

4

Anzugsver lässlichkeit

- 4-1. Typische Faktoren für Defekte beim Anziehen von Schrauben
Typische Faktoren (4Ms) für Defekte
beim Anziehen von Schrauben — 46
- 4-2. Diagramm typischer Ursachen für defekte Verbindungen
Diagramm typischer Ursachen für
defekte Verbindungen — 47
- 4-3. Schraubenanzugsverlässlichkeit
Schraubenanzugsverlässlichkeit
und Anzieharbeiten — 48
- 4-4. Maschinenfehler
 - (1) Maschinenfehler — 49
 - (2) Verbindungskoeffizient — 51
- 4-5. Menschliche Fehler
 - (1) Menschliche Fehler — 53
 - (2) Verwendung von Drehmomentwerkzeugen — 56
- 4-6. Schraubenanzugsverlässlichkeit und Schrauben
Schraubenanzugsverlässlichkeit
und Schrauben — 58
- 4-7. Aufbau eines Systems der Anzugsverlässlichkeit
Aufbau eines Systems der
Anzugsverlässlichkeit — 59
- 4-8. Von der Drehmoment-Regelung zum Anzugsicherungssystem
 - (1) Tohnichi-Schraubenanzugsicherungssystem — 60
 - (2) Systemkonfigurationsbeispiele — 62

Was ist Anzugsverlässlichkeit?

Schraubenanzugsverlässlichkeit bedeutet einfach das korrekte Anziehen von Schrauben.

Abhängig von den Umständen bestehen jedoch die folgenden Sicherheitsstufen.

1. Erfolgreiche Durchführung der Anziehprüfungen (durch Nachziehen)
2. Anziehen von Schrauben bis zum durch die Zeichnungen vorgegebenen, erforderlichen Drehmoment (innerhalb der Toleranz)
3. Anziehen von Schrauben bis zur erforderlichen anfänglichen Anziehungskraft (axiale Vorspannung)
4. Anziehen von Schrauben bis zur erforderlichen Arbeits-Anziehungskraft (axiale Spannung)
5. Erzielen der bestmöglichen Leistung der Schraube durch ausschließliche Verwendung von Komponenten oder Schrauben in gutem Zustand, die sich nicht leicht lösen oder brechen und keine Undichtigkeiten bei Schraubverbindungen verursachen.

Selbst wenn das Anziehdrehmoment konstant gehalten wird, kann die erzeugte axiale Vorspannung stark variieren. Daher ist das Ziel der "Schraubenanzugsverlässlichkeit" mithilfe der Drehmomentmethode nicht, die axiale Spannung konstant sondern innerhalb des vorgegebenen Verteilungsbereichs zu halten. Es ist wichtig, nicht nur die Verlässlichkeit der Schraubenanzieharbeiten zu verbessern, sondern diese auch mit einer der oben aufgeführten Sicherheitsstufen zu verknüpfen, um die Entstehung von Problemen selbst bei variierender axialer Spannung zu vermeiden. Das ist unter "Schraubenanzugsverlässlichkeit" zu verstehen.

4-1

Typische Faktoren für Defekte beim Anziehen von Schrauben

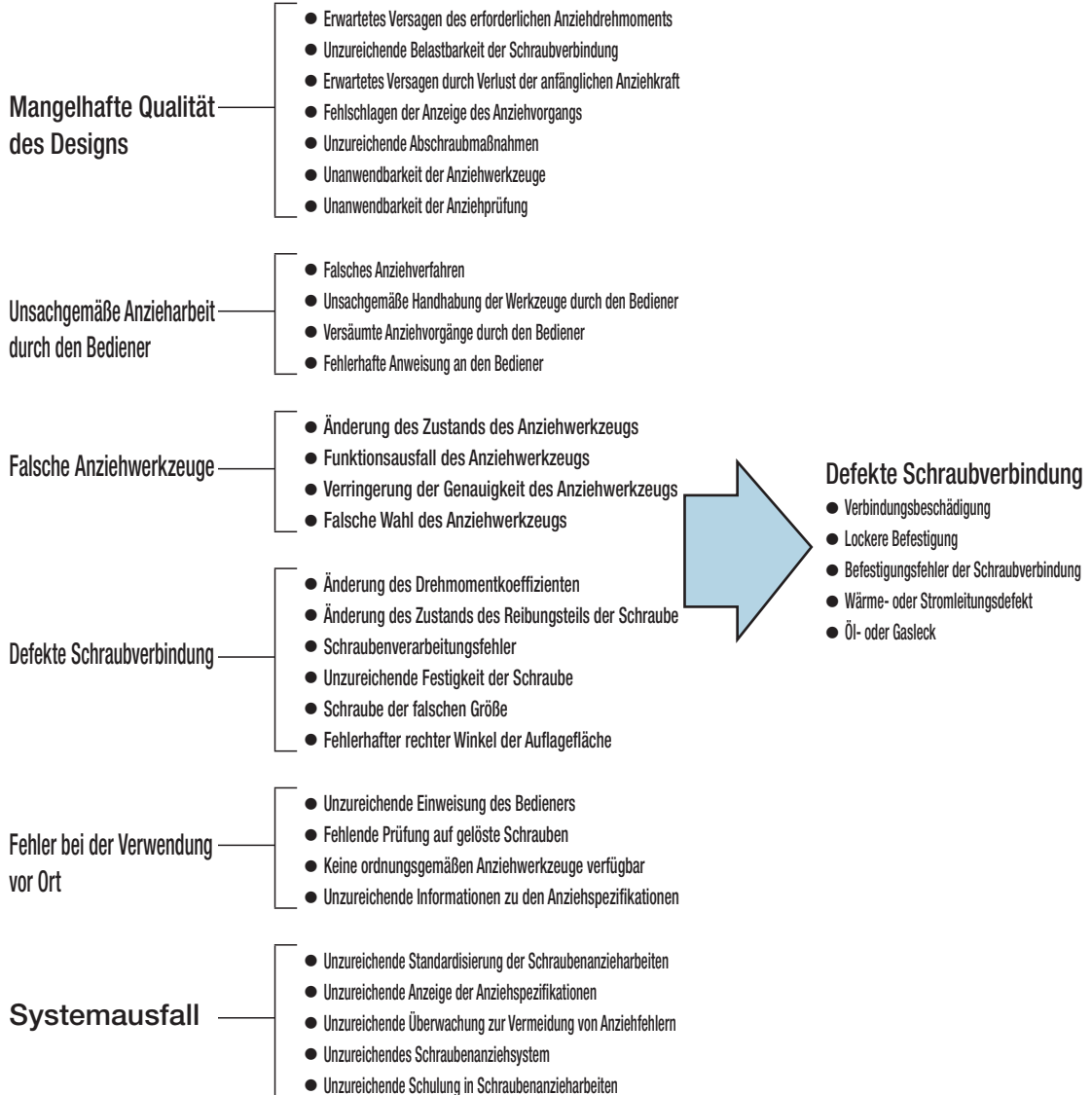
Typische Faktoren (4Ms) für Defekte beim Anziehen von Schrauben

- | | | | |
|-----------|--|-------|--|
| 1. | MENSCH
(Menschliche Fehler des Bedieners) | ————— | Versäumte Anziehvorgänge
Unsachgemäße Verwendung des Anziehwerkzeugs |
| 2. | METHODE
(Falsche Anziehspezifikationen) | ————— | Falsche Anziehungsspezifikationen
Falsches Anziehverfahren
Falsche Anziehwerkzeugwahl |
| 3. | MASCHINE
(Falsche Anziehgeräte) | ————— | Ungenauigkeit
Mechanisches Versagen |
| 4. | MATERIAL
(Falsches Schraubverbindungsmaterial) | ————— | Teil außerhalb des Toleranzbereichs
Defektes Teilematerial
Unzureichendes Schraubteilschmiermittel |

4-2

Diagram typischer Ursachen für defekte Verbindungen

Diagram typischer Ursachen für defekte Verbindungen



4-3

Schraubenanzugsverlässlichkeit

Schraubenanzugsverlässlichkeit und Anzieharbeiten

Schrauben erzeugen eine Klemmkraft und erbringen ihre Leistung erst nach ordnungsgemäßem Abschluss des Anziehvorgangs. Nach Abschluss des Anziehvorgangs lässt sich jedoch nicht genau überprüfen, ob eine Schraube ordnungsgemäß angezogen wurde oder nicht. Daher ist es wichtig, dass der Bediener die Anzugsgenauigkeit während der Anzieharbeiten überprüft, statt eine Prüfung nach Abschluss der Arbeit durchzuführen. Dieser Vorgang nennt sich "Qualitätssicherung während des Anziehvorgangs".

