

Spiralspannstifte kommen bei tausenden Anwendungen in den unterschiedlichsten Branchen zum Einsatz. **SPIROL** hat zahlreiche Anwendungen bewertet und dabei einige gängige Fehler im Bereich der Konstruktion und Fertigung erkannt, die eine Abnahme der Scherfestigkeit von Spiralspannstiften nach sich ziehen. Zu diesen Faktoren zählen u. a. zylindrische und konische Senkungen sowie unnötiges Spiel zwischen den miteinander verbundenen Bauteilen. Sie verursachen bzw. vergrößern allesamt das Spiel und fördern so das Verbiegen, durch das eine Reduzierung der effektiven Scherfestigkeit bewirkt wird.

Bei Spiralspannstiften wird die mindest Scherfestigkeit bei zweischnittiger Belastung gemäß den relevanten Prüfvorschriften angegeben. Aufgrund der dynamischen Eigenschaft von Spiralspannstiften werden die Scherfestigkeitswerte mittels Messungen statt theoretischer Berechnungen ermittelt. Die Prüfungen erfolgen auf der Basis konkreter Vorgaben, die in Prüfnormen wie etwa ASME B18.8.2, ASME B18.8.3M oder ISO 8749 festgelegt sind. Die Buchsen zur Aufnahme der Spiralspannstifte und der Scherblock müssen aus gehärtetem Stahl sein und dürfen zwischen den Scherebenen ein Spiel von höchstens 0,13 mm aufweisen. Dies sind die idealen Prüfbedingungen, die sicherstellen, dass der Spiralspannstift auch tatsächlich abgesichert wird. Weicht das Spiel bei Baugruppen von den vorgegebenen idealen Prüfparametern ab, so geht das zu Lasten der Festigkeit der

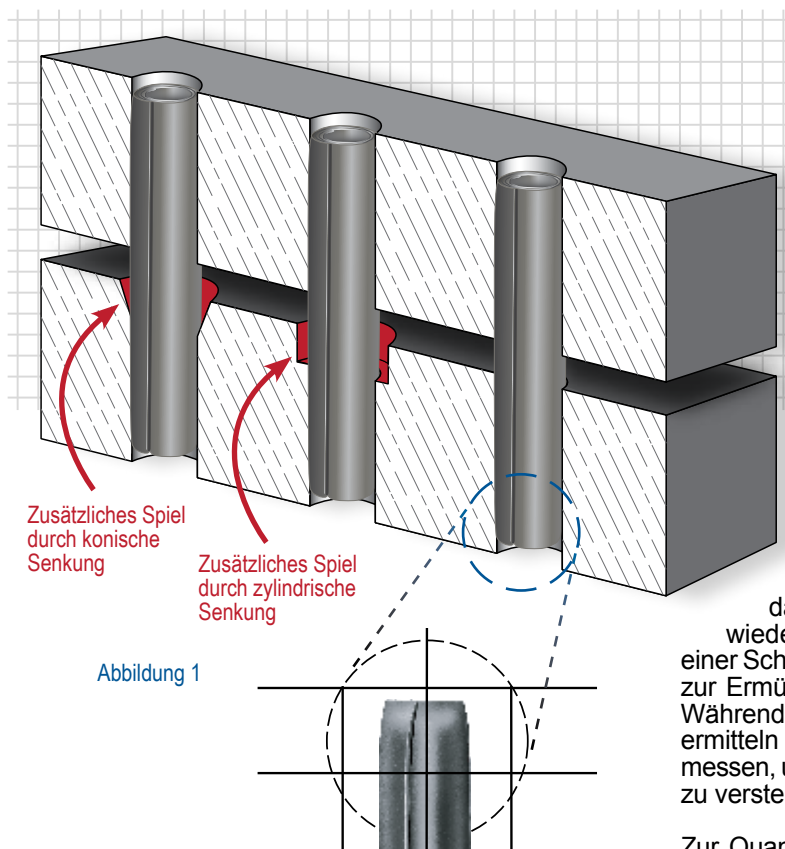


Abbildung 1

Spiralspannstifte sind für die problemlose Montage ohne zylindrische und konische Senkungen konzipiert. Die glatten, konzentrischen Anfasungen kombiniert mit rechtwinklig, sauber geschnittenen Stirnflächen sorgen für ein problemloses Einpressen.

