

Inhalt:

- 1 Einleitung
- 2 Geltungsbereich
- 3 Allgemeine Vorbetrachtungen
- 4 Probenformen
 - 4.1 Einpunktprobenformen
 - 4.1.1 Einschnittig überlappte Scherzugprobe
 - 4.1.2 Einschnittig überlappte Schälzugprobe
 - 4.1.3 Einschnittig überlappte Kopfzugprobe
 - 4.1.4 KS2-Probe
 - 4.2 Mehrpunktproben
 - 4.2.1 Einschnittig überlappte Zweipunktproben
 - 4.2.2 H-Proben
 - 4.2.3 Geschlossene Profilproben
- 4.3 Probenformen für Funktionselemente
- 4.4 Vergleich der Probenformen
- 5 Prüfverfahren
 - 5.1 Allgemeine Hinweise
 - 5.2 Prüfung unter quasistatischer (zügiger) Belastung
 - 5.2.1 Prüfung mit Einpunktproben
 - 5.2.1.1 Prüfung mit Scher-, Schäl- und Kopfzugproben
 - 5.2.1.2 Prüfung mit KS2-Probe
 - 5.3 Prüfung unter zyklischer Belastung
 - 5.4 Prüfung von Einpunktproben unter schlagartiger Belastung
 - 5.5 Prüfung von bauteilähnlichen Proben unter schlagartiger Belastung
 - 5.6 Füge-systemspezifische Prüfverfahren
 - 5.6.1 Prüfung von Funktionselementen
 - 5.6.2 Prüfung mit Blindnieten
 - 5.7 Korrosions- und Alterungsprüfverfahren
 - 5.8 Zerstörungsfreie Prüfverfahren
 - 5.9 Metallografische Prüfverfahren
 - 6 Schrifttum

1 Einleitung

This technical bulletin provides an overview of the methods for testing the properties of mechanical and hybrid (mechanical/bonded) joined connections. The shapes of the specimens and the testing methods are described and there are references to further applicable standards and rules.

Das vorliegende Merkblatt gibt einen Überblick über die Prüfverfahren für mechanisch gefertigte bzw. zusätzlich geklebte Verbindungen. Es werden die Probenformen und Prüfverfahren beschrieben, auf mitgeltende Normen und Vorschriften wird verwiesen. Die mechanisch gefertigten und zusätzlich geklebten Verbindungen werden nachfolgend auch als hybridgefügte Verbindungen bezeichnet.

Durch mechanisches Fügen hergestellte Konstruktionen sind vielfältigen statischen, zyklischen und schlagartigen Belastungen

Diese Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, in wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung der Europäischen Forschungsgesellschaft für Blechverarbeitung e.V. (EFB) und des DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V. und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

und Belastungskombinationen bei z. T. gleichzeitigem Einfluss von Korrosion ausgesetzt. Die Verbindungstechnik ist in Zusammenhang mit den verwendeten Werkstoffen und der konstruktiven Formgebung ausschlaggebend für das Steifigkeits- und Festigkeitsverhalten der Baugruppen.

In Zukunft wird der Konstrukteur vorwiegend zwischen einer breiten Palette von Verbindungstechniken sowie von Werkstoffen und angepassten Konstruktionsausführungen schnell, zuverlässig und mit möglichst geringem Aufwand auszuwählen haben.

Um die geforderte Qualität einer mechanischen Verbindung zu gewährleisten, ist der Zusammenhang zwischen den Qualitätsmerkmalen und den Einflussgrößen, die die Fügbarkeit der Bauteile bestimmen, zu berücksichtigen. Die Fügbarkeit hängt von der Füge-eignung des Werkstoffes, der Füge-sicherheit der Konstruktion und der Füge-möglichkeit in der Fertigung ab.

Die Qualität einer mechanischen Verbindung wird bestimmt durch die Erfüllung definierter vorgegebener Anforderungen an die Verbindungszuge bzw. das Bauteil. Ziel ist, die Qualität zu fertigen und nicht zu erproben.

Die Qualitätskontrolle mechanisch und kombiniert mittels Kleben gefertigter Verbindungen kann zerstörend und zerstörungsfrei durchgeführt werden.

Zur Ermittlung der Eigenschaften mechanisch erstellter Verbindungen liegen bisher keine standardisierten Probenformen und Prüfvorschriften vor.

Systembedingt werden für die weiteren Betrachtungen die mechanisch gefertigten Verbindungen in die Kategorien:

- a) Clinch-, Stanzniet-, Blindniet- und Schließringbolzenverbindung
- b) Kombiniert mittels Kleben gefertigte Verbindungen aus a)
- c) Funktionselemente (Stanzmutter/-bolzen usw.)

untergliedert.

