

Induktives Kleben von Edelstahlgeländern

Die auf Baustellen herrschenden Randbedingungen wie Schmutz, Kälte oder Feuchtigkeit bedingen bei qualitativ hochwertigen Klebverbindungen aufwendige und langwierige Fertigungsprozesse. Die nachfolgend dargestellte Methode ermöglicht das schnelle und nahezu wetterunabhängige Kleben von Edelstahlgeländern nach höchsten Qualitätskriterien. Dies wird erreicht durch die Kombination eines bewährten Klebstoffsystems mit einer neu entwickelten, induktiv gestützten Prozeßtechnik.

Herkömmliche Verbindungsmethoden

Edelstahlgeländer werden aus Rohren hergestellt, die an Knoten mittels Steckverbindern zu größeren Einheiten verbaut werden. Die zu wählende Verbindungstechnik muß eine hohe und dauerhafte Festigkeit erzeugen; sie muß schnell, sicher und einfach durchführbar sein und höchsten optischen Ansprüche genügen.

Schraub- und Schweißverbindungen haben den Nachteil, daß sie die hohen optischen Anforderungen heutiger Architekten nicht oder nur durch kostspieliger Nacharbeit erfüllen können, Klemmverbindung sind mechanisch limitiert.

Bild 1

Aus diesen Gründen wird beim Herstellen von Steckverbindungen die Klebtechnik in zunehmendem Maße eingesetzt. Diese Fügetechnik erfüllt höchste optische Ansprüche und vermeidet sämtliche Nacharbeit. Die Klebfuge ist von außen nicht sichtbar, so daß die Verbindung nach dem Vernetzen des zweikomponentigen Klebstoffs sofort einsatzbereit ist.

Allerdings bestehen gewisse Einschränkungen in der Anwendbarkeit des Klebens auf Baustellen, da die Verarbeitungs- und Aushärteeigenschaften von Klebstoffen temperaturabhängig sind. Bei Außentemperaturen von weniger als 10 °C und dementsprechend kalten Bauteilen bestehen Probleme beim Verarbeiten des bei diesen Temperaturen höherviskosen Klebstoffs, beim Haftungsaufbau und bei der Aushärtezeit, die sich auf Stunden bis zu einigen Tagen verlängern kann.

Auf den Baustellen wird diesen Problemen mittels Heizquellen, wie Schweißbrenner oder Heißluftgebläsen, begegnet, allerdings mit dem Nachteil, daß eine optimale Vorwärm- und Aushärtetemperatur nicht eingestellt und garantiert werden kann. Dadurch besteht die Gefahr der Bauteilschädigung durch lokale Überhitzung.

Kleben - hält das überhaupt?

Wie oben erwähnt, wird das Kleben beim Verbinden von Edelstahlgeländern bereits eingesetzt. Trotzdem soll hier noch mal kurz beschrieben werden, welche Randbedingungen erfüllt sein müssen, damit diese Fügetechnik erfolgreich angewendet werden kann.

Aufgrund ihres Aufbaus verfügen Klebverbindungen nicht über so hohe Festigkeiten wie Schweißungen. Der ausgehärtete Klebstoff stellt als Kunststoffschicht zwischen metallischen Fügeteilen eine Schwachstelle dar, die konstruktiv minimiert werden muß, um eine maximale Systemfestigkeit zu erzielen. Für den Anwender ist demzufolge nicht die Festigkeit des Klebstoffs von entscheidender Bedeutung, sondern die Festigkeit der Klebung. Das bedeutet, daß ein etwas niedrigerfesterer Klebstoff mit mehr Elastizität eine höhere Systemfestigkeit erreichen kann, als ein höchstfester Klebstoff mit geringem Dehnungsvermögen.

Das Kleben erhält seine Festigkeit aus der Fläche. Deswegen sollten bei Metallklebungen Stoßverbindungen an der Stirnseite der Füge­teile vermieden werden, weil bei diesen Anordnungen die Fläche nicht angepaßt werden kann. Statt dessen sollten Überlappverbindungen, wie die Steckverbindung bei den Edelstahl­geländern gewählt werden, die die Einstellung der Klebfläche über Variation der Überlappungslänge erlauben. Bei dem üblichen Rohrdurchmesser von 42 mm ist bei einer Überlappungslänge von 30 mm und einen hochfestem Klebstoff mit einer Schubfestigkeit von 20 MPa bereits eine Zugkraft von rund 8 Tonnen übertragbar.

