

Qualitätssicherung beim Schweißen von Kopfbolzendübeln im Brückenbau

Beim Schweißen von Kopfbolzendübeln mit dem automatischen Bolzenschweißverfahren mit Hubzündung kann es in Einzelfällen zu Fehlschweißungen kommen. Hierzu enthält DIN EN ISO 14555 im Abschnitt 14.7 Angaben bezüglich der Reparatur fehlerhafter Bolzenschweißungen. Die dort gemachten Angaben führen zwar zu einer ausreichenden statischen Tragfähigkeit, nicht jedoch zu einer ausreichenden Ermüdungsfestigkeit der Kopfbolzendübel. Nachfolgend werden einige Hinweise gegeben, welche Grundsätze zur Erreichung einer ausreichenden Ausführungsqualität im Hinblick auf die Ermüdungsfestigkeit der Bolzen im Brückenbau zu beachten sind. Die Einhaltung ist durch die herstellereigene Fertigungsüberwachung in Form einer unabhängigen Fertigungsüberwachung des AG oder in dessen Auftrag sicherzustellen.

1 Allgemeines

Für Verbundbrücken und Verankerungskonstruktionen im Brückenbau erfolgt die Bemessung von Kopfbolzendübeln auf der Grundlage des Eurocode 4-2 für die Grenzzustände der Tragfähigkeit, der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung. DIN EN 1994-2 geht davon aus, dass Kopfbolzendübel mit dem automatischen Bolzenschweißverfahren mittels Hubzündung nach DIN EN ISO 14555 aufgeschweißt werden, bei dem sich am Bolzenfuß ein Schweißwulst gemäß den Richtwerten in DIN EN ISO 13918 ausbildet. Diese Forderungen im Eurocode 4-2 sind deshalb von besonderer Bedeutung, weil die im Eurocode 4 angegebenen Tragfähigkeiten auf der Auswertung von Versuchen basieren und sowohl im Grenzzustand der Tragfähigkeit und insbesondere im Grenzzustand der Ermüdung nennenswerte Abweichungen bezüglich der Geometrie des Schweißwulstes zu einer Reduzierung der Tragfähigkeit bzw. der Lebensdauer führen können. Aus diesem Grunde wird im Eurocode 4 explizit darauf hingewiesen, dass bei Dübeldurchmessern, die nicht im Anwendungsbereich des Eurocode 4 liegen und nicht mit dem automatischen Bolzenschweißverfahren mit Hubzündung aufgeschweißt werden sowie bei Schweißwülsten, die nicht den Richtwerten nach DIN EN ISO 13918 entsprechen, die Bemessungsregeln in Eurocode 4 nicht gültig sind und in diesen Fällen durch Versuche nachgewiesen werden muss, ob eine vergleichbare statische Tragfähigkeit und insbesondere eine ausreichende Ermüdungsfestigkeit vorliegt. Die Abmessungen für die Schweißwülste nach DIN EN ISO 13918, Bild 5 und Tabelle 10 sind dabei mittlere Richtwerte, die in Schweißposition PA erreicht werden können. Vor diesem Hintergrund kommt insbesondere der Qualitätssicherung von Bolzenschweißungen bei Konstruktionen unter ermüdungswirksamen Beanspruchungen eine besondere Bedeutung zu, da unzureichende und unregelmäßige Schweißwulstabmessungen bzw. Reparaturschweißungen zu einer signifikanten Reduzierung der Ermüdungsfestigkeit führen können.

2 Ergänzende Regelungen zum Schweißen von Kopfbolzendübeln im Brückenbau

Nachfolgend werden ergänzend zu DIN EN ISO 14555 und ZTV-ING einige Randbedingungen festgelegt, die bei der Herstellung von Bolzenschweißverbindungen nach DIN EN ISO 14555 bei Stahl- und Verbundbrücken sowie bei Bolzenschweißverbindungen von anderen ermüdungsbeanspruchten Bauteilen zu beachten sind.

Bolzenschweißverbindungen von Verbundbrücken sind mit Ausnahme von begründeten Einzelfällen grundsätzlich im Herstellerwerk herzustellen. Begründete Ausnahmefälle sind z. B. das Aufschweißen von Hand an Stellen, an denen aus Transportgründen Montagelaschen vorhanden sind, die auf der Baustelle abgetrennt werden. Es handelt sich somit nur um einige wenige Dübel im Verhältnis zur Gesamtanzahl der sich auf dem Bauteil befindlichen Dübel. Bei diesen Dübeln ist auch ein Aufschweißen von Hand unter Beachtung der in ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 2.2 genannten Randbedingungen und Ausbildung einer Schweißnahtvorbereitung mittels Fase am Bolzenfuß zulässig. Diese Schweißverbindung erfüllt ebenfalls die Voraussetzungen nach Eurocode 4-2.

