

Die Schweißverfahrensprüfung in der Praxis

Anforderungen und Ausführungen nach der DIN EN 1090-2

Schwerter Qualitätstage 25.-26.09.2013

**Dr.-Ing. Lorenz Gerke
W.S. Werkstoff Service GmbH**

DEUTSCHE NORM		Oktober 2011
	DIN EN 1090-2	DIN
ICS 91.080.10	Ersatz für DIN EN 1090-2:2008-12	
Ausführung von Stahltragwerken und Aluminiumtragwerken – Teil 2: Technische Regeln für die Ausführung von Stahltragwerken; Deutsche Fassung EN 1090-2:2008+A1:2011		

- Überführung der DIN 18800-7 in eine europäische Norm DIN EN 1090-2
Diese Europäische Norm legt Anforderungen an die Stahlbauausführung bei
Tragwerken oder hergestellten Bauteilen fest, die hergestellt sind aus
- warmgewalzten Baustahlerzeugnissen bis zur Sorte S690
 - kaltgeformten Bauteilen und dünnwandigen Profilblechen bis zu Sorten S700
 - warmgeformten und kaltgeformten austenitischen, austenitisch-ferritischen und ferritischen nichtrostenden Stahlerzeugnissen

Diese Europäische Norm legt Anforderungen unabhängig von der Art und Gestalt des Stahltragwerks fest (z. B. Hochbau, Brücken, Flächentragwerke oder Fachwerke), einschließlich Tragwerken unter Ermüdungs- oder Erdbebeneinwirkungen. Die Anforderungen werden in Form von Ausführungsklassen angegeben.

**Execution Classes EXC
EXC 1 / EXC 2 / EXC 3 / EXC 4**

Inhalt der Norm (100 Seiten ohne Anhänge)

1. Anwendungsbereich
2. Normative Verweisungen
3. Begriffe
4. Ausführungsunterlagen und Dokumentation
5. Konstruktionsmaterialien
6. Vorbereitung und Zusammenbau
- 7. Schweißen**
8. Mechanische Verbindungsmittel
9. Montage
10. Oberflächenschutz
11. Geometrische Toleranzen
12. Kontrolle, Prüfung und Korrekturmaßnahmen

Nur **qualifizierte Betriebe** dürfen Bauteile schweißen

- Anforderungen an betriebliche Abläufe
 - Qualitätsanforderungen für das Schweißen (DIN EN ISO 3834-2/-3/-4)
- Anforderungen an das Personal
 - Schweißaufsicht (DIN EN ISO 14731)
 - Schweißer (DIN EN 287-1, DIN EN 1418-1)
- Dokumentenanforderung
 - Schweißen entsprechen einer qualifizierten Schweißanweisung WPS (DIN EN ISO 15609-1)
 - Qualifizierung der pWPS nach (DIN EN ISO 15610/15613/15614-1/14555)
 - Weitere dokumentierte Verfahrensabläufe in Abhängigkeit der Betriebsgröße

Auswahl der Ausführungsklassen (EXC) von Tragwerken aus Stahl und Aluminium

- Schadensfolgeklassen (CC1, CC2, CC3)
- Beanspruchungsklassen (SC1, SC2)
- Herstellungskategorien (PC1, PC2)

