Schweißparameter und der Vorwärmtemperatur können mit Hilfe der Ist-Analyse und weiterer Daten dem [Dillinger E-Service](#) entnommen werden.

\* Nähere Erläuterungen sind EN 1011-2 zu entnehmen

## Schweißnaht inklusive Schweißnahtvorbereitung



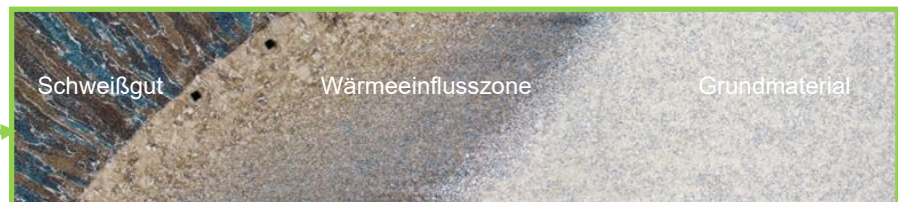
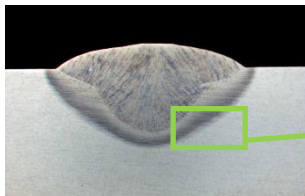
Kantengefräste Bleche

Die Schweißnahtvorbereitung hat einen signifikanten Einfluss auf die Qualität der Schweißnaht.

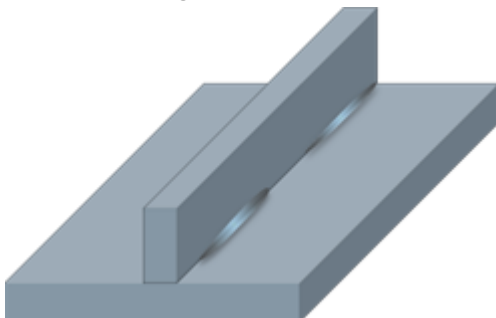
Die Nahtvorbereitung kann durch spanende Bearbeitung oder thermisches Schneiden erfolgen. Bei Schweißbeginn muss der Nahtbereich metallisch blank, trocken und frei von Brennschneidschlacke, Rost, Zunder, Farbe und sonstigen Verunreinigungen sein.

Ein aufgetragener Schutzprimer ist ggf. zu entfernen oder kann je nach Primer auch überschweißt werden (siehe hierzu die Broschüre von Dillinger „Regenjacke inklusive“).

### Schweißnaht

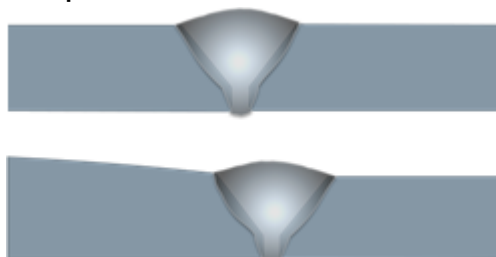


### Heftschweißung



Die Mindestlänge der Hefttraupe sollte 50 mm betragen. Die Heftschweißung sollte nicht unmittelbar an der Außenkante beginnen. Die Heftstellen sollten mit weichen Schweißzusatzwerkstoffen hergestellt werden.

### Stumpfstoß

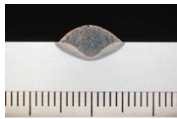


Stumpfstöße von Teilen mit ungleichen Querschnitten, die in einer Richtung angeordnet sind, können mit einer Neigung von weniger als 1:4 angeglichen werden.

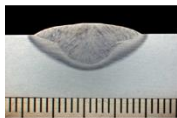
Von der üblichen technischen Wärmebehandlung unterscheidet sich die Schweißnaht durch:

- **hohe Aufheizgeschwindigkeit**
- **hohe Maximaltemperatur (1.350 °C)**
- **kurze Verweildauer (wenige Sekunden)**
- **hohe Abkühlgeschwindigkeit**

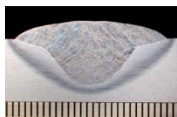
### Schweißnaht bei unterschiedlichem Wärmeeinbringen



MAG - 0,65 kJ/mm  
T<sub>8/5</sub> 4 s



E-Hand - 1,8 kJ/mm  
T<sub>8/5</sub> 12 s



E-Hand - 3,5 kJ/mm  
T<sub>8/5</sub> 38 s

### Vermeidung von Kaltrissen

Wie alle gehärteten Verschleißstähle neigen auch DILLIDUR-Stähle unter ungünstigen Bedingungen zur Bildung von Kaltrissen im Härtingsgefüge im Bereich der Schweißnaht. Diese Risse können mit einer Verzögerung von 48 Stunden nach dem Schweißen auftreten.

Dies muss bei der Rissprüfung beachtet werden.

Die Einlagerung von Wasserstoffatomen an den Korngrenzen des Schweißgutgefüges und an der Schmelzlinie ist hauptverantwortlich für die Kaltrissbildung. Der Wasserstoff wird über Verunreinigungen, 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 Reinigen, Trocknen und 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 °C und 100 °C statt.