Die Faktoren, die die Verlässlichkeit der Anzieharbeiten beeinträchtigen, lassen sich in zwei Kategorien unterteilen: durch das Anziehwerkzeug verursachte Maschinenfehler und durch den Bediener verursachte menschliche Fehler. Allgemein lassen sich Anziehwerkzeuge nach der Anzugsgenauigkeit wie in Tabelle 4-1 gezeigt in drei Kategorien unterteilen. Die zulässige Toleranz des Anziehdrehmoments sollte auf der Grundlage des Verhältnisses zu dem zulässigen Verteilungsbereich entsprechend festgelegt und standardisiert werden. Selbst wenn der Anziehvorgang mit einer höheren als der erforderlichen Genauigkeit durchgeführt wird, hat die veränderte Anziehungskraft nur geringe Auswirkung.

Abbildung 4-1. Genauigkeit des Anziehdrehmoments und Verteilung der Anziehspannung

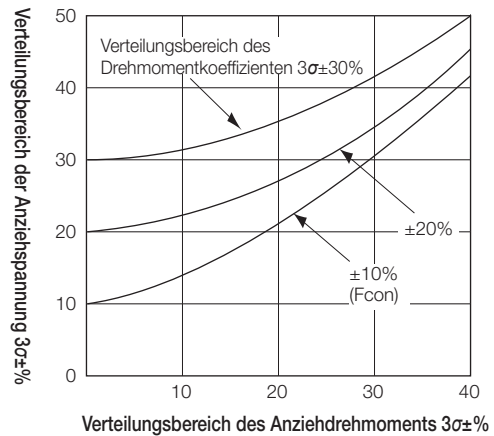


Tabelle 4-1. Anzugmethoden-Klassifizierungen

Methode	Mechanismus	Genauigkeitsbereich (3σ)	Anziehwerkzeug
①Durch Vermutung	Der Bediener beurteilt die Anziehsituation nach Kraft oder Geräusch und stoppt den Anziehvorgang.	Mehr als ±30%	<ul style="list-style-type: none"> • Handschraubenschlüssel • Handschraubendreher • Schlagschrauber (keine Drehmomentregelung)
②Nach maximaler Kapazität	Die Schraube wird angezogen, indem der Druck oder Strom erhöht wird, bis der Motor stoppt oder die Kupplung durchrutscht.	±10 ~ 30%	<ul style="list-style-type: none"> • Mit Abschaltfunktion • Mit Rutschkupplung • Schlagschrauber (mit Drehmomentregelung)
③Durch Drehmomentermittlung	Das Anziehdrehmoment wird gemessen und der Anziehvorgang wird beim Erreichen des erforderlichen Drehmoments beendet.	Weniger als ±10%	<ul style="list-style-type: none"> • Drehmomentschlüssel • Mechanische Drehmomentregelung • Elektrische Drehmomentregelung

(1) Maschinenfehler

2 Methoden zur Ermittlung einer Änderung des Anziehdrehmoments

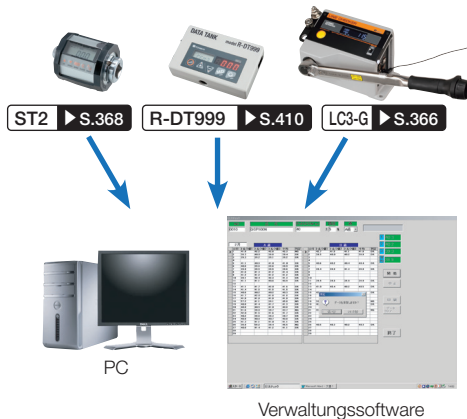
Bei jedem Anziehwerkzeug ändert sich früher oder später das Anziehdrehmoment und die Genauigkeit liegt irgendwann aufgrund der Abnutzung des Anziehwerkzeugs außerhalb des Toleranzbereichs. In den meisten Fällen ist sich der Bediener der Veränderung jedoch nicht bewusst, was zu Defekten an einer großen Zahl von Produkten führen kann. Es gibt zwei Methoden, die durchgeführt werden müssen, um Veränderungen des Anziehdrehmoments zu erkennen.

Bei der ersten Methode werden tägliche Prüfungen und periodische Kalibrierungen dazu genutzt, das Betriebsdrehmoment des Anziehwerkzeugs in regelmäßigen Abständen zu prüfen.

■ Tägliche Prüfungen

Tägliche Prüfungen vor und nach den Anzieharbeiten tragen dazu bei, Probleme auf ein Mindestmaß zu begrenzen. Werkzeuge für die täglichen Prüfungen sind auf Benutzerfreundlichkeit und schnelle Bedienung ausgelegt.

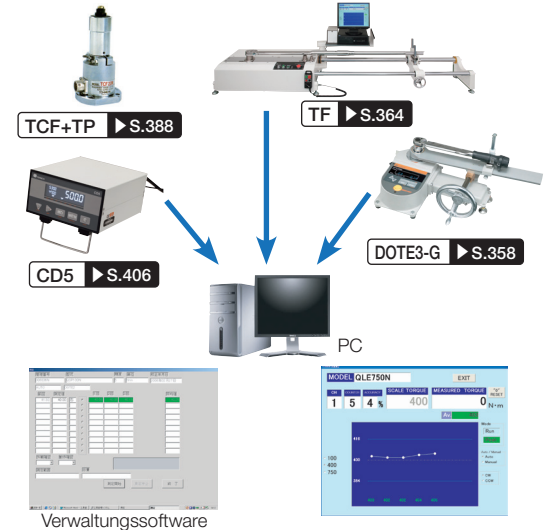
Tägliche Prüfungen (Prüfer + PC + Verwaltungssoftware)



■ Periodische Kalibrierungen

Periodische Kalibrierungen unterscheiden sich dahingehend von täglichen Prüfungen, dass sie eine präzise Messung der Genauigkeit der Drehmomentwerkzeuge erfordern, um die ordnungsgemäße Funktion der Drehmomentwerkzeuge sicherzustellen. Ein bei elektrischen und pneumatischen Drehmomentwerkzeugen häufig auftretendes Problem ist, dass die Kalibrierergebnisse von dem tatsächlichen Anziehdrehmoment abweichen. (S.51 Abbildung 4-2) Diese Abweichung ist in erster Linie auf die Tatsache zurückzuführen, dass der Kalibriervorgang die Härte oder Weichheit der Verbindung (Verbindungskoeffizient) nicht präzise reproduziert und es wichtig ist, die tatsächlichen Schraubenanziehbedingungen zu simulieren.

Periodische Kalibrierung (Prüfgerät + PC + Verwaltungssoftware)



Es ist zu beachten, dass die zur Prüfung und Kalibrierung verwendeten Prüfer und Prüfgeräte selbst regelmäßig kalibriert werden müssen und es erforderlich ist, eine Rückverfolgbarkeit zu etablieren.

4-4 Maschinenfehler

Die zweite Methode sieht eine Stichprobenprüfung der angezogenen Schrauben und eine Prüfung dieser Schrauben mithilfe der Prüfmethode für Nachziehdrehmomente vor, um das Anziehdrehmoment des Werkzeugs zu ermitteln.

■ Prüfdaten-Verwaltungssystem

Die Entwicklung elektronischer Werkzeuge hat die Überwachung und Aufzeichnung von Anzieh- und Nachziehdrehmomentwerten möglich gemacht. Die aufgezeichneten Daten können als Beweis zum Schutz vor unberechtigten Ansprüchen der Produkthaftung an Dritte gesandt werden. Zur Überwachung sollte jedoch ein vom Anziehdrehmoment-Kontrollsystem unabhängiges Messsystem verwendet werden. Anderenfalls sind Probleme mit dem Kontrollsystem nicht feststellbar.

Dank dieser Methode lässt sich der Abnutzungsgrad und die Tendenz des Anziehwerkzeugs vorhersagen, was eine vorbeugende Instandhaltung möglich macht. Zufällige Genauigkeitsfehler treten bei Anziehwerkzeugen nur selten auf, wenn sie jedoch auftreten, hat dies Defekte an einer großen Anzahl von Produkten zur Folge. Daher ist es vorzuziehen, die Werkzeuge in einem reparablen Bereich zu halten, selbst wenn dies aufgrund der Häufigkeit der Nachziehprüfung im Rahmen der periodischen Kalibrierung zu möglichen Defekten führen kann.