CC1: Niedrig

z.B. landwirtschaftliche
Gebäude

CC2: Mittel

z.B. Bürogebäude,
Industriebauten

CC3: Hoch

z.B. Fußballstadion,
Eisenbahnbrücken

Kategorien	Merkmale
SC1	<ul style="list-style-type: none"> - Tragwerke und Bauteile, bemessen nur für vorwiegend ruhende Belastungen (Beispiel: Gebäude) - Tragwerke und Bauteile mit deren Verbindungen, bemessen für Erdbebeneinwirkungen in Regionen mit geringer Seismizität und in DCL* - Tragwerke und Bauteile, bemessen für Ermüdungseinwirkungen von Kranen (Klasse S0)**
SC2	<ul style="list-style-type: none"> - Tragwerke und Bauteile, bemessen für Ermüdungsbelastungen nach EN 1993. (Beispiele: Straßen- und Eisenbahnbrücken, Krane (Klasse S1 bis S9)**, Schwingungsempfindliche Tragwerke bei Einwirkung von Wind, Fußgängern oder rotierenden Maschinen) - Tragwerke und Bauteile mit deren Verbindungen, bemessen für Erdbebeneinwirkungen in Regionen mit mittlerer oder starker Seismizität und in DCM* und DCH*
<p>* DCL, DCM, DCH: Duktilitätsklassen nach EN 1998-1</p> <p>** Zur Klassifizierung von Ermüdungseinwirkungen von Kranen siehe EN 1991-3 und EN 13001-1</p>	

Kategorien	Merkmale
PC1	<ul style="list-style-type: none">- Nicht geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten aller Stahlsorten- Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten unter S355
PC2	<ul style="list-style-type: none">- Geschweißte Bauteile, hergestellt aus Stahlprodukten der Stahlsorten S355 und darüber- Für die Standsicherheit wesentliche Bauteile, die auf der Baustelle miteinander verschweißt werden- Bauteile, die durch Warmumformen gefertigt oder im Verlauf der Herstellung einer Wärmebehandlung unterzogen werden- Bauteile aus Kreishohlprofil-Fachwerkträgern, die besonders geschnittene Endquerschnitte erfordern

Schadensfolgeklassen		CC1		CC2		CC3	
Beanspruchungskategorien		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Herstellungskategorien	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC3 ^a
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 ^a	EXC4

^a EXC4 sollte bei außergewöhnlichen Tragwerken oder bei Tragwerken mit hohen Versagensfolgen angewendet werden, entsprechend der nationalen Vorschriften

Beispiel: Fußballstadion

Schadensfolgeklasse CC3 (große Schadensfolge)
 Beanspruchungskategorie SC1 (vorwiegend statische Beanspruchung)
 Herstellungskategorie PC 2 (Baustellenschweißungen)

 **EXC 3**

Nach DIN EN 1090-2 gibt es vier verschiedene Möglichkeiten, den Schweißprozess zu qualifizieren

Methoden zur Qualifizierung		EXC 2	EXC 3	EXC 4
Schweißverfahrensprüfung	EN ISO 15614-1	X	X	X
Vorgezogene Arbeitsprüfung	EN ISO 15613	X	X	X
Standardschweißverfahren	EN ISO 15612	X ^a	--	--
Vorliegende schweißtechnische Erfahrung	EN ISO 15611	X ^b	--	--
Einsatz von geprüften Schweißzusätzen	EN ISO 15610			
X Zulässig				
-- nicht zulässig				
^a Nur bei Stahlsorten ≤ S 355 und nur bei manuellem oder teilmechanischem Schweißen.				
^b Nur bei Stahlsorten ≤ S 275 und nur bei manuellem oder teilmechanischem Schweißen.				

7.4.1 Qualifizierung des Schweißverfahrens

7.4.1.1 Allgemeines

Schweißen muss mit qualifizierten Verfahren durchgeführt werden, für die je nach Anwendungsfall eine **Schweißanweisung (WPS)** vorliegen muss.
(EN ISO 15609, EN ISO 14555 bzw. EN ISO 15620)

- Diese zuvor erstellte **vorläufige Schweißanweisung (pWPS)** wird z.B. mit Hilfe der Schweißverfahrensprüfung entsprechend qualifiziert
- **Hinweis: übergeordnete Normen können höhere oder zusätzliche Anforderungen, als in der Schweißverfahrensprüfung gefordert, stellen!**

DIN EN 15614-1 Für folgende Schweißverfahren

- Lichtbogenhandschweißen
- Metall-Lichtbogenschweißen mit selbstschützender Fülldrahtelektrode
- UP-Schweißen
- MIG/MAG-Schweißen
- WIG-Schweißen

Weitere Prozesse:

