

Neues Thermit-Schweißverfahren SkV-Elite

Nach erfolgreicher Zertifizierung auf der Grundlage der DIN EN 14730-1 wird das Thermit-Schweißverfahren SkV-Elite bei der Deutschen Bahn zugelassen.

Jörg Keichel
Robert Gehrman

Bereits seit 1928 – also seit 80 Jahren – sind die Thermit-Schweißverfahren der Elektro-Thermit GmbH & Co. KG als Regelschweißverfahren bei der Deutschen Bahn im Einsatz. 1955 wurde das Verfahren SmW eingeführt, seit 1972 wird das Verfahren SkV mit Erfolg bei zahlreichen Bahnen weltweit eingesetzt.

Die aluminothermische Schweißung hat sich als fester Bestandteil im heutigen Oberbau etabliert. Insbesondere bei der Instandhaltung der Gleise und beim Verschweißen von Weichen ist dieses Schweißverfahren heutzutage nicht mehr wegzudenken. Nach Jahren des flächendeckenden Verschweißens der Strecken zum lückenlosen Gleis ist die Anzahl der ins Gleis gebrachten aluminothermischen Schweißungen zurückgegangen. Gründe dafür waren die Herstellung immer länger werdender Schienen in den leistungsfähigen Walzwerken der Schienenhersteller sowie das Erzeugen von Langschienen durch Abbrennstumpf-

schweißanlagen. Eine weitere Reduzierung der Schweißungen im Gleis ergab sich seit den 80er Jahren durch die Entwicklung der mobilen Abbrennstumpfschweißtechnik. Zurzeit werden jährlich etwa 2,5 Millionen aluminothermische Schweißungen in den Gleisen weltweit eingebaut. Europaweit liegt der Bedarf für aluminothermische Schweißungen auf stabilem Niveau.

Die Entwicklung kopfgehärteter Schienen sowie in jüngerer Vergangenheit neuer Schienengüten und die dadurch steigende Lebensdauer bei höherer Auslastung stellen hohe Anforderungen an die Schweißtechnik. Die Elektro-Thermit GmbH & Co. KG hat auf die sich verändernden Bedürfnisse des Marktes reagiert und die Thermit-Schweißverfahren entsprechend weiterentwickelt. Hierzu lassen sich beispielsweise neue Schweißportionen, eine thermische Nachbehandlung und das selektive Auflegieren des Schienenkopfes nennen.

Mit der Einführung der Norm DIN EN 14730-1 zur Zulassung eines aluminothermischen Schweißverfahrens, gültig seit Juni 2006, wurden die Weichen für Neuerungen auf dem Gebiet des aluminothermischen Schweißens gestellt. Basierend auf der langjährigen Erfahrung mit dem Schweißverfahren SkV und dem Einsatz moderner Entwicklungsmethodik wurde das Nachfolgeverfahren SkV-Elite entwickelt.

Nach umfangreichen Zulassungsuntersuchungen, die zur Unterstützung des zukünftigen internationalen Einsatzes des Schweißverfahrens im dänischen FORCE-Institut sowie an der TU München durchgeführt wurden, konnte bereits im Jahr 2006 die Zertifizierung von SkV-Elite nach DIN EN 14730-1 umgesetzt werden. Mit der Erlangung des Zertifikats wurde automatisch die Zulassung für die dänische Bahn Bane Danmark erreicht.

In Deutschland erfolgte die Zulassung des Eisenbahn-Bundesamtes ebenfalls noch im Jahre 2006. Die notwendigen Gleisversuche zur Freigabe des Verfahrens wurden im Frühjahr 2007 durchgeführt und konnten nach Jahresfrist im Mai 2008 abgeschlossen werden. Die anschließende Freigabe für den Einsatz bei der DB Netz AG erfolgte im August 2008.

Damit ist auch für die internationale Einführung von SkV-Elite ein wichtiger Schritt gemacht worden, da die Freigabe bei der

Deutschen Bahn für einen deutschen Hersteller eine oft geforderte Referenz darstellt. Das Schweißverfahren SkV-Elite ist darüber hinaus bei der Chinesischen Staatsbahn und in den baltischen Republiken im Einsatz. Weitere Bestrebungen, SkV-Elite weltweit zu etablieren, laufen in anderen Ländern Europas sowie auf dem australischen, afrikanischen und amerikanischen Kontinent.

