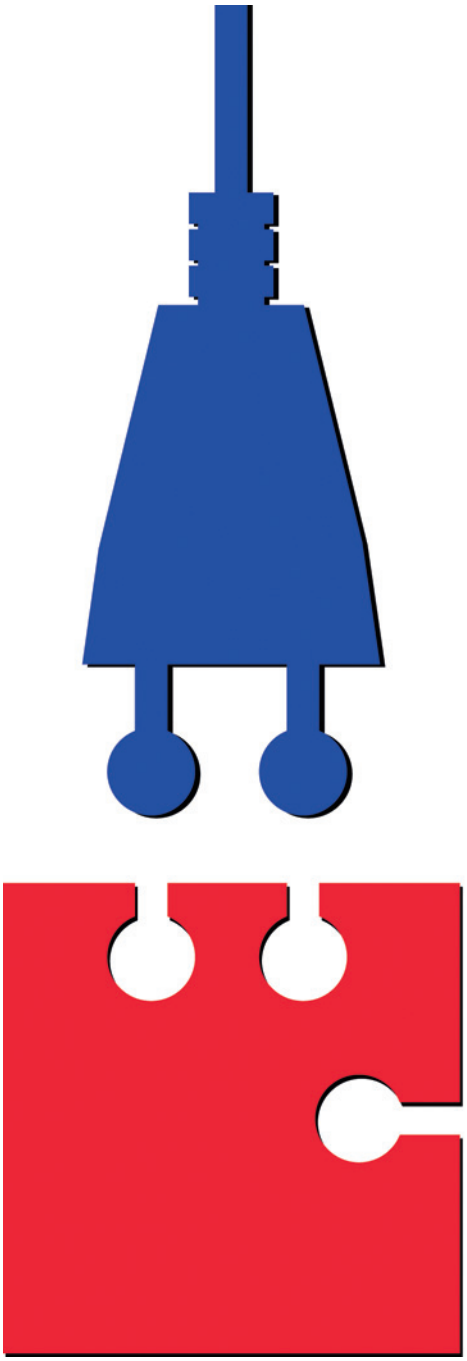
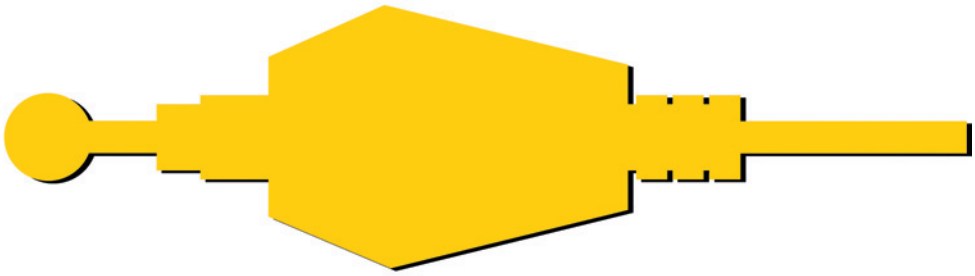


Simulation mit ANSYS bei der Entwicklung und Fertigung von Steckverbindungen

Zuverlässige Verbindung

Bei der Entwicklung von Steckverbindern müssen vielfältige Anforderungen an das Design des Produktes und an die Fertigungsprozesse berücksichtigt werden. Ziel ist es, eine optimale elektrische und thermische Leitfähigkeit, robuste mechanische Eigenschaften sowie eine gute Signalübertragung im gesamten Frequenzbereich mit hoher Zuverlässigkeit und kostengünstiger Fertigung zu verbinden.



Um die Präzision der einzelnen Komponenten und ihres Zusammenspiels zu erhöhen, können die physikalischen Eigenschaften von Steckverbindern und die zu deren Herstellung notwendigen Produktionsprozesse frühzeitig mit ANSYS eingehend analysiert und optimiert werden.

Am Beispiel eines Tyco-Steckverbinders lässt sich aufzeigen, wie die sehr hohe Ausfallwahrscheinlichkeit eines Ausgangs-Designs von 89 Prozent durch den Einsatz von ANSYS Workbench in Kombination mit optiSLang auf Werte kleiner 0.00034 Prozent (Six Sigma Niveau) verbessert wurde. Weitere Anwendungsgebiete für die Simulation mit ANSYS bei Steckverbindern ergeben sich für mechanische, elektrische und thermische Produkteigenschaften sowie die erforderlichen Fertigungsprozesse.