Schweißprozesse (nach EN ISO 4063)		Schweißanweisung (WPS)	Qualifizierung des Schweißverfahrens
Ordnungsnummer	Liste der Prozesse		
21	Widerstandspunktschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15612
22	Rollennahtschweißen		
23	Buckelschweißen		
24	Abbrennstumpfschweißen	EN ISO 15609-5	EN ISO 15614-13
42	Reibschweißen	EN ISO 15620	EN ISO 15620
52	Laserstrahlschweißen	EN ISO 15609-4	EN ISO 15614-11
783	Hubzündungs-Bolzenschweißen mit Keramikring oder Schutzgas	EN ISO 14555	EN ISO 14555 ^a
784	Kurzzeit-Bolzenschweißen mit Hubzündung		

^a Bei EXC2 darf die Qualifizierung des Schweißverfahrens aufgrund von vorliegender schweißtechnischer Erfahrung erfolgen. Bei EXC3 und EXC4 muss die Qualifizierung des Schweißverfahrens durch Schweißverfahrensprüfung oder vorgezogene Arbeitsprüfung erfolgen.

Prüfart	Prüfumfang	Fußnote
Sichtprüfung	100 %	–
Durchstrahlungs- oder Ultraschallprüfung	100 %	a
Oberflächenrissprüfung	100 %	b
Querzugprüfung	2 Proben	–
Querbiegeprüfung	4 Proben	c
Kerbschlagbiegeprüfung	2 Sätze	d
Härteprüfung	erforderlich	e
Makroschliff-Untersuchung	1 Probe	–

a Ultraschallprüfung darf nicht für $t < 8$ mm angewendet werden und nicht für die Werkstoffgruppen 8, 10, 41 bis 48.

b Eindringprüfung oder Magnetpulverprüfung. Für nichtmagnetische Werkstoffe nur Eindringprüfung.

c Für Biegeprüfungen siehe 7.4.3.

d 1 Satz im Schweißgut und 1 Satz in der WEZ für Werkstoffe mit Dicken ≥ 12 mm und bei denen Kerbschlagarbeitswerte angegeben sind. Anwendungsnormen dürfen bei Dicken unter 12 mm Kerbschlagbiegeproben fordern. Die Prüftemperatur muss vom Hersteller im Hinblick auf die Anwendung oder die Anwendungsnorm gewählt werden, braucht aber nicht niedriger zu sein, als für den Grundwerkstoff gefordert. Zusätzliche Prüfungen, siehe 7.4.5.

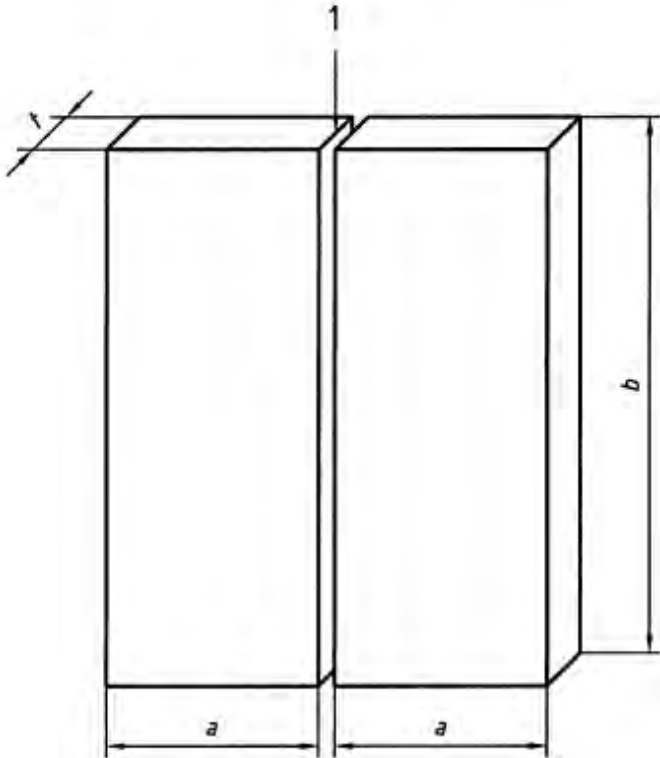
e Nicht erforderlich für Grundwerkstoffe: Untergruppe 1.1 und Werkstoffgruppen 8, 41 bis 48