Für den Vergleich unterschiedlicher Fügeverfahren müssen sämtliche Prüfbedingungen konstant gehalten werden.

2 Geltungsbereich

Dieses Merkblatt gilt für mechanisch und kombiniert mittels Kleben gefügte, einschnittige Verbindungen aus Stahl und Nicht-eisenmetallen im Werkstückdickenbereich bis $t \leq 4,5$ mm. Für dickere Werkstoffe, Nichtmetalle bzw. mehrschnittige Verbindungen muss die Anwendung im Einzelfall geprüft werden.

3 Allgemeine Vorbetrachtungen

Der Wert einer experimentellen Untersuchung steigt üblicherweise mit der Sorgfalt, die bei Versuchsvorbereitung, -durchführung, -auswertung und -dokumentation eingehalten wird. Insbesondere

bei vergleichenden Untersuchungen sowie bei späterer Verwendung der ermittelten Ergebnisse sollten Informationen zu Grundwerkstoff, Materialzuschnitt und Fügeoperation dokumentiert sein und die folgenden Hinweise für sämtliche Probenformen beachtet werden:

a) Fügepartwerkstoff

- Die Bezeichnung, die Beschichtung und die mechanischen Kennwerte des Grundwerkstoffes sollten bekannt sein und mit den Versuchsergebnissen dokumentiert werden. Eine Anleitung zur Ermittlung der mechanischen Werkstoffkennwerte gibt EN 10002 Teil 1.
- Die Blechdicke soll gemessen und dokumentiert werden.
- Art und Aufbau von Überzügen, Beschichtungen und Oberflächenzustand sollten beschrieben werden.

b) Materialzuschnitt

- Die Materialzuschnitte für eine Versuchsreihe sind möglichst aus Tafeln derselben Werkstoffcharge zu entnehmen.
- Die Lage der Zuschnitte zur Walzrichtung sollte einheitlich sein und dokumentiert werden.
- Die Maßtoleranzen bei der Probenherstellung müssen eingehalten werden.
- Nicht beabsichtigte Verformungen der Zuschnitte und Oberflächenbeschädigungen sind zu vermeiden.

c) Fügen

- Die Verwendung von Vorrichtungen sichert die Einhaltung der Form- und Lagetoleranzen der Proben.
- Das Fügen sollte nach geltenden Regelwerken durchgeführt werden.
- Fügeverfahren, -parameter und -randbedingungen sollten möglichst konstant sein und dokumentiert werden.

d) Dokumentation

- Verwendete Merkblätter und Normen müssen genannt werden.
- Abweichungen vom Merkblatt müssen dokumentiert und im Falle übergreifender Vergleiche bewertet werden.

4 Probenformen

In der quasistatischen Prüfung finden überwiegend einschnittig überlappte Proben in Anlehnung an die Probengeometrie für die Untersuchung von Widerstandspunktschweißverbindungen Verwendung, z. B. Scherzugproben nach DIN EN ISO 14273, Kopfzugproben nach DIN EN ISO 14272, Schälzugproben nach DIN EN ISO 14270 sowie KS2-Proben [1]. Der Vergleich der Untersuchungsergebnisse an einschnittig überlappten Einpunktproben ist Grundlage für die Auswahl der einzuzustellenden Fügeelemente. Zusätzlich werden teilweise Untersuchungen mit einschnittig überlappten Mehrpunktproben durchgeführt. Sowohl die einschnittig überlappten Einpunkt- als auch die Mehrpunktproben weisen im Vergleich zu den bauteilähnlichen Proben in der Regel wesentlich geringere Steifigkeiten auf.

Bei Schwingfestigkeitsuntersuchungen finden neben Einpunktproben meist steifere, bauteilähnliche Mehrpunktproben Verwendung. Es haben sich vor allem H-Profilproben mit einfachem Hutblech, Doppelhutproben sowie zunehmend H-Proben mit den beiden Ausführungsformen Scher- und Schälzug durchgesetzt. Auch die KS2-Probe findet zunehmende Anwendung.