Spiralspannstifte und ihr mögliches Versagen, was bei Belastung auf Verbiegung und nicht auf Abscherung zurückzuführen ist. Es ist wichtig, die negativen Folgen einer Abweichung von den idealen Scherbedingungen auf die Leistungsfähigkeit einer Stiftverbindung zu verstehen, denn diese Abweichung kann die Funktion und Lebensdauer der gesamten Baugruppe beeinträchtigen.

Häufig werden die Bohrungen in Bauteilen mit zylindrischen und konischen Senkungen versehen, um die Einführung des Spiralspannstifts in die zu verbindenden Bauteile zu erleichtern. Diese an sich gut gemeinte Maßnahme führt jedoch häufig zu übermäßigem Spiel. Die Enden der Spiralspannstifte von SPIROL sind zur Vereinfachung der Zentrierung während der Montage mit großzügigen Anfasungen versehen, wodurch zylindrische und konische Senkungen nicht erforderlich sind (Abb. 1). Diese Merkmale, deren Auswirkung auf die Verbindung häufig übersehen wird, erhöhen nämlich wie bereits erwähnt das Spiel und das Risiko auf Verbiegung und vermindern wiederum die Leistungsfähigkeit des Spiralspannstifts bei einer Scherbeanspruchung. Die reduzierte Kraft trägt ferner auch zur Ermüdung bei, die zum vorzeitigen Versagen führen kann. Während sich die Ursachen für ein vorzeitiges Versagen leicht ermitteln lassen, kommt es darauf an, diese Ursachen auch zu messen, um den Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung zu verstehen.

Zur Quantifizierung der Abnahme der Leistungsfähigkeit wurde ein SPIROL-Spiralspannstift "Leichte Ausführung" mit schrittweise erhöhtem Spiel zwischen den Scherebenen geprüft. Die Wahl fiel auf den Spiralspannstift "Leichte Ausführung", da sich diese besonders leicht ein- und ausbauen lassen. Konkret handelte es sich um den aus kohlenstoffreichem Stahl

**SPIRALSPANNSTIFT
LEICHTE
AUSFÜHRUNG**



gefertigten Spiralspannstift CLDP 0,250 x 2,500 LBK mit einer sich trocken anfühlenden korrosionshemmenden geölte Oberfläche. Die Länge dieses Stifts erlaubt die Prüfung mit unterschiedlichen Maßen für das Spiel.

Alle Prüfungen erfolgten mithilfe eines quadratischen, ASME B18.8.2-konformen Standardscherblocks (Abb. 2) auf einer Instron-Prüfmaschine des Modells 3384. Zur Verlängerung der Abstandshalter zwischen den Aufnahmen dienten Distanzscheiben zweier Stärken (1,83 mm und 3,05 mm); der Scherblock wurde

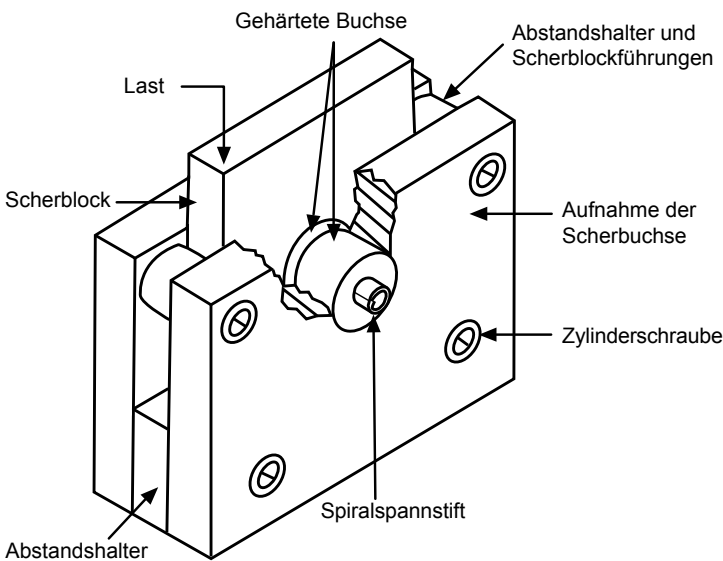


Abbildung 2: Typische, ASME B18.8.2-konforme Scherversuchsvorrichtung für Spiralspannstifte

stets zwischen den beiden Aufnahmen zentriert. Wie schon erwähnt, sollte der maximale Abstand auf einer Scherebene nicht mehr als 0,13 mm betragen, um ein Verbiegen des Stifts zu vermeiden.

