

Inhalt

1. EN 1090-3: 100%VT mit Lupe in Umformzonen
2. EN ISO 15614-1: Schweißverfahrensprüfung - Härteverlaufsprüfung
3. EN 1090-2: Schneidverfahrensprüfung
4. Kaltverformen von Stahl – was sagen die Normen und was steckt wirklich dahinter?

1. EN 1090-3: 100% VT mit 10-fach Lupe in Umformzonen

In der EN 1090-3 findet sich folgendes „Schmankerl“:

12.3.1 Umformarbeiten

Die Umformzonen des verformten Materials (z. B. bei abgekanteten Blechen) sind mit einer Lupe mit 10-facher Vergrößerung zu prüfen. Das Prüfergebnis ist zu dokumentieren.

Ohne Einschränkungen? Im Ernst?

In der Praxis: nur einige wenige der üblichen Al-Werkstoffe sind rissgefährdet (ausgehärtete, sowie stark kaltverformte Materialien).

Sonst besteht bei Al wesentlich weniger Rissbildungsgefahr als bei Stahl im Fall von Kaltverformungen!

Auch gibt es keine bekannten Versprödungsmechanismen, die erst zeitverzögert wirken.

→ **dieser Passus gehört weg oder stark eingeschränkt!**

Wenn man bei den ausgehärteten und den stark kaltverformten Materialien eine normale VT-Prüfung des verformten Bereichs verlangt, dann reicht das.

2. EN ISO 15614-1: Schweißverfahrensprüfung - Härteverlaufsprüfung

EN ISO 15614 Teil 1: Lichtbogen- und Gasschweißen von Stählen und Lichtbogenschweißen von Nickel und Nickellegierungen fordert unter

7.4.5 Härteprüfung

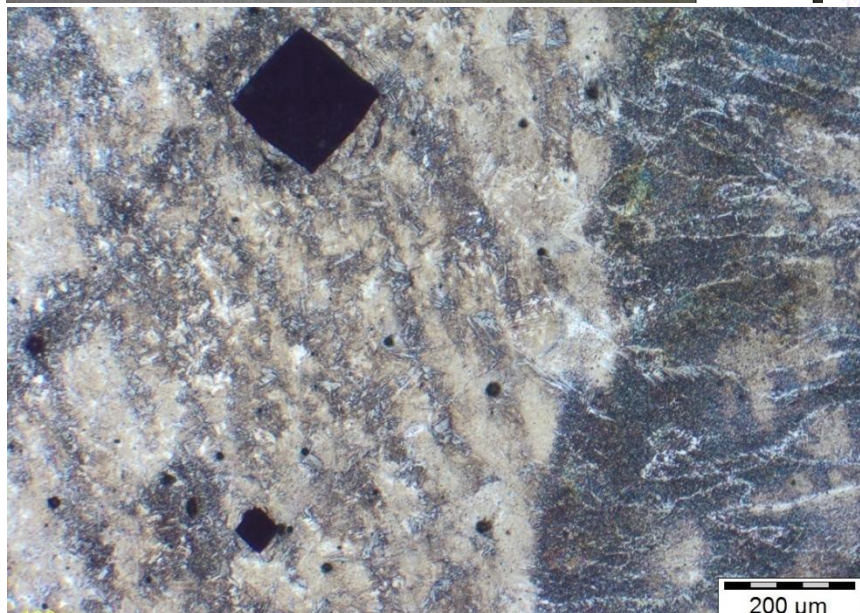
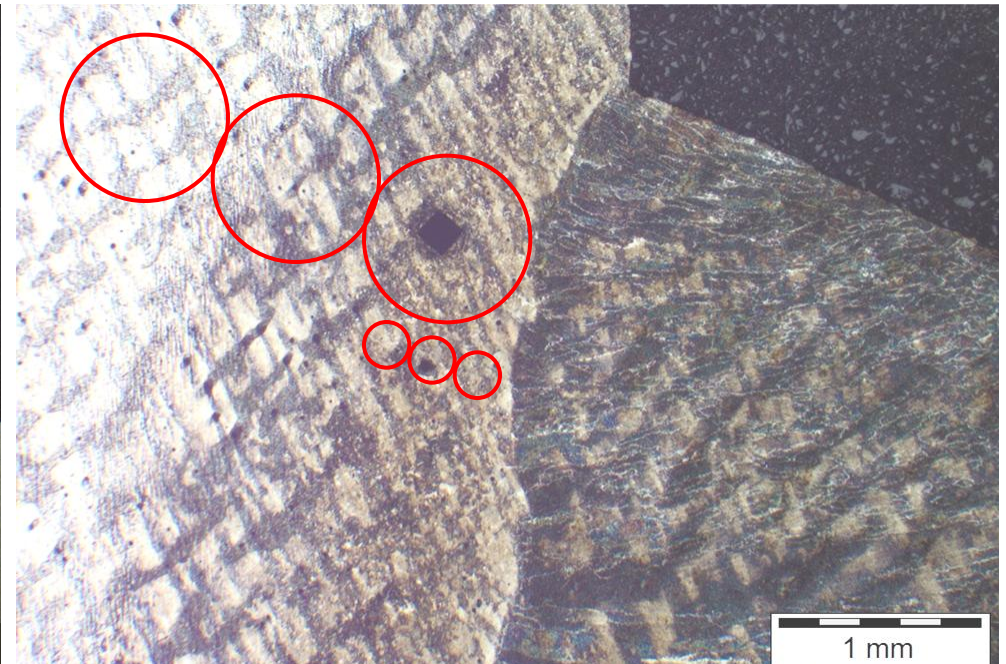
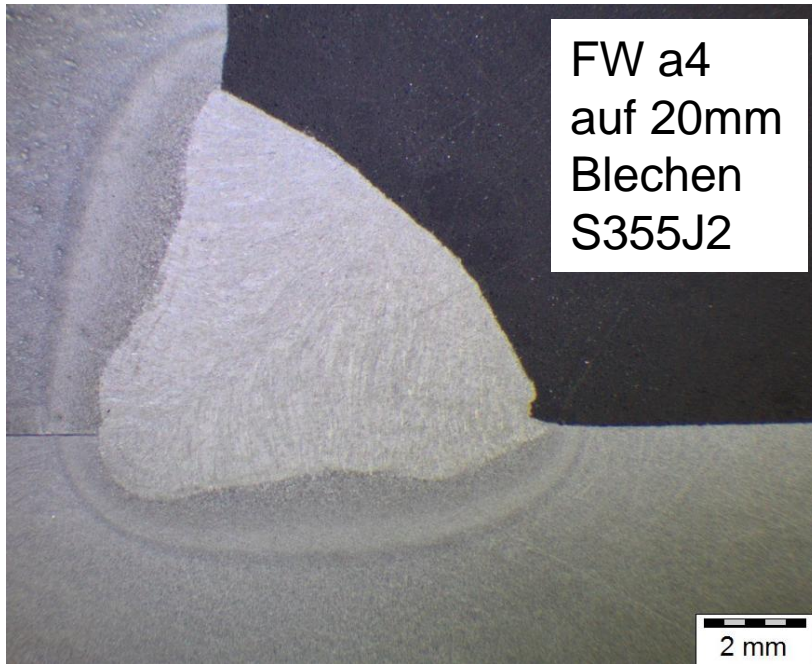
Die Härteprüfung nach Vickers mit einer Prüfkraft HV10 muss nach ISO 9015-1 durchgeführt werden. Die Härtemessungen müssen in der Schweißnaht, den Wärmeeinflusszonen und im Grundwerkstoff durchgeführt werden, um den Härtebereich über die Schweißverbindung zu bewerten.

