

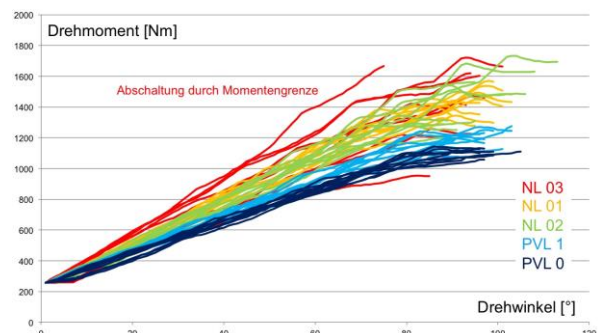
17.02.2016

Machbar: Lackierte Bauteile prozesssicher verschrauben

Konstrukteure im Maschinen- und Stahlbau stehen vor einem Problem: Es gibt keine Grundlagen, Richtlinien oder Normen, die das Verschrauben lackierter Bauteile umfassend regeln. Ein Konsortium aus Industrie und Forschung nahm sich dieses Umstands an – und ermittelte erste praxistaugliche Resultate für das prozesssichere Verschrauben lackierter Bauteile.

Bislang bleibt nur der umständliche Weg: Einerseits geht es nicht ohne lackierte Bauteile, da sonst der Korrosionsschutz nicht gegeben ist. Andererseits wird der Lack – insbesondere bei Schraubverbindungen der Risikokategorie A – an kritischen Stellen wie der Kopf- oder Mutterauflagefläche vor dem Verschrauben wieder entfernt. Oder diese Stellen werden im Beschichtungsprozess maskiert. Es gilt bis dato, die Lackschicht aus dem Kraftfluss heraus zu halten. Denn die Schicht verändert Reibung, erforderliche Drehmomente und Drehwinkel, das sich ergebende Setzverhalten sowie die effektiv resultierende Montagevorspannkraft. Die funktionsrelevante Vorspannkraft und deren Vorspannkraftverlust lassen sich nicht mit Hilfe der einschlägigen Normen oder Richtlinien analytisch berechnen. Da Lackschichten im Praxisbetrieb nachgeben, kann das bis zu kritischem Verlust an Vorspannkraft und somit zum Versagen der Schraubverbindung führen.

Es gibt keine Normen oder Richtlinien, die die Verschraubung lackierter Bauteile mit organischen Lackschichten im Kraftfluss umfassend regeln. Mit ihrer Hilfe ließen sich neue Korrosionsschutzsysteme für den anspruchsvollen Einsatz im Maschinen- oder Stahlbau entwickeln. Fehlalarme auch bei geeigneten Schrauber-Steuerungen für eine lackspezifisch parametrierbare und dokumentierende Schraubprozesskontrolle.



Vergleich verschiedener Lackschichten.jpg
Verschiedene Nass- und Pulverlacke im Vergleich.



Drehkranzverschraubung bei Mobilkran.jpg
In nahezu jeder Branche werden lackierte Bauteile miteinander verschraubt – wie auch hier bei einem Mobilkran, wo der Oberwagen über den Drehkranz mit dem Unterwagen verbunden wird.

Denn wer nur auf das reine Drehmoment schaut, erfährt nichts über die notwendige funktionsrelevante Vorspannkraft.

Daher startete ein Konsortium ein Forschungsprojekt. Neben der Fakultät für Maschinenbau und Verfahrenstechnik der Hochschule Offenburg beteiligten sich Liebherr Werk Ehingen GmbH, Barbarino & Kilp GmbH (HYTORC), JUKO Technik GmbH (smarttorc) und Emil Frei GmbH & Co. KG (FreiLacke).

