

Wie ermittelt man die richtige Konfiguration zum Schichten von Tellerfedern

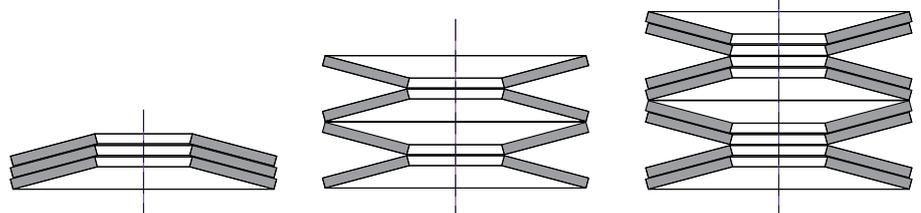
von John Leckfor, Applikationsingenieur
SPIROL International Corporation, U.S.A.

Tellerfedern sind kegelförmige Präzisionskomponenten, die für eine axiale Belastung ausgelegt sind. Tellerfedern können statisch belastet werden, entweder kontinuierlich oder intermittierend, oder dynamisch einem dauerhaften Lastwechsel ausgesetzt werden. Was Tellerfedern von anderen Federarten unterscheidet, ist die Tatsache, dass die Durchbiegung des Tellers bei einer bestimmten Belastung vorhersehbar ist, was die Berechnung der Mindestlebensdauer ermöglicht. Aufgrund ihrer Vorhersagbarkeit, hohen Zuverlässigkeit und unvergleichlichen Ermüdungslebensdauer werden Tellerfedern in kritischen Anwendungen wie Sicherheitsventilen, Kupplungs- und Bremsmechanismen für Aufzüge und schwere Geräte sowie Stützen für industrielle Rohrsysteme allen anderen Federarten vorgezogen. Tellerfedern können einzeln oder in Stapeln geschichtet werden, um die für die jeweilige Anwendung erforderlichen Eigenschaften in Bezug auf Kraft und Durchbiegung zu erzielen. In diesem technischen Papier werden die verschiedenen Methoden zum Schichten von Tellerfedern beschrieben und es wird erläutert, wie man die richtige Stapelkonfiguration für eine bestimmte Anwendung ermittelt.



Um eine optimale Leistung der Tellerfeder zu erreichen, ist es am besten, die Arbeitseinfederung zwischen 15 % und 75 % der vollen Einfederung zu halten, da in diesem Bereich die Messergebnisse am genauesten mit den theoretischen Kennlinien der Tellerfeder übereinstimmen. Wenn eine einzelne Tellerfeder nicht fähig ist, die für die Anwendung erforderlichen Kraft-Weg-Kennlinien zu erreichen, können Tellerfedern in Serie, parallel oder in Kombination geschichtet werden, um die Anforderungen zu erfüllen (siehe unten: Methoden der Schichtung und Abbildung 1).

METHODEN DER SCHICHTUNG



GLEICHSINNIG GESCHICHTET

Federweg: Wie bei einer Einzeltellerfeder
Federkraft: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der Tellerfedern

WECHSELSINNIG GESCHICHTET

Federweg: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der Tellerfedern
Federkraft: Wie bei einer Einzeltellerfeder

IN KOMBINATION GESCHICHTET

Federweg: Einzeltellerfeder multipliziert mit der Anzahl der Tellerfedern wechselsinnig geschichtet
Federkraft: Einzelscheibe multipliziert mit der Anzahl der gleichsinnig geschichteten Tellerfedern in einem Paket