Jede Eindruckreihe muss mindestens drei individuelle Eindrücke in jedem der folgenden Bereiche umfassen:

- Schweißnaht;
- beide Wärmeeinflusszonen;
- beide Grundwerkstoffe.

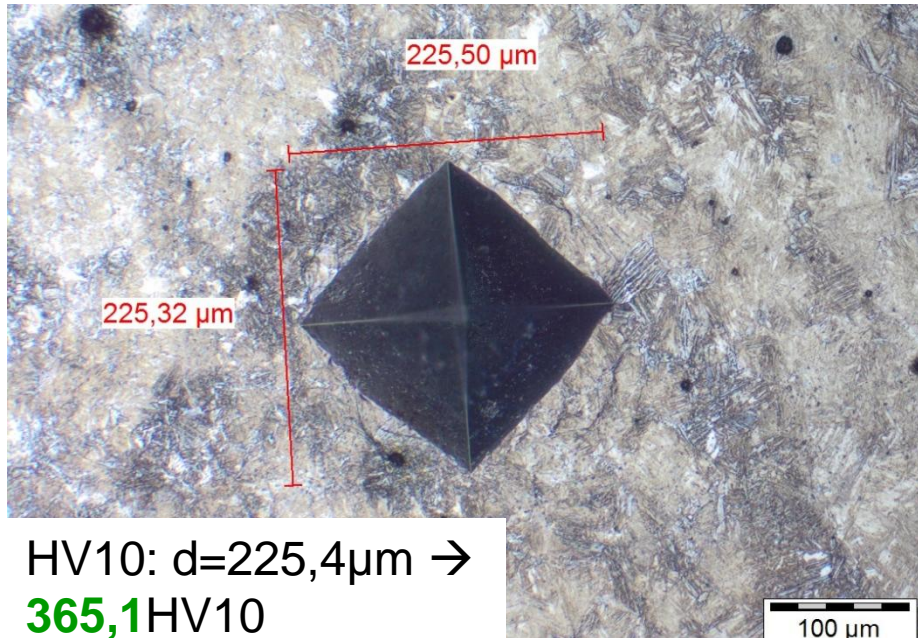
In der **WEZ** muss der **erste Eindruck möglichst in der Nähe der Schmelzlinie** erzeugt werden.