1.1: Stähle mit Streckgrenzen $R_{eH} \leq 275$ N/mm²

8: Austenitische nichtrostende Stähle, Ni $\leq 31\%$

41 bis 48: Nickelbasislegierungen

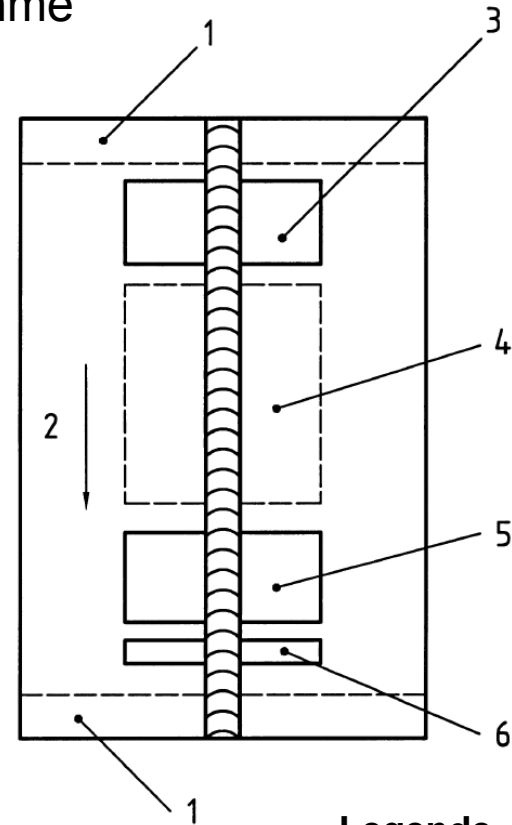
Vorbereitung der Prüfstücke und Probenentnahme



Stumpfstoß mit vollständiger Durchschweißung

$a \geq 150 \text{ mm}$

$b \geq 350 \text{ mm}$



Legende

1 Abfall 25 mm

2 Schweißrichtung

3 Bereich für: – 1 Zugprobe; – Biegeproben.

4 Bereich für: – Kerbschlagbiegeprüfung

5 Bereich für: – 1 Zugprobe; – Biegeproben.

6 Bereich für: – 1 Makroschliff; – 1 Härteprüfung.

Die Prüfstücke müssen mit den zerstörungsfreien Prüfverfahren jeweils zu 100% geprüft werden

- Für Werkstoffe, die empfindlich gegen wasserstoffinduzierte Risse sind und bei denen kein Wasserstoffarmglühen oder keine Wärmenachbehandlung gefordert wird, sollte die zerstörungsfreie Prüfung zeitlich verzögert durchgeführt werden (z.B. nach 48h).
- Abhängig von der Stoßgeometrie, den Werkstoffen und den Fertigungsanforderungen muss die ZfP entsprechend nach
 - EN 970 (Sichtprüfung),
 - EN 1435 (Durchstrahlungsprüfung),
 - EN 1714 (Ultraschall-prüfung),
 - EN 571-1 (Eindringprüfung) und
 - EN 1290 (Magnetpulverprüfung) durchgeführt werden.

Ein Schweißverfahren ist qualifiziert, wenn die Unregelmäßigkeiten im Prüfstück innerhalb der festgelegten Grenzen der Bewertungsgruppe B nach DIN EN ISO 5817 liegen.