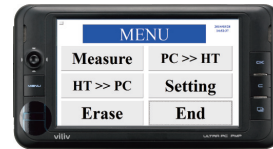
Digitaler Drehmomentschlüssel

CEM3-G-BT
▶ S.274

CTB2-G-BT
▶ S.286



Drahtlose Verbindung



Prüfdaten-Verwaltungssystem ▶ S.306

Drahtlose Verbindung



PC

Item No.	Item Name	Item No.	Item Name	Item No.	Item Name
1	...	2	...	3	...
4	...	5	...	6	...
7	...	8	...	9	...
10	...	11	...	12	...
13	...	14	...	15	...
16	...	17	...	18	...
19	...	20	...	21	...
22	...	23	...	24	...
25	...	26	...	27	...
28	...	29	...	30	...
31	...	32	...	33	...
34	...	35	...	36	...
37	...	38	...	39	...
40	...	41	...	42	...
43	...	44	...	45	...
46	...	47	...	48	...
49	...	50	...	51	...
52	...	53	...	54	...
55	...	56	...	57	...
58	...	59	...	60	...
61	...	62	...	63	...
64	...	65	...	66	...
67	...	68	...	69	...
70	...	71	...	72	...
73	...	74	...	75	...
76	...	77	...	78	...
79	...	80	...	81	...
82	...	83	...	84	...
85	...	86	...	87	...
88	...	89	...	90	...
91	...	92	...	93	...
94	...	95	...	96	...
97	...	98	...	99	...
100	...	101	...	102	...



(2) Verbindungskoeffizient

Wenn von den statischen Eigenschaften von Drehmomentwerkzeugen die Rede ist, wird nur das Anziehdrehmoment berücksichtigt und die Drehung der Schraube wird vernachlässigt. Wenn jedoch von dynamischen Eigenschaften (Maßnahmen zur Vermeidung von Überdrehmomenten bei Schlagschraubern) die Rede ist, wird das Anwachsen des Anziehdrehmoments mit der Drehung der Schrauben zum Problem. Qualitativ ist dieses Phänomen gemeinhin als "weiche Verbindung" oder "harte Verbindung" bekannt, doch es ist notwendig, es auch quantitativ auszudrücken. Der Verbindungskoeffizient (e) wird wie folgt bezeichnet und festgehalten.

[1] Definition von Verbindungskoeffizient (e)

Das Verhältnis zwischen dem Anziehdrehmoment und der Drehung einer Schraube ist in Abbildung 4-2 dargestellt. Der Verbindungskoeffizient (e) bei $T = T_0$ ist für diese Verbindung wie in Formel (1) definiert.

Verwenden Sie den Drehwinkel (θ) in Formel (2)

$$e = \frac{1}{T_0} \left(\frac{dT}{dn} \right)_{T=T_0} \dots\dots\dots \text{Formel (1)}$$

n : Anzahl der Schraubendrehungen
 T_0 : Anziehdrehmoment

$$\theta = 360n \quad d\theta = 360dn$$

$$e = \frac{360}{T_0} \left(\frac{dT}{d\theta} \right)_{T=T_0} \dots\dots\dots \text{Formel (2)}$$

θ : Drehwinkel der Schraube (°)

[2] Die Bedeutung des Verbindungskoeffizienten

- ① Um die Erklärung zu vereinfachen: wenn das Verhältnis des Drehmoments und des Grads der Drehung (Drehwinkel) als gerade Linie angezeigt wird, ergibt sich die Formel unterhalb. $e = 10$ bedeutet, dass das Anziehdrehmoment vom Fügoment durch $\Delta n = \frac{1}{10}$ Drehung oder $\Delta \theta = 36^\circ$ erreicht wird.
- ② Da es sich bei dem Verbindungskoeffizienten (e) um eine dimensionslose Zahl handelt, ändert er sich nicht mit der Größe der Schraube.

$$e = \frac{1}{T} \cdot \frac{\Delta T}{\Delta n} \quad \Delta T = T_0$$

$$e = \frac{1}{\Delta n} \quad \text{oder} \quad e = \frac{360}{\Delta \theta}$$

$$\Delta n = \frac{1}{e} \quad \Delta \theta = \frac{360}{e}$$

Abbildung 4-3

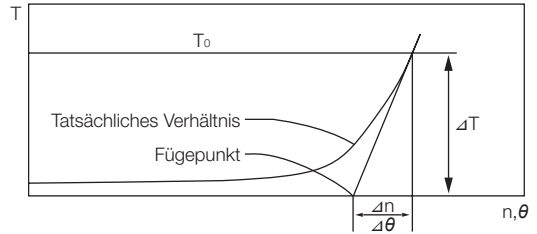
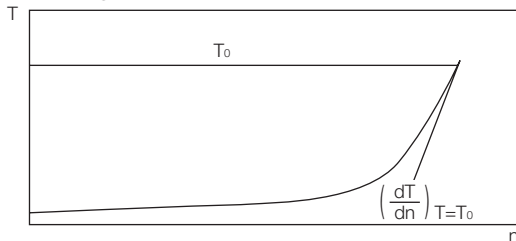


Abbildung 4-2



[3] Methoden zur Ermittlung des Verbindungskoeffizienten

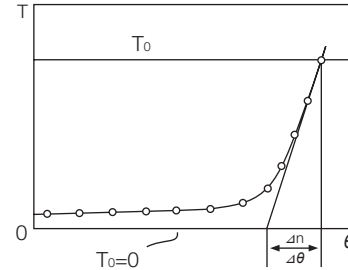
① Grafische Darstellung

Das Anziehdrehmoment und das Maß der Drehung (Winkel) der jeweiligen Schraube messen. (In diesem Fall ist der Ausgangspunkt des Maßes der Drehung, des Winkels, vernachlässigbar.) Wie in Abbildung 4-4 dargestellt in die Zeichnung einzeichnen und Δn oder $\Delta \theta$ aus der Berührungslinie des empfohlenen Anziehdrehmoments (T_0) ermitteln. (e) lässt sich mithilfe der Formeln (3) und (4) berechnen.

$$e = \frac{1}{\Delta n} \dots\dots\dots \text{Formel (3)}$$

$$e = \frac{360}{\Delta \theta} \dots\dots\dots \text{Formel (4)}$$

Abbildung 4-4



② Einfache Methode

Bis auf 80% des Anziehdrehmoments (T_0) anziehen. Dann mithilfe der Formel (5) (e) aus dem Drehwinkel ($\Delta \theta$) zum Zeitpunkt des Nachziehens bis auf T_0 berechnen.

$$e = \frac{72}{\Delta \theta'} \dots\dots\dots \text{Formel (5)}$$

$$e = \frac{360}{T_0} \cdot \frac{T_0 - 0,8T_0}{\Delta \theta'}$$

Beispiel einer tatsächlichen Verbindungskoeffizientmessung
 *Unter Verwendung der oben aufgeführten einfachen Methode (2)
 Schraube: M8
 Anziehdrehmoment (T_0): Bei 13,4 [N·m], sind $0,8T_0$ 10,7 [N·m]

① Vorbereitung

Einen Winkelmesser außen an der Messschraube anlegen. (Der Winkelmesser sollte mit einem Loch versehen sein, sodass sich die Schraube in der Mitte befindet.) Die Nulllinie des Winkelmessers so ausrichten, dass sich die Skala außen am Steckschlüssel befindet.

② Messung

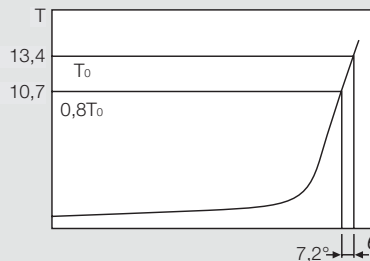
Bis auf $0,8T_0$ (10,7 [N·m]) anziehen. Den Zeiger des Winkelmessers auf "0" ausrichten. Dann auf T_0 (13,4 [N·m]) anziehen und den Winkel ($7,2^\circ$) ablesen.

③ Berechnung

Mithilfe der Formel der einfachen Methode $e = \frac{72}{\Delta \theta} = \frac{72}{7,2} = 10$

Durchschnittliche Schraubverbindungen können mit dieser Formel berechnet werden

Abbildung 4-5



4-5

Menschliche Fehler

(1) Menschliche Fehler

Was die Verlässlichkeit von Anzieharbeiten betrifft, sind menschliche Fehler das schwierigste Problem. Dass Menschen Fehler machen, liegt in der Natur des Menschen. Zudem ist es schwierig, menschliche Fehler durch Maschinen zu bemerken. Es ist zu berücksichtigen, dass menschliche Fehler sich durch Schulungen reduzieren lassen. Anziehen durch einen menschlichen Bediener bedeutet, dass dieser während des Vorgangs eine Sichtprüfung durchführen kann, bei der er Schraubenanziehfehler wie Maschinenfehler oder Festfressen bemerkt. Diese Sichtprüfung ist eine äußerst effektive Methode zur Verbesserung der Verlässlichkeit von Schraubenanzieharbeiten.