Diese theoretische Festigkeit (Spannungsspitzen an den Überlappungsenden werden nicht berücksichtigt) einer Klebverbindung wird durch äußere Einflüsse wie hohe Temperaturen oder Alterungseffekte über die gesamte Lebensdauer verringert, so daß bei der Qualifizierung einer Klebverbindung die temperaturabhängige Festigkeit und die Restfestigkeit nach einem beschleunigten Alterungstest (Klimawechsel, Sonnensimulation) ermittelt werden muß. Liegen diese verminderten Festigkeiten immer noch über der geforderten Nominalfestigkeit der Verbindung ist der Klebstoff mechanisch geeignet und kann für diese Applikation freigegeben werden.

Prozeßtechnik

Heutige Klebstoffe sind in den meisten Fällen hochentwickelte Produkte, die die geforderten Eigenschaften während der gesamten Lebensdauer des geklebten Bauteils erfüllen können. Voraussetzung hierfür ist jedoch ein ordnungsgemäßer Klebprozeß, der zu einem definierten und stabilen Zustand nach dem Verbinden der Füge­teile führt. Um diesen alterungsbeständigen Status zu erreichen, muß der Klebprozeß beherrscht werden. In industriellen Klebprozessen mit hohem Automatisierungsgrad werden die relevanten Parameter mittels Sensoren überwacht. Bei manuellen Klebungen hängt der Erfolg einer Klebverbindung davon ab, ob der Mitarbeiter über ausreichende, meistens selbstgemachte, Erfahrungen verfügt und ob das Klebsystem geringe Prozeßschwankungen ausgleichen kann. Gerade bei Baustellenklebungen, die unter - klebtechnisch gesehen - widrigen Umständen ablaufen müssen, ist die Prozeßrobustheit der Klebung von entscheidender Bedeutung.

Das Kleben hat gegenüber den Alternativverfahren einen großen anwendungstechnischen Nachteil - die fehlende Anfangsfestigkeit. Da die Mitarbeiter unter hohem Zeitdruck stehen, werden solche Füge­techniken bevorzugt, die nach dem Fügen der Bauteile sofort eine Festigkeit bieten, die zumindest so hoch ist, daß ohne Einschränkung weitergearbeitet werden kann. Das Kleben mit viskosen Klebstoffen bietet diese Prozeßfreundlichkeit leider nicht, so daß längere Wartezeiten eingeplant oder Fixiervorrichtungen verwendet werden müssen.

Wie jede chemische Reaktion wird auch das Vernetzen eines Klebstoffs durch Wärme beschleunigt; als Faustformel gilt, daß sich bei einer Temperaturerhöhung um 10 °C die Reaktionsgeschwindigkeit verdoppelt. Bei den eingangs erwähnten Erwärmungsmethoden mittels Schweißbrenner oder Heißluftgebläse wird dieser Effekt ausgenutzt. Durch Anblasen der Edelstahlrohre wird die dabei erzeugte Wärme zum Klebstoff weitergeleitet und führt zu einem schnelleren Abbinden. Beide Erwärmungstechniken haben den Nachteil, daß die erzeugte Temperatur nicht geregelt wird, sondern vom Können des Mitarbeiters abhängig ist. Dies ist äußerst problematisch, da neben möglichen optischen Beeinträchtigungen (Anlaßfarben) der Edelstahlrohre, der Klebstoff in der Fuge lokal überhitzt und somit thermisch zerstört werden könnte, was nachträglich von außen weder sichtbar noch überprüfbar wäre.

Beschleunigtes Kleben mittels Induktion

Die induktive Aufheiztechnik bietet gegenüber anderen Erwärmungsverfahren die Vorteile des extrem schnellen, örtlich begrenzten und temperaturüberwachten Aufheizens von elektrisch leitfähigen Materialien. Diese Eigenschaften führen beim Geländerkleben dazu, daß die Induktionstechnik optimal eingesetzt werden kann. Die Edelstahlrohre werden nur dort erwärmt, wo sich (dahinter) die Klebfuge befindet; durch Temperaturüberwachung wird die Gefahr des Überhitzens vollständig eliminiert - der Werker kann nichts mehr falsch machen. Die gewünschte Bauteiltemperatur wird unabhängig von der Anfangstemperatur erreicht und führt zu einem definierten und sicheren Klebprozeß.