Warum SkV-Elite?

Die Anwender des Schweißverfahrens SkV kennen bereits dessen Vorteile. Zum einen ermöglicht die sehr kurze Vorwärmzeit im Vergleich zu anderen aluminothermischen Schweißverfahren eine schnelle Ausführung und zum anderen erweist sich das Schweißverfahren als extrem robust im Baustelleneinsatz. Dies garantiert eine hohe Verfügbarkeit des Fahrwegs.

Eine grundsätzlich sichere und korrekte Ausführung der Schweißung im Gleis erfordert das Einhalten der Prozessparameter und gewährleistet die optimale Verbindung zwischen den Schienen. Die Realität zeigt jedoch, dass die Schweißer bei der



Abb. 1: Vorwärmung einer SkV-Elite-Schweißung



Abb. 2: Einlaufen des flüssigen Thermit-Stahls während des Schweißvorgangs

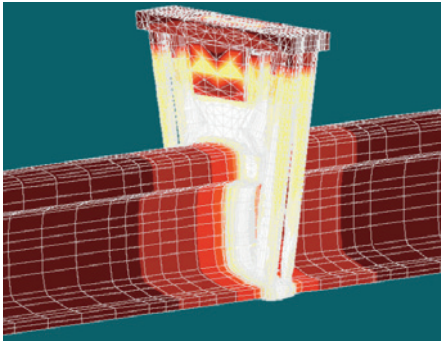


Abb. 3: Finite-Elemente Simulation der Wärmeverteilung in der SkV-Elite-Schweißung während der Erstarrung

Ausführung im Gleis häufig keine idealen Bedingungen vorfinden, sondern mit dem Umstand konfrontiert sind, dass die Randbedingungen für ihre Arbeit im Gleis oftmals schwierig sind. Die Güte und Robustheit eines Schweißverfahrens zeigt sich nun dadurch, dass auch unter den typischen Baustellenbedingungen sicher qualitativ hochwertige Schweißungen gefertigt werden können.

Dieser Ansatz wurde bei der Entwicklung von SkV-Elite konsequent weiter verfolgt. Die wesentlichen Verfahrensparameter



Abb. 4: Verbrauchstoffe (auszugsweise) für das Thermit-Schweißen mit SkV-Elite: Formen, Riegel, Einwegtiegel (Euro-Tiegel I), Abdichtpaste und Anzündstäbchen

bleiben wie bei SkV erhalten, dies betrifft insbesondere die Vorwärmzeit. Die gesamte Durchführung einer SkV-Elite-Schweißung geht genau so schnell wie bereits die SkV-Schweißung zuvor (Abb. 1 und 2).

Dem genannten Anspruch an die Robustheit des Verfahrens wurde durch Änderungen im Gießsystem, das mittels analytischer Methode optimiert wurde (Abb. 3), Rechnung getragen. Hieraus resultiert ein neues, modifiziertes Gießformdesign, welches die wesentliche technische Änderung des Schweißverfahrens darstellt.

Was bleibt und was ist neu?

Im Hinblick auf die Verbrauchstoffe für das Schweißverfahren ist für den Anwender dieser Wechsel vergleichsweise einfach (Abb. 4). Die Schweißportionen, die für SkV-Elite eingesetzt werden, entsprechen im Wesentlichen denen des Vorgängerverfahrens SkV. Weiterhin stehen alle Tiegelsysteme (Abb. 2, Schweißung im Euro-Tiegel I) zur Verfügung. Als Abdichtmedium zwischen Schiene und den Formen, welche das Gießsystem darstellen, kann sowohl Klebsand als auch Abdichtpaste benutzt werden.

Im Vergleich zum bisherigen Verfahren SkV konnte für den Anwender eine Vereinfachung bei SkV-Elite herbeigeführt werden. Unabhängig von dem zu verschweißenden Schienenprofil haben die Schweißformen immer die gleiche Größe. Als Nutzen dieser Veränderung ergibt sich, dass die Formhaltebleche für die Fixierung der Formen an der Schiene nur noch eine Größe haben. Für den Schweißer erspart dies, profilabhängig zwischen unterschiedlichen Formhalteblechen differenzieren zu müssen – das spart Kosten und vereinfacht die Arbeit im Gleis. Um die Eigenschaften der SkV-Elite-Schweißung zu optimieren, wurde der Abstand zwischen den beiden Schienenenden (Lü-



InnoTrans Halle 26 Stand 230

90 Jahre auf Kurs für Qualitätsschweißungen

Schlatter baut Systeme zum Schweißen von Schienen in Hochgeschwindigkeitsqualität.

