

**Inhalt:**

- 1 Begriffserläuterungen
- 2 Geltungsbereich
- 3 Unregelmäßigkeiten an Lichtbogenlöt Nähten und deren Vermeidung
- 4 Schrifttum
- 5 Mitarbeitende Fachleute und Firmen

**1 Begriffserläuterungen**

**Benetzung:**

Das irreversible Ausbreiten eines geschmolzenen Lotes auf der Werkstoffoberfläche. Als Grenze zwischen Benetzung und Nichtbenetzung ist der Benetzungswinkel  $\theta$  von  $90^\circ$  definiert.

**Benetzungswinkel  $\theta$ :**

Ein Maß für die Benetzung. Im Allgemeinen spricht man bei  $\theta \leq 30^\circ$  von „guter Benetzung“. Der Benetzungswinkel sagt nichts über die Eigenschaften der Verbindung aus. Diese werden von der Beanspruchung bestimmt.

**Blaswirkung:**

Die magnetische Blaswirkung ist ein Effekt, der bei Lichtbogenprozessen auftritt. Der Lichtbogen wird hierbei abgelenkt. Durch die Blaswirkung kann die Nahtgüte, z. B. durch Bindefehler, beeinträchtigt werden. Durch die Blaswirkung kann weiterhin auch die Porenbildung zunehmen, da Luft in die Bearbeitungszone eingewirbelt werden kann. Der Effekt der Blaswirkung ist bei Lichtbogenprozessen mit Gleichstrom am stärksten zu beobachten; mit Wechselstrom wird die Blaswirkung stark reduziert.

**Diffusion**

ist als thermische Fortbewegung und damit verbundenem Transport von Atomen zu verstehen. Hierdurch kann es zur Entmischung von Legierungselementen kommen.

**Erosion:**

Eine örtliche Anlösung des Grundwerkstoffes durch das Lot. Sie ist auf die Schmelzbereichabsenkung von Randbereichen des Grundwerkstoffes durch Diffusion der an der Grenzfläche vom festen Grundwerkstoff zur flüssigen Lotphase befindlichen Elemente (z. B. B, Si, P) zurückzuführen. Das demnachstemperaturabhängige Diffusionsvermögen der im Lot enthaltenen Elemente in den Grundwerkstoff ist daher entscheidend für die Erosionsneigung der Lote. Die Folge ist die Aufmischung des Lotes mit Grundwerkstoff.

**Loteindringung**

(engl.: LMP, liquid metal penetration, dt: FME, Fremdmalleindringung)  
Eindringen von Lot, in der Regel entlang der Korngrenzen, das auf den Spannungszustand des Grundwerkstoffes zurückzuführen ist und durch beteiligte Legierungselemente begünstigt werden kann. Der Begriff „Lötlöslichkeit“ ist nicht eindeutig definiert und deshalb zu vermeiden.

**Wärmeeinflusszone (WIZ)**

(engl.: HAZ, heat affected zone)  
einer Lötverbindung ist der Bereich im Grundwerkstoff, der unmittelbar an die aus dem schmelzflüssigen Zustand erstarrte Löt-naht angrenzt und in der es zu Gefügeveränderungen, z. B. Grobkornbildung, Rekristallisation und damit verbundenen Veränderungen der mechanisch-technologischen Eigenschaften kommt.

**Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen**

Abkürzung	Bezeichnung	Einheit
a	Kehlnahtdicke	mm
a*	a + Benetzungstiefe, Kenngröße bei Löt Nähten	mm
B	Bewertungsgruppe „hoch“	–
C	Bewertungsgruppe „mittel“	–
D	Bewertungsgruppe „niedrig“	–
d	Porendurchmesser	mm
h	Größe der Unregelmäßigkeit	mm
l	Länge der Unregelmäßigkeit	mm
l <sub>p</sub>	Länge der Unregelmäßigkeit in einer Poreneile	mm
L	Nahttiefe	mm
MSG-L	Metallschutzgaslötten	
o. Abb.	ohne Abbildung	–
s	Stumpnahtdicke	mm
t	Stechdicke	mm
w	Bezugshöhe, i. Allg. Nahttiefe	mm
A	Porenfläche	mm <sup>2</sup>
l <sub>0</sub>	Bezugslänge, i. Allg. 100 mm	mm
$\theta$	Benetzungswinkel	°

**2 Geltungsbereich**

In diesem Merkblatt sind mögliche Unregelmäßigkeiten an lichtbogengelöteten Verbindungen sowie Vorschläge für deren Vermeidung aufgeführt. Dieses Merkblatt gibt keine Hinweise auf die Beurteilung oder Zulässigkeit von Unregelmäßigkeiten an lichtbogengelöteten Nähten.