Ausgenommen folgende Unregelmäßigkeiten:

- zu große Nahtüberhöhung (Kehlnaht),
- zu große Kehlnahtdicke,
- zu große Wurzelüberhöhung und
- schroffer Nahtübergang

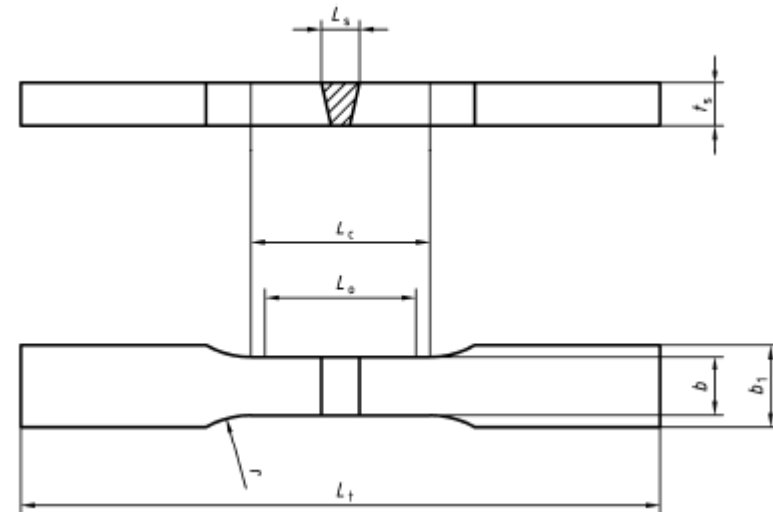
für die Bewertungsgruppe C angewendet werden muss.

Eine Einbrandkerbe darf nicht größer als 0,5 mm sein.

Querzugprüfung nach DIN EN ISO 4136:

Neben den Festigkeitswerten müssen die

- Probenlage und -Form gekennzeichnet
- Die Bruchlage und
- evtl. Unregelmäßigkeiten auf der Bruchfläche dokumentiert werden



Querbiegeprüfung nach DIN EN ISO 5173:

- Während der Prüfung darf bei den Proben kein einzelner Fehler > 3 mm in irgendeiner Richtung auftreten.

Kerbschlagbiegeversuch nach DIN EN ISO 9016

- Es sind Proben mit Charpy-V-Kerbe anzuwenden, die höchstens 2 mm unterhalb der Oberfläche des Grundwerkstoffes und quer zur Schweißnaht zu entnehmen sind.
- Bei Mischverbindungen sind die Kerbschlagbiegeprüfungen an Proben aus der WEZ von jedem Grundwerkstoff durchzuführen.
- Die Vorgaben der Werkstoffnorm sind zu erfüllen

Die Härteprüfung ist nach Vickers mit einer Prüfkraft HV 10 nach EN 1043-1 durchzuführen.

Härtewerte müssen aus der Schweißnaht, aus der Wärmeeinflusszone und aus dem Grundwerkstoff entnommen werden, um den Härtebereich durch die Schweißverbindung zu bewerten

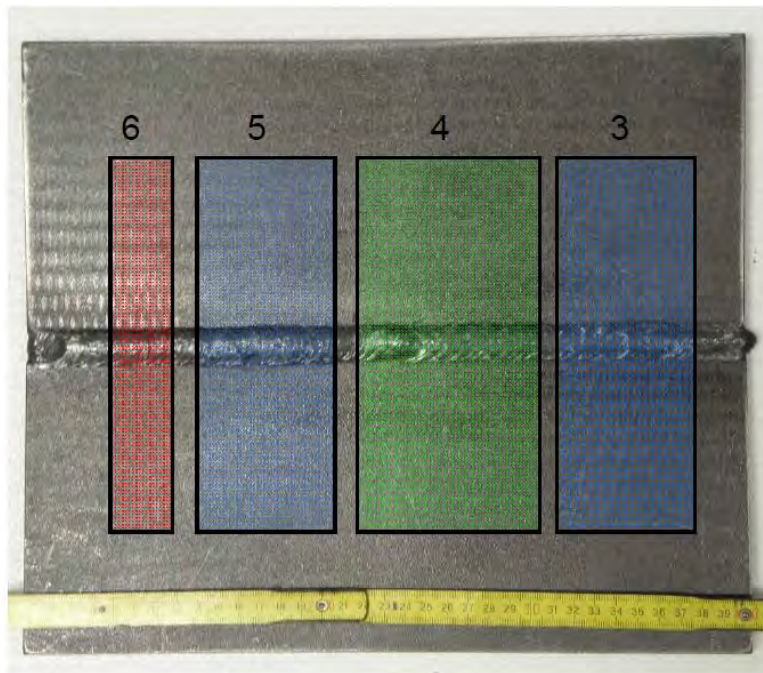
In jeder Eindruckreihe müssen mindestens drei individuelle Eindrücke in jedem der folgenden Bereiche enthalten sein:

- Schweißnaht;
- beide Wärmeeinflusszonen;
- beide Grundwerkstoffe.

