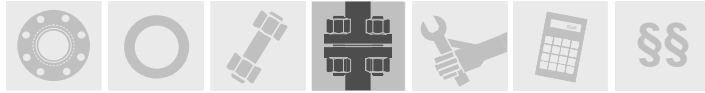


• Technische Information



• Pressflanschverbindungen

Untersuchung der Festigkeit von Pressflanschen im Vergleich zu geschmiedeten Vorschweißflanschen

1. Vorwort

In chemischen Prozessanlagen und Anlagen der Lebensmittelindustrie werden häufig Pressflansche eingesetzt. Diese sind z.B. nach der TRD 451, Anlage 2, Absatz 5.2.2 (2) zugelassen. Zitat eines Herstellers. „Diese Flansche zeichnen sich durch enorme Materialersparnis (bis zu 50%), bei gleicher Festigkeit wie die traditionellen Flansche sowie gleiche Baumaße aus“, „Die „gepressten“ Flansche sind vom TÜV zugelassen und für eine Betriebstemperatur bis 200°C geeignet“. Die Pressflansche sollen somit eine günstige Variante bei kostenaufwendigen Werkstoffen zu den üblich verwendeten Vorschweißflanschen sein. Ein u-förmig gepresster Losflansch greift in einen ebenfalls u-förmig gebogen Bördel (Abb.1).



Abb.1: Flansche DN100 PN16, links Schmiedeflansche (ca. 5 kg/Stück), rechts Pressflansche (ca. 3 kg/Stück)

Die Untersuchung wurde 2013 durchgeführt. Die genannten Regeln entsprechen dem Zeitpunkt der Untersuchung.

2. Ziel

Die Untersuchung hat das Ziel nachzuweisen, dass Pressflansche mit den gleichen Anzugsmomenten, bei gleichen Schraubenwerkstoffen und Dimensionen verspannt werden können wie Schmiedeflansche, um ebenfalls die durch die Ausnutzung der Schrauben entstehenden Kräfte zu ertragen. Es sollen die gleichen Anzugsmomente für die Schrauben verwendet werden können. Um das reine Verhalten der Flansche zu zeigen, wurden keine Dichtelemente eingesetzt.

3. Bauteile

Folgende Bauteile werden für die Untersuchung verwendet:

- 2 Stück Pressflansche, Bund 1.4541, Losflansch 1.4301 DN100 PN16
- 2 Stück Vorschweißflansche DN100 PN16, DIN EN 1092-1, Typ 11, Form B, ehemals DIN 2633, 1.4571
- 16 Stück Messschrauben M16 x 90 aus ASTM A 193 Gr. B7 mit Muttern aus 25CrMo4, 1.7218 (Abb.2)



Bild 2: Messschrauben M16 x 90

3.1 Messschrauben

Die von mir entwickelten Messschrauben ermöglichen eine einfache Kontrolle der Montage, der Betriebsspannung und Überprüfung der Wiederverwendbarkeit bei Mehrfachmontagen. Die Gewindebolzen sind an beiden Enden mit auf genaue Länge kalibrierten Zapfen versehen, die eine Messung mit Micrometern erlauben. Aus der Längenänderung (Δl) kann die Schraubenkraft errechnet werden.

4. Versuchsbeschreibung

Die Flanschenpaare wurden mit den Messschrauben verspannt. Zunächst sind die Bolzen handfest montiert und die Flanschspalten gemessen worden. Die Schrauben werden dann in Schritten von 60, 120 und 180 Nm Drehmoment montiert (Abb.3).



Abb.3: Montage der Schrauben mit Drehmomentschlüssel



Abb.4: Messung der Schraubenlänge mit Micrometer

Nach jedem Schritt werden die Spalten zwischen den Flanschen mit einem Messschieber und die Längen der Schrauben gemessen (Abb.4) und protokolliert. Am Ende der Messreihe wurde die Anfangsmessung mit handfest montierten Schrauben wiederholt.

