

DIN EN 4859

ICS 49.030.20

**Luft- und Raumfahrt –
Sensorbasierte Vorspannkraftmessung/hochfeste Schrauben –
Technische Lieferbedingungen;
Deutsche und Englische Fassung EN 4859:2019**

Aerospace series –
Sensor based clamp load determination / high tensile bolts –
Technical specification;
German and English version EN 4859:2019

Série aérospatiale –
Détermination de la tension de serrage avec capteur / Boulons fortement contraints –
Spécification technique;
Version allemande et anglaise EN 4859:2019

Gesamtumfang 44 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (EN 4859:2019) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Mechanik, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-03-01 AA „Verbindungselemente“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt- Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokuments die Englische Fassung hinzugefügt.

Diese Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „in (inch)“, die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr auf Grund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (EinhZeitG) nicht zulässig ist. Die Angabe dieser Einheit dient lediglich als Hilfe im amtlichen und geschäftlichen Verkehr (z. B. bei Einfuhr und Ausfuhr) mit solchen Staaten, die diese Einheit anwenden.

Umrechnung:

Nicht zugelassene Einheit	Zugelassene Einheit	Umrechnung
in (inch)	mm	1 inch = 25,4 mm

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt —
Sensorbasierte Vorspannkraftmessung/hochfeste Schrauben —
Technische Lieferbedingungen

Aerospace series —
Sensor based clamp load determination /
high tensile bolts —
Technical specification

Série aéronautique —
Détermination de la tension de serrage avec capteur /
Boulons fortement contraints —
Spécification technique

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. August 2018 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Messungen der Vorspannkraft an Schrauben	5
4.1 Konfiguration der Sensorschrauben auf der Grundlage des Dünnschicht-Messwandlers	5
4.2 Bestimmung der Vorspannkraft an auf Dünnschicht-Messwandlern basierenden Sensorschrauben	7
4.3 Allgemeine Komponenten eines Ultraschallmesssystems	9
4.4 Geometrische Anforderungen an Sensorschrauben	10
5 Zertifizierung und Qualitätssicherung für auf Dünnschicht-Messwandlern basierende Sensorschrauben	11
5.1 Qualifikation	11
5.1.1 Zweck	11
5.1.2 Bedingungen	11
5.1.3 Erzeugnisqualifikation	12
5.1.4 Genehmigung des Herstellers	12
5.2 Abnahme	12
5.2.1 Zweck	12
5.2.2 Bedingungen	12
5.3 Qualitätssystemzertifizierung	12
5.3.1 Zweck	12
5.3.2 Anforderungen und Verfahren	12
5.4 Inspektions- und Prüfbericht	13
5.5 Umweltbeständigkeit	13
6 Anwendungsbeschränkung	13
7 Technische Anforderungen und Prüfverfahren	14
Literaturhinweise	21

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 4859:2019) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis August 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis August 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Aerospace and Defence Standardisation (ASD-STAN) weist darauf hin, dass die Erklärung der Konformität mit diesem Dokument die Nutzung eines Patents in Bezug auf „Verbindungskomponenten mit temperaturbeständigem Sensorelement“ EP 2010883 B1, US 8,177,464 B2 beinhalten kann.

ASD-STAN übernimmt keine Verantwortung für den Nachweis, die Gültigkeit oder den Anwendungsbereich des Patentrechts.

Der Inhaber dieses Patentrechts hat ASD-STAN versichert, dass er/sie gewillt ist, Lizenzen unter angemessenen und nichtdiskriminierenden Bedingungen mit Bewerbern auf der ganzen Welt auszuhandeln. Die diesbezügliche Erklärung des Inhabers dieses Patentrechts ist bei ASD-STAN registriert. Informationen sind erhältlich bei:

Intellifast GmbH

Siemensstraße 18

67346 Speyer

Deutschland

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können, die von den oben genannten Patentrechten abweichen. ASD-STAN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