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

## Vorwärmtemperatur

Die Berechnungsgrundlage für die Vorwärmtemperatur ist die tatsächliche chemische Analyse, die im entsprechenden Zeugnis ausgewiesen ist. Anhaltswerte finden Sie in folgender Tabelle:

| Blechdicke [mm]        | t = 20                | t = 60                | t = 100               | t = 150               | Maximale Temperatur |
|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|
|                        | CEV (CET) typisch [%] | CEV (CET) typisch [%] | CEV (CET) Typisch [%] | CEV (CET) typisch [%] |                     |
| <b>DILLIDUR 325 L</b>  | 0,77 (0,44)           | -                     | -                     | -                     | 500 °C              |
| <b>DILLIDUR IMPACT</b> | -                     | 0,63 (0,38)           | 0,66 (0,39)           | 0,66 (0,39)           | 500 °C              |
| <b>DILLIDUR 400</b>    | 0,41 (0,3)            | 0,63 (0,36)           | 0,63 (0,36)           | 0,67 (0,37)           | 250 °C              |
| <b>DILLIDUR 450</b>    | 0,44 (0,33)           | 0,66 (0,39)           | 0,66 (0,39)           | -                     | 200 °C              |
| <b>DILLIDUR 500</b>    | 0,45 (0,38)           | 0,56 (0,41)           | 0,62 (0,43)           | -                     | 200 °C              |
| <b>DILLIDUR 550</b>    | 0,56 (0,46)           | 0,75 (0,49)           | 0,75 (0,49)           | -                     | 200 °C              |
| <b>DILLIDUR 600</b>    | 0,63 (0,50)           | 0,63 (0,50)           | -                     | -                     | 180 °C              |

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

Folgende Tabelle zeigt exemplarisch die empfohlenen Vorwärmtemperaturen für Lichtbogenhandschweißen in Abhängigkeit von der Blechdicke und damit vom Kohlenstoffäquivalent CET. Der Wasserstoffgehalt des Schweißzusatzwerkstoffes wurde mit 2 ml/100g und das Wärmeeinbringen mit 1,5 kJ/mm berücksichtigt.

| Dicke [mm]*        | <10 | ≤ 15 | ≤ 20 | ≤ 25 | ≤30 | ≤ 35 | ≤ 40 | ≤ 45 | ≤50 | ≤ 55 | ≤ 60 | ≤ 65 | ≤ 70 | ≤ 75 | ≤ 80 | ≤ 85 | ≤ 100 | ≤ 200 |  |
|--------------------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--|
| DILLIDUR 325 L     | 100 | 125  | 150  | 175  | 180 | 200  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |
| DILLIDUR<br>IMPACT |     |      |      |      |     | 150  |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |
| DILLIDUR 400       |     |      |      | 50   | 75  | 100  | 125  |      |     |      |      | 150  |      |      |      |      |       |       |  |
| DILLIDUR 450       |     |      | 50   | 100  |     | 130  |      |      |     |      | 150  |      |      |      |      |      |       |       |  |
| DILLIDUR 500       | 60  | 100  | 160  |      |     |      |      | 180  |     |      |      |      | 200  |      |      |      |       |       |  |
| DILLIDUR 550       | 150 | 200  |      |      |     |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |
| DILLIDUR 600       | 180 |      |      |      |     |      |      |      |     |      |      |      |      |      |      |      |       |       |  |

\*Temperaturen in [°C] als Anhaltswerte für Q=1,5 kJ/mm, HD = 2 ml/100g

Die Zusatzwerkstoffe sollten möglichst weich sein, sofern die Konstruktion und die Verschleißbeanspruchung der Schweißnähte es zulassen. Bei Verwendung weicher, austenitischer Schweißzusatzwerkstoffe kann die Vorwärmtemperatur signifikant reduziert werden.

#### Kontrollierte Wärmeführung:

- Erwärmen des Nahtbereiches zu Beginn des Schweißens
- Einhalten der berechneten Mindesttemperatur während des gesamten Schweißens (Arbeitstemperatur)
- die maximale Zwischenlagentemperatur darf die maximal zulässige Temperatur der einzelnen Stahlsorten nicht überschreiten

Bei Schweißbeginn sollte die Vorwärmtemperatur über die gesamte Schweißnahtlänge gleichmäßig erreicht sein. Hierbei sollte beidseitig der Naht eine Zone von ca. 100 mm oder mindestens vierfacher Blechdicke auf Vorwärmtemperatur erwärmt werden. Bei Mehrlagen-schweißungen muss die Vorwärmtemperatur gleichfalls als Mindestzwischenlagentemperatur eingehalten werden.

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 scharfe Querschnittsübergänge und Anhäufungen von Schweißnähten zu vermeiden.