Was menschliche Fehler anbelangt, ist "versäumtes Anziehen" das größte Problem. Um Schrauben effektiv und einheitlich anzuziehen, werden diese nach einem ersten provisorischen Anziehen mit dem erforderlichen Drehmoment angezogen. In diesem Fall kann es jedoch passieren, dass provisorisch angezogene Schrauben, die sich äußerlich nicht von vollständig angezogenen Schrauben unterscheiden, versehentlich nicht vollständig angezogen werden. Da diese Art von menschlichen Fehlern versehentlich passiert, ist es sehr schwierig, sie durch eine Stichprobenprüfung zu finden.

Um "versäumtes Anziehen" zu vermeiden, ist es wichtig, während des endgültigen Anziehvorgangs sicherzustellen, dass die Schrauben vollständig angezogen wurden.

Eine der Bestätigungsmethoden ist die Zählmethode, bei der beim Erreichen des eingestellten Drehmoments ein Abschlussignal ausgegeben und von einem Zähler gezählt wird. Eine weitere Methode ist die Überwachungsmethode, bei der aufgrund des Anziehdrehmomentwerts eine OK/NG-Beurteilung durchgeführt wird, und die Markiermethode, bei der mithilfe des Drehmomentschlüssels eine Markierung auf dem Schraubenkopf angebracht wird. Durch Auswahl der für die jeweilige Arbeitsumgebung am besten geeigneten Methode ist es möglich, versäumtes Anziehen zu vermeiden.

Zu den relativ häufigen menschlichen Fehlern zählen zudem "Fehlbedienungen" wie das vorzeitig abgebrochene Drehen des Drehmomentschlüssels vor Abschluss des Anziehvorgangs und das Loslassen des Betätigungsschalters eines Elektrowerkzeugs.



4-5 Menschliche Fehler

Als Anzugsbestätigungsmethode steht die Zählermethode zur Verfügung, bei der ein Zähler zur Zählung der Anziehvorgangs-Abschlusssignale verwendet wird, die jedes Mal ausgegeben werden, wenn das eingestellte Drehmoment erreicht wird. Eine weitere Methode ist die Überwachungsmethode, bei der aufgrund der Anziehdrehmomentwerte eine OK/NG-Beurteilung durchgeführt wird, und die Markiermethode, bei der während der Betätigung des Drehmomentschlüssels eine Markierung auf dem Schraubenkopf angebracht wird. Durch Auswahl der Methode nach der jeweiligen Arbeitsumgebung ist es möglich, versäumtes Schraubenanziehen zu vermeiden.

Zählermethode

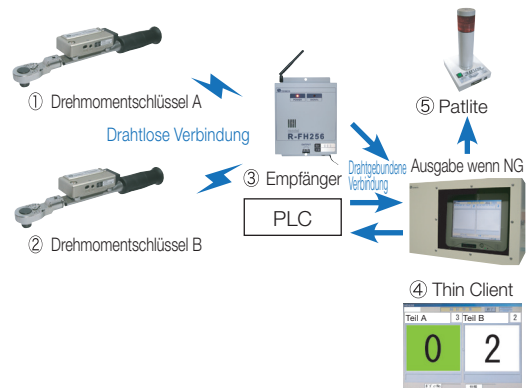
Bei Erreichen des eingestellten Drehmoments wird das Anziehvorgangs-Abschlusssignal ausgegeben und durch den Zähler (CNA-4mk3) zur Bestätigung der Anzahl der angezogenen Schrauben gezählt. Neben der drahtgebundenen Zählmethode (QSPLS, etc.), bei der das Signal des Endschalters verwendet wird, steht auch die drahtlose Zählmethode (QSPFH usw.) zur Verfügung.



Maximal vier Drehmomentschlüssel können an den Anzahlprüfer angeschlossen werden. Bei einem drahtlosen System ist I/O-FH256 erforderlich.

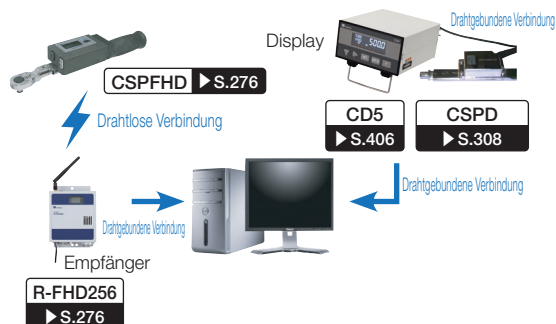
Beispiel der ID-Erkennung durch Thin Client (PC) unter Verwendung des RS-232C-Datenausgangs des FH-Empfängers.

Hierbei handelt es sich um ein drahtloses Fehlervermeidungssystem (Pokayoke) zur Verwendung bei der Durchführung von Anziehvorgängen an zwei Stellen eines Werkstücks. Nachdem die Hauptteilnummer vom PLC (Programmierbaren Regler) empfangen wurde, können Anziehvorgänge mit dem Werkzeug durchgeführt werden. An Bauteil A wird Drehmomentschlüssel A eingesetzt, um drei Schrauben anzuziehen. Nach Abschluss des Anziehvorgangs werden die an Bauteil B anzuziehenden Schrauben angezeigt und der Anziehvorgang kann durchgeführt werden. Die beiden Schrauben werden mit Drehmomentschlüssel B angezogen und nach Abschluss der Arbeit wird ein OK-Signal an den PLC ausgegeben. Wenn Drehmomentschlüssel B zum Anziehen einer Schraube an Bauteil A verwendet wird, tritt ein Fehler auf und die Anzeige wird zur Fehlerwarnung rot dargestellt, um sicherzustellen, dass der korrekte Drehmomentschlüssel zum Anziehen der Schrauben verwendet wird. Zudem wird ein NG-Signal an die Lampe ausgegeben. Da der Anziehvorgang an Bauteil B erst durchgeführt werden kann, wenn die Anzieharbeiten an Bauteil A abgeschlossen sind, wird auch der korrekte Arbeitsablauf aufrechterhalten. Mithilfe des Thin Client ist es möglich, Daten für jede Hauptteilnummer zu speichern und zu verarbeiten.



Überwachungsmethode

Neben der Überprüfung der Anzahl der angezogenen Schrauben wird das tatsächliche Anziehdrehmoment angezeigt. Es wird beurteilt, ob sich das Drehmoment innerhalb des Normbereichs befindet, und die Daten werden gespeichert. Dadurch wird die Anzugsverlässlichkeit erhöht. Es steht ein drahtgebundenes System (CSPD+CD5) und ein drahtloses System (CSPFHD) zur Verfügung. Diese werden auch als Unterstützung für Elektrowerkzeuge verwendet.



Beispiel der ID-Erkennung durch Thin Client (PC) unter Verwendung des RS-232C-Datenausgangs des CSPFHD-Empfängers.



Markiermethode

Eine Anzugsbestätigungsmarkierung wird angebracht, wenn das Anziehdrehmoment erreicht ist. Frühere Systeme wie die Methode, bei der sich ein mit Tinte gefülltes Schwämmchen in der Stecknuss befand, waren fehleranfällig, da das bloße Einstellen des Drehmomentschlüssels bereits zu einer Markierung führte und diese daher nicht als Anzugsbestätigung zu gebrauchen war. Auch die Methode der Anbringung einer Markierung mit einem Markierstift war als Markiersystem nicht geeignet, da der Markiervorgang in einem separaten Arbeitsschritt durchgeführt wurde und es möglich war, auch bei nicht abgeschlossener Anzieharbeit eine Markierung anzubringen.

Um dieses Problem zu lösen, stehen heute Drehmomentschlüssel mit Markierfunktion zur Verfügung, bei denen nur dann ein Marker zur Vermeidung versäumter Anziehvorgänge und Fehlbedienungen aktiviert wird, wenn der Drehmomentschlüssel betätigt und die Schraube zuverlässig mit dem Anziehdrehmoment angezogen wird. Für Sechskantschrauben steht das Modell MPQL, für Innensechskantschrauben das Modell CMQSP zur Verfügung.