1 Anwendungsbereich

Diese Europäische Norm legt die technischen Qualifizierungs- und Qualitätssicherungsanforderungen an sensorbasierte Vorspannkraftmesssysteme für hochfeste Schrauben und andere vorspannkraftempfindliche Elemente fest. Die Norm gilt hauptsächlich für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt für solche Produkte, wenn darauf in der Produktnorm oder Zeichnung verwiesen wird.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

EN 2424, *Luft- und Raumfahrt — Kennzeichnung von Luft- und Raumfahrt-Erzeugnissen*

EN 10204:2014, *Metallische Erzeugnisse — Arten von Prüfbescheinigungen*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Dünnschicht-Ultraschallmesswandler

diese Art von auf eine der beiden Schraubenenden angewendeten Messwandlern wandelt einen elektrischen Impuls in eine Ultraschallwelle um, die den Schraubenkörper passiert und die reflektierte Ultraschallwelle wieder in ein elektrisches Echosignal umwandelt; dieses Verfahren basiert auf den physikalischen Prinzipien des piezoelektrischen Effekts und seiner Umkehrung

3.2

Sputtern

PVD-Prozess (physikalische Gasphasenabscheidung) zur Aufbringung dünner Schichten auf ein Substrat; unter Vakuum und mithilfe physikalischer Verfahren wird der Grundwerkstoff in eine Gasphase umgewandelt; kondensierende Partikel bilden die gewünschte Schicht auf dem Substrat; wird zur Anwendung von Dünnschicht-Ultraschallmesswandlern auf Schrauben verwendet

3.3

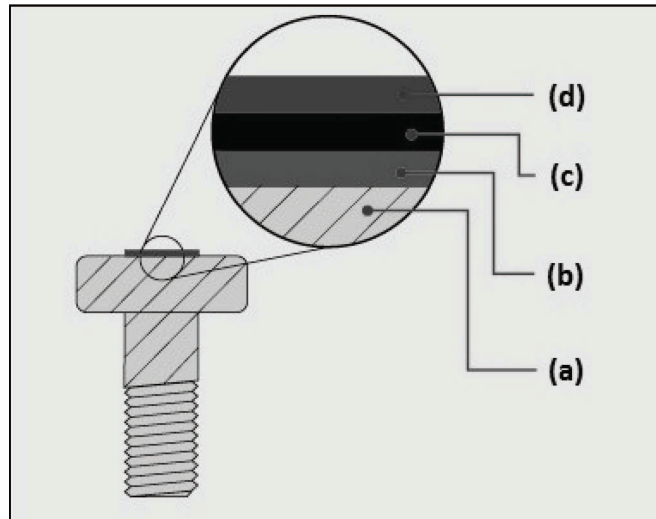
Vorspannkraft

benötigte Axialkraft in einer Schraube, um die sichere Funktion in einer Schraubverbindung sicherzustellen

4 Messungen der Vorspannkraft an Schrauben

4.1 Konfiguration der Sensorschrauben auf der Grundlage des Dünnschicht-Messwandlers

Drei Schichten auf der Oberseite der Schraube (a) bilden einen Dünnschicht-Ultraschallmesswandler. Der in einem Vakuumprozess aufgetragene Messwandler wird zu einem dauerhaften Element der Schraube (siehe Bild 1). Der Messwandler besteht aus einer piezoelektrischen Dünnschicht (b), gefolgt von einer Schutzschicht (c) und einer Elektroden-Metallbeschichtung (d). Bild 2 zeigt die verschiedenen mit einem Dünnschicht-Messwandler ausgestatteten Sensorschrauben.



Legende

- (a) Oberseite der Schraube
- (b) piezoelektrische Dünnschicht
- (c) Schutzschicht
- (d) Elektrodenmetallbeschichtung