2. EN ISO 15614-1: Schweißverfahrensprüfung – Härteverlaufsprüfung

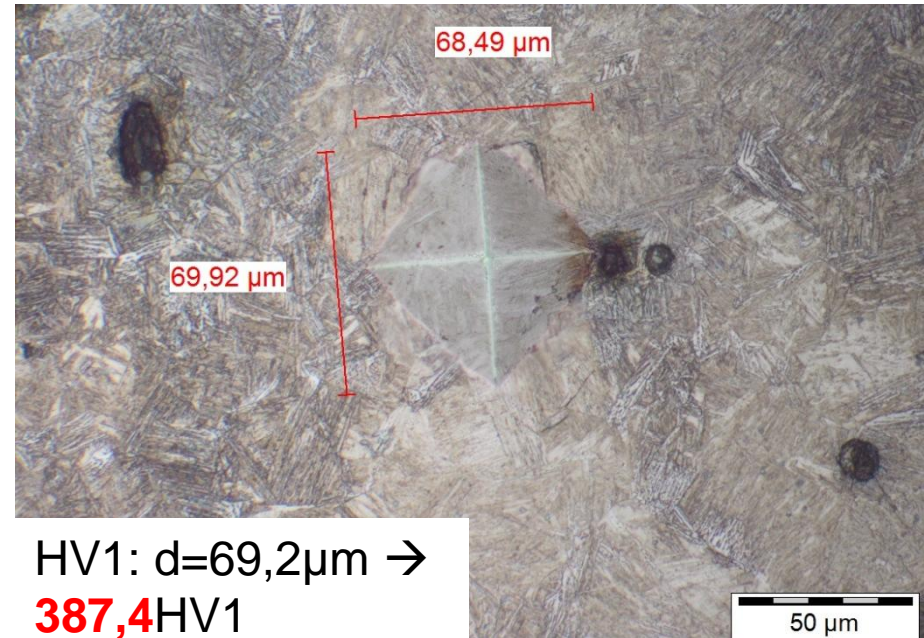


Einflussbereich der
Härteprüfung →
Mindestabstand: 3xd

2. EN ISO 15614-1: Schweißverfahrensprüfung – Härteverlaufsprüfung



HV10: $d=225,4\mu\text{m} \rightarrow$
365,1HV10



HV1: $d=69,2\mu\text{m} \rightarrow$
387,4HV1

Folgerung:

HV 10 ist zu grob, um die wirkliche Aufhärtung zu erfassen, besonders bei hohen Härtespitzen.

... der **erste Eindruck möglichst in der Nähe der Schmelzlinie** ...

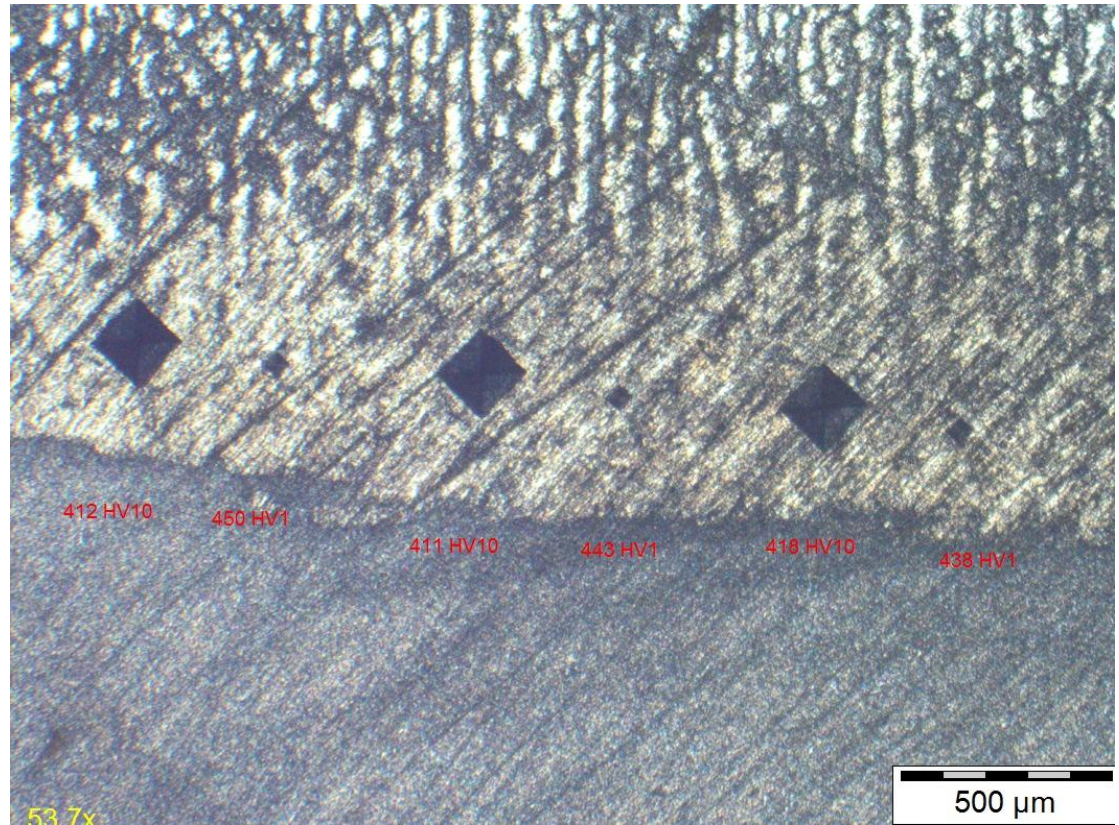
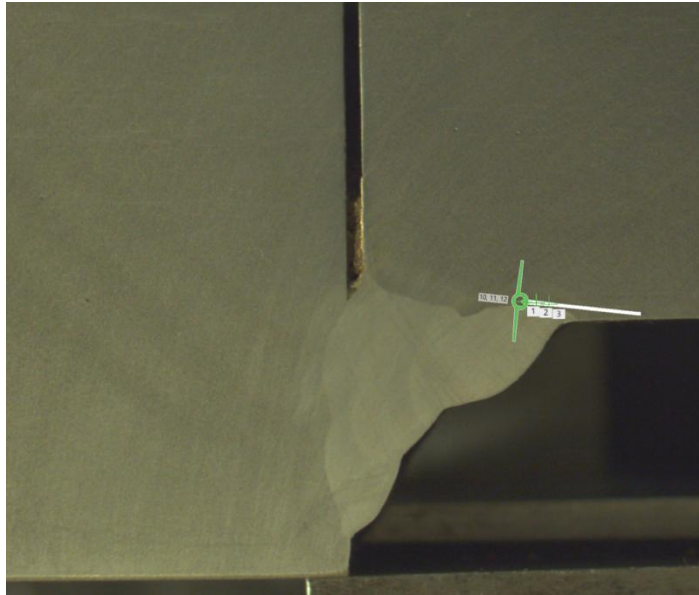
Und die anderen?