Nach DIN EN ISO 14555 ist insbesondere Folgendes zu beachten: Für das Bolzenschweißen auf Verbundbrücken muss der ausführende Betrieb eine Qualifikation gemäß Abschnitt 10 der DIN EN ISO 14555 haben. Es müssen die umfassenden Qualitätsanforderungen gemäß Tabelle B.1 der DIN EN ISO 14555 erfüllt werden. Es darf nur gemäß DIN EN ISO 14732 und DIN EN ISO 14555, Abschnitt 6 qualifiziertes Personal eingesetzt werden. Die Eignung des Schweißpersonals für Verbundbrücken ist durch regelmäßige Arbeitsprüfungen gemäß Abschnitt DIN EN ISO 14555, 14.2 auch für anspruchsvolle Schweißpositionen, wie z. B. das Schweißen in der Nähe von freien Rändern in PA Position, sowie, falls erforderlich, für Schweißungen in Horizontalposition nachzuweisen. Auf die notwendige Durchführung und Dokumentation der vereinfachten Arbeitsprüfung gemäß DIN EN ISO 14555, Abschnitt 14.3 wird besonders hingewiesen.

Die Anzahl der mangelhaften Schweißungen nach DIN EN ISO 14555, 14.7 muss bei Verbundbrücken in der Regel unter 1 % der pro Bauteil aufgeschweißten Kopfbolzendübel liegen. Andernfalls sind Maßnahmen zur Verbesserung der Ausführungsqualität zu ergreifen (siehe DIN EN ISO 14555, 14.7, letzter Satz). Wenn der Durchmesser des Schweißwulstes nicht kleiner als der 1,2fache Schaftdurchmesser d des Dübels und die kleinste Wulsthöhe nicht kleiner als $0,15 d$ ist, darf davon ausgegangen werden, dass die Schweißwulstabmessungen den Richtwerten in DIN EN ISO 13918 noch entsprechen und eine ausreichende Tragfähigkeit sowie eine ausreichende Ermüdungsfestigkeit nach DIN EN 1994-2 gegeben ist und die Schweißung somit als nicht mangelhaft angesehen werden kann.

In DIN EN ISO 14555 werden in Abschnitt 14.7 Maßnahmen bei mangelhafter Übereinstimmung mit den Vorgaben der DIN EN ISO 13918 angegeben, die zunächst für alle aufgeschweißten Bolzenverbindungen gelten. Mit Bezug auf die Anforderungen in DIN EN 1994-2 bezüglich der Ermüdungsfestigkeit sind die in DIN EN 14555, Abschnitt 14.7 angegebenen Verfahren bei Verbundbrücken nur eingeschränkt zugelassen. Bolzen mit mangelhaften Schweißungen sind in hoch auf Ermüdung beanspruchten Bauteilen nach (5) grundsätzlich auszutauschen. Ein vollständiges oder partielles Ausbessern mit anderen Schweißverfahren ist nicht zulässig. Wenn in speziellen Fällen das Bolzenschweißverfahren mit Hubzündung nicht mehr möglich ist oder die Bedingungen nach 3 nicht eingehalten sind, sind die Bolzen mit dem in ZTV-ING, Teil 4, Abschnitt 2.2 angegebenen Verfahren auszutauschen oder neue Dübel an einer benachbarten Stelle zu setzen. Ein Belassen der Bolzen mit mangelhaften Schweißungen und ein Ersatz durch einen zusätzlichen Bolzen ist bei hoch auf Ermüdung beanspruchten Bauteilen nicht zulässig. Mangelhafte Dübel sind kerbfrei zu entfernen (z. B. oberhalb des Wulstes abtrennen, Rest in Krafrichtung mit Grundwerkstoff eben abschleifen, ggf. Kerben/WEZ ausschleifen, Rissprüfung durchführen).

Als hoch auf Ermüdung beanspruchte Bauteile sind die folgenden Bauteile anzusehen:

- alle direkt durch Radlasten beanspruchte Verbundbauteile, wie z. B. Zugbänder bei Kastenträgern mit äußeren Diagonalen entsprechend der „Empfehlungen für die Gestaltung von großen Stahlverbund-Hohlkastenbrücken“ und Quer- und Längsträger zur Abtragung der Verkehrslasten in die Hauptträger,
- Verbundbrücken mit kleinen und mittleren Stützweiten, bei denen die kritische Länge der jeweiligen Einflusslinie kleiner als 50 m ist und der Ermüdungsnachweis der Kopfbolzendübel höher als 50 % ausgenutzt ist,
- spezielle Verankerungskonstruktionen bei integralen Brücken, bei denen Kräfte über „Schwertkonstruktionen“ in die Widerlager eingeleitet werden und die Verteilung der Dübelkräfte in den Grenzzuständen der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdung unter Berücksichtigung der Nachgiebigkeit der Dübel ermittelt werden muss,
- Verankerungen von Fahrbahnübergängen und die Verankerung von Lagern, wenn ermüdungswirksame Einwirkungen zu berücksichtigen sind.

3 Zustimmung im Einzelfall

Wenn von den zuvor genannten Randbedingungen abgewichen wird, ist eine ausreichende Tragfähigkeit und eine ausreichende Ermüdungsfestigkeit durch experimentelle Untersuchungen nach DIN EN 1994-2, 6.6.3.1 (4) auf der Grundlage von DIN EN 1990 nachzuweisen. Dies erfordert grundsätzlich eine Zustimmung im Einzelfall.