Simulation im Entwicklungsprozess

In die Simulationsumgebung ANSYS Workbench sind diverse Werkzeuge für verschiedene physikalische Aufgabenstellungen unter einer einheitlichen Benutzeroberfläche integriert. Die Durchgängigkeit über alle Arbeitsschritte und Simulationen hinweg ermöglicht es, eine der zentralen Herausforderungen in der Entwicklung und Produktion von Steckverbindern beherrschbar zu machen: Die Zuverlässigkeit. Die traditionelle simulationsbasierte Produktentwicklung, in der ein Design in einem iterativen Veränderungsprozess simuliert, verändert, erneut simuliert und weiter verändert wird, bis bestimmte Eigenschaften erreicht sind, basiert auf konkreten Eingangsgrößen wie Signalen, Geometrien oder Materialeigenschaften. Bei diesen konkreten Einflussgrößen bleibt jedoch die Streuung von Eigenschaften, die das Produktverhalten beeinflussen, unberücksichtigt, so dass die Produktzuverlässigkeit nicht für alle in der Praxis auftretenden Konstellationen gewährleistet ist. Die Streuung von Materialparametern, die Varianz in den auftretenden Lasten und Signalen, schwankende Produktionsparameter und geometrische Toleranzen setzen für sichere Produkte

Bild: vs148/shutterstock.com

eine weitergehende Absicherung voraus: Ziel ist ein robustes Produkt, das über eine sogenannte Robust-Design-Optimierung (RDO) erreicht wird.

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde die RDO-Software optiSLang in die Simulationslösungen von ANSYS integriert. optiSLang inside ANSYS Workbench setzt auf dem vollparametrischen Simulationsmodell von ANSYS Workbench auf und nimmt mit intelligenten Voreinstellungen und minimalem Nutzereingriff eine systematische und effiziente Untersuchung des gesamten Parameterraums vor. Die daran anschließende Sensitivitätsstudie liefert die Zusammenhänge der verschiedenen Einflussgrößen auf die relevanten Ergebnisse, so dass der Entwicklungsingenieur einen guten Überblick über wichtige und unwichtige Größen erhält und funktionale Zusammenhänge besser versteht und bewerten kann.

Eine darauf aufbauende Optimierung ermöglicht – je nach Methode – die zielgerichtete Verbesserung von Produkteigenschaften innerhalb von nur wenigen Sekunden. Um die Streubreiten der betroffenen Einflussgrößen mit zu berücksichtigen, gibt die Robustheitsanalyse Auskunft darüber, welche Ausfallsicherheit erreicht wird. Automatisierte Arbeitsschritte und eine quantifizierbare Prognosefähigkeit gewährleisten eine hohe Sicherheit und Benutzerfreundlichkeit bei der Nutzung der Simulationsmodelle.

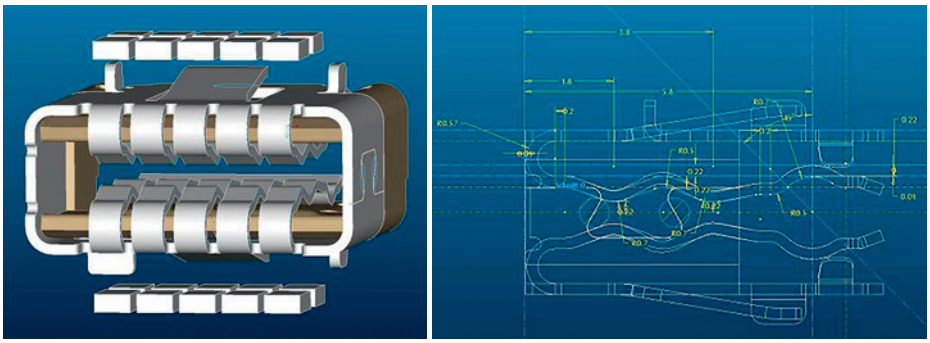


Bild 1: 3D-Geometrie und Variationsparameter in der Simulation (mit freundlicher Genehmigung von Tyco Electronics).