Ermöglicht wurde die Anwendung der Induktionserwärmung beim Geländerkleben durch die Entwicklung eines baustellentauglichen Kleingeräts und einer bedienerfreundlichen Heizeinheit.

Bild 2

Das luftgekühlte Kleingerät wird mit der üblichen Netzspannung von 230 V betrieben, wiegt 4 kg und verfügt über eine Typenleistung von 2 kW. Die Heizeinheit besteht aus zwei gegenüberliegend angeordneten Spezialinduktoren, die einen Temperaturfühler enthalten und mittels einer stufenlosen Einhandzwinde an das Geländer geklemmt werden. Der Aufheizvorgang erfolgt temperaturüberwacht in wenigen Sekunden und erwärmt den gesamten Rohrumfang in wenigen Sekunden auf die Zieltemperatur.

Bild 3

Die Höhe dieser Zieltemperatur ist klebstoffabhängig; sie sollte bei den verwendeten zweikomponentigen Epoxidharzklebstoffen in einem Bereich von 70 bis 120 °C liegen. Je höher die Temperatur, desto schneller der Vernetzungsprozeß.

Durch die Wandstärke von rund 2 mm verfügt das Edelstahlrohr über eine gewisse Trägheit, so daß nach dem schnellen Aufheizvorgang von wenigen Sekunden und der langsamen Abkühlphase die Anfangsfestigkeit der Klebverbindung nach ungefähr einer Minute vorliegt. Dies ist nicht nur eine extreme Zeitersparnis gegenüber den sonst üblichen Prozeßzeiten von mindestens einer halben Stunde, sondern führt zu einem Klebprozeß, der unabhängig von den klimatischen Randbedingungen sicher und immer gleich abläuft. Die induktive Aufheizereinheit stellt dem Kunden somit den häufig gewünschten Schalter zum Aktivieren, sprich Schnellhärten zur Verfügung und schafft so den Spagat zwischen langer Lagerfähigkeit und langer Verarbeitbarkeit in Kombination mit extrem schneller Aushärtung, ein Wunsch, der durch die Chemie des Klebstoffs allein leider nicht verwirklichtbar ist. Je höher seine Reaktivität beim Aushärten, desto geringer ist die Lager- und Verarbeitungszeit.

Zudem führt die induktive Vorvernetzung dazu, daß die Haftung des Klebstoffs durch die Bauteilerwärmung im Vergleich zur Raumtemperaturhärtung verbessert wird und sich somit die Klebqualität zusätzlich verbessert.

Fazit

Der Vorteil des neuentwickelten Systems besteht darin, daß es auf der beim Verbinden von Edelstahlgeländern bereits bestehenden und nachweislich funktionierenden Klebtechnik aufsetzt und nur die prozeßtechnischen Schwierigkeiten beseitigt - wetterbedingte Prozeßschwankungen werden eliminiert. Dadurch wird das dauerhafte und hochwertige Kleben von optisch anspruchsvollen Bauteilen auch auf Baustellen möglich.



Bild 1: Prinzip einer Steckverbindung (Quelle: Haboe)



Bild 2: Induktive Aufheizvorrichtung mit Versuchsteil

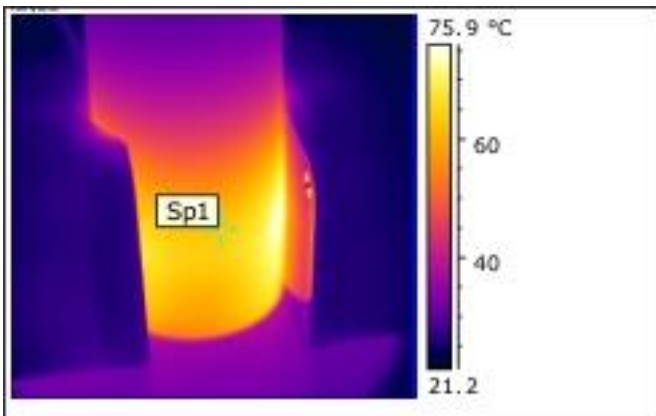


Bild 3: Wärmeausbreitung am Umfang des Edelstahlrohres

**Dr.-Ing. Christian Lammel,
Geschäftsführer der IFF GmbH, Ismaning
kleben@iff-gmbh.de**