

CADFEM® JOURNAL

Simulation ist mehr als Software®

Simulation elektrisiert

- ⊙ Batteriesysteme von VOLTABOX
- ⊙ Ladestationen von MENNEKES
- ⊙ Elektromotoren mit mehr Effizienz



10 Varianten
in 10 Minuten
Discovery Live
ab Seite 6



Dichtung oder Wahrheit?

FEM schafft Klarheit!

Eigentlich sollte eine Konstruktion bei der Auslegung oder Überprüfung so berechnet werden wie sie gebaut wird. Bei Flanschen wird jedoch meist eine vereinfachte analytische Berechnung durchgeführt und davon ausgegangen, dass dies für die Dichtigkeit und generelle Sicherheit der Anlage ausreichend ist.

Die Praxis zeigt jedoch: Nur eine dezidierte 3D-FEM-Simulation (Finite Elemente Methode) verschafft die notwendige Sicherheit. Außerdem kann so gleichzeitig eine Zeit und Kosten sparende Optimierung durchgeführt werden. Flansche, als wieder lösbare Verbindung von Medium führenden Komponenten, werden sowohl im Anlagenbau als auch in vielen anderen Branchen in vielfältiger Weise verwendet. Diese Standardbauelemente sind für die Funktionsfähigkeit von vielen Maschinen von zentraler Bedeutung, denn nicht selten führt eine versagende Flanschverbindung zum Ausfall einer kompletten Anlage.

Dichtheit von vielen Parametern abhängig

Die Dichtheit ist eine zentrale Anforderung an einen Flansch, wobei das Dichtverhalten durch zahlreiche Faktoren beeinflusst wird, die bei der Auslegung zu berücksichtigen sind. Die Dichtheitscharakteristik wird unter anderem durch die Verformungseigenschaften unter Be- und Entlastung sowie das Verhalten unter Temperatureinfluss bestimmt. Maßgeblich sind auch die Form der verwendeten Dichtung und ihre Materialeigenschaften sowie die Schraubenvorspannung und die Elastizität

der Schrauben bei Druck- und Temperaturbeanspruchungen sowie inneren und äußeren Lasten. Somit sind das Dichtverhalten eines Flansches und seine prognostizierte Lebensdauer von etlichen Parametern abhängig.

Das Hauptinteresse der Konstrukteure lässt sich mit folgenden zwei Fragestellungen zusammenfassen:

- Erfüllt meine Auslegung die definierten Anforderungen?
- Wie lässt sich die Auslegung, die den grundlegenden Sicherheitsanforderungen entspricht, noch weiter optimieren?

Häufig passiert es, dass bei der Berechnung nach bestehender Norm alles richtig gemacht wurde, der Flansch im Betrieb aber trotzdem versagt. Dann beginnen Schadensanalyse und Fehlersuche, beispielsweise mit FEM-Simulationen. Ist die Fehlerursache gefunden und durch entsprechende Maßnahmen behoben, lassen sich gleichzeitig zusätzliche Optimierungen durchführen.

Aber warum nicht gleich so, denn das schafft umfassende Sicherheit und spart Material- und Zeitaufwand. Jeder Konstrukteur und erst recht jeder Konstruktionsleiter müsste heute eigentlich wissen: Mit Simulationsbegleitung wird die Produktentwicklung schneller, besser opti-

miert und die Ergebnisse sind sicherer. Einige Firmen fertigen zum Beispiel immer noch Gussteilmodelle, um auszuprobieren, ob die Konstruktion funktioniert. Falls nicht, wird diese modifiziert, um ein neues Modell zu fertigen, was wiederum mehrere Wochen oder sogar Monate in Anspruch nehmen kann.

Bei den üblichen analytischen Berechnungen entsprechend der gängigen Normen füllen die Konstrukteure meist nur Tabellen innerhalb einer Softwareanwendung aus und dann läuft die Berechnung automatisiert ab. Das lässt sich auch mit FEM-Plattformen wie ANSYS Workbench realisieren. So können die Konstrukteure die jeweiligen Parameterwerte nach der ihnen bekannten Chronologie eingeben und erhalten dann ohne mehr Zeitaufwand genaue Ergebnisse, die den realen Begebenheiten entsprechen.

FEM-Einsatz verkürzt den Entwicklungsprozess

Für diese FEM-Berechnungen werden die Kennwerte aus der DIN EN 13555 verwendet. Dort sind auch Werte zu den jeweiligen Temperatur- und Druckbedingungen vorhanden, sodass ein Dichtungsmodell für eine exakte Simulation erzeugt werden kann. Wofür Konstrukteure früher

Was wird gebaut? Was wird berechnet?

Die Auflistung zeigt in der ersten Spalte den gebauten Flansch und listet auf, welche Aspekte bei der FEM-Simulation berücksichtigt werden. In der zweiten Spalte wird die Berechnung „in Anlehnung an“ DIN EN 1591-1 verdeutlicht und die berechnete Flanschverbindung dargestellt.



