

SCHRAUBE

Elektrische Kontaktverschraubung sichern

Elektrische Schraubverbindungen benötigen eine andere Auslegung als mechanische, weil Vorspannkraft, Übergangswiderstand und Temperatur dynamisch gekoppelt wirken. Doch was gibt es hierbei zu beachten?



Sicherungssysteme wie NSK-E oder NSK-EL stellen definierte Federkennwerte zur Verfügung, kompensieren Setz-, Kriech- und Relaxationsvorgänge und stabilisieren den Kontaktdruck über die Lebensdauer.

Was kostet eine einzelne Schraubverbindung wirklich? In elektrischen Hochleistungsanwendungen entscheidet sie nicht nur über mechanischen Halt, sondern über Übergangswiderstand, Verlustleistung, Temperatur und damit über Energieeffizienz und Anlagenverfügbarkeit. Mit steigender Leistungs- und Energiedichte wird die elektrische Kontaktverschraubung zunehmend zu einem sicherheits- und kostenrelevanten Risikofaktor. Bereits geringe Abnahmen der Kontakt- bzw. Klemmkraft erhöhen den Übergangswiderstand, verursachen zusätzliche Verlustleistungen und lokale Erwärmung. Diese Effekte bleiben im Betrieb oft unentdeckt, beschleunigen den Vorspannkraftabbau und erhöhen Energie- sowie Betriebskosten. Die Schraubverbindung ist damit kein rein mechanisches Fügeelement, sondern ein wirtschaftlich und sicherheitsrelevantes Funktionssystem.

Der konstruktive Aufbau elektrischer Kontaktverschraubungen ist in vielen Anwendungen noch immer von Konstruktionsprinzipien aus vergangenen Jahrzehnten geprägt, als Stromdichten, thermische Lasten und dynamische Betriebsprofile deutlich geringer waren. Schraubverbindungen wurden überwiegend geometrisch und mechanisch ausgelegt; der gezielte Aufbau und der langfristige Erhalt einer definierten Kontaktkraft spielten keine zentrale Rolle. Aus heutiger Sicht stellt dieser Ansatz ein systemisches Risiko dar. Elastische Nachgiebigkeit und der Einfluss der Rei-

bungsverhältnisse auf Vorspann- und Kontaktkraft werden unzureichend berücksichtigt. Viele Normen enthalten keine belastbaren Vorgaben zu Reibungszahlen. Zusätzliche Scheiben erhöhen zudem die Anzahl der Trennfugen und verstärken Setzeffekte. Die Folge sind streuende Kontaktkräfte, instabile Übergangswiderstände und erhöhte thermische Beanspruchungen.

Reibung, Vorspannkraft und Kontaktkraft – ein vernachlässigter Wirkzusammenhang

Bild: Teckentrup

Bei drehmomentgesteuerter Montage wird der überwiegende Anteil des Anziehdrehmoments zur Überwindung der Reibung im Gewinde und unter dem Schraubenkopf benötigt. Die tatsächlich wirksame Vorspann- und Kontaktkraft ergibt sich als Differenzgröße und reagiert hochsensibel auf Reibwertstreuungen. Bereits geringe Abweichungen der Reibungszahlen führen zu erheblichen Streuungen der Vorspannkraft.

Gerade bei elektrischen Kontaktverschraubungen mit kurzen Klemmlängen, weichen Leiterwerkstoffen und vergleichsweise niedrigen Anziehdrehmomenten wird der Kontaktdruck damit stark zufallsabhängig. Eine instabile Kontaktkraft wirkt sich nicht nur auf die mechanische Sicherheit, sondern auch auf den elektrischen Übergangswiderstand aus. In der Folge können lokal erhöhte Verlustleistungen und thermische Zusatzbeanspruchungen auftreten, die wiederum den Abbau der Vorspannkraft begünstigen.

Federringe, Reibwertstreuung und Kontaktkraftinstabilität

Ein weiterer kritischer Aspekt ist der nach wie vor verbreitete Einsatz klassischer Federringe und anderer von der Norm zurückgezogene Sicherungselemente. Diese Elemente erzeugen zusätzliche und schwer kontrollierbare Reibwertstreuungen, führen zu einer erhöhten Streuung der Vorspannkraft und tragen aufgrund fehlender wirksamer Federkennwerte nicht zur Stabilisierung der Klemm- oder Kontaktkraft bei.