Der Unterschied zwischen einem Versagen infolge einer Verbiegung und einer Abscherung lässt sich mühelos am Erscheinungsbild der Bruchstelle erkennen. Wie der Abbildung 3A zu entnehmen ist, weist der infolge eines durch Abscheren versagte Spiralspannstift nur eine Bruchebene auf. Zwar sind die Windungen etwas verformt, aber sie erscheinen oben flach, da die äußere Windung nur radial verbogen wurde. Abbildung 3B hingegen zeigt einen Spiralspannstift, der mit einem Spiel von 3,05 mm geprüft wurde. Auf dieser Abbildung ist eindeutig die Verbiegung des gesamten Stifts zu erkennen, die sich in der zur Bruchfläche führenden Krümmung äußert.

Darüber hinaus stellt die Bruchfläche unterschiedliche Bruchebenen dar und zeigt das Versagen an jeder Windung anders. Es ist unerlässlich, nicht nur die Bruchstelle eines versagten Spiralspannstifts, sondern auch die Bauteile zu untersuchen, in die der Spiralspannstift eingebaut wurde.

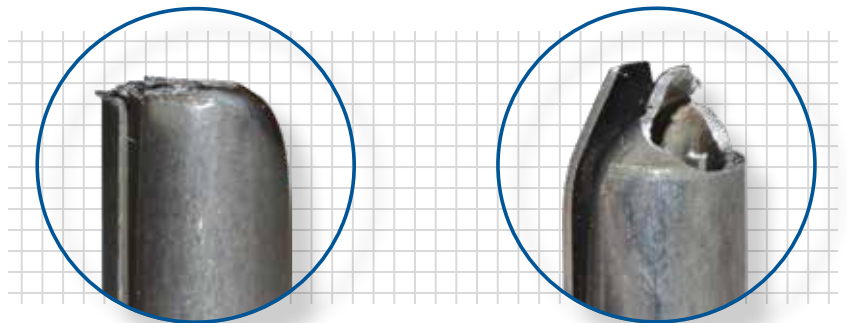


Abbildung 3A: Ein durch Abscheren versagter Spiralspannstift besitzt eine Bruchfläche auf nur einer Ebene

Abbildung 3B: Ein durch Biegen versagter Spiralspannstift besitzt eine mehrdimensionale Krümmung der äußeren Windung und eine Bruchfläche auf mehreren Ebenen

Diese weisen nämlich häufig Eigenschaften auf, die aus der Konstruktionszeichnung gar nicht hervorgehen, aber dennoch das Spiel vergrößern. Die Ursache für ein Versagen lässt sich nur durch die Analyse sämtlicher Bauteile einer Anwendung ermitteln.

Zu jedem eingestellten Spiel wurden jeweils 30 Prüfungen bis zum Bruch durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 aufgeführt. Die Daten stützen die Vermutung, wonach zunehmendes Spiel den zum Versagen führenden Kraftaufwand reduziert. Interessant ist die Beobachtung, dass bei der Zunahme des Spiels von 1,83 mm auf 3,05 mm der zum Bruch erforderliche Kraftaufwand

	0,13 mm Spiel (Abscheren)	1,83 mm Spiel (Biegung)	3,05 mm Spiel (Biegung)
Mittel	18,94	15,46	14,73
Min	17,92	14,86	14,29
Max	20,24	15,94	15,10
Standard-Abw.	0,56	0,25	0,20

Tabelle 1: Zum Bruch benötigte Kräfte in kN; Werte von je 30 Versuchen mit Spiralspannstift CLDP 0,250 x 2,500 LBK

deutlich geringer abnimmt. Der Kraftaufwand sank um 18 % bzw. ungefähr 3,6 kN, wenn das Spiel von 0,13 mm auf 1,83 mm erhöht wurde, aber nur mehr um weitere 0,7 kN bei einer Vergrößerung des Spiels von 1,83 mm auf 3,05 mm. Dies bedeutet eine Gesamtreduzierung des Kraftaufwands um 22 % bei einem Spiel von 3,05 mm.