Bei HV10 in Reihe senkrecht zur Schmelzlinie wie am Bild vorige Seite:
Eindruck 3 ist im GW (und 2 am Rand der WEZ).

Besser wäre eine Dreierreihe HV1 möglichst nahe zur Schmelzlinie, parallel zu dieser.

2. EN ISO 15614-1: Schweißverfahrensprüfung – Härteverlaufsprüfung

Weiteres Beispiel:
Mehrlagenschweißung auf
amerik. Stahl mit $C=0,21\%$
ohne Vorwärmung:



| | Nr. 1 | Nr.2 | Nr. 3 | Mittel |
|------|-------|------|-------|------------|
| HV10 | 412 | 411 | 418 | 414 |
| HV1 | 450 | 443 | 438 | 443 |

Nach amerik. Norm zulässig; nach EN ISO 15614-1 nicht

3. EN 1090-2: Schneidverfahrensprüfung

EN 1090-2 legt fest:

6.4.3 Thermisches Schneiden

Die Eignung automatisierter thermischer Schneidprozesse muss wie unten angegeben jährlich überprüft werden.

Vier Prüfkörper müssen aus den mit dem Prozess zu schneidenden Ausgangsprodukten hergestellt werden:

- a) ein gerader Schnitt des dicksten Ausgangsproduktes;
- b) ein gerader Schnitt des dünnsten Ausgangsproduktes;
- c) eine scharfkantige Ecke aus einer repräsentativen Dicke;
- d) ein kurvenförmiger Bogen aus einer repräsentativen Dicke.

Geometrische Vorgaben finden sich in der Tabelle 9

3. EN 1090-2: Schneidverfahrensprüfung

Tabelle 9 — Qualität der Schnittflächen

| Ausführungsklassen | Rechtwinkligkeits- oder Neigungstoleranz u | Gemittelte Rautiefe Rz5 |
|--------------------|--|-------------------------|
| EXC1 | Schnittkanten dürfen keine signifikanten Unregelmäßigkeiten aufweisen, und die Schlacke muss entfernt werden | |
| EXC2 | Bereich 5 | Bereich 4 |
| EXC3 und EXC4 | Bereich 4 | Bereich 4 |

Dies sind ganz offensichtlich Vorgaben für brenn- bzw. plasmageschnittene Teile.

Bei lasergeschnittenen Teilen sind Bereich 1 oder 2 normal.

→Ich würde mir wünschen, dass bei einer zukünftigen Norm-revision Laserteile von dieser Forderung ausgenommen sind!
→Insbesondere von der jährlichen Prüfpflicht!

3. EN 1090-2: Schneidverfahrensprüfung

Weitere Forderung im Zusammenhang mit dem thermischen Schneiden:

6.4.4 Härte freier Schnittflächen

Schneidprozesse, bei denen lokale Aufhärtungen zu erwarten sind, müssen auf ihre Eignung hin überprüft werden.

Bei Baustählen $\geq S460$ darf die Härte freier Schnittflächen nicht mehr als 450 (HV10) betragen.

In dem Entwurf der ISO 17607 T1-5 (internationales Pendant zur EN 1090-Reihe) wird sogar das Härteprüfverfahren HB zugelassen, noch dazu ohne Definition des Kugeldurchmessers.

Was bedeutet das in der Praxis für die Messwerte?

3. EN 1090-2 Schneidverfahrensprüfung

Versuch: Laserschnitt an 8mm Blech S355J2 (C=0,18%, CEV=0,43):

| Härte *) | Seite A oben | Seite A Mitte | Seite A unten | Seite B oben | Seite B Mitte | Seite B unten |
|------------------|--------------|---------------|---------------|--------------|---------------|---------------|
| HV1 | 472 | 495 | 493 | 521 | 489 | 501 |
| HV10 | 315 | --- | 351 | 459 | --- | 471 |
| HB 2,5/ 187,5 | 235 | --- | 242 | 258 | --- | --- |

*) Mittelwerte aus 3-5 Messungen

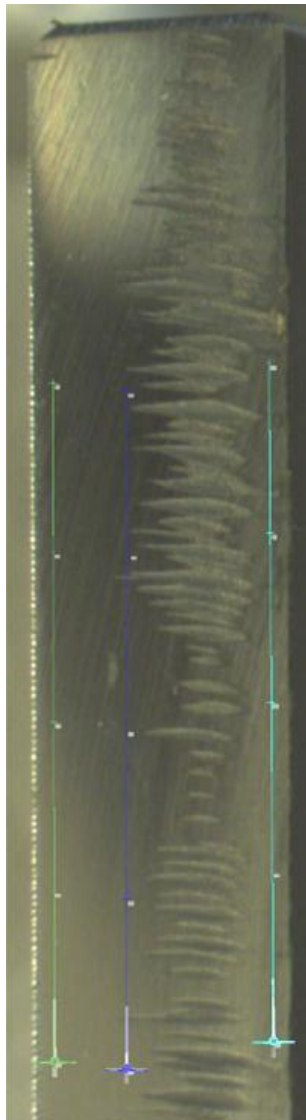
Ergebnis:

HV1 ergibt teilweise weit höhere Werte als HV 10 (HV10: einzelne „Zufallstreffer“)

HB-Messung macht überhaupt keinen Sinn (fast GW-Härte!).

