

Das vorliegende Merkblatt beschreibt die zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfverfahren für Widerstandspressschweißverbindungen. Aufgrund der Vielzahl der unterschiedlichen Prüfverfahren ist das Merkblatt DVS 2916 wie folgt in sechs Teile unterteilt.

Teil 1: Zerstörende Prüfung, quasi statisch, Teil 4: Metallografische Prüfung,
Teil 2: Schwingfestigkeitsprüfung, Teil 5: Zerstörungsfreie Prüfung,
Teil 3: Zerstörende Prüfung, schlagartig, Teil 6: Prüfung an Bauteilen.

Dieser Teil 3 gilt für Widerstandspunktschweißverbindungen metallischer Werkstoffe bis zu 3 mm Einzelblechdicke. Im vorliegenden Teil des Merkblatts wird vorwiegend der Schlagscherzugversuch behandelt, da für diesen Versuch die am besten abgesicherten Daten vorliegen.

Inhalt:

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffe
- 3 Probenformen
- 4 Prüfmaschinen
- 5 Probeneinspannung
- 6 Messtechnische Anforderungen
- 7 Auswertung und Kennwerte
- 8 Schrifttum

1 Anwendungsbereich

Es soll der Einfluss der Beanspruchungsgeschwindigkeit auf das Verformungsverhalten und die Tragfähigkeit einer Punktschweißverbindung ermittelt werden. Beschrieben ist die Prüfung von Einpunktproben unter schlagartiger Beanspruchung.

Bei Versuchen mit schlagartiger Beanspruchung der Proben ist vorwiegend die Ermittlung der Tragfähigkeit der Verbindung bei hohen Prüfgeschwindigkeiten von Interesse. Wenn nicht anders vereinbart, sind bei Einpunktproben mindestens 7 Proben je Variante zu prüfen.

Die Durchführung der Prüfung und die Auswertung der Versuchsergebnisse erfolgt im Allgemeinen in Anlehnung an quasistatische Versuche. Bei hohen Geschwindigkeiten und hohen Anforderungen an die Genauigkeit sind für die Auswertung direkt auf der Probe ermittelte Messgrößen zu verwenden.

2 Begriffe

Die globale Prüfgeschwindigkeit bezieht sich auf die Geschwindigkeit der bewegten Einspannungsvorrichtung.

Die lokale Prüfgeschwindigkeit bezieht sich auf die Bewegung in der Umgebung der Fügestelle.

3 Probenformen

Als besonders geeignet für die Prüfung unter hohen Beanspruchungsgeschwindigkeiten haben sich die einfachüberlappten Einpunktproben (Schlagscher-, Schlagkopf- und Schlagschälzugproben) herausgestellt. Z. B. wie im SEP 1231 im Anhang 2 vorgeschlagene Scherzugprobe in Form mit einer Breite von 45 mm, einer freien Einspannlänge von 95 mm, einer Überlappung von 16 mm und einer Anfangsmesslänge für die Verlängerungsmessung auf der Probe von 50 mm.

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 DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

Abhängig von der Beanspruchungsgeschwindigkeit und vom Werkstoff können auch bauteilähnliche Proben verwendet werden.

Für einen quantitativen Vergleich ist es sinnvoll, Proben für Hochgeschwindigkeitszugversuche auch im quasistatischen Versuch auf dafür vorgesehene Maschinen an der gleichen Probenform zu testen (SEP 1231).

4 Prüfmaschinen

Es können z. B. Pendelschlagwerke, schnelle servohydraulische oder pneumatische Prüfmaschinen, Rotationsschlagwerke oder Fallwerke zum Einsatz kommen.

Nach der Norm DIN EN ISO 14323 wird die Hochgeschwindigkeitsprüfung von Widerstandspunkt-, Rollennaht- und Buckelschweißverbindungen für Flachproben unter Schlagscherzug und Schlagkopfzug behandelt, mit dem Schwerpunkt auf den Einsatz von Pendelschlagwerken.

In der Stahl-Eisen-Prüfblatt 1231 wird die Ermittlung mechanischer Eigenschaften an gefügten Blechwerkstoffen (Scherzugproben) im Zugversuch bei hohen Prüfgeschwindigkeiten beschrieben.

