

Auswirkungen spezieller Stahlwerkstoffe auf das Berstverhalten...

...von Hydraulikzylindern bei abgesenkten Temperaturen

von S. Herzig und G. Junker ¹⁾

Hydraulikzylinder steuern Bewegungsabläufe in einer Vielzahl von Geräten und Maschinen, die unter anderem auch im Freien in einem breiten Temperaturspektrum eingesetzt werden. Unter Temperaturbedingungen von bis zu -20 °C war aufgrund bisheriger Werkstoffkonzepte bei Hydraulikzylindern Spröbruchneigung mit der Gefahr von Personen- und Sachschäden nicht sicher auszuschließen. Dies war für den VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) Anlass, eine Reihe namhafter Hersteller von Baugeräten (unter anderem Mobil- und Raupenkränen), Hydraulikzylindern und Stahlrohren in einem Arbeitskreis zusammenzufassen, um alternative Werkstoffkonzepte auf ihre Tieftemperaturtauglichkeit zu untersuchen.

Die in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Maschinenelemente und Fördertechnik der Ruhruniversität Bochum und dem Mannesmann Forschungsinstitut (MFI) erarbeiteten Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Ergebnisse an einbaufertigen Zylinderrohren unter Einbeziehung von Kerbschlagbiegeversuchen und Drop-Weight-Tear-Tests (DWTT ²⁾) haben diese Erkenntnisse verifiziert. Beide Prüfverfahren sind kostengünstig, wurden

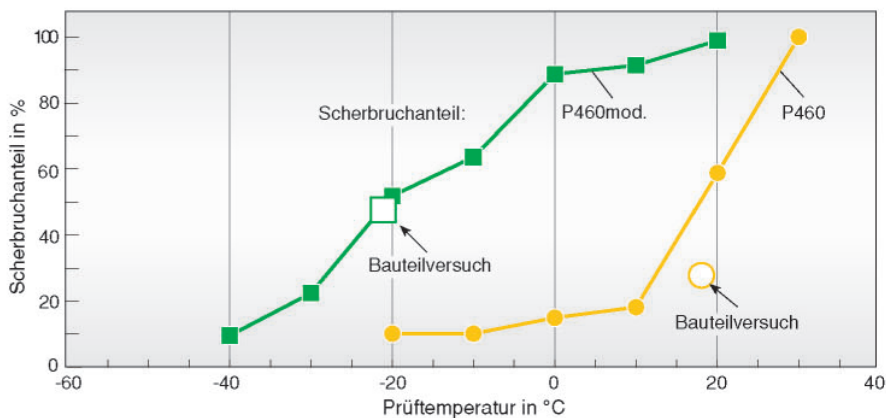


Bild 1: Verbesserung der Übergangstemperatur im DWT-Versuch beim Einsatz der modifizierten Werkstoffvariante P460mod. (grün) im Vergleich mit dem konventionellen Werkstoff P460 (gelb)

(d8925/1)

Der Einsatz von Hydraulikzylindern aus kaltgezogenen nahtlosen Präzisionsstahlrohren ist bei Temperaturen $< +10\text{ °C}$ kritisch, da dann die Gefahr des spröden, mehrteiligen Bauteilversagens nicht ausgeschlossen werden kann. Systematische Untersu-

allerdings noch durch die wahre Beanspruchung simulierende Bauteilberstversuche ergänzt, da zumindest der Kerbschlagbiegeversuch nicht dem realen Bauteilverhalten entspricht. Da die Übereinstimmung der Ergebnisse der DWT- und Bauteilversuche zur Bestimmung der niedrigsten tolerierbaren Betriebstemperatur hinreichend gut und eine Korrelation mit Kerbschlagbiegeversuchen möglich ist, kann für die Eignung eines Werkstoffes bei tiefen Temperaturen ein Mindestwert der Kerbschlagarbeit definiert werden.

Die darauf aufbauenden Werkstoffanforderungen für die im Zylinderbau gängigen Werkstoffe E355 (bisher St52) und P460 (bisher StE460) haben die Entwicklung modifizierter Werkstoffvarianten mit einem den Bauteilsprödbbruch verhindernden Mindestwert der Kerbschlagarbeit forciert. Modifizierte Güten weisen bei Temperaturen bis -20 °C einen im Bauteil ausreichend hohen Anteil duktilen Bruchverhaltens auf und haben damit genügend plastische Verformungsreserven, um die Gefahr einer mehrteiligen Bauteilerlegung zu mindern. **Bild 1** verdeutlicht diesen Sachverhalt am Beispiel der Stahlgüte P460 bzw. P460mod. (StE460 bzw. StE460mod).

Zusätzlich ein Beitrag für den Leichtbau

Das modifizierte Werkstoffkonzept lässt damit den Betrieb von Hydraulikzylindern auch im Temperaturbereich bis -20 °C sicher zu. Als positiver Nebeneffekt ist bei bestimmten Stahlgüten eine deutliche Erhöhung der Festigkeitseigenschaften zu verzeichnen. Dieser ermöglicht eine Wanddickenreduzierung der Zylinder um bis zu 30 % und damit eine Gewichtsreduzierung, die den Forderungen nach Leichtbau Rechnung trägt.

Im Rahmen des vorerwähnten VDMA-Arbeitskreises wird den Herstellern von Mobil- und Raupenkränen aufgrund der o.a. Untersuchung empfohlen, ein Kerbschlagzähigkeitsniveau einzuhalten, das sprödes Bauteilversagen verhindert, zumindest aber als ersten Schritt eine Kerbschlagarbeit von 27 Joule bei -20 °C (mit Kerblage längs und quer zur Zylinderachse) vom Rohrhersteller zu verlangen. Die entsprechenden Anforderungen an nahtlose Präzisionsstahlrohre sind seitens der Hersteller aufgrund derzeitiger Erkenntnisse fertigungssicher zu erfüllen.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es durch die gewonnenen Erkenntnisse über das Berstverhalten von Hydraulikzylindern im Tieftemperaturbereich in Abhängigkeit von unterschiedlichen Werkstoffkonzepten kurzfristig zum Einsatz modifizierter Werkstoffgüten kommen wird. Damit wird ein mehrteiliges Bauteilversagen sicher verhindert und gleichzeitig eine Wanddickenreduzierung der Zylinderermäntel ermöglicht, die eine Gewichtsreduzierung um bis zu 30 % erbringt.

(sm d8925)

¹⁾Dipl.-Ing. Sven Herzig ist Mitarbeiter »Technische Beratung/Produktentwicklung« der MHP Mannesmann Präzisionsrohr GmbH; Dipl.-Ing. Gerd Junker ist Abteilungsleiter »Mechanische Prüfung und Bruchmechanik« der Mannesmann Forschungsinstitut GmbH (MFI).

²⁾ASTM E436-91(1997) Standard Test Method for Drop-Weight-Tear-Tests of Ferritic Steels