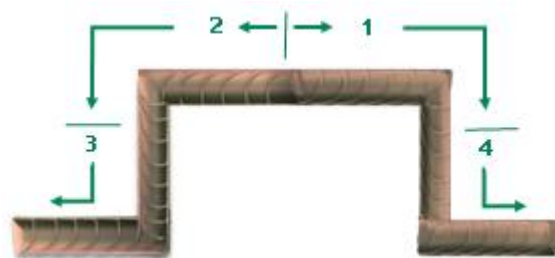
#### Kaltrisse lassen sich grundsätzlich durch geeignete Vorsichtsmaßnahmen verhindern:

- Minimierung von Wasserstoff im Schweißgut
- Wasserstoff genügend Zeit zum Ausdiffundieren geben
- Vermeiden von Verunreinigungen und Feuchtigkeit im Nahtbereich
- Aufhärtung der Wärmeeinflusszone beachten (nur bedingt zu steuern)
- Scharfe Querschnittsübergänge und Anhäufungen von Schweißnähten vermeiden
- Eigenspannungen mit geeigneter Schweißfolge minimieren

## Schweißfolgen

Die Schweißfolge sollte so gewählt werden, dass die einzelnen Bauteile möglichst lange frei schrumpfen können. Dadurch lassen sich Eigenspannungen verringern.

Beispiel günstiger Schweißfolge:

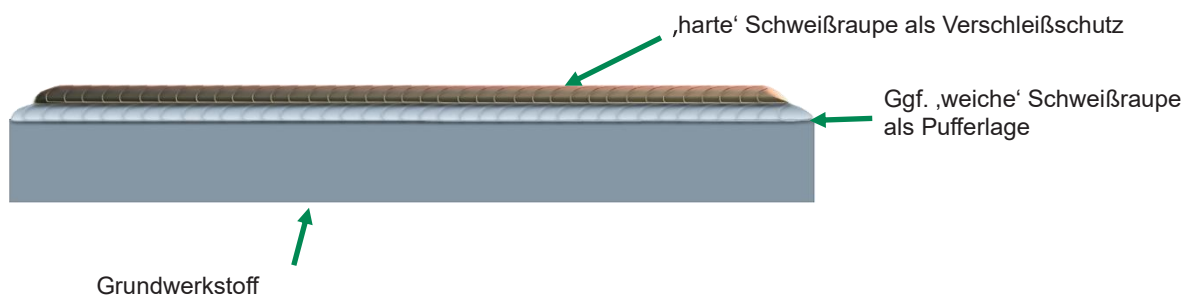


## Auftragsschweißen

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.

Wenn die aufgetragene Schweißlage abgetragen ist, verschleißt der erweichte Grundwerkstoff eventuell schneller als beim Werkstoff im Ausgangszustand zu erwarten ist. Für Informationen über geeignete Schweißzusätze zum Auftragschweißen empfehlen wir eine Rücksprache mit den entsprechenden Herstellern.



## Schweißzusatzwerkstoffe und Hilfsstoffe:

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

In den meisten Fällen ist es ausreichend, einen „weichen“ Schweißzusatzwerkstoff mit niedriger Festigkeit und Härte zu verwenden (Streckgrenze  $\leq 355$  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. Folgende Tabelle zeigt eine exemplarische Zusammenstellung „weicher“ Schweißzusatzwerkstoffe, eingeteilt nach Norm und Schweißverfahren.

| Schweißverfahren   | EN                                                                      | (SFA) AWS                                 |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| E-Handschiessen    | EN ISO 2560-A: E 42*                                                    | SFA/AWS A5.1: E70*                        |
| Schutzgasschiessen | EN ISO 14341-A: G 42*<br>EN ISO 17632-A: T 46*<br>EN ISO 14171-A: S 46* | SFA/AWS A5.18: ER70*<br>FA/AWS A5.20: E71 |
| UP-Schiessen       | EN ISO 14171-A: S 46*                                                   | SFA/AWS A5.17: F7*                        |

\*Steht für ein oder mehrere Zeichen zur Auswahl

Für extrem verschleißbeanspruchte Schweißnähte wird empfohlen, die Decklagen mit speziellen Hartauftragslegierungen auszuführen.

Für solche Anwendungen zeigt folgende Tabelle eine exemplarische Zusammenstellung „harter“ Schweißzusatzwerkstoffe, eingeteilt nach Norm und Schweißverfahren.

| Schweißverfahren   | EN                  | Erreichbare Härte, je nach Schweißzusatzwerkstoff |
|--------------------|---------------------|---------------------------------------------------|
| E-Handschweißen    | EN 14700: E Fe*     | 350 HBW bis 650 HBW                               |
| Schutzgasschweißen | EN 14700: S (T) Fe* |                                                   |

\*Steht für ein oder mehrere Zeichen zur Auswahl

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. 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.

### 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.

Diese Verarbeitungshinweise unterliegen Aktualisierungen. Maßgebend ist die jeweils aktuelle Fassung, die auf Anforderung versandt wird oder unter [www.dillinger.de](http://www.dillinger.de) abgerufen werden kann.

### Kontakt

AG der Dillinger Hüttenwerke

Telefon: 06831 47 3452

E-Mail: [info@dillinger.biz](mailto:info@dillinger.biz)

Werkstraße 1

66763 Dillingen/Saar

Deutschland

Ihren Ansprechpartner finden Sie unter [www.dillinger.de](http://www.dillinger.de)

**Ausgabe 12/2022**