5. Messergebnisse Spaltveränderung in mm

Die Messergebnisse für die Veränderung der Spalten sind in der folgenden Tabelle (Tab.1) dokumentiert. Die Tabelle wurde um einen Durchschnittswert ergänzt. Auf die sehr umfangreiche Wiedergabe der Tabelle der Schraubenmessung wird wegen deren Umfang verzichtet, die Werte können auf Wunsch gerne zur Verfügung gestellt werden. Diese Werte dienen der Kontrolle der aufgebrauchten Schraubenkräfte.

| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | Ø |
|---------------------------|-----|------|------|------|------|
| Pressflansche | | | | | |
| ohne Spannung | 9,6 | 10,4 | 10,7 | 10,1 | 10,2 |
| 60 Nm | 8,7 | 9,2 | 9,1 | 8,9 | 9,0 |
| 120 Nm | 8,0 | 8,4 | 8,3 | 8,1 | 8,2 |
| 180 Nm | 6,7 | 7,6 | 7,2 | 7,1 | 7,2 |
| entspannt | 8,9 | 9,6 | 9,6 | 9,4 | 9,4 |
| Verformung | 0,7 | 0,8 | 1,1 | 0,7 | 0,8 |
| Vorschweißflansche | | | | | |
| ohne Spannung | 6,3 | 6,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| 60 Nm | 6,0 | 6,1 | 6,1 | 6,0 | 6,0 |
| 120 Nm | 5,9 | 5,9 | 6,0 | 6,0 | 6,0 |
| 180 Nm | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 | 5,8 |
| entspannt | 6,3 | 6,2 | 6,3 | 6,3 | 6,3 |
| Verformung | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Tab.1: gemessene Flanschspalte in mm

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Es fällt auf, dass die Messreihen bei den Pressflanschen stärkere Abweichungen als die der Vorschweißflansche ausweisen. Bereits ohne Vorspannung variiert der Spalt bei den Pressflanschen um 1,1 mm, während er bei den Vorschweißflanschen gleichmäßig ist. Nach der Entspannung ergibt sich eine bleibende Verformung bei den Pressflanschen.

6. Messergebnisse Spaltveränderung umgerechnet in Flanschblattneigung

Zur Verdeutlichung sind die Messergebnisse in eine Darstellung der Schraubenauslastung umgerechnet worden (Tab.2). Nach den anerkannten Regelwerken sollen sich die Flanschblätter nicht um mehr als 1° neigen (Flanschblattrotation). Für die Berechnung wurde der Abstand von der Außenkante der Dichtfläche bis zum Außenrand des Flansches gemessen. Dieser ergibt den Radius, der mit $2 \times p$ multipliziert und durch 360 geteilt die Flanschblattneigung bei einem Grad ergibt. Die halbe Spaltveränderung geteilt durch den Wert von einem Grad ergibt die Flanschblattneigung. Die Zahlen in „rot“ zeigen unzulässige Werte über 1° Flanschblattneigung.

| Messung | 1 | 2 | 3 | 4 | Ø |
|---------------------------|------|------|------|------|------|
| Pressflansche | | | | | |
| 60 Nm | 0,7° | 1,0° | 1,3° | 1,0° | 1,0° |
| 120 Nm | 1,3° | 1,6° | 2,0° | 1,6° | 1,6° |
| 180 Nm | 2,4° | 2,3° | 2,9° | 2,5° | 2,5° |
| Verformung | 0,6° | 0,7° | 0,9° | 0,6° | 0,7° |
| Vorschweißflansche | | | | | |
| 60 Nm | 0,3° | 0,1° | 0,2° | 0,3° | 0,2° |
| 120 Nm | 0,4° | 0,3° | 0,3° | 0,3° | 0,3° |
| 180 Nm | 0,5° | 0,4° | 0,5° | 0,5° | 0,4° |
| Verformung | 0° | 0° | 0° | 0° | 0° |

Tab.2: errechnete Flanschblattneigung in °

© Peter Thomsen, D-28211 Bremen

Nach Anziehen der Schrauben mit 60 Nm ergibt sich für die Pressflansche schon die erste Überschreitung der maximalen Flanschblattneigung. Die Vorschweißflansche liegen, selbst beim maximalen Drehmoment, erst bei der Hälfte der erlaubten Flanschblattneigung.