Gebaut wurde: Wärmetauscher mit Vorkammer

- mit Trennblech
- mit Ein- und Auslass, Stutzenflansche
- Rohrbündelplatte
- beide Flansche mit Rücksprung
- zwei Dichtungen

Mit FEM berechnet wurde:

- Dichtverbindung wie gebaut (mit Betrachtung verfahrenstechnischer Aspekte)
- Berücksichtigung unterschiedlicher Steifigkeiten durch Klöpperboden, Stutzen und Trennblech
- Biegung der Flansche durch Schraubkraft inklusive behinderter Biegung durch Trennblech und Stutzenflansch
- Biegung der Flansche durch Innendruck und Temperatur, dadurch reduzierte Schraubenvorspannkraft
- Verteilung der Flächenpressungen auf den Dichtungen (außen mehr als innen)
- Stutzenlasten
- Berechnung der Flächenpressung unter der Mutter
- Betrachtung der Biegung auf die Schrauben



Gerechnet „in Anlehnung an“ DIN EN 1591-1 wurde:

(nennt sich für diese Art der Flanschverbindungen nicht zuständig)

Rohrflanschverbindung

(„Dichtung“ ist nirgends zu sehen)

- kein Trennblech
- kein Ein- und Auslass, Stutzenflansche
- keine Rohrbündelplatte, kein Klöpperboden
- ein Flansch mit Rücksprung, ein Flansch mit Vorsprung
- nur eine Dichtung
- keine Dichtung mit Mittelsteg
- keine Berechnung der Flächenpressung unter der Mutter
- zusätzliche Dehnhülsen an den Schrauben zur Imitierung der Dicke der Rohrbündelplatte (Schraubenlängen gehen in das Berechnungsprogramm mit ein)
- Berechnung der Flanschblattneigung durch die Schraubenkräfte
- keine Berechnung der Folgen der Biegung durch die Flanschblattneigung auf die Kräfte in der Schraube
- nicht vorhandene, gleichmäßige Verteilung der Flächenpressung auf der Dichtung
- Dichtung mit Mittelsteg

mehrere Wochen benötigten, das können sie heute mit FEM-Unterstützung oft in wenigen Stunden erledigen und gleichzeitig Materialeinsparungen durch Optimierungen realisieren. Zur Optimierung kann nach jeder Änderung von Materialdaten, Dichtungskomponenten oder Geometrieparametern sofort eine neue Berechnung angestoßen werden, die schnell zuverlässige Simulationsergebnisse liefert.

Wird nur der statische Zustand betrachtet, entsprechen auch die analytischen Be-

rechnungsergebnisse in etwa den realen Begebenheiten. Aber im Betrieb, im dynamischen Zustand, mit wechselnden Drücken und Temperaturen, liefert die analytische Berechnung teilweise Ergebnisse, die sich um 30 bis 40 Prozent vom realen Verhalten unterscheiden – leider in die „falsche Richtung“. Mit der 3D-FEM-Simulation kann das dynamische Verhalten exakt beschrieben werden, um zu untersuchen, in welchem Betriebszustand welche Flächenpressung auf die Dichtung wirkt.

So lassen sich eventuelle Schwächen der Dichtung analysieren und beheben, damit keine umweltschädlichen Stoffe entweichen können beziehungsweise die geforderten Werte der zulässigen Emissionen eingehalten werden. Mit der TA Luft aus dem Jahr 2002 (Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft im Rahmen des Bundes-Immissionsschutzgesetzes) muss für jede Verbindung ein entsprechender Nachweis geführt werden. Auch wenn von einigen Konstrukteuren hier mit hohen Sicherheitszuschlägen argumentiert wird, um die Dichtheit zu erhöhen, könnte dies auch kontraproduktiv wirken. Denn es ist nicht so einfach wie bei Schraubverbindungen, bei denen gilt: umso dicker, umso besser. Bei dickeren Flanschen wachsen beispielsweise die Probleme bei starken Temperaturschwankungen durch die damit verbundene ungleichmäßige Dehnung.

Normgerechte Auslegung garantiert keine Dichtheit

Zwar kann bei der Flanschauslegung auf den Basiscode für die analytischen Berechnungen zurückgegriffen werden, Zum Beispiel nach DIN EN 1591-1 oder dem AD 2000-Regelwerk, aber damit ist die Dichtheit nicht wirklich abgesichert. Auch die zuständigen Überwachungsorganisationen wie der TÜV prüfen nur, ob die Berechnung den Normen entsprechend durchgeführt wurde. Verfahrenstechnisch wird der Vorgang dabei gar nicht beleuchtet! Ferner werden in den Normen bisher häufig nur die Rohrklassen mit geschmiedeten Flanschen berücksichtigt. Beispielsweise ist der Einbau einer Armatur mit einem Gussflansch an einem Schmiedeflansch in der traditionellen Berechnung nicht vorgesehen.

Nicht nur aus Umweltschutzgründen brauchen wir in allen Industriebereichen ausreichend dichte Flansche, die auch nach längerer Beanspruchung keine Leckagen aufweisen. Um dieses zu erreichen, ist die 3D-FEM-Simulation eine umfassende Unterstützung, auch um den Entwicklungsaufwand und die Kosten – beispielsweise für erforderliche Prototypen – möglichst gering zu halten.

InfoAutor

Dipl.-Ing. Gerd Lannewehr
Peter Thomsen
info@flangevalid.com
Lannewehr + Thomsen GmbH & Co. KG
www.flangevalid.com

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Dr.-Ing. Ansgar Polley, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)231-99 32 55-45
apolley@cadfem.de