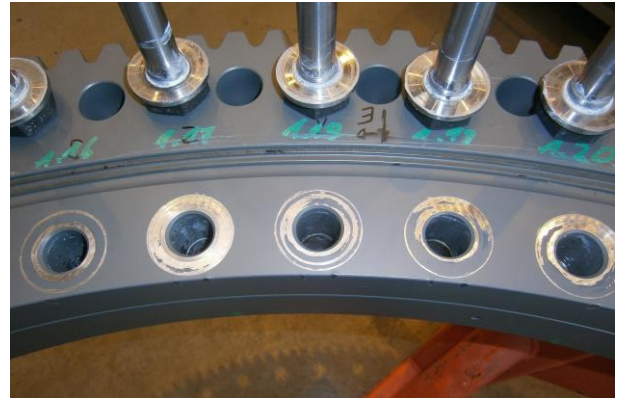
Das Ziel des Konsortiums

...ist, herauszufinden, wie sich im Kraftfluss befindliche Korrosionsschutzlackschichten auswirken, die im linearen Lastbereich der Schraube ein nicht-lineares Materialverhalten zeigen. Die Referenzanwendung erhielten die Forscher der Hochschule Offenburg von Liebherr in Ehingen: Der Kranhersteller lackiert aus Korrosionsschutzgründen die Bauteile, aus denen der Drehkranz des Krans gefertigt ist. Daher hat das Unternehmen großes Interesse, diese Verschraubungen unter neuen Anforderungen weiterhin prozesssicher zu montieren. Das Team untersuchte, wie ein sicherer Schraubmontageprozesses unter Anwendung des streckgrenzengesteuerten Anzugsverfahrens (Gradientenverfahren) gestaltet werden kann. Außerdem galt es, die Lacksysteme hinsichtlich Vorspannkraftverlust, Reibung und Korrosionsschutz zu vergleichen.

Ab ins Labor

Als Basis für die Montageversuche verwendeten die Forscher die Hydraulikpumpe Eco2Touch von JUKO Technik GmbH / smarttorc. Sie kann Schraubenverbindungen mit Lackschichten im Kraftfluss wiederholgenau streckgrenzengesteuert anziehen. Zudem ist die Pumpe in der Lage, mittels des streckgrenzengesteuerten Anzugsverfahrens beliebige Schraubverbindungen hinsichtlich ihres möglichen Potentials zu analysieren.

Die Forscher verschraubten mit fünf verschiedenen Lackarten (drei Nass- und zwei Pulverlacke) versehene Prüfkörper und vermaßen nach dem Schraubvorgang die Länge der Schraube. Sie sollte nach allgemeiner Konstruktionsregel das schwächste Bauteil sein und somit eine gewisse Längenänderung erfahren, damit die notwendige Vorspannkraft erreicht wird. Durch das Ermitteln der Länge lässt sich das Erreichen der Streckgrenze validieren sowie der jeweilige Zielkorridor und die Werte für die Pumpe festlegen.



Lackschäden.jpg

So nicht: Nur bei sachgemäßer Verschraubung und Wahl des richtigen Lackes ist der Korrosionsschutz gewährleistet.

Die Messungen zeigen ganz klar, dass beim rein drehmomentgesteuerten Verschrauben spezifische Prozesstoleranzen nicht sicher erreicht werden. Obwohl der Vorgang „nicht in Ordnung“ ist, könnte er von einem weniger intelligenten Montagesystem als „in Ordnung“ eingestuft werden. Außerdem belegen die Tests, dass unterschiedliche Lackarten unterschiedlich viel Reibung erzeugen. Einer der Nasslacke beispielsweise streute sehr stark und würde in der Praxis unter bestimmten Bedingungen die Prozesssicherheit gefährden.

Viele der untersuchten Lackschichten wurden trotz einer Streckgrenze von 320 Kilonewton in der Kopfaufgabe nicht zerstört. Für die Praxis bedeutet dies: Stimmt die Rezeptur des Lacks und wird das Bauteil unter sauberen Bedingungen lackiert, dann bleibt der Korrosionsschutz auch nach dem Anziehen – und dem Lösen – erhalten. Wichtig ist dies beispielsweise beim Offshore-Einsatz, da hier durch die Revision die Lackschicht, anders als bei einer Nasslackierung, nicht zerstört würde.