Dieses Phänomen lässt sich anhand allgemeiner Grundsätze der Werkstofftechnik erklären. Bei der Analyse des Spannungs-Dehnungs-Verhaltens wird üblicherweise die Biegezugfestigkeit zur Beschreibung spröder keramischer Materialien herangezogen. Sie ist jedoch als Spannung zum Zeitpunkt des Bruchs infolge von Biegekräften definiert. Die Biegezugfestigkeit wird per 3- oder 4-Punkt-Biegezugversuch ermittelt. Hierbei erfolgt eine Querbiegung der Probe mittels einer oder zweier Lasten sowie in einem vorgegebenen Abstand

Technische Zentren

Europa SPIROL Deutschland

Ottostr. 4
80333 München, Deutschland
Tel. +49 (0) 89 4 111 905 -71
Fax. +49 (0) 89 4 111 905 -72

SPIROL Frankreich

Cité de l'Automobile ZAC Croix Blandin
18 Rue Léna Bernstein
51100 Reims, Frankreich
Tel. +33 (0)3 26 36 31 42
Fax. +33 (0)3 26 09 19 76

SPIROL Vereinigtes Königreich

17 Princeswood Road
Corby, Northants NN17 4ET
Vereinigtes Königreich
Tel. +44 (0) 1536 444800
Fax. +44 (0) 1536 203415

SPIROL Spanien

08940 Cornellà de Llobregat
Barcelona, Spanien
Tel. +34 93 193 05 32
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL Tschechische Republik

Sokola Tůmy 743/16
Ostrava-Mariánské Hory 70900,
Tschechische Republik
Tel/Fax. +420 417 537 979

SPIROL Polen

ul. M. Skłodowskiej-Curie 7E / 2
56-400, Oleśnica, Polen
Tel. +48 71 399 44 55

Amerika SPIROL International Corporation

30 Rock Avenue
Danielson, Connecticut 06239 USA
Tel. +1 (1) 860 774 8571
Fax. +1 (1) 860 774 2048

SPIROL Shim Division

321 Remington Road
Stow, Ohio 44224 USA
Tel. +1 (1) 330 920 3655
Fax. +1 (1) 330 920 3659

SPIROL Kanada

3103 St. Etienne Boulevard
Windsor, Ontario N8W 5B1 Kanada
Tel. +1 (1) 519 974 3334
Fax. +1 (1) 519 974 6550

SPIROL Mexiko

Avenida Avante #250
Parque Industrial Avante Apodaca
Apodaca, N.L. 66607 Mexico
Tel. +52 (01) 81 8385 4390
Fax. +52 (01) 81 8385 4391

SPIROL Brasilien

Rua Mafalda Barnabé Soliane, 134
Comercial Vitória Martini, Distrito Industrial
CEP 13347-610, Indaiatuba, SP, Brasilien
Tel. +55 (0) 19 3936 2701
Fax. +55 (0) 19 3936 7121

Asien SPIROL Asien

Pazifik 1st Floor, Building 22, Plot D9, District D
No. 122 HeDan Road
Wai Gao Qiao Free Trade Zone
Shanghai, China 200131
Tel. +86 (0) 21 5046 1451
Fax. +86 (0) 21 5046 1540

SPIROL Südkorea

160-5 Seokchon-Dong
Songpa-gu, Seoul, 138-844, Südkorea
Tel. +86 (0) 21 5046-1451
Fax. +86 (0) 21 5046-1540

eMail: info-de@spirol.com

SPIROL.com

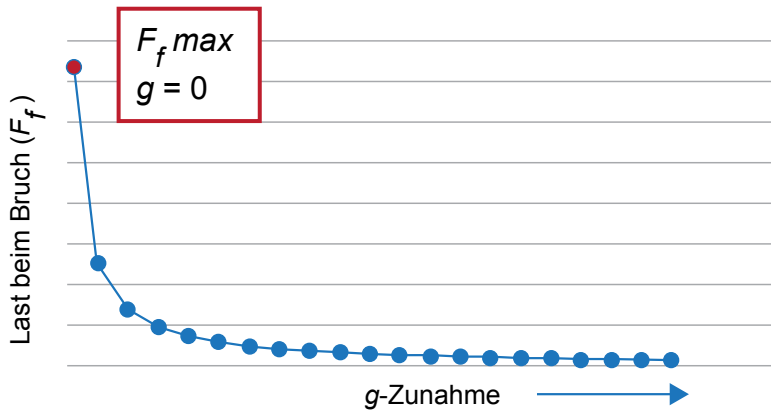


Abbildung 4: Das Spiel (g) und die zum Bruch erforderliche Last stehen in einem umgekehrten Verhältnis.