Dort sind servohydraulische Maschinen mit Vorlaufstrecke, Pendelschlagwerk, Fallgewichtsanlagen oder Rotationsschlagwerk als Prüfeinrichtungen aufgeführt.

5 Probeneinspannung

Die Proben müssen mit geeigneten Einrichtungen eingespannt werden. Dabei ist eine möglichst genaue Ausrichtung der Proben in Krafteinleitungsrichtung zu gewährleisten, um den Biegeeffluss zu minimieren. Die Einspannung kann dabei kraftschlüssig oder formschlüssig über die Verwendung von Passstiften erfolgen. Die Masse der Einspannvorrichtungen sollte möglichst gering sein (als Material z. B. Titan). Es ist eine hohe Steifigkeit der Einspannung anzustreben. Um eine Probenausrichtung in Verbindung mit der Einspannvorrichtung zu erreichen, darf eine Vorkraft angewendet werden, deren Höhe 5% der zu erwartenden Bruchkraft nicht überschreiten sollte.

Die Energiezufuhr durch die jeweilige Prüfmaschine sollte so hoch sein, dass eine möglichst gleich bleibende Prüfgeschwindigkeit erreicht wird. Üblicherweise liegt die globale Prüfgeschwindigkeit im Bereich von 0,1 m/s bis etwa 5 m/s.

6 Messtechnische Anforderungen

Bei der Wahl der globalen Prüfgeschwindigkeit ist zu beachten, dass bei größeren Prüfgeschwindigkeiten, abhängig von der Festigkeit der untersuchten Werkstoffe, das Kraftsignal durch dynamische Effekte (Massenträgheitseffekte, Eigenschwingungen und Spannungswellenphänomene) beeinflusst werden kann. Auf diese Effekte wird in der Literatur näher eingegangen [1].

Treten zu große Schwingungsamplituden bei der Messung mit vorhandenen Kraftmesseinrichtungen auf (z. B. Piezoquarz oder probennahe Kraftmessglieder), müssen auf elastischen Abschnitten der Probe Dehnungsmessstreifen (DMS) zur Kraftmessung appliziert werden (DIN EN ISO 26203-2).

Statt einer Kalibrierung dieser DMS mit niedriger Kraft (20% der Maximalkraft) kann alternativ durch einige instrumentierte quasi-statische Vorversuche oder Versuche mit einer Geschwindigkeit unter 1 m/s ein Mittelwert des Kalibrierfaktors bestimmt werden.

Bei erhöhten Genauigkeitsanforderungen kann über die globale Erfassung der Kolbenverschiebung hinaus eine lokale Verschiebungsmessung der beiden gefügten Teile zueinander auf der Probe notwendig werden.

Abhängig von der Bandbreite der verwendeten Messaufnehmer muss das Messdatenerfassungssystem über eine hinreichend große Abtastrate verfügen.

Es sollten abhängig von der Aufgabenstellung etwa 300 bis 1000 Messwerte für die Zeit, die Kraft sowie die Probenverlängerung aufgezeichnet werden. Zur Beurteilung des Verformungsverhaltens der Verbindungen ist die Dokumentation des Versuches mit einer Hochgeschwindigkeitskamera empfehlenswert.

Bild 1 zeigt exemplarisch die Kraft-Verlängerungs-Kurve eines Schlagscherzugversuches bei 2,5 m/s unter Verwendung der maschinenseitigen Kraftmessung (Quartz) und unter Verwendung von DMS zur Kraftmessung.

7 Auswertung und Kennwerte

Ausgewertet werden die ungefilterten Messdaten für die Kraft und die Verlängerung. Weitere Kenngrößen werden anhand des Kraft-Zeit-Verlaufes und anhand der Kraft-Verlängerungskurve ermittelt. Mindestens sollte die Maximalkraft F_{max} und die Verlängerung bei Maximalkraft s_{Fmax} angegeben werden. Für die Kenn-

wertermittlung können auch entsprechende Glättungsverfahren sinnvoll sein. Allerdings ist darauf zu achten, dass durch das Glätten die Charakteristik des ursprünglichen Signalverlaufes erhalten bleibt. Die Gesamtenergieaufnahme W_{ges} und die Energieaufnahme bis Maximalkraft W_{Fmax} sind als Flächen unter der Kurve definiert. Weiterhin ist das Bruchverhalten der Verbindungen zu dokumentieren.