Bild 1 — Konfiguration des Dünnschicht-Messwandlers

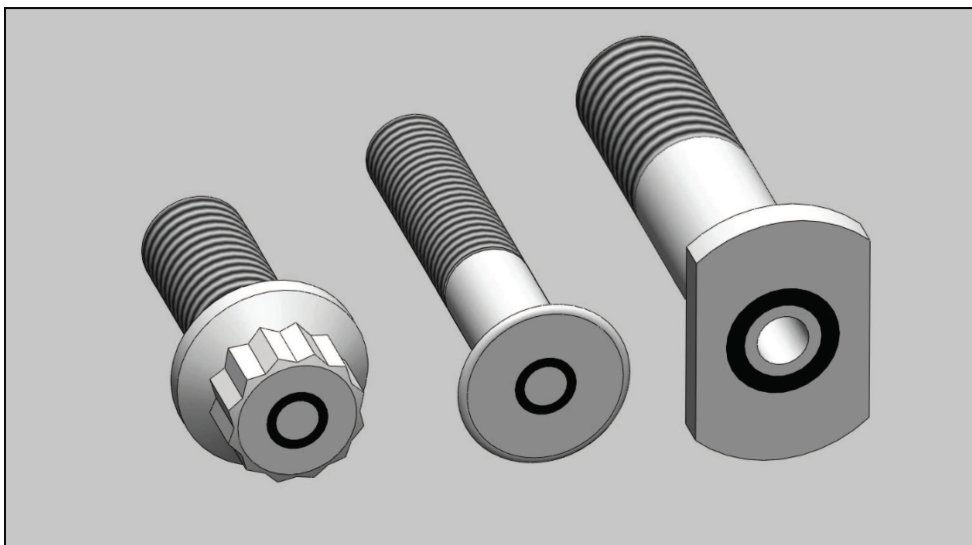


Bild 2 — Beispiele für Sensorschrauben mit Dünnschicht-Messwandler

Neben dem Dünnschichtmesswandler-Verfahren stehen weitere Systeme zur Messung der Vorspannkraft von Schrauben zur Verfügung. Beispiele hierfür sind Dehnungsmessstreifen, elektromagnetische Schallwandler (EMAT) oder herkömmliche piezoelektrische Messwandler (aufgeklebte Messwandler, Hand-Messwandler).

Diese Norm legt die Anforderungen, Prüfverfahren usw. für auf Dünnschicht-Messwandlern basierende Sensorschrauben fest.

4.2 Bestimmung der Vorspannkraft an auf Dünnschicht-Messwandlern basierenden Sensorschrauben

Die Ultraschallbestimmung der Vorspannkraft an Sensorschrauben basiert auf dem Impulsecho-Verfahren. Dieses Verfahren ist mit Systemen wie der sonar- oder ultraschallbasierten Werkstoffprüfung vergleichbar.

Der an einem der Schraubenenden angebrachte Dünnschicht-Messwandler empfängt einen Wechselstromimpuls (AC). Der Messwandler ändert seine Länge entsprechend der Veränderung der elektrischen Spannung. Die Kopplung des Messwandlers mit der Schraubenoberfläche führt dazu, dass eine Ultraschallwelle die Schraube passiert. Die Ultraschallwellen werden durch die entgegenliegende Seite der Schraube reflektiert und kehren zu dem Messwandler zurück (siehe Bild 3). Hier kann ein Echosignal erkannt werden. Der Messwandler fungiert gleichermaßen als Sender und Empfänger. Δt ist die Zeitspanne zwischen dem Senden des Impulses und dem Empfang des Echos.

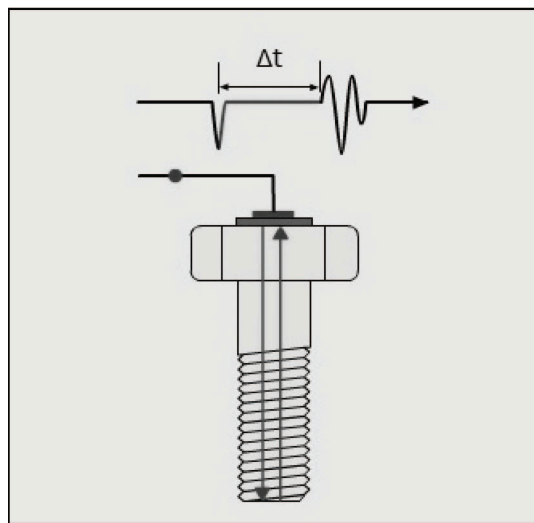


Bild 3 — Bestimmung der Vorspannkraft in einer Schraube unter Verwendung eines Dünnschicht-Ultraschall-Messwandlers