Tohnichi-Schraubenanzugsicherungssystem ▶ S. 60

(2) Verwendung von Drehmomentwerkzeugen

1. Vorsichtsmaßnahmen bei der Auswahl von Zubehör

- Es besteht die Gefahr, dass Innensechskantsteckschlüssel (Kugelausführung), Universalgelenke und elastische Gelenke negative Auswirkungen auf die Anzugsgenauigkeit haben.
- Es besteht die Gefahr, dass Verlängerungsstangen und Drehstäbe negative Auswirkungen auf die Haltbarkeit der Drehmomentwerkzeuge haben können.
- Verwenden Sie Steckschlüssel, Bits und Adapter, die sich im gesicherten Festigkeitsbereich befinden.
- Verwenden Sie zur Schraubengröße passende Steckschlüssel und Bits.


Bei Zubehör wie Steckschlüsseln und Verlängerungsstangen besteht die Gefahr, dass Anzugsgenauigkeit und Werkzeuglebensdauer negativ beeinflusst werden. Gehen Sie bei der Auswahl des Zubehörs mit Bedacht vor.

2. Prüfungen vor Arbeitsbeginn

- Überprüfen Sie das zu verwendende Drehmoment. Stellen Sie bei verstellbaren Werkzeugen sicher, dass die Skalenwerte korrekt auf das zu verwendende Drehmoment eingestellt sind. Stellen Sie bei voreingestellten Werkzeugen sicher, dass die in der Haupteinheit beschriebenen Skalenwerte korrekt eingestellt sind.
- Prüfen Sie, ob sich Kratzer oder Rost auf der Haupteinheit befinden.
- Stellen Sie sicher, dass die Haupteinheit keine Verformungen aufweist.
- Prüfen Sie, dass keine Teile fehlen. (Achten Sie besonders auf etwaige Beschädigungen des Ratschenteils.)
- Prüfen Sie, ob Steckschlüssel und Bit Verschleißspuren aufweisen.

Machen Sie Verschleiß und Beschädigungen an Teilen schnell ausfindig und führen Sie die Anzieharbeiten mit geprüften Werkzeugen durch.

3. Methoden zur Ausübung von Kraft bei Drehmoment-Handwerkzeugen

-  üben Sie Kraft ausschließlich in die mit "ONLY" markierte Richtung aus. (Siehe Gebrauch auf S.312)
- Üben Sie Kraft an der Nutzlängenlinie aus. (Siehe Gebrauch auf S.312)
- Üben Sie durch Ziehen (bzw. Drücken) waagrecht Kraft aus. (Siehe Gebrauch auf S.312)
- Wenden Sie die Kraft im rechten Winkel an. (Siehe Gebrauch auf S.312)
- Üben Sie die Kraft nicht mit Schwung aus.
- Setzen Sie beim Ausüben von Kraft nicht Ihr Körpergewicht ein.
- Beenden Sie die Kraftausübung sofort, wenn Sie das "Klick"-Geräusch hören oder spüren, dass der Vorgang beendet ist.
- Führen Sie denselben Arbeitsgang nicht zwei- oder dreimal an derselben Schraube durch.

Wenn Sie die Arbeiten in einer unangemessenen Position durchführen, ist eine ordnungsgemäße Verwendung der Drehmomentwerkzeuge nicht möglich. Stellen Sie sicher, dass die Kraft in einem normalen Arbeitsumfeld ausgeübt wird.

4. Warnungen zur Verwendung von Drehmoment-Handwerkzeugen

- Stellen Sie sicher, dass kein Schmutz oder Wasser in das Werkzeug gelangt.
- Lassen Sie das Werkzeug nicht fallen und vermeiden Sie Kontakt mit anderen Gegenständen.
- Üben Sie kein Überdrehmoment aus.
- Verwenden Sie das Werkzeug nicht für das Wiedereinschrauben von Schrauben.
- Verwenden Sie das Werkzeug mit dem Verlängerungsgriff. (QLE2, CLE2)
- Verwenden Sie das Werkzeug nicht mit verlängertem Griffteil.
- Verwenden Sie den Drehmomentschlüssel innerhalb des Skalenbereichs.

5. Warnungen zur Lagerung

- Verringern Sie die Drehmomenteinstellung, bevor Sie Drehmomentwerkzeuge lagern. (Verstellbare Ausführungen)
- Lagern Sie sie an einem Ort mit geringer Luftfeuchtigkeit, der keinen großen Temperaturschwankungen unterworfen ist.
- Inspizieren Sie das Werkzeug, wenn es längere Zeit nicht benutzt wird.

6. Warnungen zur Verwendung von elektrischen und pneumatischen Drehmomentwerkzeugen

- Stellen Sie den Nutzungsdruck über einen Regler ein (vorliegender Druck).
- Stellen Sie sicher, dass der Nutzungsdruck nicht schwankt.
- Verwenden Sie einen Luftschlauch mit dem vorgeschriebenen Durchmesser.
- Verwenden Sie keinen längeren Luftschlauch als erforderlich.
- Stellen Sie sicher, dass kein Schmutz oder Wasser in die Werkzeuge gelangt.
- Blasen Sie den Luftschlauch vor dem ersten Anschließen durch.
- Tragen Sie Öl auf (ISO VG32 (Turbinenöl Nr.90)).
- Verwenden Sie das Dreipunktset (Regler, Filter, Öler).
- Wenn die Werkzeuge für eine Woche oder länger nicht genutzt werden, geben Sie Öl direkt in den Aufsatz (ca. 10 Tropfen), drehen Sie ihn einmal und lagern Sie das Werkzeug.
- Betätigen Sie den Starthebel so lange, bis der Anziehvorgang abgeschlossen ist. (Stopp- und Umkehrautomatik)
- Führen Sie denselben Arbeitsgang nicht zwei- oder dreimal an derselben Schraube durch.

4-6

Schraubenanzugsverlässlichkeit und Schrauben

Schraubenanzugsverlässlichkeit und Schrauben

Um eine "Schraubenanzugsverlässlichkeit" sicherzustellen, muss zuallererst die Verlässlichkeit der Schrauben selbst gewährleistet sein. Die axiale Vorspannung muss kontrolliert werden, um zu gewährleisten, dass die Kraft in dem durch die Standardisierung oder das Design vorgegebenen Bereich liegt, wenn die Schraube bis zum erforderlichen Drehmoment angezogen wird. Da sich der Drehmomentkoeffizient abhängig von der Reibung der Auflagefläche und der Gewindeteile verändert, sollten Faktoren wie Öl auf den Gewinden, Oberflächenhärte und Oberflächenbehandlung konstant bleiben. Wie beispielsweise bei HV-Schrauben für den Bau kann der Drehmomentkoeffizient mithilfe eines Spannungsmessers ermittelt werden, um sicherzustellen, dass sich der Drehmomentkoeffizient innerhalb des festgelegten Bereichs befindet und so die Schraubenanzugsverlässlichkeit weiter zu verbessern. In diesem Fall ist eine gewisse Anzahl an Stichproben erforderlich, um die Abweichungen des Drehmomentkoeffizienten zu ermitteln.

Schraubverbindungen bestehen aus Schrauben, Muttern und Verbindungselementen. Daher ist beim Ölen oder der Oberflächenbehandlung der Verbindung Vorsicht geboten, besonders wenn Öle auf Wachsbasis oder Molybdän-Schmiermittel verwendet werden. Der Drehmomentkoeffizient verringert sich und die axiale Vorspannung steigt stark an. Unterschiede der Verbindungsflächen, der Parallelität, der eingefügten Dichtungen oder der Lackierung wirken sich auf die Klemmkraft aus. "Festfressen" oder "Defekte im Schraubensitz" wirken sich ebenfalls negativ auf die Schraubenverlässlichkeit aus. Unlängst wurde ein Axialkraft-Stabilisator (Fcon) entwickelt, der den Drehmomentkoeffizienten und damit die Axialkraft stabilisiert und so zur Behebung der oben aufgeführten Probleme beiträgt.



Fcon ▶ S.428



4-7

Aufbau eines Systems der Anzugsverlässlichkeit

Aufbau eines Systems der Anzugsverlässlichkeit

Wie auf S.47 dargestellt, gibt es viele Faktoren, die die "Schraubenanzugsverlässlichkeit" beeinträchtigen. Um diese Faktoren zu eliminieren, ist es erforderlich, das gesamte System zu betrachten.

Design, Anziehvorgang, Schrauben und Zuverlässigkeit im Feld müssen in ausgewogener Weise Schritt für Schritt verbessert werden, damit eine Verringerung der Fehlerhäufigkeit beim Anziehen von Schrauben erreicht werden kann.