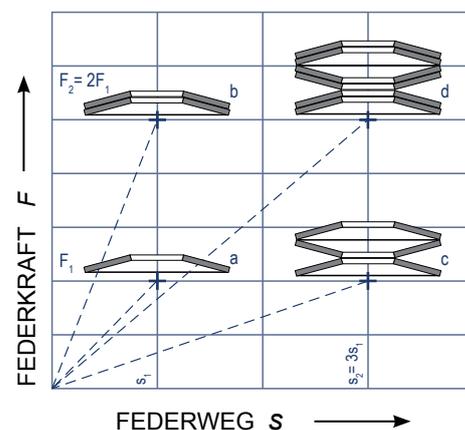


Abbildung 1

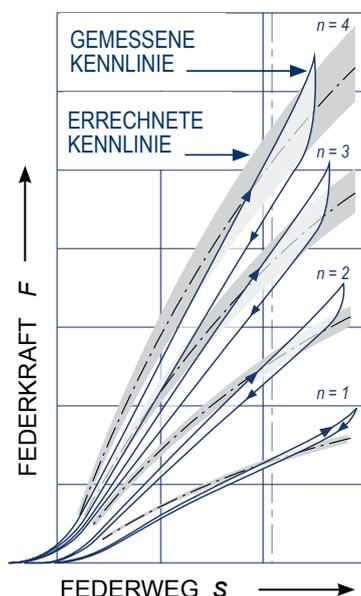


Abbildung 2

Die Reibung zwischen den gleichsinnig geschichteten Tellerfedern muss berücksichtigt werden. Zu den Faktoren, die sich auf die Reibung auswirken, gehören die Anzahl der gleichsinnig geschichteten Tellerfedern, der Betrag des Federwegs, die Schmierung der Tellerfedern und die Beschaffenheit der Oberfläche der Tellerfedern und Führungselemente. Eine angemessene Zugabe beträgt 2 - 3 % für jede Gleitfläche. Die Addition der Reibung bei gleichsinnig geschichteten Tellerfedern führt zu einer aktuellen Kraft-Weg-Kurve, die sich von der theoretischen Kurve unterscheidet. Die aktuelle Federkraft ist höher, wenn eine Last aufgebracht wird, und verringert sich, wenn die Last entfernt wird. Diese Hysterese führt zu einem Dämpfungseffekt, der mit dickeren Tellerfedern oder mehr gleichsinnig geschichteten Tellerfedern zunimmt. (Abbildung 2)

Die Reibung zwischen den Gleitflächen sollte so gering wie möglich gehalten werden, um Abweichungen von den theoretischen Kennlinien zu reduzieren und die Wärmeentwicklung zu verringern, die sich nachteilig auf die Lebensdauer der Tellerfeder auswirkt. Gleichsinnig geschichtete Tellerfedern sollten mit einem Festschmierstoff wie z. B. Molybdändisulfid geschmiert werden und auf maximal 4 gleichsinnig geschichtete Tellerfedern begrenzt werden. Die Reibung ist bei einem vertikal ausgerichteten Stapel geringer als bei einem horizontal belasteten Stapel. Bei dynamischen Anwendungen gibt es eine Einlaufphase, in der die Reibung reduziert wird, da sich die Oberflächenbeschaffenheit der Gleit- und Kontaktflächen durch den Kontakt zwischen den Teilen gleichmäßig abnutzt und glättet.

Beim Schichten von Tellerfedern ist ein breites Spektrum an Kraft-Weg-Kennlinien möglich; der Stapel kann mit spezifischen Belastungskurven konzipiert werden, um die Anforderungen der Anwendung zu erfüllen, wobei sowohl progressive als auch regressive Werte möglich sind (Abbildung 3).