- Stationäre Systeme zur Produktion von Langschienen
- Stationäre Systeme für Weichenzungen und Kreuzungen
- Mobile Systeme zum Schweißen im Gleis, vom Hochgeschwindigkeitsfahrweg bis zur Rillenschiene für Strassenbahnen



Die sichere Verbindung

H.A. Schlatter AG, Schweiz, www.schlatter.ch

ckenweite) erhöht. Alle anderen Prozessgrößen bleiben unverändert.

Das neue Formendesign von SkV-Elite

Eine Nut für die Pastenabdichtung, eine Einlaufrinne im Eingussbereich der Form, ein vergrößerter Kopfseitensteiger, eine wechselnde Wulstgeometrie im Bereich

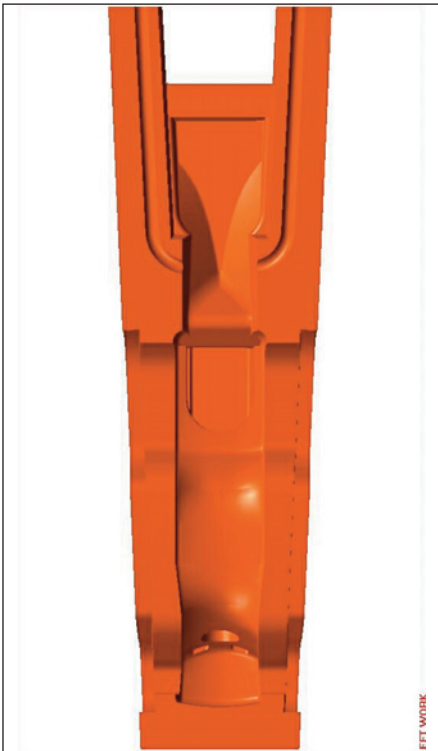


Abb. 5: Formendesign für das Schweißverfahren SkV-Elite (Sicht auf die Innenseite der Form)

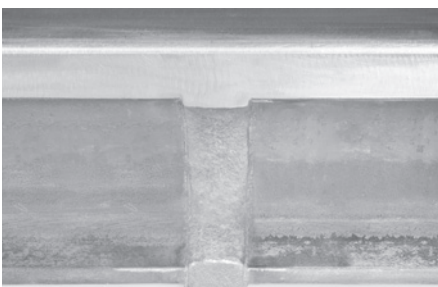


Abb. 6: SkV-Elite Schweißnaht



Abb. 7: Form der Auflösungszone und der WEZ, dargestellt im Längsschnitt am Beispiel einer SkV-Elite Schweißnaht am Schienenprofil 60E1

des Übergangs vom Steg zum Fuß und ein 3-Steigeranschnitt auf dem Schienenfuß (Abb. 5) sind die wesentlichen Neuerungen im Formendesign für SkV-Elite.

Die Auswirkungen des neuen Formendesigns sind der Schweißung von außen kaum anzusehen. Lediglich bei genauer Betrachtung kann von außen auf Grund der Wulstgeometrie und des Steigeranschnittes auf dem Fuß das zugrunde liegende Verfahren identifiziert werden (Abb. 6).

Erst wenn man einen Schnitt mittig in Längsrichtung der Schienen durchführt und die Schweißung metallographisch präpariert, erkennt man das eigentliche Aussehen der Schweißverbindung zwischen den beiden Schienen. Hier wird deutlich, wie die Formengeometrie Einfluss auf die Gießeigenschaften und die Ausgestaltung der Verbindung zwischen Schweißgut und Schienenstahl nimmt.