Maximale Härte [HV]		
Stahlgruppen CR ISO 15608	Nicht wärmebehandelt	Wärmebehandelt
1a, 2	380	320
3b	450	380
4, 5	380	320
6	—	350
9.1 9.2 9.3	350 450 450	300 350 350
a Falls Härteprüfungen gefordert werden. b Für Stähle mit ReH , min. > 890 N/mm ² sind Sondervereinbarungen erforderlich.		

Stumpfstoß, S355J2+N

Festlegung des Prüfumfanges und der Probenlage



Bereich	Prüfverfahren	Norm für die Probenvorbereitung
3	Querzugprüfung Biegeprüfung	DIN EN ISO 4136:2011 DIN EN ISO 5173:2010
4	Kerbschlag- biegeprüfung	DIN EN ISO 9016:2011
5	Querzugprüfung Biegeprüfung	DIN EN ISO 4136:2011 DIN EN ISO 5173:2010
6	Makroschliff Härteprüfung	EN 1312:1996 DIN EN ISO 9015:2011

Tabelle 1: Bereiche der Probenentnahme und Prüfnormen

Querzugversuch:

	T [°C]	a ₀ [mm]	b ₀ [mm ²]	S ₀ [mm]	S ₀ [mm]	R _{p0,2} [MPa]	R _{eH} [MPa]	R _m [MPa]	A [%]	Bruch- lage
Sollvorgabe nach DIN EN 10025-1	20	-	-	-	-	-	≥355	470-630	≥17	
Probe Z3	20	14,75	25,00	100	368,75	361	-	565	21,5	Grund- werkstoff
Probe Z5	20	14,60	25,00	100	365,00	352	-	568	22,0	Grund- werkstoff

Die Vorgaben sind erfüllt

Biegeversuch:

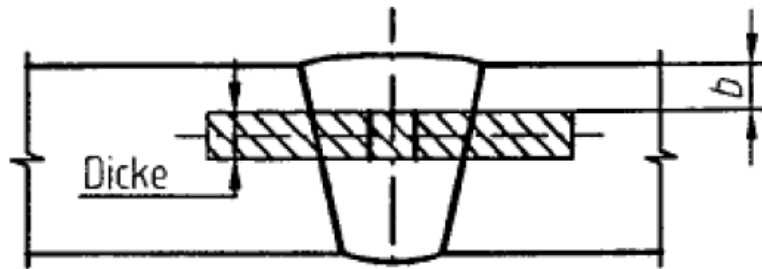
- Für Dicken < 12 mm sind zwei wurzel- und zwei oberseitige Querbiegeproben durchzuführen. Für Dicken ≥ 12 mm werden vier Seitenbiegeproben anstelle der wurzel- und oberseitigen Querbiegeproben empfohlen.*

	Proben- abmessung [mm³]	Probenform	Biegewinkel	Fehler
Sollvorgabe nach DIN EN ISO 15614	-			≤ 3 mm
SB3.1	15x10	Seitenbiegeprobe	180°	i.O.
SB3.2	15x10	Seitenbiegeprobe	180°	i.O.
SB5.1	15x10	Seitenbiegeprobe	180°	i.O.
SB5.2	15x10	Seitenbiegeprobe	180°	i.O.

