

Höhere Qualität von Schraubverbindungen

Auswirkung der neuen Richtlinie VDI/VDE 2862 Blatt 2

Die Anforderungen an die Anwender und an die Verschraubungssysteme sind mit der im Februar 2015 veröffentlichten VDI/VDE 2862 Blatt 2 deutlich angestiegen. Die Richtlinie betrifft Anwendungen im Anlagen-, Maschinen- und Apparatebau sowie Flanschverbindungen an drucktragenden Bauteilen. Die Anwenderrichtlinie ist eine Grundlage für die Klassifizierung von Schraubverbindungen sowie ein Leitfaden für die Auswahl entsprechend geeigneter Schraubsysteme. Im Folgenden eine Kurzfassung des Vortrages von Holger Junkers zur praktischen Umsetzung der Richtlinie, gehalten Anfang Dezember 2015 auf dem 7. Münchener Forum für Verbindungstechnologie.

Hohe Sorgfaltspflicht von den Anwendern gefordert

Die übergeordnete Zielsetzung der Richtlinie VDI/VDE 2862 Blatt 2 ist es, die Qualität bei der erstellten Schraubverbindung zu gewährleisten, damit die Verbindung sicher und zuverlässig ihre Aufgabe erfüllt.

Die steigenden Anforderungen an Schraubverbindungen sind getrieben durch Materialkosten, Transportkosten wie auch Umweltthemen (CO₂-Emission) und dem hiermit erforderlichen Leichtbau von Komponenten, Geräten und Maschinen. Auch möchten die Hersteller ihre Haftungsrisiken gering halten und sind damit aufge-

fordert, den Stand der Technik zu erfüllen. Die Einflussgrößen beim Verschrauben mit der gewünschten Zielgröße „Vorspannkraft“ sind zahlreich und dürfen deshalb auch bei einem hohen Maß an Qualitätskontrolle nicht unterschätzt werden.

Um sicherzustellen, dass der Schraubprozess kontrolliert und prozessfähig abläuft, ist deshalb eine hohe Sorgfaltspflicht der Anwender gefordert. Die VDI/VDE 2862 Blatt 2 erläutert die wesentlichen Anwenderaufgaben. Diese sind:

- Klassifizierung der Schraubfälle (A, B, C)
- Einsatz von fähigen Schraubwerkzeugen (Anforderung MFU), Mess- und Prüfmitteln

- Prozessfähigkeitsuntersuchung bei Serienfertigung
- Dokumentation
- Kenntnis des erforderlichen Stands der Technik.

Der Anwender ist somit aufgefordert, seine Schraubverbindung und seine eingesetzten Schraubsysteme zu kennen und fachgerecht einzusetzen.

Die korrekte Beurteilung des Schraubsystems bezüglich Eignung für den Schraubfall ist zusammen mit einer Prozessfähigkeitsuntersuchung bei Serienverschraubungen die Voraussetzung für eine konforme Umsetzung der Richtlinie.



Absolute Prozesssicherheit gefordert: Simultanverschraubung mit vier Werkzeugen (zwei davon im Bild) an einem Castorbehälter. Die jeweils gegenüberliegenden zwei Schraubenpaare werden drehmomentgesteuert und drehwinkelüberwacht bei zeitgleicher Protokollierung verschraubt.

Schraubsystemanforderungen

Neben den Anforderungen an den Anwender steigen auch die Anforderungen an die Werkzeuge deutlich an. Am Beispiel eines Kategorie-A-Schraubfalls bedeutet dies für einen definierten Werkzeugtyp:

- Maschinenfähigkeit des Schraubwerkzeuges gemäß VDI/VDE 2645 Blatt 2 (MFU) vonnöten
- Zu erfassende Messgrößen für den Schraubprozess:
 - Direkt gemessene Steuergröße
 - Direkt gemessene Kontrollgröße
 - Steuer- und Kontrollgröße müssen unterschiedlich sein
 - Bereitstellung der Schraubergebnisse
- Selbsttestfähigkeit
- Erkennung von Fehlverhalten im Signalaustausch
- Redundanter Aufbau zur Erfassung der Steuer- oder Kontrollgröße.

Unter einer Kategorie-A-Verschraubung wird im Sinne der Richtlinie eine Schraubstelle oder Schraubverbindung verstanden, welche beim Versagen zu einer Gefährdung für Leib und Leben oder Umwelt führt.

Viele bisher verwendete Schraubsysteme und Werkzeuge sind jetzt für eine Kategorie-A- oder Kategorie-B-Verschraubung nicht mehr richtlinienkonform. Nicht selten werden deshalb an ganzen Fertigungslinien die Werkzeuge ausgetauscht, da die geforderten Fähigkeitsuntersuchungen und Werkzeuganalysen offensichtliche Mängel aufgezeigt haben.