Zuerst müssen die Eignung des Designs und die Vorbedingungen geprüft werden. Bei der Drehmomentmethode ist ein Übereinkommen hinsichtlich des Anziehdrehmoments, der Toleranz, des Drehmomentkoeffizienten sowie des Verteilungsbereichs, der aufgewendeten Anziehungskraft und der Prüfmethoden erforderlich, an dem Mitarbeiter der Konstruktionsabteilung, Werkzeugbediener und Prüfer beteiligt sein müssen.

Es ist wünschenswert, diese Faktoren durch Standardisierung zu systematisieren. Beim Aufbau eines Systems der "Anzugsverlässlichkeit" muss die Eliminierung von "Maschinenfehlern" und "menschlichen Fehlern" einbezogen werden. Um eine solche Verlässlichkeit

aufrechtzuerhalten, wurden verschiedene Methoden mit unterschiedlichen Auswirkungen entwickelt. (Tabelle 4-2) Mehrere dieser Methoden können in Kombination verwendet werden, um das erforderliche Verlässlichkeitsniveau zu erreichen, wobei zuerst versucht wird, alle Faktoren, die die Verlässlichkeit beeinträchtigen, bei möglichst geringem Kosten- und Zeitaufwand zu eliminieren. Selbst bei Einsatz eines aufwändigen Systems ist die Verlässlichkeit nicht gewährleistet, wenn nicht alle Anforderungen erfüllt werden. Die Standardisierung von Schraubenanziehvorgängen ermöglicht einen einfachen Kundendienst nach dem Verkauf. Selbst wenn eine spezielle Anzugmethode erfolgreich im Werk eingesetzt wird, geht die Verlässlichkeit verloren, wenn dieselbe Methode nicht durch den Kundendienst umgesetzt werden kann. Das System der "Schraubenanzugsverlässlichkeit" im weiteren Sinne schließt die Wartung mit ein.

Da Schrauben auf einfache Weise eine große Klemmkraft entwickeln, werden zahlreiche Schrauben in der Montage von Produkten verwendet, doch da das Anziehen von Schrauben mit vielen Unsicherheitsfaktoren verbunden ist, beeinflussen diese die Verlässlichkeit der Produkte und des gesamten Systems.

Tabelle 4-2. Methode zur Überprüfung der Anzugsverlässlichkeit

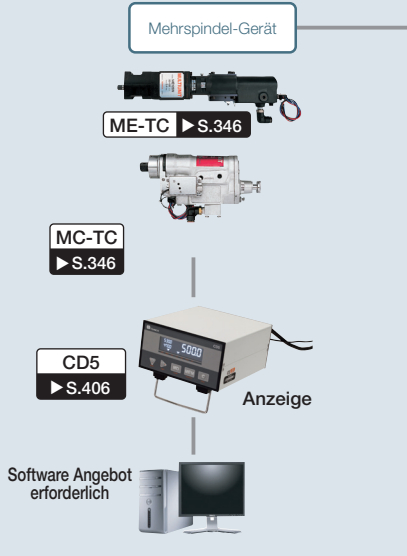
Methode	Maschinenfehler	Menschlicher Fehler	Schraubenverlässlichkeit	
			Sichtprüfung	Nichtvisuelle Prüfung
1) 100% Nachziehprüfung	⊙	⊙	×	⊙
2) Zweistufiges Anziehen (doppelte Prüfung)	⊙	⊙	×	⊙
3) Stichprobenartige Nachziehprüfung	⊙	×	×	○
4) Regelmäßige Prüfung der Drehmomentwerkzeuge	⊙	×	×	×
5) Sichtprüfung durch den Drehmomentwerkzeugbediener	×	○	⊙	×
6) Markierung (Steckschlüssel)	×	○	×	○
7) Abschluss des Anziehvorgangs durch Markierung	×	⊙	×	⊙
8) Abschluss des Anziehvorgangs durch Zählung	×	⊙		×
9) OK-NG-Beurteilung der Anziehdrehmomentkontrolldaten	○	⊙		×
10) Speicherung der Anziehdrehmomentkontrolldaten	○	⊙		×
11) Überwachung des Anziehdrehmoments (unabhängig)	⊙	⊙		○
12) Überwachung des Anziehdrehmomentwinkels	○	⊙		⊙
13) Klemmkraftmessung (Dehnung, Ultraschall)	⊙	⊙		⊙
14) Stichprobenweise Prüfung des Drehmomentkoeffizienten	×	×		○
15) Stichprobenweise Produktprüfung	⊙	×		○

⊙: Effektiv, ○: Wenig effektiv, ×: Ineffektiv, []: Sichtprüfung eingeschlossen

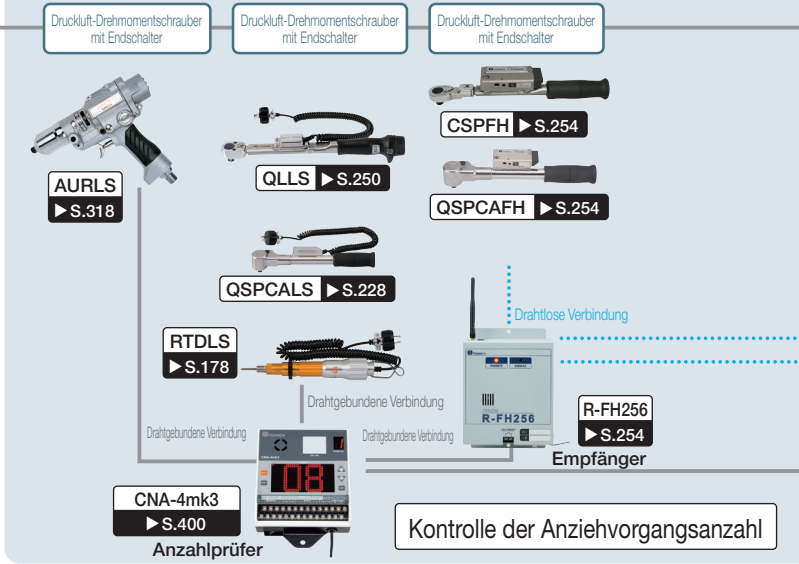
4-8 Von der Drehmoment-Regelung zum Anzugsicherungssystem

(1) Tohnichi-Schraubenanzugsicherungssystem

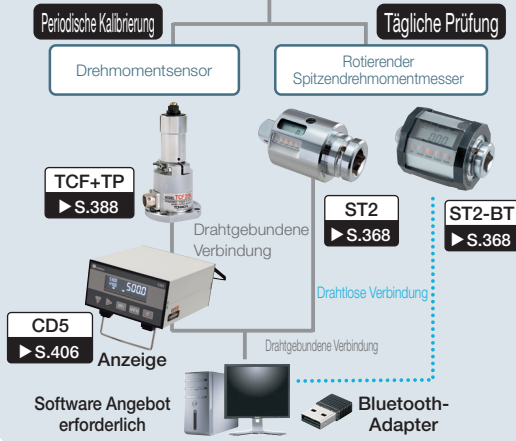
Datenverwaltungssystem für Druckluftanziehvorgänge