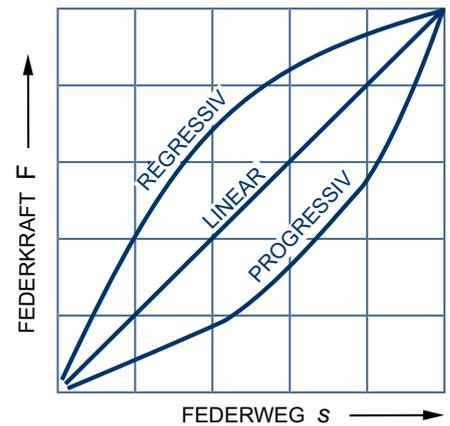


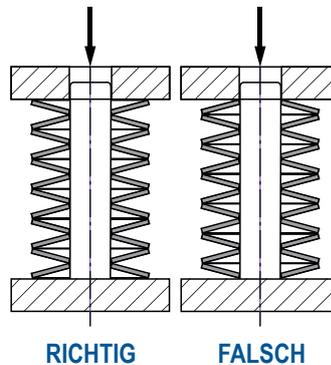
Abbildung 3

AUFBAU EINER FEDERSÄULE

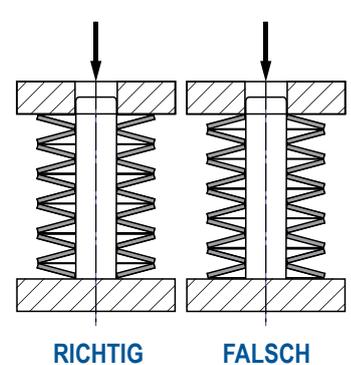
Es ist vorzugsweise ein Stapel mit einer geraden Anzahl von Tellerfedern zu konfigurieren, wobei die Außenkante der Tellerfeder an jedem Ende des Stapels positioniert ist, um die Stabilität zu erhöhen. Aufgrund verschiedener Beschränkungen der Anwendung ist es nicht immer möglich, einen Stapel mit einer geraden Anzahl von Tellerfedern zu verwenden. Wenn eine Stapelkonfiguration eine ungerade Anzahl von Tellerfedern verwendet, sollte die Außenkante der Tellerfeder auf das Ende ausgerichtet sein, auf das die Kraft einwirkt - das bewegliche Ende des Stapels.

Kürzere Stapel sind effizienter, was besonders bei dynamischen Anwendungen von Bedeutung ist. Infolge der Reibung zwischen den Tellerfedern und dem Führungsdorn bzw. der Führungshülse neigen die Tellerfedern am beweglichen Ende der Federsäule dazu, sich stärker durchzubiegen als die Tellerfedern am gegenüberliegenden Ende. Die Verwendung der Tellerfeder mit dem größten möglichen Durchmesser reduziert die Anzahl der Tellerfedern pro Stapel und die Gesamthöhe der Federsäule. Es wird empfohlen, dass die Gesamthöhe der Federsäule das Dreifache des Außendurchmessers der Tellerfeder oder 10 Tellerfedern in Serie nicht überschreitet. Wenn es die Anwendung erfordert, können höhere Federsäulen mit Unterlegscheiben unterteilt werden, um Stabilität zu gewährleisten.

GERADE ANZAHL AN TELLERFEDERN



UNGERADE ANZAHL AN TELLERFEDERN

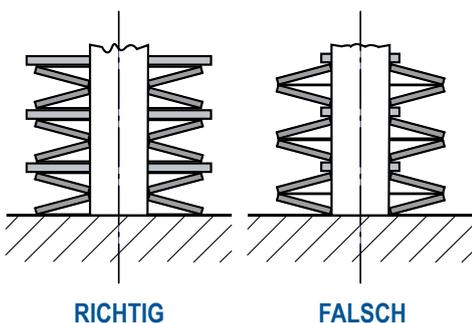


RICHTLINIEN FÜR DAS SCHICHTEN

Um die Tellerfedern in Position zu halten, müssen die Stapel geführt werden. Die bevorzugte Methode ist das Führen mit z. B. einer Stange/Dorn durch den Innendurchmesser. Im Falle einer Führung über den Außendurchmesser wird eine Hülse empfohlen. In jedem Fall sollte die Führungskomponente einsatzgehärtet sein auf eine Tiefe von mindestens 0,6 mm und einer Härte von 58 HRC mit einem Oberflächenschutz von $\leq 4 \mu\text{m}$.