Die Laufzeit (en: time-of-flight, *TOF*) einer sich entlang der Schraubenachse bewegenden Ultraschallwelle weist eine deutliche Abhängigkeit von der angewendeten Zugspannung auf. Zusätzlich zu der annähernd durch das Hook'sche Gesetz gegebenen Dehnung reduziert sich die Schallgeschwindigkeit, die wesentlich für $\approx 75\%$ (für Stahl) der Erhöhung der Gesamtlaufzeit verantwortlich ist. Glücklicherweise wirken beide Effekte in dieselbe Richtung und sind ausreichend linear, sodass Veränderungen der *TOF* zwischen einem lastfreien und belasteten Zustand als direkter Messwert der angewendeten Last verwendet werden können.

Die *TOF*-Abhängigkeit von der Last kann mit Polynomen geringer (erster oder zweiter) Ordnung verdeutlicht werden:

$$F = k_1 \cdot \Delta TOF = k_1 \cdot (FTOF - BTOF)$$

$$F = k_1 \cdot \Delta TOF + k_2 \cdot \Delta TOF^2$$

Dabei ist

F die Last [kN];

ΔTOF die gemessene Laufzeitdifferenz [ns];

BTOF die gemessene Laufzeit im lastfreien Zustand [ns];

FTOF die gemessene Laufzeit im Lastzustand [ns];

k_1, k_2 die material- und schraubenabhängigen linearen und quadratischen Lastnormalisierungsfaktoren.

Die gewünschten Maßstabsfaktoren k_1 und k_2 können durch die Verwendung einer Lastzellen- oder Zugprüfungsmaschine als Referenz für die angewendeten Lasten und ein Ultraschallmesssystem zur Bestimmung des Laufzeitwerts für die verschiedenen Lastschritte erlangt werden.

Temperaturschwankungen beeinflussen die *TOF*-Ultraschallmessungen durch Veränderung der Länge des geprüften Werkstoffs in Übereinstimmung mit dem Wärmedehnungsgesetz. Um diesen Einfluss zu beseitigen, müssen alle bestimmten und in dem Messgerät gespeicherten Laufzeitwerte um die aktuelle Temperatur berichtigt werden. Eine Möglichkeit der Temperaturberichtigung besteht darin, alle gemessenen Laufzeitwerte auf 0 °C zu beziehen.

Die Abhängigkeit der Laufzeit von der Temperatur kann durch ein Polynom geringer Ordnung mit ausreichender Präzision dargestellt werden. Bei kurzen Schrauben, Materialien mit einer höheren linearen Wärmeausdehnung und für kleinere Temperaturbereiche während der *TOF*-Messungen wird die *TOF*-Korrektur auf 0 °C unter Verwendung eines Polynoms erster Ordnung (gerade Linie) empfohlen. Hierzu wird auf die folgende Gleichung hingewiesen:

$$TOF_{\text{korr}} = \frac{TOF}{(1 + C_1 \cdot TEMP)}$$

Bei langen Schrauben, Materialien mit einer nichtlinearen Wärmeausdehnung und für große Temperaturbereiche während der *TOF*-Messungen wird die Korrektur auf 0 °C unter Verwendung eines Polynoms zweiter Ordnung (Parabel) empfohlen. Die folgende Gleichung kann verwendet werden:

$$TOF_{\text{korr}} = \frac{TOF}{(1 + C_1 \cdot TEMP + C_2 \cdot TEMP^2)}$$

Dabei ist

TOF die gemessene Laufzeit [ns];

TOF_{korr} die auf 0 °C korrigierte Laufzeit [ns];

TEMP die Werkstofftemperatur während der Laufzeitmessung [°C];

C_1, C_2 werkstoff- und schraubenabhängige Temperaturkalibrierungsfaktoren.

Die spezifischen werkstoff- und schraubenabhängigen Temperaturkalibrierungsfaktoren (C_1 , C_2 in den obigen Gleichungen) können durch Messen der rohen (unkorrigierten) Laufzeiten während der schrittweisen Anwendung des gewünschten Temperaturbereichs in 10-K-Schritten bestimmt werden.