Die Prozessfähigkeitsanalyse als Qualitätsfähigkeitsnachweis

Die hohen Qualitätsanforderungen bei Schrauben spiegeln sich zum Beispiel bei der Stichprobenuntersuchung von Serienverschraubungen mittels geeigneter Prüfmethoden durch geschulte Mitarbeiter wider. Eine mögliche genannte Methode ist zum Beispiel die Ermittlung des Weiterdrehmomentes gemäß VDI/VDE 2645 Blatt 3, welche voraussichtlich in Q1/2016 als Gründruck erscheint.

In dieser Richtlinie werden diverse Methoden der Messwerterfassung sowie deren statistische Auswertung beschrieben. Darüber hinaus sind die anerkannten Methoden der Längen- und Vorspannkraftmessung weiter anwendbar und sehr gute Methoden, um insbesondere bei großen Schrauben den geforderten Fähigkeitsnachweis zu erbringen, auch wenn diese in der VDI/VDE 2862 Blatt 2 nicht explizit als Beispiel aufgeführt werden.

Um die Anwenderpflichten korrekt und vollständig zu erfüllen, ist es nicht ausreichend Metadaten zu sammeln und zu speichern. Es sind die statistische Auswertung der Schraubvorgänge und die

Analyse der erfassten Messdaten erforderlich, um den Qualitätsfähigkeitsnachweis zu erbringen.

Mitarbeiterqualifikation in der Schraubtechnik

Die steigenden Anforderungen an die Qualität der Schraubverbindung sind unweigerlich verknüpft mit auch immer höher werdenden Anforderungen an die Mitarbeiter. Diese müssen entsprechende Schulungen erhalten, damit die notwendige Fachkenntnis zum jeweiligen Themenschwerpunkt sichergestellt wird.

Die Qualifizierung von Montagepersonal nach DIN EN 1591-4 deckt hierbei nur einen sehr kleinen Bereich einer speziellen Branche ab. Die Anwender müssen sich darauf einstellen, dass die Qualifikation der Mitarbeiter branchenübergreifend durch entsprechende Schulungen sicherzustellen ist, insbesondere um die steigenden Qualitätsanforderungen auch in der Zukunft weiter erfüllen zu können.

Die Kenntnis der geltenden Normen und Richtlinien wird als selbstverständlich vorausgesetzt, um die Arbeit fachgerecht ausführen zu können.

Herausforderungen im Feldeinsatz

Viele Anwender im Maschinenbau müssen ihre Großgeräte im Feld unter stark wechselnden Umgebungsbedingungen verschrauben. Oft erfolgt diese Verschraubung mit Parametersätzen, welche in der Serienfertigung angewendet werden. Diese Parametersätze führen im Feld teilweise zu stark abweichenden Prozessergebnissen, da sich die Schraubverbindungen bei anderen klimatischen Verhältnissen und Umweltbedingungen anders verhalten.

Damit der Anwender auch hier ein qualitativ hochwertiges Schraubergebnis erreicht, muss er ein geeignetes Schraubverfahren anwenden und sein Schraubergebnis über entsprechende Messungen verifizieren.

Mit dem Einsatz intelligenter Schraubsysteme, welche alle gängigen Schraubverfahren beherrschen, wird diese Aufgabe deutlich einfacher. Hochwertige Systeme liefern dabei sogar noch eine Rückmeldung zur Prozessstabilität und dokumentieren die gewünschten Messgrößen.

Möchte der Anwender seine Schraubverbindung vom Potenzial her komplett ausnutzen und strebt man an, den Schraubprozess bezüglich der Anzugsmethodik möglichst „wartungsarm“ zu gestalten, müssen hochwertige Anzugsverfahren angewendet werden. Ein Verfahren hierzu ist das Streckgrenzengesteuerte Anziehen von Schraubverbindungen, welches auch mit unterschiedlichen Reibbeiwerten sehr gut umgehen kann.



Schrauben Nr	Folgeänderung: Auswahl 2 Sekunden betätigen
74	offen
75	offen
76	erledigt / OK
77	erledigt / OK
78	nächste Schraube

Streckgrenzengesteuertes Anzugsverfahren einer Drehkranzverschraubung: links die Darstellung des Anzugsprozesses. Der Bediener der dafür eingesetzten intelligenten Dokumentations-Hydraulikpumpe wird durch die intuitive Menüführung der angeschlossenen elektronischen Steuereinheit unterstützt.