→ Wenn die Forderung nach der Begrenzung der Aufhärtung in der Schnittfläche Sinn machen soll, dann:

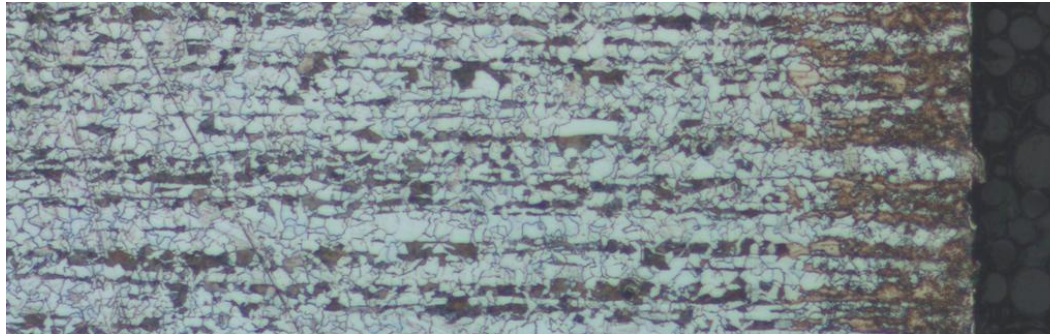
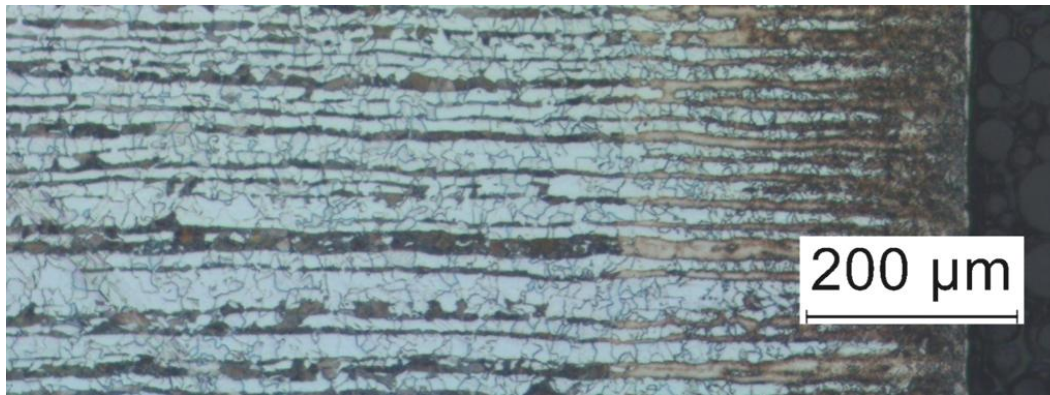
- **unbedingt Prüfung mit HV1 anstatt HV10 vorschreiben**
- **nur auf jene Fälle begrenzen, wo es wirklich notwendig ist**
- **dann aber auch den S355J2 miteinbeziehen!**



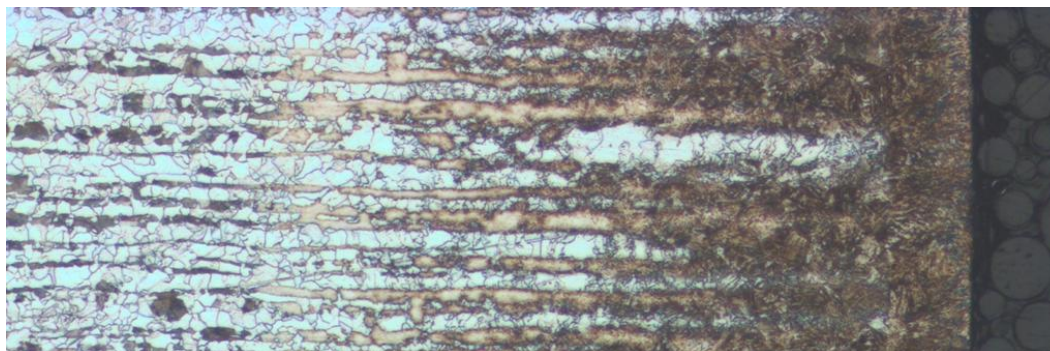
3. EN 1090-2: Schneidverfahrensprüfung

Was tut sich im Gefüge wirklich?