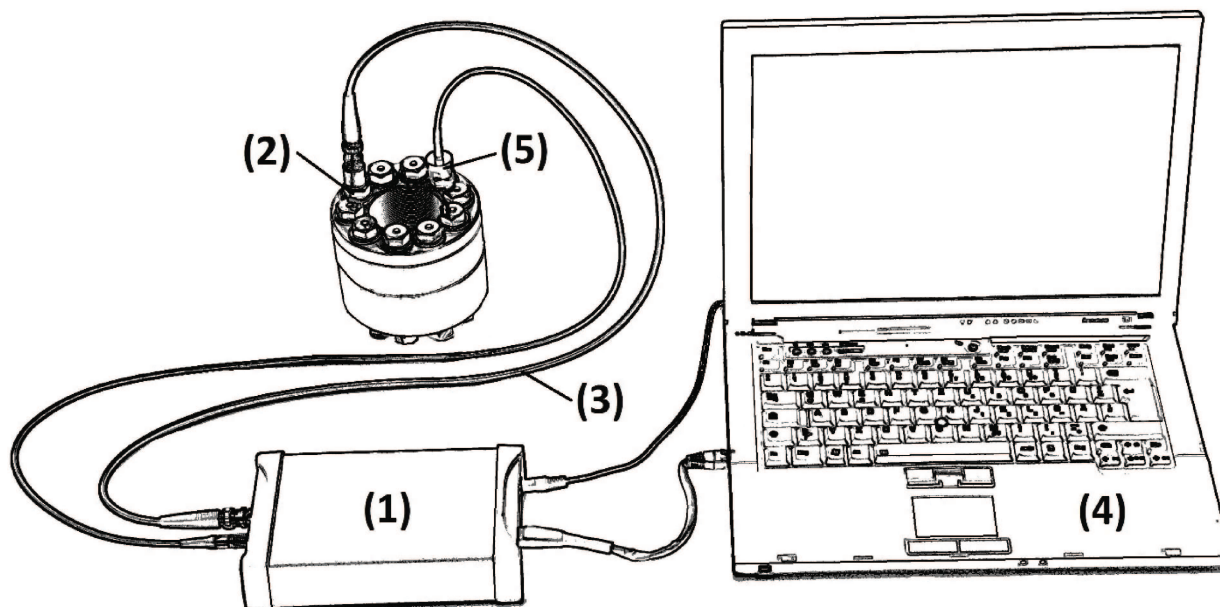
Die schrittweise Temperaturänderung erfordert eine programmierbare Klimakammer, die die Einstellung spezifischer (konstanter) Temperaturen über ausreichend lange Zeitspannen ermöglicht, damit die Schraube den thermischen Beharrungszustand bei gegebenen Temperaturen erreicht, während die *TOF* mit dem Ultraschall-Messsystem gemessen werden. Das Erreichen des thermischen Beharrungszustands kann durch konstante *TOF*-Werte nach Erreichen der Temperaturstufe nachgewiesen werden.

4.3 Allgemeine Komponenten eines Ultraschallmesssystems

Die Mindestkonfiguration eines Ultraschallmesssystems (siehe Bild 4) besteht aus einer Ultraschalleinheit (1), die den Ultraschallimpuls erzeugt und die Echos empfängt. Die Einheit ist koaxial (3) mit der zu messenden Schraube (2) verbunden und kommuniziert mit der Prozessoreinheit (4). Die Prozessoreinheit (4) steuert die Ultraschalleinheit (1), zeigt die Lastwerte an und dient als Schnittstelle für den Benutzer. Ein Temperaturmessfühler (5) an der Verbindung misst die aktuelle Schraubentemperatur. Die Ultraschalleinheit (1) und die Prozessoreinheit (4) werden oftmals in einem Gerät kombiniert. Diese Mindestkonfiguration ermöglicht die dauerhafte Überwachung einer Prüfverbindung.