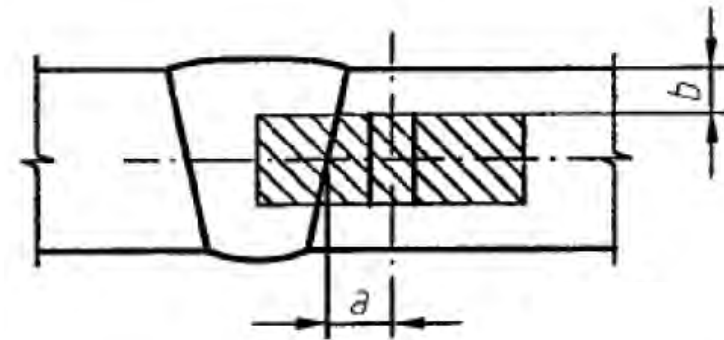
Die Vorgaben sind erfüllt

Kerbschlagbiegeversuch:

VWT:



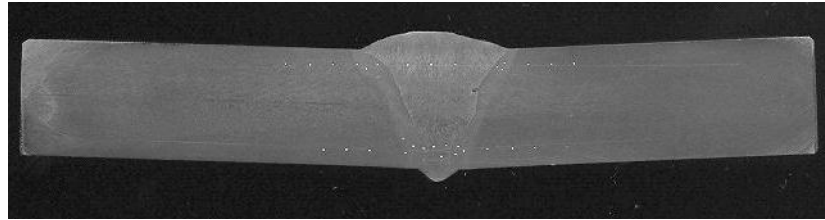
VHT:



	Proben- abmessung [mm ³]	T [°C]	Probe 1 KV ₂ [J]	Probe 2 KV ₂ [J]	Probe 3 KV ₂ [J]	Mittel- wert [J]	Mindest- wert [J]
Sollvorgabe nach DIN EN 10025-2		-20				≥27	≥19
Satz K4.1 VWT 0/2	10 x 10 x 55	-20	138	118	119	125	118
Satz K4.2 VHT 0 bis 2/0 bis 2	10 x 10 x 55	-20	32	28	37	32	28

Die Vorgaben sind erfüllt

Härtemessung:



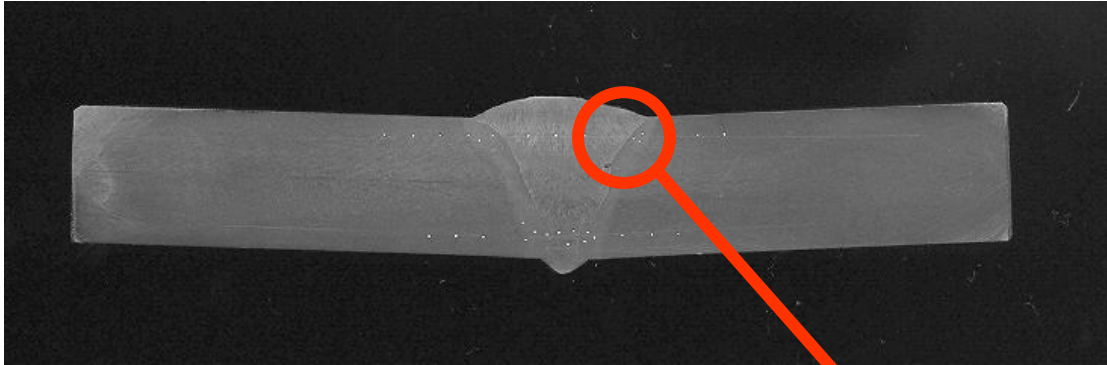
Probe	Prüfverfahren	HV ₁	HV ₂	HV ₃
Reihe 1, 2mm von der Oberfläche				
GW 1	HV10	166	165	172
WEZ 1	HV10	189	194	226
SG	HV10	192	195	192
WEZ 2	HV10	223	201	209
GW 2	HV10	175	171	166
Reihe 2, 2mm von der Wurzelseite				
GW 1	HV10	170	175	176
WEZ 1	HV10	189	196	208
SG	HV10	185	182	184
WEZ 2	HV10	197	197	196
GW 2	HV10	175	178	172

Härte < 380 HV

Die Vorgaben sind erfüllt

Schliffuntersuchung:

Bewertung nach DIN EN ISO 5817
Bewertungsgruppe B



Detailansicht



Die Vorgaben sind erfüllt

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !