



Inhalt:

- 1 Geltungsbereich
- 2 Zweck
- 3 Toleranzen beim Schweißen
 - 3.1 Gesamttoleranz T_G
 - 3.2 Einzelteiltoleranz T_E
 - 3.3 Zusammenbautoleranz T_Z
 - 3.4 Fügetoleranz T_F
 - 3.5 Verformungstoleranz T_V
 - 3.6 Meßunsicherheit M
- 4 Allgemeine Hinweise
- 5 Beispiel zur Ermittlung zulässiger Einzelteiltoleranzen für Stumpf- und Kehlnahtverbindungen
- 6 Zusammenfassung
- 7 Schrifttum

1 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt behandelt das vollmechanische MSG-Schweißen und das Schweißen mit Industrierobotern, vorzugsweise von Bauteilen aus Stahl.

Einige allgemeine Hinweise können auch für das teilmechanische Schweißen und das Schweißen anderer Werkstoffe Berücksichtigung finden.

2 Zweck

Mit der Definition der verschiedenen Toleranzen, die beim Fügen von Schweißbauteilen auftreten können, soll deren funktioneller Zusammenhang gezeigt werden. Hieraus können Hinweise für die schweißgerechte Konstruktion und Fertigung von Schweißbauteilen abgeleitet werden (siehe auch DVS-Merkblatt 0929).

An einem Beispiel wird die Vorgehensweise bei der Ermittlung zulässiger Toleranzen im Hinblick auf die Anforderungen an die Schweißqualität gezeigt. Die Methodik ist auf andere Schweißverfahren und andere Fertigungsbedingungen übertragbar.

3 Toleranzen beim Schweißen

Hinsichtlich der Definition der in der Praxis auftretenden Toleranzen hat sich folgendes, wie unter anderem auch von Richter [1] beschrieben, durchgesetzt.

Die Gesamttoleranz T_G eines geschweißten Bauteils ergibt sich zu

$$T_G = \sqrt{\Sigma T_E^2 + \Sigma (T_Z^2 + T_F^2 + T_V^2) + \Sigma M^2} \quad (\text{statistisches Mittel})$$

- worin T_E = Einzelteiltoleranz
 T_Z = Zusammenbautoleranz
 T_F = Fügetoleranz
 T_V = Verformungstoleranz
 M = Meßunsicherheit

darstellen.

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung 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 Deutschen Verbandes für Schweißtechnik e. V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Aus diesem allgemeinen Zusammenhang kann nur unter Berücksichtigung der Anforderungen an die Schweißqualität und die Gesamttoleranz des Bauteils – bezogen auf die jeweiligen Fertigungsbedingungen – abgeleitet werden, welche der genannten Toleranzen die wichtigste Einflußgröße darstellt.

Es wird deutlich, daß sich die Gesamttoleranz des Bauteils durch Einzelteiltoleranzen, Zusammenbau-, Füge- und Verformungstoleranzen ergibt.

3.1 Gesamttoleranz T_G

Zulässige Gesamttoleranzen von Bauteilen sind in DIN 8570 „Freimaßtoleranzen für Schweißkonstruktionen“ festgelegt, falls nichts anderes vereinbart wird. Die zulässigen Toleranzen werden in DIN 8570 in Abhängigkeit verschiedener Nennmaßbereiche und Genauigkeitsklassen angegeben.

3.2 Einzelteiltoleranz T_E

Allgemeintoleranzen für Einzelteile gibt DIN 7168 „Allgemeintoleranzen für Ab- und Winkelmaße“ an.

Zulässige Toleranzen für Einzelteile sind beispielsweise für thermisches Trennen in DIN 2310, für Stanz- und Scherteile aus Stahl in DIN 6930, für Gesenkschmiedestücke in DIN 7526 und für kaltgebogene Flacherzeugnisse aus Stahl in DIN 6935 festgelegt.

Halbzugtoleranzen sind sinngemäß anstelle der Einzelteiltoleranzen einzusetzen. DIN 8551, in der Fugenformen an Stahl angegeben werden, sagt nur etwas über Nennmaße aus, ohne auf Toleranzen einzugehen.

3.3 Zusammenbautoleranz T_Z

Die Zusammenbautoleranz ist bei Stumpfstoßen als Abweichung der Schweißspaltbreite vom Nennmaß definiert. Bei Kehlnähten kann ein Spalt zwischen Gurt- und Stegblechen auftreten, wobei die Nennspaltbreite 0 beträgt.

3.4 Fügetoleranz T_F

Die Fügetoleranzen setzen sich aus Bahnabweichungen der Schweißeinrichtungen und Lageabweichungen der Schweißfuge zusammen.

Bei Industrierobotern ist die Bahnabweichung durch die Wiederholgenauigkeit vorgegeben. Diese ist abhängig vom Arbeitspunkt im Arbeitsbereich des Industrieroboters.

Die Lageabweichungen der Schweißfuge werden im wesentlichen durch Positionfehler der Werkstücke beeinflusst. Unter bestimmten Bedingungen (nachfolgend „Spannfälle“ genannt) wirken sich die Einzelteiltoleranzen auf die Lageabweichungen der Schweißfuge aus. Im Beispiel unter Punkt 5 wird der Zusammenhang verdeutlicht.

3.5 Verformungstoleranz T_V

Beim Schweißen treten Schrumpfungen in Abhängigkeit von Werkstückdicken, Schweißverfahren, Schweißfolge, Schweiß-

parametern und Einspannverhältnissen des Bauteils auf. Durch diese Verformung können sich zum Beispiel zusätzlich Veränderungen der Schweißspaltbreite sowie Lageabweichungen der Schweißfuge ergeben.