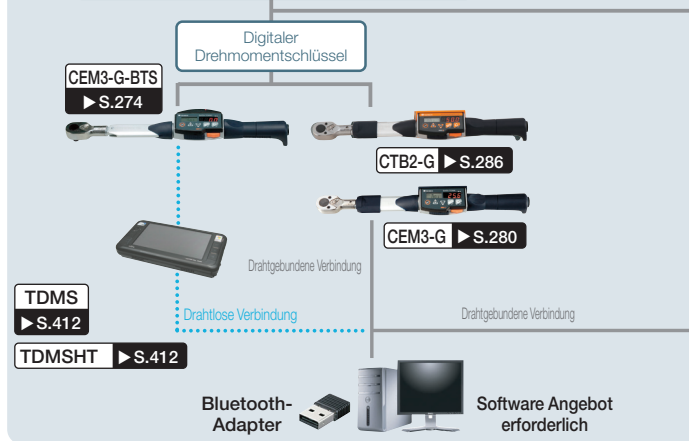
Pokayoke, Fehlervermeidungssystem



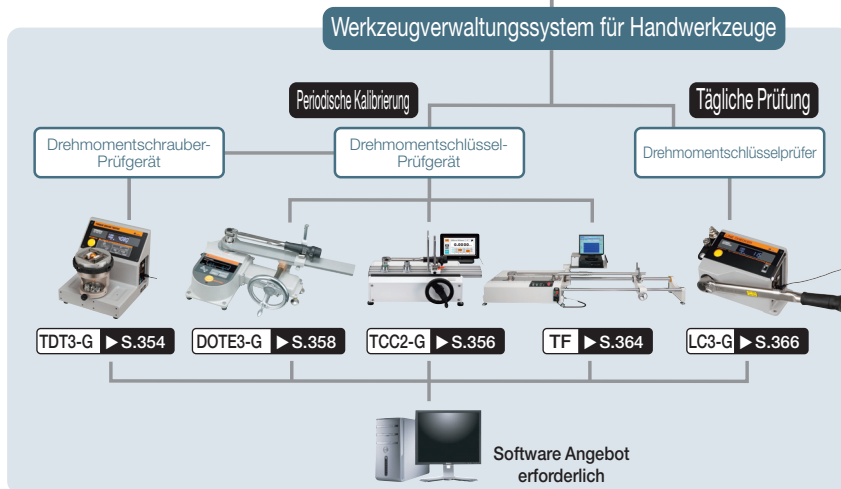
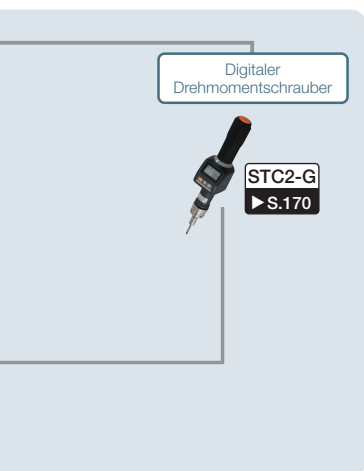
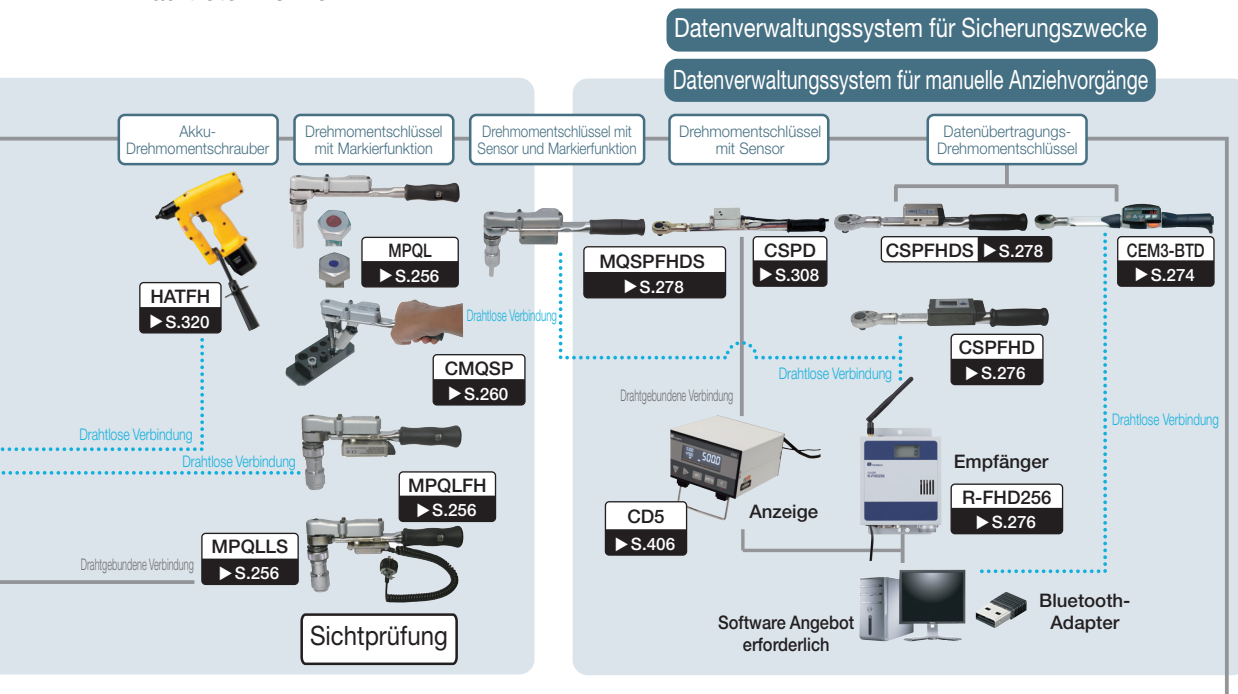
Werkzeugverwaltungssystem für Druckluftwerkzeuge



Prüfdaten-Verwaltungssystem

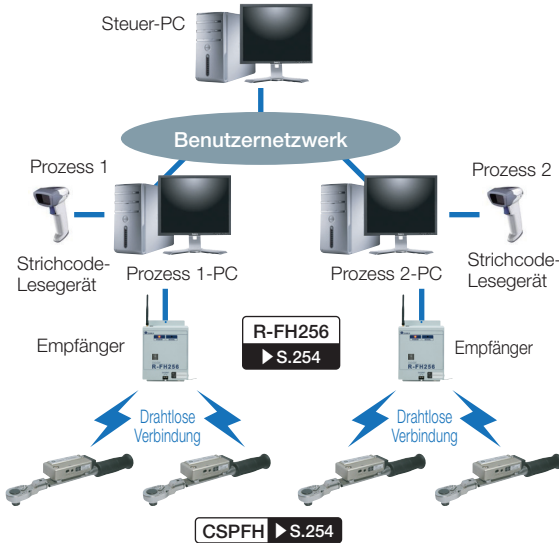


Das Anzugsicherungssystem von Tohnichi bietet Benutzern Informationen zum ordnungsgemäßen Anziehen von Schrauben und der Vermeidung verschiedener Fehler, die bei Schraubenanzieharbeiten auftreten können.

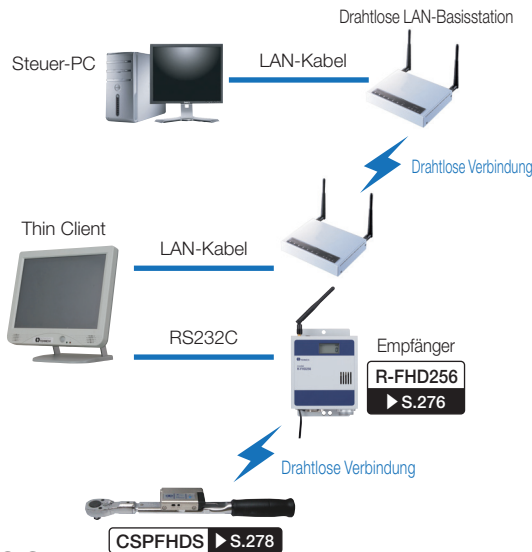


(2) Systemkonfigurationsbeispiele

■ Pokayoke, Fehlervermeidungssystem ①



■ Pokayoke, Fehlervermeidungssystem ②



Fehlervermeidungssystem

Auslösender Drehmomentschlüssel mit drahtloser ID-Erkennungsfunktion, FH

Der Anziehungspunkt jedes Arbeitsvorgangs wird auf dem PC angezeigt und das System bietet Betriebsanweisungen über Töne.

Der Bediener prüft zuerst die Anzieharbeiten mithilfe eines Strichcode-Lesegeräts und führt dann die Anziehvorgänge nach den PC-Anweisungen durch. Zudem werden die Daten des Anziehvorgangs über ein Netzwerk auf einem Server gespeichert. Die Rückverfolgbarkeit der Anzieharbeiten ist möglich.

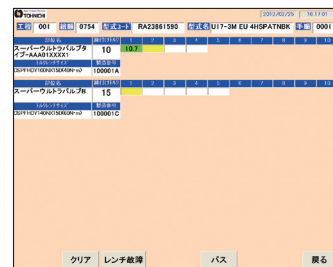


Fehlervermeidungs- + Überwachungssystem

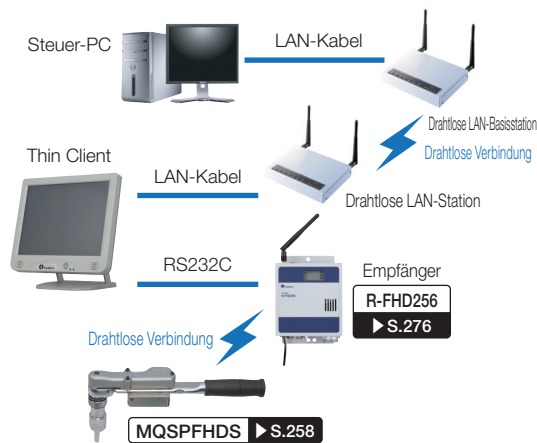
Auslösender Drehmomentschlüssel mit drahtloser Datenübertragungsfunktion, FHD

Das System ist in der Lage, Daten tatsächlich angewandter Drehmomentwerte zu verwalten und versäumte Anziehvorgänge zu vermeiden.