Wenn mehrere Schrauben gemessen werden müssen, kann das Ultraschallmesssystem um einen Multiplexer erweitert werden. Dies ermöglicht die sequentielle Überwachung (nacheinander) mehrerer Prüfverbindungen.

Für die gleichzeitige Lastbestimmung muss das Ultraschallmesssystem mehrere Ultraschalleinheiten (1) beinhalten. Alle Einheiten arbeiten parallel. Aus diesem Grund ist dieses System sehr viel schneller als ein auf einer Multiplexer-Konfiguration basierendes System. Die Konfiguration mit mehreren Ultraschalleinheiten wird als Mehrkanalsystem bezeichnet.



Legende

- (1) Ultraschalleinheit
- (2) zu messende Schraube
- (3) Koaxialkabel
- (4) Prozessoreinheit
- (5) Temperaturmessfühler

Bild 4 — Allgemeine Komponenten eines Ultraschallmesssystems

4.4 Geometrische Anforderungen an Sensorschrauben

Die korrekte Bestimmung der Vorspannkraft erfordert eine ausreichende Qualität des Echosignals. Die Größe und Form des empfangenen Echos hängen in hohem Maß von der Schraubengeometrie ab. Die Ausbreitung der Ultraschallwellen folgt geometrischen Regeln. Wie in der Optik entspricht der Eintrittswinkel dem Austrittswinkel für die Reflexion von jeder Grenzfläche. Als integrierendes Element erfasst der Messwandler alle verschiedenen Echofractionen, die gleichzeitig mit einem Echosignal empfangen werden.

Um störende Interferenzen während der Echobildung zu vermeiden, wird ein flaches Schraubenreflexionsende benötigt. Die Schraubenkopfoberfläche mit den aufgetragenen Messwandlern und das Reflexionsende der Schraube sollten parallel sein. Dies unterstützt die direkte Rücksendung der Ultraschallwellen von dem Reflexionsende zum Messwandler.

In einigen Konfigurationen können Schrauben gebogen sein. In diesem Fall sind die Schraubenkopfoberfläche und das Reflexionsende nicht mehr parallel. Dies kann zu gestörten Echos oder einem vollständigen Verlust des Echosignals führen. Der Effekt kann durch die Anwendung eines konvexen Endes auf das Reflexionsende der Schraube minimiert werden. Der Radius hilft die Ultraschallwellen zu fokussieren und funktioniert wie ein Parabolspiegel. In einer ersten Schätzung kann angenommen werden, dass der Wert des Radius des Reflexionsendes der Hälfte der Schraubenlänge entspricht.

Der flache Bereich, in dem der Sensor platziert werden muss, wird auf eine maximale Rauheit von $R_z 5\mu$ poliert.

Die Dicke des Sensors wird die Dicke einer normalen geprägten Kopfmarkierung der Schraube nicht überschreiten.