Im Längsschnitt (Abb. 7) zeigt sich die Form der Auflösungszone, d.h. in welcher Form Schienenstahl aufgeschmolzen wurde und mit dem Thermit-Stahl eine feste Verbindung eingegangen ist (orangefarbene Linie in Abb. 7). Zusätzlich lässt sich im Längsschnitt aber auch die Wärmeinflusszone (WEZ) sichtbar machen. Durch den Wärmeintrag während des Schweißvorgangs verändert sich die Mikrostruktur des Stahls – der Stahl wird weicher. Diese Mikrostrukturänderung ist im Längsschnitt erkennbar, so dass eine Grenzlinie zwischen WEZ und unbeeinflusstem Schienenstahl sichtbar wird (gelbe Linie in Abb. 7).

Die Form und die Abmessungen der Auflösungszone und der Wärmeinflusszone sind jeweils typisch für ein spezielles Schweißverfahren. Bei SkV-Elite wurde das Formendesign und damit die Ausbildung der Auflösungszone so gestaltet, dass der Erstarrungsablauf auch unter kritischen Schweißbedingungen fehlerfrei erfolgen kann.

Ferner ist die Größe der Wärmeinflusszone auf der Fahrfläche beim Rad-Schiene-Kontakt von Bedeutung. Eine schmalere Wärmeinflusszone wurde durch die Gestalt der Auflösungszone in Verbindung mit der kurzen Vorwärmung realisiert.

Je kleiner die Wärmeinflusszone WEZ ist, desto geringer ist die Gefahr für Ausfahrungen der Schiene an dieser Stelle. Diese auf ein Minimum beschränkte WEZ ist besonders für die neuen, immer härter werden Schienengüten relevant, bei denen ein Härteabfall in der WEZ ausgeprägter in Erscheinung tritt.

Die oben geschilderten Eigenschaften zeigen sich im Härteverlauf über die Schweißung hinweg (Abb. 8). Anhand dieses Härteverlaufes und des erkennbaren Sprungs in der Härte im Übergang zwischen Schweißgut und WEZ wird offensichtlich, dass die Breite der WEZ und eine Kontrolle der Werkstoffeigenschaften von großer Bedeutung bei der Beurteilung von Schweißverfahren sind.

Neben der Gestalt von Auflösungs- und Wärmeinflusszone sowie neben der Härteverteilung über die Schienenschweißung hinweg sind die mechanischen Eigenschaften für die Beurteilung eines Schweißverfahrens wichtig. Aus den oben genannten Optimierungsprozessen resultieren ebenfalls hervorragende Ergebnisse sowohl bei der statischen Biegebruchprüfung als auch bei der Dauerfestigkeitsprüfung.

Ein typisches Kraft-Durchbiegungs-Diagramm ist in Abb. 9 dargestellt. In diesem Versuch werden für das Profil 60E1 Durchbiegungen von etwa 15 mm bei Bruchkräften von ca. 1500 kN erzielt.

Was ist darüber hinaus wichtig?

Die Verbrauchsstoffe, insbesondere die Schweißportionen der Thermit-Verfahren, haben auf Grund kontinuierlicher Verbesserungen ein hohes qualitatives Niveau erreicht.

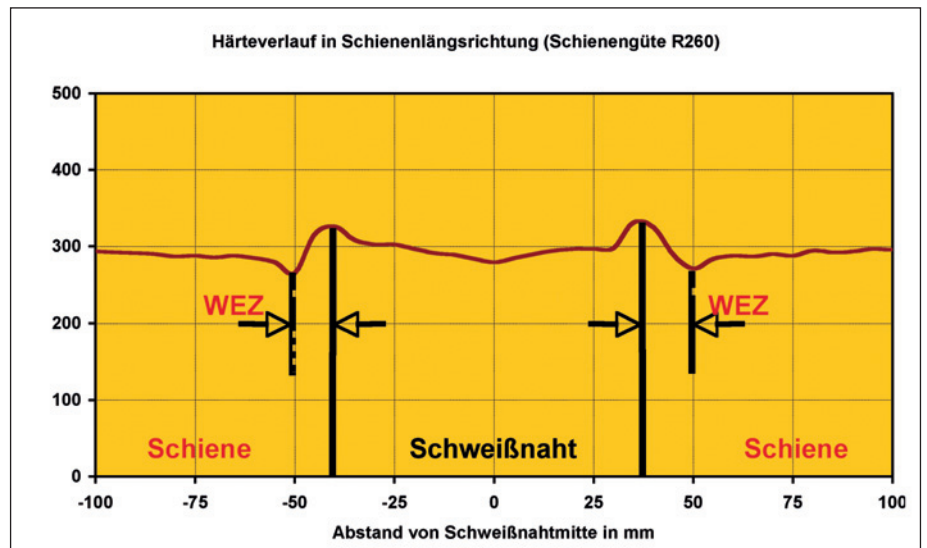


Abb. 8: Härteverteilung entlang der Schweißnaht (gemessen 3 mm unterhalb der Fahrfläche)