Fallstudie Tyco Electronics

Bei der Entwicklung eines neuen Steckverbinders setzte die Tyco Electronics AMP auf optiSLang und ANSYS, um die geforderten Spezifikationen bezüglich der Kontaktkräfte in einem eng tolerierten Rahmen zuverlässig zu erreichen. Dabei wurde für jeden Kontakt eine Mindestklemmkraft von 1 N gefordert, aber auch ein Maximalwert für den gesamten Steckverbinder von 50 N. Die 36 variablen geometrischen Abmessungen des Steckverbinders sollten so festgelegt werden, dass ein zuverlässiges Design mit weniger als 3.4 Ausfällen pro 1 Mio. Teile (Six Sigma Design) erreicht wird.

Durch ein vollständig parametrisches Simulationsmodell, das die Parameter des CAD-Modells kontrolliert, wurde der Parameterraum mit einem automatisierten Versuchsplan mit der minimal möglichen Zahl von Analysen (no run too much strategy) untersucht. Dies führte dazu, dass die Zusammenhänge für die Wirkmechanismen besser verständlich und die wichtigen Parameter erkennbar waren (Bild 1).

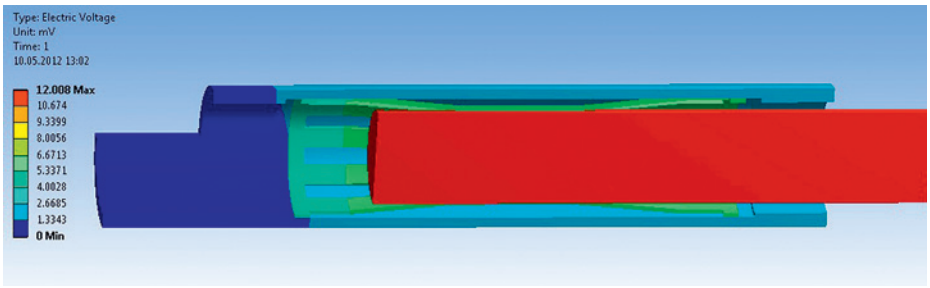
Mit den so ermittelten 15 dominanten Parametern des Steckverbinders wurde anschließend eine Optimierung durchgeführt, die die Kontaktkräfte um 30 Prozent verbesserte und die Ausfallwahrscheinlichkeit von ursprünglich 89 Prozent beim Ausgangs-Design auf einen Wert kleiner 0.00034 Prozent minimierte.

Für Tyco Electronics waren die Vorteile von ANSYS Mechanical und optiSLang:

- die Identifikation der relevanten Parameter,
- eine Abstimmung der Parameter und eine signifikante Reduktion der Kosten,
- ein tieferes Verständnis über die Variation,
- die Minimierung des Einflusses von Streuungen und
- ein Six Sigma Design.

Weitere Möglichkeiten

Bei der Untersuchung von elektrischen und thermischen Feldern ergeben sich durch den elektrischen Stromfluss in dreidimensionalen Strukturen komplexe Strompfade mit lokalen Verlusten, die in einer elektrischen Feldanalyse direkt berechnet werden können (Bild 2). Für eine genaue Abbildung der Realität ist darüber hinaus noch die Temperaturabhängigkeit des Materials mit zu berücksichtigen, was innerhalb der ANSYS Workbench Umgebung als elektrisch-thermisch gekoppelte Analyse mit geringem Aufwand zu realisieren ist. Ebenso können die Kontaktverhältnisse aus der mechanischen oder Fertigungssimulation verwendet werden, um den Einfluss des Kontaktbereichs und des Kontaktdrucks auf elektrische und thermische Leitfähigkeit mit zu erfassen. Die Vielzahl dieser Einflussgrößen und die damit verbundenen Streuungen sprechen dafür, auch für das elektrisch-thermische Verhalten von Steckverbindern eine Robust-Design-Optimierung durchzuführen. Denn damit kann die Robustheit der Produktentwicklung gegenüber streuenden Einflussgrößen weiter erhöht und die Ausfallwahrscheinlichkeit minimiert werden.



Quelle: CADFEM

Bild 2: Verifikation der Stromtragfähigkeit eines elektrischen Kontaktes durch 3D-FEM-Simulation.

InfoAutor | InfoAnsprechpartner | CADFEM

Christof Gebhardt, CADFEM GmbH
Tel. +49 (0)8092-7005-65
cgebhardt@cadfem.de

InfoVerwendeteSoftware

ANSYS Workbench; optiSLang inside ANSYS Workbench

InfoWebinar

Simulation bei der Entwicklung von Steckverbindungen
www.cadfem.de/webinare