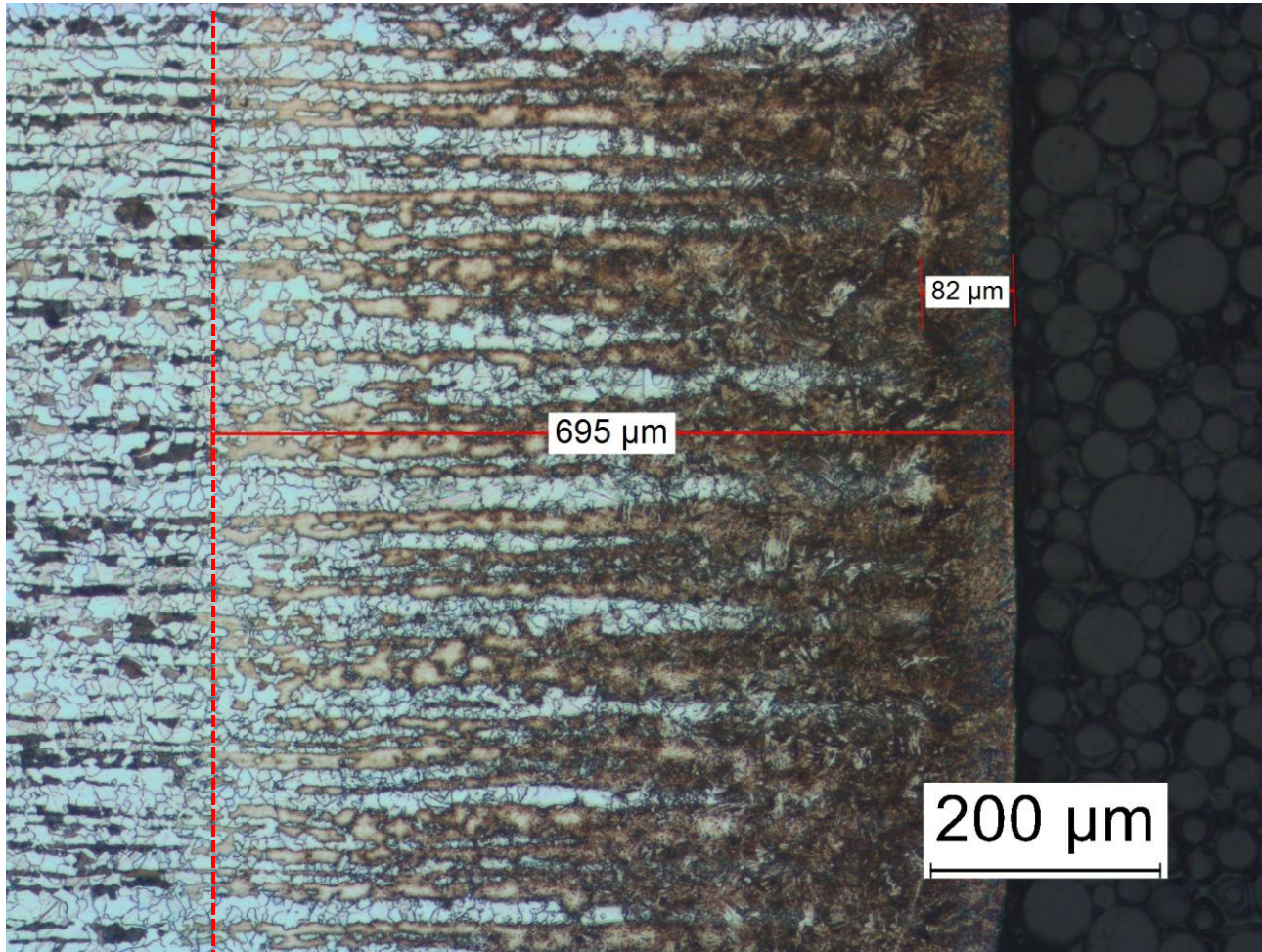
Laserschnitt auf 12mm S355J2 mit 0,14%C, CEV: 0,39