Im Feldeinsatz zeigt sich, insbesondere unter Einsatz der intelligenten Schraubsysteme, dass solche Verfahren insbesondere unter kritischen Umweltbedingungen die bestmöglichen Vorspannkraftergebnisse liefern. Praxisergebnisse und Hochschuluntersuchungen belegen, dass dieses Verfahren auch mit unterschiedlichen Reibbeiwerten sowie den daraus resultierenden Drehmomentschwankungen von Faktor 2 und größer zielsicher die gewünschte Vorspannkraft erreichen kann. Dies ist insbesondere für den Feldeinsatz von hoher Bedeutung für den Anwender, schließlich muss die Schraubverbindung zuverlässig halten und ihre Aufgabe erfüllen.

„Industrie 4.0“ in der Schraubtechnik im Sinne der Richtlinie

Auch wenn die Begrifflichkeit „Industrie 4.0“ noch nicht final definiert ist und somit jeder Hersteller seine eigene Auslegung daraus ableitet, so bietet dieser Ansatz für die Schraubtechnik sehr interessante Möglichkeiten für intuitive Systeme, welche in der Lage sind, die steigenden Anforderungen einer immer komplexer werdenden Arbeitswelt zu meistern.

Schraubsysteme und Werkzeuge, welche den Ansatz „Industrie 4.0“ erfüllen, werden in der Zukunft für den Anwender die einfachste Lösung für richtlinienkonformes Arbeiten bieten, auch bezüglich der VDI/VDE 2862 Blatt 2. Sie erlauben beispielsweise die Vernetzung verschiedener unabhängiger Messsensoren mit dem Schraubmontagesystem, welche völlig eigenständig Messwerte erfassen und auswerten.

Damit die normativen Anforderungen erfüllt werden, müssen auch diese Mess- und Prüfgeräte völlig unabhängig vom Schraubsystem in der Lage sein, ihre physikalische Messgröße zu erfassen.

Sensoren und Messgeräte in der Schraubtechnik sind zum Beispiel Ultraschall-Längenmesssysteme, DMS-Messschrauben (DMS = Dehnmessstreifen), DMS-Messunterlegscheiben, aber auch manuell messende Systeme wie zum Beispiel eine Schieblehre oder eine Bügelmessschraube, deren Messergebnis manuell in das Schraubmontagesystem zur Auswertung übertragen werden kann.

Die automatisierte statistische Auswertung der Steuer- oder Kontrollgröße durch das Schraubmontagesystem sowie die Auswertung weiterer externer eingebundener Sensoren zur Prozessfähigkeitsuntersuchung sind somit schnell und einfach gewährleistet.

Kundennutzen und Fazit

Bereits im ersten Jahr seit Inkrafttreten der Richtlinie zeigen sich äußerst positive Effekte für die Anwender. Anwender, welche bisher rein drehmomentgesteuert verschraubt haben und jetzt auf Verfahren mit Winkelkontrolle gewechselt haben, konnten schnell und einfach Prozessprobleme erkennen und wirksam gegensteuern.

Aus der anfänglichen Zurückhaltung gegenüber neuer und hochwertigerer Schraubtechnologie wurde schnell Begeisterung. Intelligente Schraubsysteme ermöglichen mit einem Tastendruck die Auswertung der Prozessdaten auf einfachste Weise. Durch diese Tatsache wird der Nutzen für den Kunden offensichtlich, da Folgeschäden schnell und effektiv verhindert werden konnten.



Holger Junkers bei einer Drehkranzverschraubung im streckgrenzengesteuerten Anzugsverfahren bei Liebherr, Oberhausen

Durch den Einsatz der neuen Möglichkeiten ist es jetzt auch für viele Anwender möglich, deutlich leichter zu bauen und trotzdem ein hohes Maß an Sicherheit zu gewährleisten. Diese Themen sind ein wesentlicher Erfolgsfaktor, der in Zukunft für den Anlagen- und Maschinenbau noch mehr an Bedeutung gewinnen wird.

Somit steht auch der wirtschaftliche Sinn der Anwendung dieser weltweit einzigartigen Richtlinie zum Einsatz von Schraubsystemen (VDI/VDE 2862 Blatt 2) außer Frage. □

Holger Junkers

Geschäftsführer der JUKO Technik GmbH (Marke Smarttorc); nach Abschluss von zwei Lehrberufen (Elektroanlageninstallateur und Energieanlagenelektroniker) studierte er Elektrotechnik an der FH München und startete seinen beruflichen Werdegang in der Entwicklung; seit 1999 liegt der Hauptfokus der Arbeiten im Bereich der Schraubprozesssteuerung und -dokumentation sowie in der Entwicklung und Herstellung von Schraubanlagen.