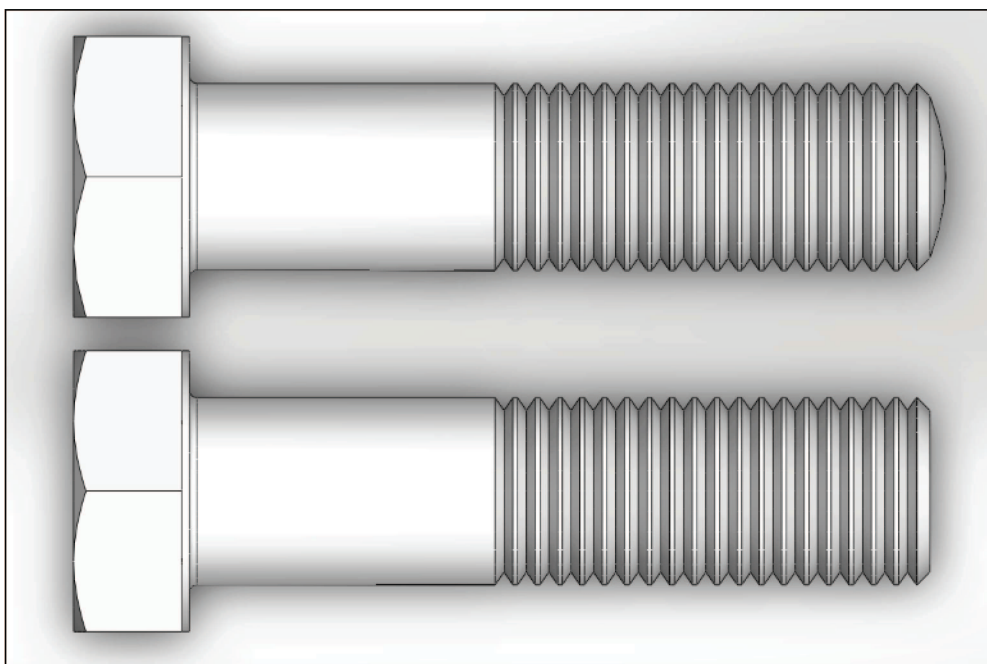
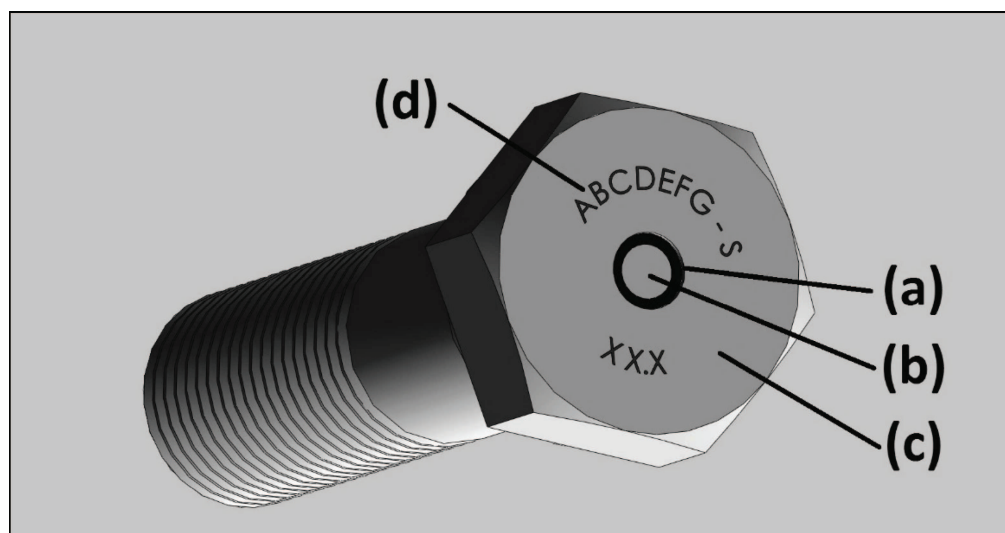


Bild 5 — Beispiele für Schrauben mit konvexem und flachem Schaftende

Bei neu entwickelten Schrauben wird eine kleine Auskehlung an einer der Schrauben empfohlen, um den gesputterten Messwandler vor mechanischer Beschädigung zu schützen (siehe Bild 6). Der aktive Messwandlerbereich liegt vertieft in einer Auskehlung (a).

Die beiden elektrischen Kontakte des Messwandlers sind mit (b) und (c) gekennzeichnet. Der Kontakt auf der Vorderseite des Messwandlers ist (b). (c) ist der Kontakt auf der Rückseite des Messwandlers, der auch auf die Vorderseite des Schraubenkopfs übertragen wird. Der metallische Schraubenwerkstoff wird verwendet, um die elektrische Verbindung zu der Rückseite des Messwandlers herzustellen.

(d) steht für die Kopfmarkierung des Schraubenherstellers. Die Erweiterung „-S“ (Buchstabencode) gibt einen Sensor im Vergleich zu einer Standardschraube ohne Ultraschallmesswandler an. Die Schraubenkopfmarkierung muss den Anforderungen nach EN 2424 genügen.