nahe
Blechoberseite -
Strahleintritt

Mitte

nahe
Blechunterseite
- Strahlaustritt

3. EN 1090-2 Schneidverfahrensprüfung

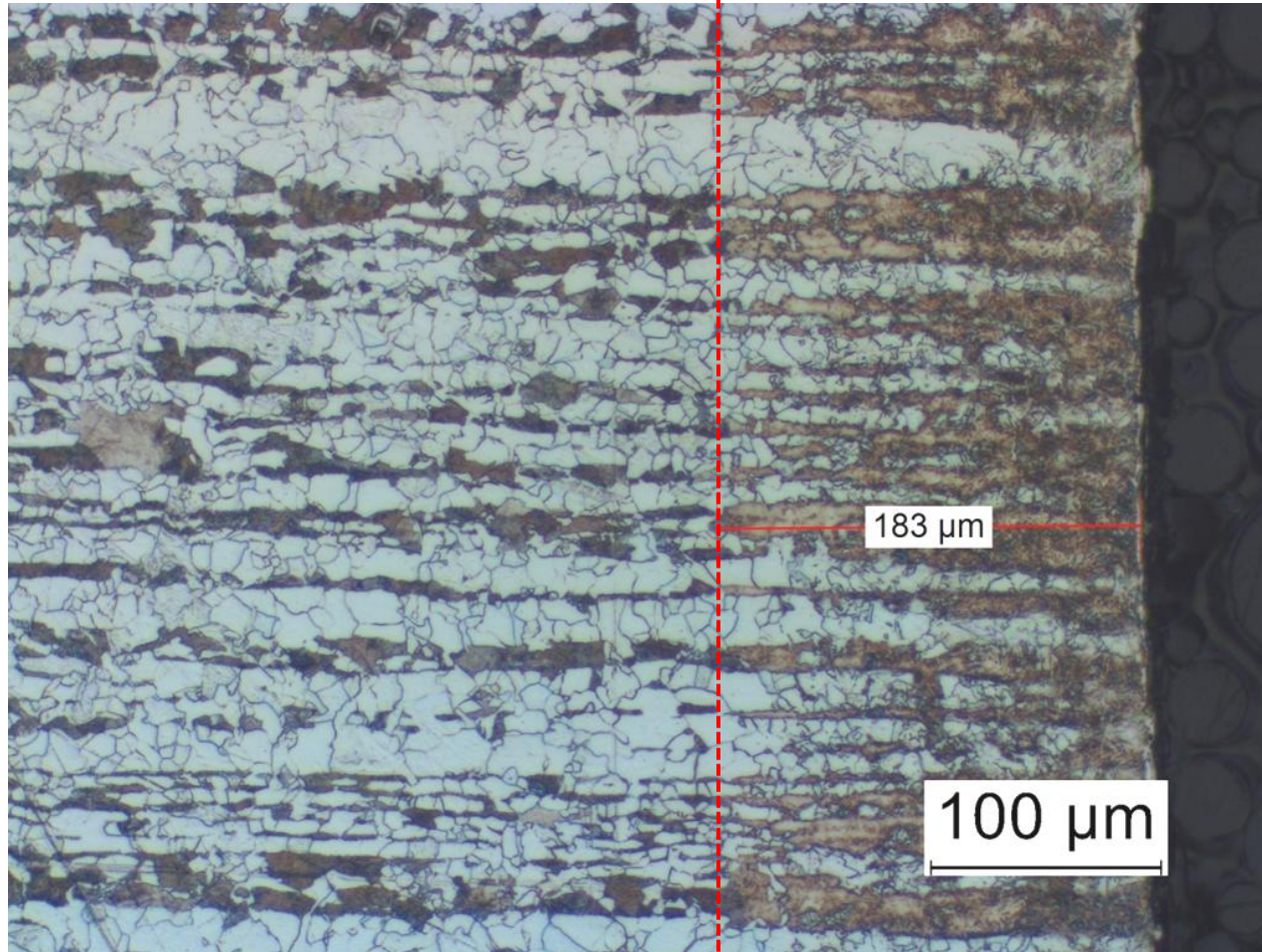


Blechunterseite
- Strahlaustritt

Rein bainitisch/
martensitische
Schicht: < 100µm

Dicke der WEZ:
ca. 700µm

3. EN 1090-2: Schneidverfahrensprüfung



Blechoberseite -
Strahleintritt

Dicke der gesamten
WEZ: < 200µm

Keine rein
bainitisch/
martensitische
Schicht

HV10-Prüfung macht wenig Sinn, weil:

- **Tiefe Eindruck bei Grenzwert 450HV10: 41µm**
- **Einfluss aus Tiefe: ca. 2,5x Tiefe Eindruck (= 100µm)**
- **Wie viel wird vorher schon weggeschliffen???**

4. Kaltverformen von Stahl – was sagen die Normen und was steckt wirklich dahinter?

In der EN 1090-2 findet sich der Begriff „Kaltumformen“ zwar ganze 24x aber ohne wirklich verwertbare Hinweise darauf, worauf zu achten ist.

Auch die neue Ausgabe der EN 15085-3 ist nunmehr nicht mehr aussagewillig: Kaltumformen/ Kaltbiegen liefern genau 0 Treffer!

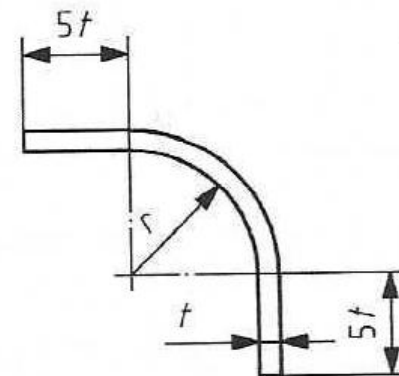
Früher war das anders: EN 15085-3 2007:

7.2 Schweißen in kaltverformten Bereichen

Für Werkstoffgruppe 1.1, 1.2 und 1.4 nach CEN ISO/TR 15608 ist Schweißen bei CL1 und CL2-Teilen nur erlaubt, wenn:

1. Nach dem Biegen und vor dem Schweißen normalgeglüht wird und
2. folgendes eingehalten wird:

| min. r/t [mm] | max. t [mm] |
|-----------------|------------------|
| 10 | 50 |
| 3 | 24 |
| 2 | 12 |
| 1,5 | 8 |
| 1 | 4 (6 für S235J2) |



4. Kaltverformen von Stahl – was sagen die Normen und was steckt wirklich dahinter?

Die fehlenden Hinweise auf mögliche Probleme bei der Kaltverformung finde ich schade, denn damit wird eine große Chance vertan um möglichen Problemen vorzubeugen.

Welche Probleme kann es beim Kaltbiegen von Stahl geben?

- a. unmittelbar bei der Fertigung: lokale Abnahme der Bruchdehnung, Rissbildung
- b. bei späteren Behandlungen: LME beim Feuerverzinken
- c. viel später (im Einsatz): Alterungsversprödung, Sprödbruch

Ad a) Rissbildung in der Zugzone

Vermeidung: Mindestradien für den jeweiligen Werkstoff einhalten.

Da war die Tabelle 9 in der alten EN 15085 zumindest eine Möglichkeit zur Orientierung. Alternativ: eigene hausintern erprobte Regelungen.

Denn: VT der Biegezone will ja auch niemand machen.

4. Kaltverformen von Stahl – was sagen die Normen und was steckt wirklich dahinter?

Ad b) LME beim Feuerverzinken

LME: Liquid Metal Embrittlement

Ursachen:

- (lokale) Zugspannungen in den verformten Bereichen
- Korngrenzen sind sensibel auf bestimmte Elemente in der Zinkschmelze
- LME = Art von Spannungsrisskorrosion, Schmelze dringt entlang der Korngrenzen ein → Riss/Bruch (meist als mit Zink gefüllter Anriss im Schliff erkennbar)

Großer Schadensfall vor über 10 Jahren bei Stahlbauteilen für Seilbahnen im Zusammenhang mit neuartigen Zinkbadzusammensetzungen (Wismut, Antimon, Zinn).