Der Bediener führt die Anzieharbeiten nach den PC-Anweisungen durch. Eine OK/NG-Beurteilung wird auf der Grundlage des Anziehdrehmomentwerts des oberen und unteren Grenzwerts durchgeführt. Die Beurteilungsergebnisse werden auf einem Server gespeichert und die Rückverfolgbarkeit der Anzieharbeiten ist möglich.



■ Pokayoke, Fehlervermeidungssystem ③



Fehlervermeidungs- + Überwachungs- + Markiersystem Drehmomentschlüssel mit drahtloser ID-Erkennungsfunktion und Markierfunktion, MQSPFHDS

Neben der Vermeidung von versäumten Anziehvorgängen und der Verwaltung des tatsächlich angewandten Drehmomentwerts wird auch eine Markierung des Schraubenkopfes durchgeführt. Das System ist sehr effektiv, was die Vermeidung und Ermittlung menschlicher Fehler wie versäumter Anziehvorgänge durch Sichtprüfung betrifft. Es handelt sich um ein fortschrittliches System zur Kontrolle der Anzahl der anzuziehenden Schrauben sowie des tatsächlich angewandten Drehmomentwerts. Alle Daten werden auf einem Server gespeichert und die Rückverfolgbarkeit der Anzieharbeiten ist möglich.

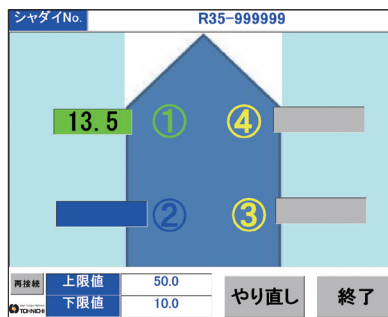


■ Pokayoke, Fehlervermeidungssystem ④



Fehlervermeidungs- + Überwachungssystem Digitaler Drehmomentschlüssel mit drahtloser Datenübertragungsfunktion, CEM3-BTD

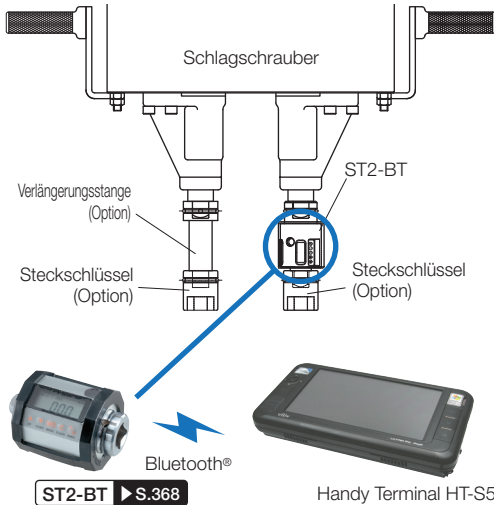
Dieses System ist ideal zur Verwaltung von Anzugsdaten in der Zellenproduktion. Oberer/Unterer Grenzwert kann mittels PC über Duplex-Kommunikation eingestellt werden. Alle Daten werden auf einem Server gespeichert und die Rückverfolgbarkeit der Anzieharbeiten ist möglich.



4-8

Von der Drehmoment-Regelung zum Anzugsicherungssystem

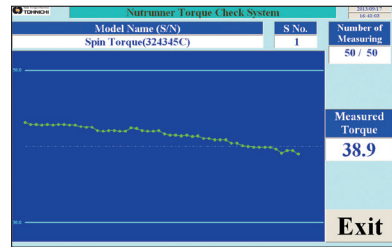
■ Schlagschrauber-Prüfsystem Spintork / ST2-BT



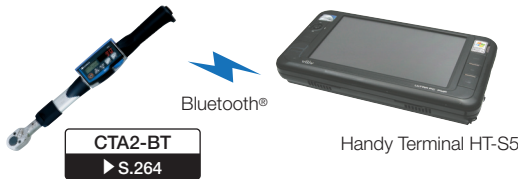
Eine Schlagschrauber-Drehmomentprüfung kann durch ST2-BT inklusive Handy Terminal sehr genau und einfach in Echtzeit durchgeführt werden. Die Datenübertragung erfolgt über drahtlose Kommunikation.

Das Handy Terminal HT-S5 ist ideal für kompakte Mobilität. Frühe Fehlererkennung ist dank der durch das Handy Terminal bereitgestellten Informationen möglich.

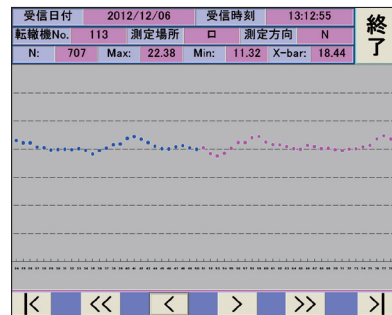
Die meisten Fehler können bereits im Vorfeld durch statistische Prozesskontrolle der überprüften Daten vermieden werden. Alle Anzugsdaten werden über ein Netzwerk auf einem Server gespeichert und die Rückverfolgbarkeit der Anzieharbeiten ist möglich.



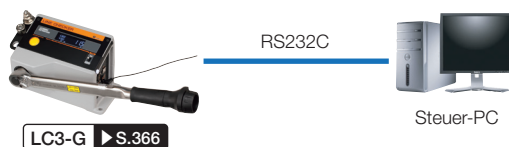
■ Drehmoment-Drehwinkel-Messsystem Digitaler Drehmoment- und Winkelschlüssel / CTA2-BT



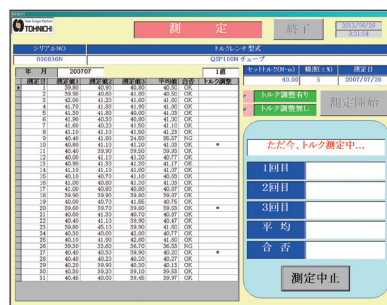
Beim drehwinkelgesteuerten Anziehen von Schrauben werden Drehmoment und Winkel gleichzeitig gemessen und auf dem Handy Terminal angezeigt. Das Verhältnis zwischen Drehmoment und Winkel ist grafisch darstellbar. Eine Echtzeitanalyse ist möglich.



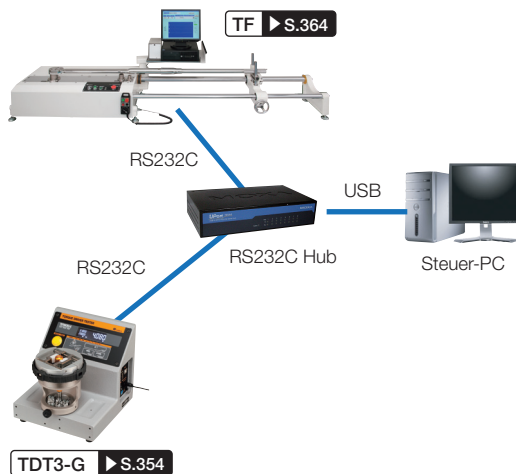
System zur täglichen Drehmomentschlüsselprüfung Drehmomentschlüssel-Linienprüfer / LC3-G



Vor und nach den Anzieharbeiten wird eine tägliche Prüfung der Drehmomentwerkzeuge durchgeführt, um Werkzeugprobleme auf ein Minimum zu reduzieren. Die gemessenen Daten werden durch LC3-G auf dem Server gespeichert und Fehler können bereits im Vorfeld durch statistische Daten vermieden werden. Dadurch wird eine vorbeugende Instandhaltung ermöglicht.



System zur regelmäßigen Kalibrierung Drehmomentschlüssel-Prüfgerät / TF



Dieses System ermöglicht die Verwaltung der Daten der periodischen Kalibrierung von Drehmomentschraubern und -schlüsseln über einen Steuer-PC. Das System bietet durch Speicherung der Daten auf einem Server folgende Funktionen.

- Verfolgen einer vollständigen Aufzeichnung von Anfang bis Ende
- Steuerung des Kalibrierzyklus
- Alarmmeldung zur Ankündigung des Kalibriertermins
- Ausstellung eines Kalibrierzertifikats
- Genauigkeitsprüfung nach Seriennummer usw....