(L) positionierter Widerlager. Der Biegezugversuchsaufbau stellt eine vereinfachte Variante des Scherversuchsaufbaus mit Spiralspannstift und Scherblock dar.

Die Formel zur Biegespannung lautet: $\sigma_{fs} = \frac{F_f L^1}{\pi R^3}$

σ = Spannung	$\frac{F}{A} = \frac{Mc}{I}$
M = Maximales Biegemoment	$\frac{FL}{4}$
c = Abstand zwischen Probenmitte und Mantelfläche	R
I = Trägheitsmoment des Querschnitts	$\frac{\pi R^4}{4}$

Es gilt: F_f ist die Last zum Zeitpunkt des Versagens, R der Radius des Stifts und L der Abstand zwischen den beiden Aufnahmen. Wird das Spiel symmetrisch auf beiden Seiten erhöht, um den Abstand zwischen den Aufnahmen zu vergrößern, so wird L zu $L+2g$, wobei g dem zusätzlichen Spiel auf einer Seite entspricht. Abbildung 4 veranschaulicht auf der Basis der erhaltenen Messwerte den Einfluss von g auf den erforderlichen Kraftaufwand. Der Übergang von der Abscherung zur Biegung setzt sehr schnell ein, sobald der empfohlene

Spielhöchstwert von 0,13 mm überschritten wird. Dementsprechend besagen die Messdaten, dass der zum Versagen erforderliche Kraftaufwand bei minimaler Abweichung von den idealen Scherbedingungen am stärksten sinkt. Bei einer weiteren Zunahme des Spiels zwischen den Aufnahmen bzw. verbundenen Bauteilen nimmt die zum Bruch benötigte Kraft zwar weiterhin ab, aber nicht mehr annähernd so stark wie anfangs. In unserem Fall ergab sich bei einem Spiralspannstift der Ausführung CLDP 0,250 x 2,500 LBK durch eine Erhöhung des Spiels von 0,13 mm auf 1,83 mm eine 18-prozentige Reduzierung des zum Bruch benötigten Kraftaufwands.

Fazit

Bei der Ansicht, dass zylindrische und konische Senkungen die Montage eines Spiralspannstifts erleichtern und die Festigkeit einer stiftbasierten Verbindung nur minimal beeinträchtigen, handelt es sich um eine gängige Fehleinschätzung. Das angefasste Ende des Spiralspannstifts führt diesen mühelos in die nächste Bohrung, selbst wenn die Bohrungen nicht perfekt ausgerichtet sein sollten. Somit erübrigen sich zylindrische und konische Senkungen. Die Messergebnisse belegen eine erhebliche Festigkeitseinbuße des Spiralspannstifts bei auch nur einer geringfügigen Zunahme des Spiels zwischen den Scherflächen auf den Scherebenen. Überlegungen zur Biegezugfestigkeit und zum Funktionsprinzip des 3- oder 4-Punkt-Biegezugversuchs erklären, warum sich zunehmendes Spiel negativ auf die zum Versagen des Spiralspannstifts erforderliche Last auswirkt. Bei der Entwicklung neuer bzw. Überprüfung vorhandener Anwendungen kommt es darauf an, das Spiel zwischen den verbundenen Bauteilen zu minimieren, denn dies erlaubt die optimale Ausnutzung der hohen Scherfestigkeit der Spiralspannstifts und somit die Maximierung der Lebensdauer von Baugruppen.

Binden Sie SPIROL-Anwendungsingenieure möglichst frühzeitig in Ihr nächstes Projekt mit ein!

¹Callister, William D., Kapitel „Stress-Strain Behavior“ in „Materials Science and Engineering: An Introduction“, 7. Ausgabe; John Wiley & Sons, New York, 2007; S. 447-448

© 2017 SPIROL International Corporation

Diese Publikation darf nur im gesetzlich zulässigen Rahmen und nach vorheriger Genehmigung durch die SPIROL International Corporation reproduziert oder auf elektronischem oder mechanischem Wege übertragen werden.