Verlust der Vorspannkraft hält sich in Grenzen

In ersten Testreihen untersuchten die Fachleute Lackschichten in der Kopfaufgabe einer Referenzanwendung. Es zeigte sich, dass es durch den Lack immer zu einem Verlust an Vorspannkraft kommt. Im Vergleich zu unlackierten Teilen ist dieser Verlust von durchschnittlich weniger als zehn Prozent als gering einzustufen.

Mittels einer eigens entwickelten Vorrichtung testen die Forscher den Verlust an Vorspannkraft bei verschiedenen Lastniveaus und Temperaturen. Der Vorteil der Vorrichtung: Die beim Lackhersteller üblichen Testbleche lassen sich unverändert verwenden. Ergebnis der Messreihen: Pulverlacke zeigen im Vergleich zu den Nasslacken eine höhere Verschleißfestigkeit und einen geringeren Vorspannkraftverlust mit insgesamt geringeren Streuungen. Nach den diversen Tests sind die Forscher in der Lage, die einzelnen Lackarten nach ihrer Tauglichkeit zu sortieren.

Konstrukteure können aufatmen – ein bisschen

Das Fazit für Lackschichten in der Kopfaufgabe: Wird das vom Konstrukteur entworfene Produkt unterhalb kritischer Temperaturen in einer quasi-statischen Anwendung eingesetzt, dann kann bezüglich Lackschichten in der Kopf- und Mutteraufgabe von relativ geringen Vorspannkraftverlusten ausgegangen werden.

Offen ist noch, wie sich diese Bauteile unter dynamischen Belastungen verhalten. Außerdem unternehmen die Forscher künftig noch Langzeitversuche und sie wollen ermitteln, wie sich die Lacke und Schrauben beim mehrfachen Verschrauben und Anziehen verhalten.

Fest steht jedoch bereits nach den ersten Testreihen, dass die Betriebsbeanspruchungen der Schraubenverbindung entscheidend sind. Dabei kommt es insbesondere auf die Temperaturen an, die während der gesamten Lebensdauer auf die Schraubenverbindung respektive die angestrebten Korrosionsschutzlacke einwirken. Zudem ist relevant, wie viele Trennfugen und somit Lackschichten insgesamt im Kraftfluss vorhanden sind. Generell führen höhere Schichtstärken zu höheren Setzkraftverlusten.

Ein Zwischenfazit und ein Ausblick

Die Auswertung der bisherigen Versuche zeigt, dass unter bestimmten Bedingungen die getesteten Lacksysteme den hohen mechanischen und thermischen Belastungen, die in einer Kopfauflagefläche herrschen, standhalten können.

Die ermittelten Vorspannkraftverluste lagen in einem Bereich, der nahezu dem von nicht beschichteten Bauteilen entspricht. Dies würde nach den derzeitigen Erkenntnissen keine Gefahr für die Betriebssicherheit der Schraubenverbindung bedeuten. Hinsichtlich des Korrosionsschutzes ist der Erkenntnisstand der, dass die resultierende Lackschicht ausreichenden Korrosionsschutz bieten sollte.

Es sind weiterführende Untersuchungen geplant. So stehen zukünftig auch dynamische Tests an, um sich weiteren Anwendungsfällen anzunähern. Um noch tiefere Einblicke in das rheologische Verhalten lackierter Bauteile zu erhalten, stehen Relaxations- sowie Kriechversuche an der hochpräzisen Zug-Druck-Prüfmaschine der Hochschule Offenburg an. Mit einem sogenannten Salzwasser-Sprüh-Nebelsversuch nach DIN EN ISO 9227 wollen die Fachleute zusammen mit den Experten bei FreiLacke den Nachweis erbringen, dass der Korrosionsschutz tatsächlich gewährleistet ist und damit die optischen Eindrücke bestätigt werden können.

Wie sich bei den Schraubversuchen lackierter Bauteile gezeigt hat, ist der Einsatz eines intelligenten Schraubmontagesystems zwingend erforderlich, um prozesssicher arbeiten zu können. Nur ein der Eco2Touch entsprechend fähiges Schraubmontagesystem kann einen Schraubprozess sicher zu einem optimalen Montagevorspannkraftergebnis führen.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