Für die Prüfung der Verbindungsfestigkeit unter schlagartiger Belastung (z. B. Crashtest) existieren keine standardisierten Probenformen. Der Normentwurf DIN EN ISO 14323 beschreibt die Durchführung des Schlagkerbscherzugversuchs und des Schlagkopfschlagversuchs an Widerstandspunkt- und Buckelverbindungen an Proben gemäß den bereits erwähnten Normen DIN EN ISO 14273 und DIN EN ISO 14272. Grundsätzlich können jedoch alle oben genannten Probenformen auch für die Prüfung unter schlagartiger Belastung verwendet werden. Während sich die

einschnittig überlappten flachen Proben nur für Hochgeschwindigkeitszugversuche eignen, können geschlossene Profilproben auch Hochgeschwindigkeitsdruckversuchen z. B. dem Fallhammer-Test oder dem Crashtest unterzogen werden.

Da der Fügevorgang entscheidenden Einfluss auf das Tragverhalten der Verbindungen hat, muss dieser sorgfältig und reproduzierbar durchgeführt werden, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu sichern. Zur Gewährleistung eines reproduzierbaren Fügevorganges sollten mechanische Vorrichtungen zur Fixierung der Fügeelemente während der Fügeoperation verwendet werden. Sie müssen folgenden Anforderungen genügen:

- Die Fügeelemente sollen zueinander ausgerichtet werden können.
- Bei Hybridverbindungen müssen die einschlägigen Verarbeitungsvorschriften für das Kleben eingehalten werden.
- Die verwendeten Werkstoffe für die Vorrichtung sind auf den Prozess und die Prüfkörper anzustimmen.

4.1 Einpunktprobenformen

Die einfachen Einpunktprobenformen erlauben es, eine große Anzahl von Untersuchungen mit Parametervariation (z. B. Dicke, Werkstoff, Verbindungstyp und Fertigungsparameter) wirtschaftlich durchzuführen. Sie können für Grundsatzuntersuchungen von Anwendern verwendet werden, denen keine umfangreichen Prüfeinrichtungen zur Verfügung stehen. Grundsätzlich sind alle punktförmigen, linienförmigen und flächigen Verbindungen und damit auch kombinierter mittels Kleben erstellte Verbindungen darstellbar und prüfbar.

4.1.1 Einschnittig überlappte Scherzugprobe

Die einschnittig überlappte Scherzugprobe ist für die Prüfung von Widerstandspunktschweißverbindungen unter vorwiegender Scherbelastung als freier Scherzugversuch in der DIN EN ISO 14273 genannt, wobei die Mischbelastung aus Scherzug, Kopfzug und Schälzug eine tatsächliche Belastung darstellt. Abweichend von dieser Norm wird bei mechanischen und Hybridverbindungen die Überlappungslänge unter dem Gesichtspunkt kleinerer anzuwendender Flanschbreiten minimiert. Bild 1 zeigt die Skizze der Scherzugprobe mit den wichtigsten Maßen. Der Einspannbereich ist grau markiert. In Tabelle 1 sind die Probenmaße sowie Richtwerte für die Überlappungslänge in Abhängigkeit von der Materialdicke bis $t = 4,5 \text{ mm}$ zusammengestellt. Bei der Kombination unterschiedlicher Blechdicken sind die Angaben für die jeweils größere Blechdicke zu verwenden. Bei besonderen Fügeelementen, größeren Blechdicken sowie nicht praxisrelevanten Versagensarten müssen vor dem Hintergrund der Verwendung der Ergebnisse Probenmaße und Überlappungslänge in Absprache mit dem Fügeelementlieferanten angepasst werden.

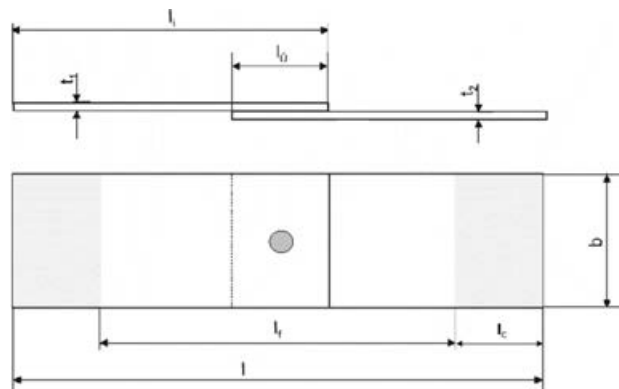


Bild 1. Skizze der einschnittig überlappten Scherzugprobe.

Die Fertigung der Scherzugprobe erfolgt üblicherweise aus zwei Materialzuschnitten der Maße $l_1 \geq 105 \text{ mm}$ und $b = 45 \text{ mm}$ durch Fügen im Zentrum der Überlappung. Die freie Einspannlänge ist auf $l_2 = 95 \text{ mm}$ festgelegt. Es ist auf einen ausreichenden Einspannbereich zu achten, so dass es zu keinem Durchrutschen