Zu den Lichtbogenlötprozessen zählen die in der DIN EN ISO 4063 sowie in Merkblatt DVS 938-1 beschriebenen Prozesse und Prozessvarianten.

Dieses Merkblatt gilt für das Lichtbogenlöten an beschichteten oder unbeschichteten Stahlblechen im Dickenbereich  $0,5 \leq t \leq 3,0$  mm.

Es wird in diesem Merkblatt auf geometrische äußere und innere Unregelmäßigkeiten eingegangen – eine Aussage über die Festigkeit, über das Korrosionsverhalten und über die Gebrauchseigenschaften der Nähte wird nicht gegeben.

Für Loch-/Langlochlötlösungen gelten – wenn nicht anders angegeben – die Definitionen sinngemäß.

**3 Unregelmäßigkeiten an Lichtbogenlöt Nähten und deren Vermeidung**

Ob ein Merkmal eine unzulässige oder zulässige Unregelmäßigkeit darstellt, wird in diesem Merkblatt nicht beschrieben. Eine Unzulässigkeit muss in Absprache mit Anwender, Qualitätssicherung und der Konstruktionsabteilung festgelegt werden, wobei die erforderliche Löt-nahtqualität im Hinblick auf die Gebrauchsbelastung (rein statisch, wechselnd etc.) des Bauteils zu vereinbaren ist.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beurteilung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Nachdruck und Kopie, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des Herausgebers

Bezüglich der Festigkeit lichtbogengelöteter Verbindungen wird dem Anwender geraten, eigene (Bauteil-)Versuche durchzuführen.

Die hier aufgeführten Unregelmäßigkeiten sind nicht immer mit zerstörungsfreien Prüfverfahren zu ermitteln. Zerstörende Untersuchungsverfahren zur Ermittlung des inneren Befundes sind z. B.: Bewertung des Bruchbildes oder metallographische Untersuchung. Angaben über die metallographische Präparation gemäß DIN 50600 (Ätzverfahren, Schliff, Darstellung von WEZ, Gefügecharakterisierung bis Grundwerkstoff, Lage der Lötnaht im Schliff) sind erforderlich.

Da Lichtbogenlötprozesse vorzugsweise einlagig ausgeführt werden, wird auf Unregelmäßigkeiten, die bei mehrlagigem Fügen entstehen, nicht eingegangen.

Lichtbogenlötprozesse werden im Allgemeinen ohne Flussmittel ausgeführt. Üblicherweise bilden Lote keine Schlacken. Unregelmäßigkeiten, die ihre Ursache darin haben, können somit nicht auftreten.

Bezüglich der Definitionen von geometrischen Unregelmäßigkeiten und internationalen Bezeichnungen wird auf DIN EN ISO 6520-1 verwiesen.

Für hier nicht aufgeführte Unregelmäßigkeiten wird auf DIN EN ISO 18279 (Hartlöten) und DIN EN ISO 5817 (Schutzgasschweißen) zur Orientierung verwiesen. Nummerierungen und Bezeichnungen lehnen sich an diese Normen an. Bei Abweichungen von

oder Widersprüchen zwischen diesen beiden Vorschriften wird darauf hingewiesen. Zählen Merkmale des Lichtbogenlötens nicht zu den herkömmlichen Hartlötunregelmäßigkeiten, werden sie ohne Merkmalsnummer aus DIN EN ISO 18279 aufgeführt, beispielsweise Zündstellen beim MSG-Löten. Spezielle Unregelmäßigkeiten des Lichtbogenlötens, die weder beim Hartlöten noch beim Schutzgasschweißen auftreten, z. B. unzulässiger Abbau der Oberflächenbeschichtung, werden ohne Merkmalsnummer aufgeführt.

Die Vorschläge zur Vermeidung von Unregelmäßigkeiten werden den Gebieten

- **Konstruktion,**
  - **Prozesse** (Prozessparameter, Mitarbeiter, Automatisierung, Spannvorrichtung, Arbeitsumgebung, etc.) sowie
  - **Zusatzwerkstoffe** (Lote sowie Hilfsstoffe)
- zugeordnet.

Auf die Substitution des Grundwerkstoffes als mögliche Maßnahme für die Vermeidung von Unregelmäßigkeiten wird hier nicht eingegangen. Generell sind die Lötvorschriften der Werkstoffhersteller zu beachten.

Die Unregelmäßigkeiten können auch mehrere Ursachen haben. Genauso können auch mehrere Abhilfemaßnahmen zielführend eingesetzt werden.

Voransicht des Regelmäßigkeits