7. Messergebnis Flanschverformung

Die Pressflanschen haben sich bei diesem Versuch bleibend verformt. Die bleibende Verformung geht bis fast an die maximal zulässige Flanschblattneigung von einem Grad. Die Bilder 5 und 6 zeigen die Flanschenpaare vor und nach der Aufbringung der Schraubenkräfte.

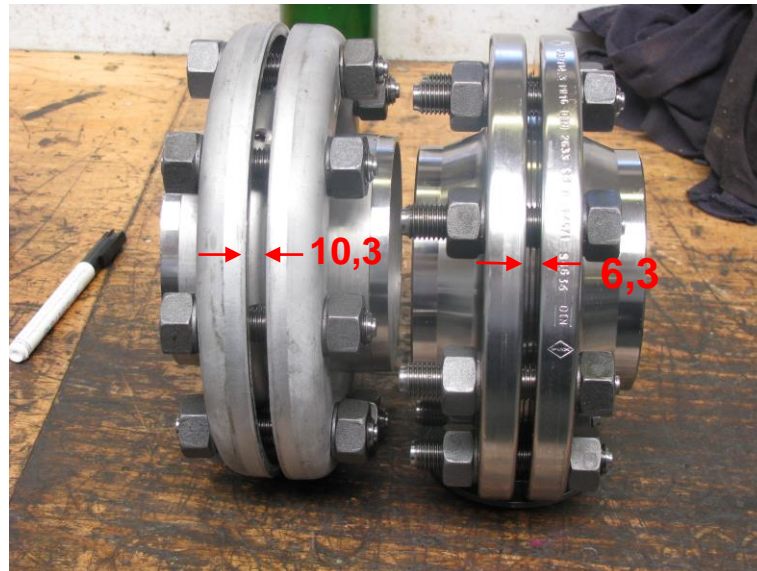


Bild 5: Flanschverbindungen vor Aufbringung der Schraubenkräfte

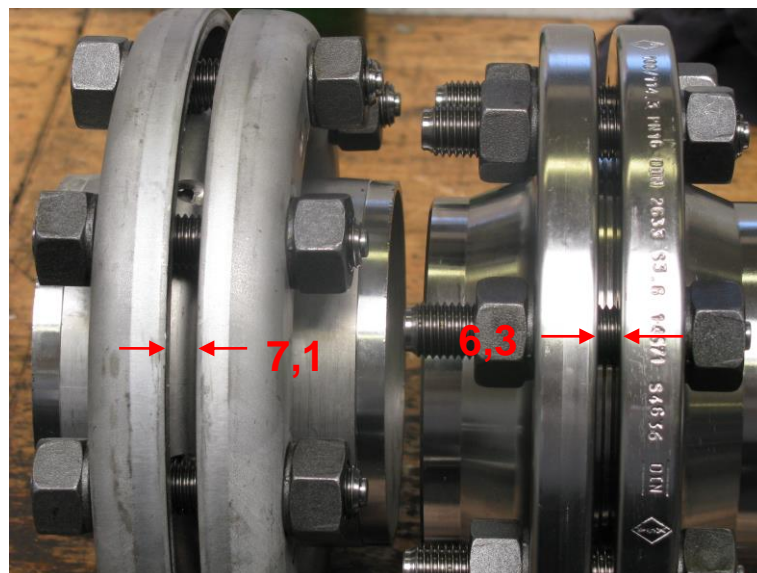


Bild 6: Flanschverbindungen nach Aufbringung der Schraubenkräfte mit 180 Nm

An den Bildern ist zu erkennen, wie sich die Pressflansche verformt haben. War der Flanschspalt bei den Pressflanschen vor Aufbringung der Schraubenkräfte noch mit $\varnothing 10,2$ mm

größer als der Spalt bei den Vorschweißflanschen mit $\varnothing 6,3$ mm, so hatte er nach der Aufbringung der Schraubenkräfte nur noch eine Breite von 7,1 mm. Die starke Flanschblattneigung führt zu einer Biegung der Schrauben (Bild 7), diese verursacht Kerbwirkung im ersten Gewindegang in den Muttern, somit Bruchgefahr.