Für die Herstellung einer guten Schweißung ist aber neben den eingesetzten Materialien die Ausführung der Schweißung entscheidend. Trotz Optimierung des Schweißprozesses bleibt damit die Ausbildung der Schweißer von zentraler Wichtigkeit für den erfolgreichen Einsatz der Thermit-Schweißtechnik.

Insbesondere bei der Einführung eines neuen Schweißverfahrens ist neben der Ausbildung des Schweißpersonals die enge Zusammenarbeit mit den anwendenden Firmen durch einen guten Service für die erfolgreiche Umsetzung von besonderer Bedeutung.



Dr.-Ing. Jörg Keichel

Geschäftsführer der Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Halle
jörg.keichel@elektro-thermit.de



Dr.-Ing. Robert Gehrman

Bereichsleiter Forschung und Entwicklung, Elektro-Thermit GmbH & Co. KG, Halle
robert.gehrman@elektro-thermit.de

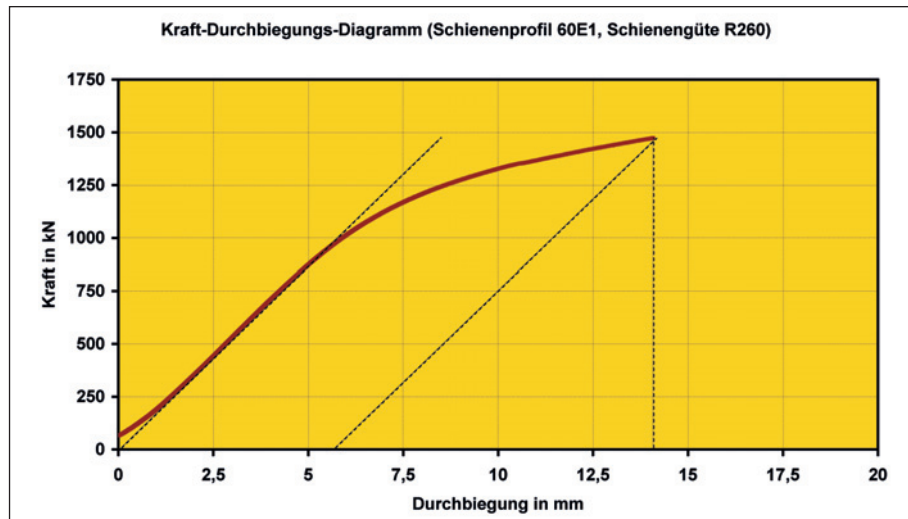


Abb. 9: Kraft-Durchbiegungs-Diagramm ermittelt im Biegebruchversuch

alle Abb.: Elektro Thermit GmbH & Co. KG

Summary

New Thermit welding process SkV-Elite

The new SkV-Elite welding process is a logical advancement of the Thermit-welding technology with short preheating, based on results of the latest research and practical experience on track. It guarantees a high availability of the track because of the fast execution and the easier application as a result of the changed mould design. SkV-Elite is certified to DIN EN 14730-1. Optimizing the gating system enabled the outer dimensions of the moulds for all rail profiles to be standardised.

Goldschmidt-Thermit-Group

Elektro-Thermit GmbH & Co. KG
Chemiestraße 24, D-06132 Halle
Fon +49 345 7795-600
Fax +49 345 7795-770
info@elektro-thermit.de
www.elektro-thermit.de



ELEKTRO-THERMIT GMBH & CO. KG

Sicherheit für das lückenlose Gleis

Schluss mit Gleisverwerfungen und Schienenbrüchen

RAILSCAN-Service • Zerstörungsfreie Neutraltemperaturprüfung

Für jede Anwendung das richtige Gerät

Gleismesstechnik für Ebenheit, Riffel, Geometrie, Lage, Temperatur