Da sich die Durchmesser der Tellerfedern während der Einfederung verändern, werden folgende Abweichungswerte empfohlen:

D_e oder D_i (mm)	ABWEICHUNG (mm)
bis 16	0,2
über 16 bis 20	0,3
über 20 bis 26	0,4
über 26 bis 31,5	0,5
über 31,5 bis 50	0,6
über 50 bis 80	0,8
über 80 bis 140	1,0
über 140 bis 250	1,6



Die Stabilität von Tellerfedern mit einer Wandstärke von 1 mm oder weniger kann ein Problem auf den Tragflächen hervorrufen. In solchen Fällen wird die Verwendung von ebenen Scheiben mit Außendurchmesserkontakt empfohlen.

Nach dem Ausrichten der Tellerfedersäule sollte eine leichte Vorspannung aufgebracht werden, um den Stapel in Position zu halten. Wenn dies nicht möglich ist, sollte die Tellerfedersäule mindestens einmal in den flachen Zustand gebracht werden, da dies auch eine Zentrierung der Tellerfedern zur Folge hat.

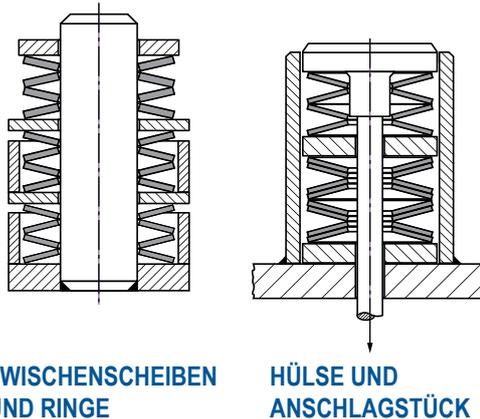
PROGRESSIVE LASTKURVEN

Eine progressive Belastung kann durch das Schichten von Stapeln erreicht werden, in denen die Tellerfedern unter Belastung nacheinander einfedern, durch:

- Schichten von einfachen, doppelten und dreifachen parallelen Sätzen in Reihe.
- Schichten von Tellerfedern unterschiedlicher Dicke in Reihe.

Es ist jedoch notwendig, die Einfederung der schwächeren Tellerfeder zu begrenzen, um eine Überlastung zu verhindern, während die stärkere Tellerfeder bzw. die parallelen Sätze sich noch im Prozess der Einfederung befinden.

Tellerfederstapel mit progressiven charakteristischen Lastkurven und Hubbegrenzern zur Vermeidung von Überlastung.



VORGESCHICHTET

Die Installation von Tellerfedern in einer industriellen Umgebung ist in der Regel ein manueller Prozess. Abhängig von der Stapelkonfiguration ist dies ein zeitintensiver Prozess und birgt die Gefahr von Fehlern in der Stapelkonfiguration. Anstatt Tellerfedern manuell zu konfigurieren und zu schichten, können Hersteller vorgeschichtete Tellerfedern (gefettet oder ungefettet) anbieten. Diese Stapel sind in Schrumpffolie mit einer perforierten Lasche verpackt und ermöglichen einen einfachen Installationsprozess, der Zeit spart und dazu beiträgt, den Montageprozess fehlerfrei zu gestalten.



Lesen Sie auf SPIROL.com, wie SPIROL Ingenieure die beste Tellerfeder-Stapelungsmethode für einen Überlast-Sicherheitsschalter ermittelt haben.

Originalartikel von Darren Snell

© 2021 SPIROL International Corporation
Kein Teil dieser Publikation darf ohne schriftliche Genehmigung der SPIROL International Corporation in irgendeiner Form oder mit irgendwelchen Mitteln, elektronisch oder mechanisch, vervielfältigt oder übertragen werden, es sei denn, dies ist gesetzlich zulässig.

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 93 669 31 78
Fax. +34 93 193 25 43

SPIROL Tschechische Republik

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

SPIROL Polen

Aleja 3 Maja 12
00-391 Warszawa, Polen
Tel. +48 510 039 345

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