Bild 7: Durchbiegung der Schrauben durch Flanschrotation bei 180 Nm

8. Bewertung

Es gilt zu beachten, dass Flansche anderer Nennweiten sich wegen der unterschiedlichen Geometrie anders verhalten könnten.

Die für die Untersuchung verwendeten Schrauben aus 42CrMo4 sind gegen die üblicherweise verwendeten Schrauben A2-70 oder A4-70 bzw. Schrauben der Güteklasse 5.6 nach ISO 898 in der Lage sehr viel höhere Schraubenkräfte aufzubringen. Es zeigt sich aber, dass bereits die Verwendung von Edelstahlschrauben der Festigkeitsklasse 70 nach ISO 3506 oder 5.6 nach ISO 898 eine unzulässig hohe Flanschblattrotation der Pressflansche zur Folge haben wird.

Bei Verwendung von Weichstoffdichtungen erhöht sich die Hebelarmlänge deutlich, was zu stärkerer Flanschrotation führt. Für diese Nenngröße ändert sich die Hebelarmlänge, äußerer \varnothing

der Dichtleiste bis Schraubenmitte, von jetzt ca. 11,5 mm auf ca. 17,3 mm (Mitte zwischen mittlerem und äußerem Dichtdurchmesser). Der Ansatz üblicher Flanschberechnungen, dass die Hebelarmlänge von der Mitte der Dichtung oder Dichtleiste bis zu Schraubenmitte reicht, ist nicht nachvollziehbar. Bei Verwendung von Weichstoffdichtungen wandert der Drehpunkt mit zunehmender Kraft zum Außendurchmesser.

Mit Schrauben der Festigkeitsklasse 50 nach ISO 3506 kann nur eine Flächenpressung von ca. 20 MPa bei Auslastung mit 70% $R_{p0,2}$ erzeugt werden, was für die erforderliche Flächenpressung einiger Dichtwerkstoffe zu gering ist. Um die erforderliche Flächenpressung für die Erreichung niedriger Leckraten auf die Dichtung zu erreichen, werden immer häufiger Schrauben aus Werkstoffen mit höherer Festigkeit verwendet, diese sind für Pressflansche nicht geeignet.

9. Zusammenfassung

Im Gegensatz zu den Herstellerangaben haben Pressflansche nicht die gleiche Festigkeit wie Vorschweißflansche, sind nicht Stand der Technik. Sie sollten nur mit weichen Dichtelementen und niedrig legierten Schrauben verwendet werden. Diese Vorgehensweise entspricht nicht dem Stand der Technik.

Für Pressflansche gibt es keinen gültigen rechnerischen Nachweis. Weder das AD 2000-Regelwerk noch die DIN EN 1591-1 sind für die Berechnung der Pressflansche geeignet noch zulässig.

Es ist schwer nachzuvollziehen, nach welchen Kriterien der amtlich anerkannte Sachverständige die Pressflansche freigegeben hat.

10. Danksagung

Ich bedanke mich für die besondere Unterstützung mit Bauteilen bei

Heinr. Jungeblodt GmbH & Co. KG, Warstein für die Schrauben

Stahl- und Plastic- Flanschen Lorenz GmbH & Co. KG, Holzwickede für die Flansche

und für die besondere Unterstützung durch

Dipl.-Ing. Rolf Hardorp, Wilhelmshaven

Dipl.-Ing. Stefan Rellecke, Heinr. Jungeblodt GmbH & Co. KG, Warstein

Weitere interessante Informationen zu verschiedenen Themen finden Sie auf der Homepage www.thomsen-bremen.de.

Zur technischen Beratung stehe ich Ihnen selbstverständlich gerne auch kurzfristig persönlich zur Verfügung.

Mit freundlichen Grüßen aus Stuhr-Varrel
Peter Thomsen

Haftungsausschluss:

Die Inhalte der Regeln sind zum Teil zitiert, zum Teil in den Worten der Regeln wiedergegeben, die Anmerkungen und Auslegungen beruhen auf langjähriger Erfahrung, dienen der Entscheidungshilfe und begründen keinen Anspruch auf Gewährleistung.

© Peter Thomsen, D-28816 Stuhr-Varrel

Stand 03.01.2023