Ein in Normen für elektrische Schraubverbindungen bislang weitgehend unbeachteter Aspekt sind Lang- und Sonderlochgeometrien, die in der Praxis häufig zur Toleranzaufnahme, Justage oder Montagevereinfachung eingesetzt werden. Durch die reduzierte und oft exzentrische Auflagefläche verändert sich der Druckkegel er-

VERFASST VON
Jan Müller
Geschäftsführer
Teckentrup SLI GmbH &
Co. KG



heblich; lokale Kontaktspannungen, Setzvorgänge und Gleitneigungen nehmen zu.

Diese Effekte beeinträchtigen nicht nur die mechanische Stabilität, sondern auch die Gleichmäßigkeit der Kontaktbedingungen und können zu erhöhten Übergangswiderständen sowie thermischen Zusatzbeanspruchungen führen. Multifunktionale Sicherungsscheiben wie die NSK-EL ermöglichen hier eine gezielte Anpassung, indem sie selbst bei partieller Kontaktfläche einen wirksamen Druckkegel sicherstellen und sowohl die Lockerungs- und Losdrehsicherheit als auch die Stabilität der Kontaktkraft verbessern.

Für elektrische Kontaktverschraubungen ist daher ein Umdenken erforderlich. Zielführend sind Sicherungskonzepte, die die genannten Zielkonflikte als einteilige Lösung mit möglichst geringer Trennfugenzahl konstruktiv auflösen. Dies gelingt durch multifunktionale Schraubensicherungselemente, die mit definierten Reibungszahlfenstern, eine nachweislich wirksame Erhöhung der elastischen Nachgiebigkeit mit einer wirksamen Sicherung gegen Lockern und selbsttätiges Losdrehen kombinieren.

Sicherungssysteme wie NSK-E oder NSK-EL stellen definierte Federkennwerte zur Verfügung, kompensieren Setz-, Kriech- und Relaxationsvorgänge und stabilisieren den Kontaktdruck über die Lebensdauer. Damit tragen sie gleichzeitig zur mechanischen Funktionssicherheit, zur Stabilisierung des Übergangswiderstands und zur Begrenzung thermischer Zusatzbeanspruchungen bei.

Multifunktionale Schraubensicherungssysteme als Konfliktlösung

Der weiterhin verbreitete historische Aufbau elektrischer Kontaktverschraubungen stellt unter heutigen Leistungsbedingungen ein erhebliches technisches Risiko dar. Fehlende Reibwertbetrachtungen, ungeeignete Oberflächenempfehlungen, der Einsatz unwirksamer



Bild: Teckentrup

Das zEMT-Modell von Teckentrup SLI: Das Modell beschreibt das zeitabhängige, gegenseitig verstärkende Wechselspiel zwischen elektrischen, mechanischen und thermischen Eigenschaften einer elektrischen Schraubverbindung.

Federelemente sowie zusätzlicher Scheiben und die Nichtberücksichtigung von Lang- und Sonderlochgeometrien gefährden die Stabilität der Kontaktkraft. Die daraus resultierenden Schwankungen des Übergangswiderstands und der thermischen Belastung verstärken diese Risiken zusätzlich. Multifunktionale Schraubensicherungssysteme ermöglichen eine konstruktive Auflösung dieser Zielkonflikte und bilden die Grundlage für dauerhaft funktionierende und sichere elektrische Kontaktverschraubungen.

Trotz verbesserter Normen und rechnerischer Auslegung bleiben die mechanisch-elektrischen Wechselwirkungen in Kontaktverschraubungen anspruchsvoll. Verfahren wie das Mechanical-Electrical-Resilience-(MER-) Verfahren ermöglichen eine integrierte Betrachtung von Vorspann- / Kontaktkraft, Übergangswiderstand sowie elastischer Nachgiebigkeit und können künftig eine sinnvolle Ergänzung zur normativen und rechnerischen Absicherung darstellen. (jup)