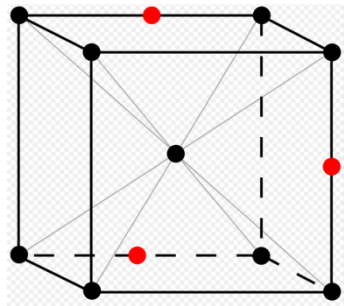
Höherfeste Werkstoffe sind gefährdeter.

Dieses Risiko ist durch die Festlegungen der neuen Feuerverzinkungsnorm EN ISO 1461 weitgehend ausgeschaltet.

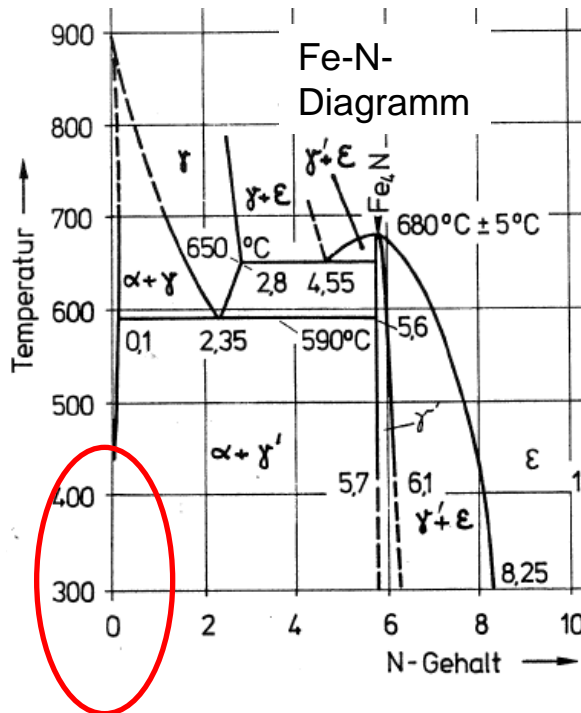
4. Kaltverformen von Stahl – was sagen die Normen und was steckt wirklich dahinter?

Ad c) Alterungsversprödung

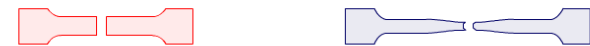
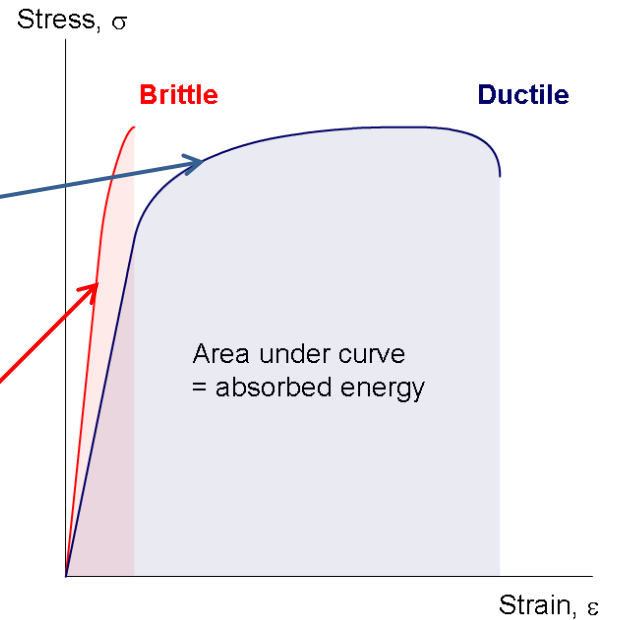
Was ist Alterungsversprödung? Wann bzw. warum tritt sie auf?



N im Gitter
gelöst →
duktil



N an Fe
gebunden
→ spröde



N im Stahl: 0,0..%

Kann sich mit der Zeit als Eisennitrid
ausscheiden (besonders, wenn durch
Kaltverformung aktiviert an den
Versetzung) → Versprödung

4. Kaltverformen von Stahl – was sagen die Normen und was steckt wirklich dahinter?

Vermeidung:

**In dem die Diffusion von N verhindert wird →
N stabil abbinden im Stahl (durch Al, Ti, V, Nb)**

Stähle mit Aluminium als Desoxidationsmittel sind sicher (S355**J2**,
min. 0,02% Al_{gesamt})

Auch alle thermomechanisch behandelten Stähle und Feinkornstähle sind
sicher (S460MC, ...).

**S235JR, S235J0, S355J0 und ähnliche sind potenziell gefährlich. Leider
findet sich dazu keinerlei Hinweis in den Normen!**

Damit könnte man sich in Zukunft so manchen Einsturz von Gebäuden bei
leichter Überlast ersparen und wohl auch manche aufwendige Sanierung von
Rissbildungen (Brücken u. dgl.).

Danksagung:

Doka GmbH/Amstetten: für diverse Proben und speziell für die Durchführung der Prüfungen im Zusammenhang HV1/HV10 sowie die Möglichkeit die Ergebnisse hier zu präsentieren

Edelsegger Metals/Ybbsitz: für diverse Proben und die Möglichkeit einen Teil der Ergebnisse hier zu präsentieren

**Danke für Ihre
Aufmerksamkeit!**