Legende

- (a) aktiver Messwandlerbereich
- (b) elektrischer Kontakt
- (c) elektrischer Kontakt
- (d) Kopfmarkierung des Schraubenherstellers

Bild 6 — Flacher Schraubenkopf mit Auskehlung für den Sensorschutz

5 Zertifizierung und Qualitätssicherung für auf Dünnschicht-Messwandlern basierende Sensorschrauben

5.1 Qualifikation

5.1.1 Zweck

Qualifizierungsprüfungen dienen dazu, sicherzustellen, dass die Gestaltung der Schraube und des Messwandlers und die Bedingungen der Herstellung von Schrauben und Messwandlern es dem System ermöglichen, die Anforderungen dieser Norm zu erfüllen.

5.1.2 Bedingungen

Die in Tabelle 1 zusammengefassten Qualifizierungsprüfungen sind für alle Schraubenarten und -durchmesser durchzuführen. Geplante Änderungen der Herstellungsquelle oder des Herstellungsverfahrens unterliegen den Anforderungen eines Qualifizierungssystems (z. B. EN 9133).

5 stichprobenartig aus einer Prüfcharge ausgewählte Schrauben müssen den Qualifizierungsprüfungen unterzogen werden.

Die Anzahl der jeder Prüfung zu unterziehenden Schrauben sowie das/die anzuwendende(n) Verfahren sind in Tabelle 1 festgelegt.

Die für jede Schraube anzuwendenden Prüfungen sind in Tabelle 1 angegeben.

All diese Prüfungen oder Teile derselben können ebenfalls für die Produktionsabnahme, wenn eine verstärkte Prüfung notwendig erscheint, durchgeführt werden oder um Schrauben zu untersuchen, die sich in der Anwendung nicht als zufriedenstellend erwiesen haben.

In diesem Fall muss die Probe diesen Prüfungen in der gleichen Weise wie bei Produktionsabnahmeprüfungen unterzogen werden.

5.1.3 Erzeugnisqualifikation

Die Erzeugnisqualifikation muss für den Prozess, wie z. B. in EN 9133 festgelegt, durchgeführt werden, um eine Qualifizierungsgenehmigung von der kontrollierenden Zertifizierungsstelle (en: Certification Authority, CA) zu erhalten.

5.1.4 Genehmigung des Herstellers

Das Unternehmen des Herstellers muss eine zugelassene Herstellungsorganisation für Luft- und Raumfahrtprodukte sein und muss nachweisen, dass es ein Qualitätsmanagementsystem (z. B. nach EN 9100 oder ein anderes in der Luft- und Raumfahrt zugelassenes und etabliertes Qualitätsmanagementsystem) eingeführt hat.

5.2 Abnahme

5.2.1 Zweck

Diese Abnahmeprüfung dient dazu, möglichst einfach durch ein für die tatsächlichen Nutzungsbedingungen repräsentatives Verfahren mit der inhärenten Unsicherheit der statistischen Probenahme zu prüfen, ob die Schrauben der Charge die Anforderungen dieser Norm erfüllen.

5.2.2 Bedingungen

Abnahmeprüfungen sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Diese Prüfungen sind für jede Messwandler-Anwendungscharge durchzuführen. Tabelle 1 legt das Prüfverfahren und den Probenahmeplan für jede Prüfung fest. Produkte aus der zu prüfenden Charge müssen durch einfache Stichprobennahme ausgewählt werden.

Jedes Produkt darf mehreren Prüfungen unterzogen werden.

5.3 Qualitätssystemzertifizierung

5.3.1 Zweck

Die Zertifizierung des Qualitätssystems dient dazu, sicherzustellen, dass der Hersteller die Annehmbarkeit seines Qualitätssystems und seine Fähigkeit zur dauerhaften Herstellung der Teile in Übereinstimmung mit dieser Norm in der erforderlichen Qualität nachgewiesen hat.

5.3.2 Anforderungen und Verfahren

Der Hersteller ist für die Erfüllung aller hierin festgelegten Inspektions- und Prüfanforderungen verantwortlich. Jeder Hersteller wird seine eigene oder in Ausnahmefällen jede andere in Übereinstimmung mit 5.1 und 5.2 genehmigte Einrichtung zur Implementierung dieser Inspektions- und Prüfanforderungen verwenden.