

Einfluss einer hohen Kaltumformung auf das Loch- und Spannungsrisskorrosionsverhalten nichtrostender Stahldrähte im Hinblick auf eine Anwendung im Spannbetonbau

IGF-Nr. 17213 N

Zusammenfassung

In dem vorliegenden Forschungsvorhaben wurde das Werkstoffverhalten von hochfesten nichtrostenden Stählen unter kritischen Bedingungen des Spannbetonbaus ermittelt. Bei den untersuchten Werkstoffen handelt es sich um austenitische und um Duplex-Stähle. Die Zugfestigkeiten der untersuchten nichtrostenden Werkstoffe liegen in einem Bereich von 990 bis 2125 N/mm², was durch eine starke Kaltumformung der Drähte erreicht wurde. Nichtrostende Stähle (z. B. 1.4462) mit Festigkeiten >2000 N/mm² weisen allerdings für Spannstähle nicht ausreichende Verformungskennwerte auf. Nichtrostende Stähle besitzen wegen der niedrigen Elastizitätsgrenze eine höhere Anfangsrelaxation als herkömmliche Spannstähle. Es konnte gezeigt werden, dass wegen des ausgeprägten Verfestigungsverhaltens dieser Nachteil durch ein zusätzliches Nachspannen kompensiert werden kann.

Die Feststellung des Lochkorrosionsverhaltens erfolgte mittels potentiodynamischer Messung des Lochkorrosionspotentials. Bei den metastabilen austenitischen Stählen und den Duplexstählen besteht zwar die Tendenz, dass das Lochkorrosionsverhalten mit zunehmender Kaltumformung geringfügig ungünstiger wird. Die Lochkorrosionsbeständigkeit verbleibt jedoch auf einem hohen Niveau. Die nichtrostenden Stähle weisen auch nach starker Kaltumformung, also bei den höchsten untersuchten Festigkeiten, ein deutlich besseres Lochkorrosionsverhalten als herkömmliche Spannstähle vergleichbarer Festigkeit auf. Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung bzw. Gefügebildung wurde folgendes Lochkorrosionsverhalten ermittelt: Die höchste Beständigkeit weisen die Mangan-Austenite (P558, P560) und Duplexstähle (1.4462, 1.4362) mit mindestens 4% Nickel auf, gefolgt von den gefügestabilen austenitischen Stählen (1.4401 und 1.4571) und danach den metastabilen austenitischen Stählen (1.4301 und 1.4310) und dem Duplexstahl 1.4062 mit lediglich 2% Nickel. Zur Feststellung der Anfälligkeit gegenüber chloridinduzierter Spannungsrisskorrosion wurden isotherme Standzeitversuche an Bügelproben in chloridgesättigten Elektrolyten bei

unterschiedlichen pH-Werten und Temperaturen durchgeführt. Vor allem ansteigende Temperaturen und fallende pH-Werte, tendenzmäßig aber auch ansteigende Kaltumformungen, führen zu einer Abnahme der Beständigkeit gegenüber chloridinduzierter Spannungsrisskorrosion. Hinsichtlich der chemischen Zusammensetzung bzw. Gefügeausbildung wurde folgendes Spannungsriss-korrosionsverhalten ermittelt: Die höchste Beständigkeit weisen Duplexstähle (1.4462 und 1.4362) mit Festigkeiten $<1722 \text{ N/mm}^2$ sowie der Mangan-Austenit P558 auf, gefolgt von dem gefügestabilen austenitischen Stahl 1.4571 und danach den metastabilen austenitischen Stählen (1.4301 und 1.4310). Duplexstähle (1.4462 und 1.4362) mit Festigkeiten $>2000 \text{ N/mm}^2$ weisen geringere Beständigkeiten auf, ebenso der Mangan-Austenit P560 und der Duplexstahl 1.4062 mit lediglich 2% Nickel. Die Beständigkeit gegenüber wasserstoffinduzierter Spannungsrisskorrosion wurde mittels FIP-Versuchen in in hochkonzentrierter Ammoniumthiocyanatlösung ermittelt. Die Mohaltigen Nickel-Austenite (1.4401 und 1.4571), die Mangan-Austenite (P558 und P560) sowie der Duplex-Stahl 1.4462 ($R_m \approx 1722 \text{ N/mm}^2$) sind beständig gegenüber wasserstoffinduzierter Spannungsrisskorrosion. Die metastabilen Austenite (1.4301 und 1.4310) sowie der Duplex-Stahl 1.4362 liegen hinsichtlich ihrer Beständigkeit im Bereich der un- bzw. niederlegierten Spannstähle oder geringfügig darüber. Anhand von mikroelektrochemischen Versuchen konnte gezeigt werden, dass die verformungsinduzierten Martensitbereiche die korrosionsanfälligere Gefügephase bei metastabilen Austeniten darstellen. Bei den Duplex-Stählen ist die ferritische Phase anfälliger gegenüber Korrosion. Unter Berücksichtigung aller Ergebnisse gilt folgendes: Die gefügestabilen Austenite 1.4401 und 1.4571, der Duplexstahl 1.4462 sowie der Manganaustenit P558 zeigen gegenüber allen untersuchten Korrosionsarten ein durchwegs sehr gutes und erheblich besseres Korrosionsverhalten als herkömmliche Spannstähle. Bei dem Stahl 1.4462 sollte die Festigkeit, schon wegen der geringeren Verformungskennwerte bei zu hohen Kaltverfestigungen, allerdings auf Werte deutlich unter 2000 N/mm^2 begrenzt werden. Die metastabilen Stähle 1.4301 und 1.4310 besitzen gegenüber den vorgenannten Stählen eine geringere Beständigkeit gegenüber chloridinduzierter Lochkorrosion und sind somit nur mit Einschränkung für einen Einsatz im Spannbetonbau zu empfehlen. Der Duplexstahl 1.4362 liegt hinsichtlich seiner Beständigkeit gegenüber wasserstoffinduzierter Spannungsrisskorrosion nur im Bereich der un- bzw. niederlegierten Spann-

stähle und ist somit für eine Anwendung im Spannbetonbau nicht zu empfehlen. Der Mangan-Austenit P560 und der nickelärmere Duplexstahl 1.4062 sind wegen ihrer geringen Beständigkeit gegenüber chloridinduzierter Spannungsrisskorrosion ungeeignet für einen Einsatz im Spannbetonbau.

Das Forschungsziel wurde erreicht

Forschungsstelle: Universität Stuttgart, Institut für Werkstoffe im Bauwesen

Leiter des Projektes: Prof. Dr.-Ing. habil. Ulf Nürnberger

Laufzeit: 01.07.2011 – 30.06.2014

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben Nr. 17213 N der Forschungsvereinigung GfKORR – Gesellschaft für Korrosionsschutz e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AiF im Rahmen des Programmes zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.