Bei der Bestimmung der Maximalkraft ist eine eventuell auftretende Verfälschung des Kennwertes durch im Versuch auftretende dynamische Effekte zu berücksichtigen. Eine Verringerung des Einflusses dieser dynamischen Effekte auf das Kraftsignal kann durch Messung lokal auf der Probe (mittels DMS) oder nahe (quasilokal) der Probe erreicht werden.

Zur Ermittlung von maschinenunabhängigen Kennwerten für die Probenverlängerung ist es empfehlenswert, entsprechende Messung lokal auf der Probe durchzuführen. Dies kann durch die Verwendung von geeigneter, berührungsfreier arbeitender Messtechnik erreicht werden (z. B. Gravurkorrelationsverfahren, Extensometer). Aus dieser lokalen Verlängerungsmessung wird die lokale Prüfgeschwindigkeit ermittelt.

8 Schrifttum

Regelwerk

DIN EN ISO 14323:2004: Weisendpunkt- und Buckelschweißen – zerstörende Prüfung von Schweißverbindungen – Penabmessungen und Durchführung des Schweißzugversuchs und des Schlagkopfzugversuchs

DIN EN ISO 26203:2010: Metallische Werkstoffe – Zugversuch bei hohen Dehngeschwindigkeiten – Teil 2: Servohydraulische und andere Systeme

SEP 1231: Ermittlung mechanischer Eigenschaften an gefügten Blechwerkstoffen im Zugversuch bei hohen Prüfgeschwindigkeiten, Verlag Stahleisen, 2012.

Literatur

[1] Mayer, U., W. Böhme, M. Borsutzki, R. Häcker und K. Schneider: Hochgeschwindigkeitszugversuche an gefügten Stählen. Ergebnisse eines VDEh-Ringversuchs zum Stahl-Eisen-Prüfblatt. MP Materials Testing, 51 Jg. 11-12/2009, S. 755/760.

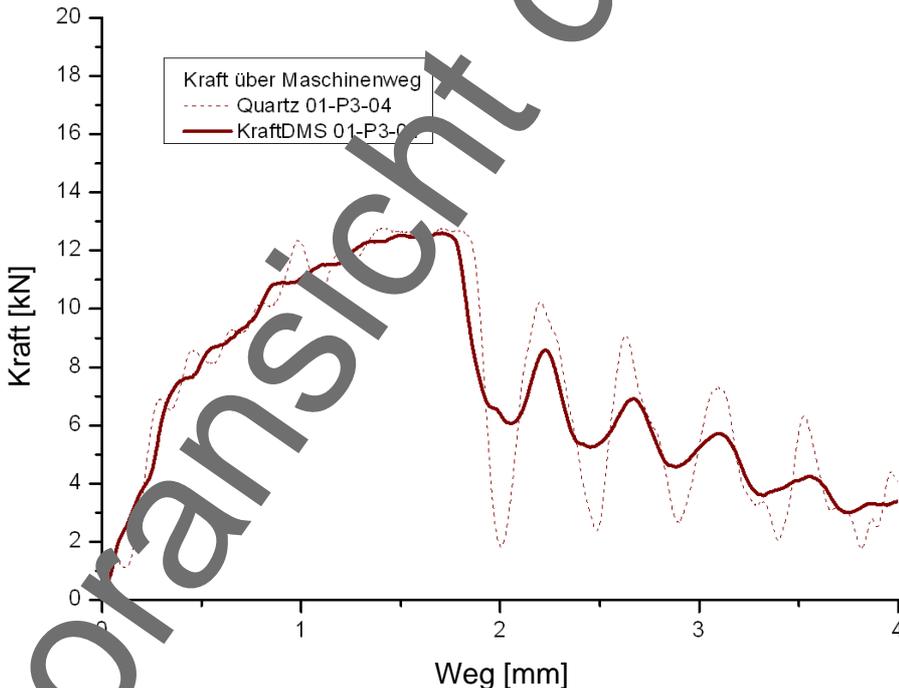


Bild 1. Kraft-Verlängerungsdiagramm als Ergebnis eines Schlagscherzugversuches; 2,5 m/s.