Durch das Einhalten einer geeigneten Schweißfolge können die Verformungstoleranzen klein gehalten werden.

3.6 Meßunsicherheit M

Die Meßunsicherheit hat im Vergleich zu den vorgenannten Toleranzen keinen entscheidenden Einfluß, wird jedoch der Vollständigkeit wegen mit berücksichtigt.

4 Allgemeine Hinweise

Aus den Einflußgrößen ist zu erkennen, daß zur Einhaltung der Gesamttoleranzen sowie der Anforderungen an die Schweißqualität der gesamte Fügeprozeß optimiert werden muß. Die Einzelteilverbereitung, die Vorrichtungen sowie der Heft- und Schweißvorgang müssen deshalb besonders betrachtet werden.

Erfahrungsgemäß ist die Einhaltung enger Toleranzen mit steigenden Fertigungskosten verbunden, die gesenkt werden können durch

- funktions- und qualitätsgerechte Tolerierung der Fugegeometrie und der Einzelteile
- funktionsgerechte Heft- und Schweißvorrichtungen
- Einhalten geeigneter Schweißfolgen
- Verwenden geeigneter Schweißanlagen (siehe DVS-Merkblätter 0924 und 0922)

Dabei sollten jeweils die Maßnahmen zuerst betrachtet werden, die mit der größten Einsparung von Fertigungskosten verbunden sind.

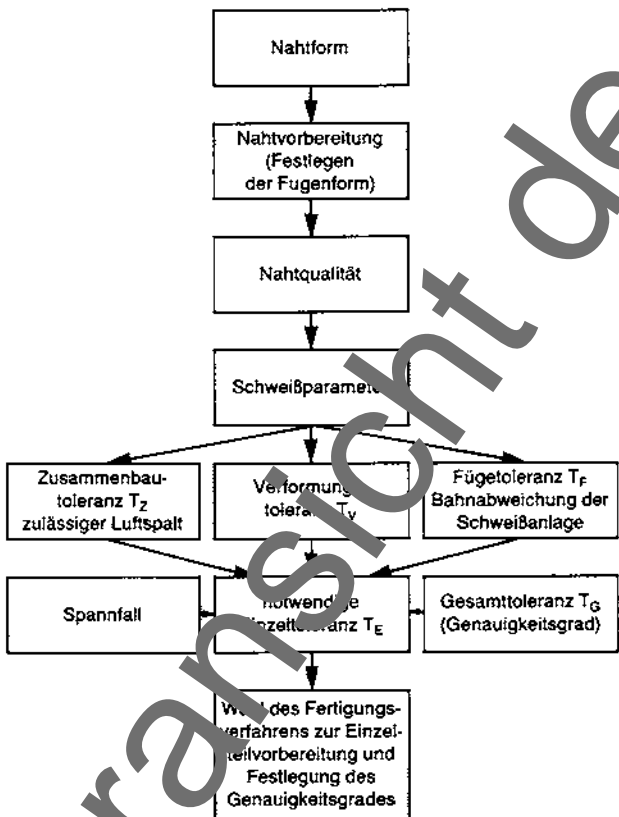


Bild 1. Vorgehensweise bei der Ermittlung der zulässigen Toleranzen.

5 Beispiel zur Ermittlung zulässiger Einzelteiltoleranzen für Stumpf- und Kehlnahtverbindungen

Erste systematische Untersuchungen zu Toleranzen beim MA-Schweißen wurden von Büllermann [2] durchgeführt. Das bestimmende Kriterium für die Festlegung größtzulässiger Einzelteiltoleranzen war die Qualität der Wurzelverschweißung der Bewertungsgruppen BS/BK nach DIN 8563. Die Berechnung der zulässigen Einzelteiltoleranzen erfolgte jeweils nach den Schweißversuchen ermittelten, maximal zulässigen Zusammenbau- und Fügetoleranzen.

Die Ermittlung der zulässigen Einzelteiltoleranzen wurde auf Basis jedes Einzelkriteriums des äußeren und inneren Befundes nach DIN 8563 durchgeführt, das heißt, die Qualität BS/BK mußte in jedem Einzelmerkmal erreicht sein.

Das nachfolgende Beispiel gibt dem Anwender verwertbare Daten für eine Werkstückdicke $t = 5$ mm und zeigt darüber hinaus die notwendige Vorgehensweise für die Festlegung und Einhaltung der Toleranzen.

Bild 1 zeigt schematisch die Vorgehensweise bei der Ermittlung der zulässigen Toleranzen.

Ausgehend von einer Werkstückdicke $t = 5$ mm wurde die in Bild 2 gezeigte Nahtvorbereitung gewählt.

Die Probenhälften wurden reproduzierbar vorbereitet, so daß deren Toleranzen bei der Betrachtung nicht berücksichtigt werden mußten.

	t (mm)	b (mm)	c (mm)	α (°)	a (mm)
	5	2	—	50	—
	5	0	—	—	4

Bild 2. Nahtvorbereitung.

Verbindung	Lage	Draht (mm)	Strom (A)	Spannung (V)	Geschw. (cm/min)
Verbindung zweilagige V-Naht Blechdicke 5 mm	W	3,1	145	24	30
	F	—	—	—	—
	D	4,1	180	29	36
	G	—	—	—	—
Verbindung einlagige Kehlnaht Blechdicke 5 mm	W	5,6	260	31	46
	F	—	—	—	—
	D	—	—	—	—
	G	—	—	—	—

Bild 3. Schweißparameter.