

Bild 1: RUAG Space liefert Nutzlastverkleidungen für die europäische Orbitalrakete „Ariane 5“.



Roboterkinematik mit hoher Absolutgenauigkeit zur Prüfung der Ariane 5

Immer wieder auf den Punkt genau

Wenn es darum geht, mit einem Roboter genau auf den Punkt zu kommen, dann ist Robo-Technology der richtige Partner. Das mittelständische, inhabergeführte Unternehmen aus München ist seit 1982 auf dem Gebiet der Robotik, Servotechnik sowie der Bildverarbeitung tätig und nutzt dabei Simulationslösungen von CADFEM.

Wir haben in mehr als drei Jahrzehnten von der Pionierzeit der Robotertechnik bis heute umfangreiches Wissen und Know-how erworben“, erklärt Bernhard Thaler, Leiter des Maschinenbaus bei Robo-Technology. „Hunderte erfolgreiche Projekte in vielen verschiedenen Branchen geben uns den notwendigen Weitblick, um die unterschiedlichsten Anforderungen unserer Kunden an Hardware und Software erfüllen zu können.“

Die Kernkompetenz liegt im Bereich roboterbasierter Automatisierungslösungen für verschiedenste industrielle Aufgabenstellungen, zum Beispiel Montage, Prüfung oder Verpackung. Mit 14 sehr motivierten Mitarbeitern aus den Bereichen Planung, Systemanalyse, mechanischer und elektrotechnischer Konstruktion sowie der Softwareentwicklung ist Robo-Technology in der Lage, auch äußerst komplexe Aufgabenstellungen zu lösen und „aus einer Hand“ zu liefern, ohne dabei die Vorteile der kurzen Entscheidungswege und der hohen Flexibilität zu verlieren.

Simulation zur Auslegung von Roboteranlagen

Im Bereich der Mechanik und Steuerungstechnik werden roboterbasierte Anlagen oder Teilsysteme wie Greifer oder Zuführsysteme geplant, entwickelt und gefertigt. Gleiches gilt für die Entwicklung von Steuerungen der Roboteranlagen sowie die Integration von Sicherheitstechnik, Feldbussystemen, Messtechnik und der Versorgung. Dabei setzen die Experten von Robo-Technology auf eine durchgängige Nutzung von 3D-CAX-Technologien für Konstruktion, Simulation und Optimierung. Zusätzlich erfolgt die Softwareentwicklung für Echtzeit-Betriebssysteme und Robotersteuerungen, für PC-basierte Software zur Bedienung und die Anbindung an Fertigungsleitreechner. Die Integration von Bildverarbeitung, Fließbandverfolgung, Messtechnik sowie die extrem genaue Synchronisierung mehrerer Roboter sind weitere Aufgabenfelder. Für Vorversuche, Montage, Prozessoptimierung und Leistungstests steht eine geräumige Roboterhalle mit verschiedenen Versuchsrobotern zur Verfügung.

Robo-Technology nutzt seit etwa 15 Jahren die Simulationssoftware ANSYS. Damit wurde unter anderem eine Roboterkinematik entwickelt, die bei makroskopischen Wegen (30 Millimeter), einer Tragkraft von 1 Kilogramm und sechs Freiheitsgraden mit einer Wiederholgenauigkeit

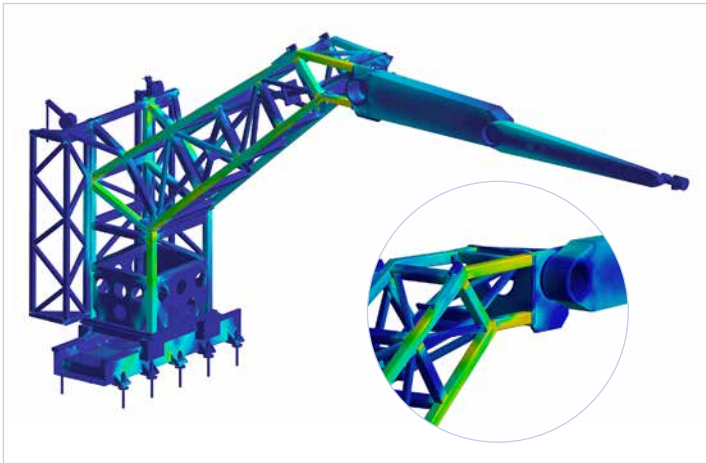


Bild 2: Die von-Mises-Vergleichsspannungen bei Maximalbeschleunigung der Armachsen mit Detaildarstellung der oberen Lasteinleitung.

Bild 3: Der Prüfroboter im synchronen Betrieb mit dem kleineren Innenroboter.

von unter 0,1 Mikrometer (0,0001 Millimeter) arbeitet. Für diese extremen Anforderungen wurde die gesamte Struktur, besonders die Feststoffgelenke bezüglich des elastischen Verhaltens im Betrieb mit ANSYS Workbench optimiert. Die auf dieser Grundlage gefertigten „Nanoroboter“ haben die hohen Genauigkeitsanforderungen sogar übertroffen. Dieser Erfolg durch den Einsatz von Simulationen führte dazu, dass ANSYS bei Robo-Technology auch im zentralen Bereich der industriellen Robotik eingeführt wurde, um schnelle Robotersysteme mit hohen Genauigkeitsanforderungen innerhalb sehr kurzer Entwicklungszeiten realisieren zu können.

Prüfung der Raketen-Verkleidungsbauteile

Zur Herstellung von Nutzlastverkleidungen für die europäische Orbitalrakete „Ariane 5“ wurde von RUAG Space am Standort Emmen in der Schweiz eine neue Fertigung aufgebaut. Ein wichtiger Bestandteil der Fertigung ist dabei die zerstörungsfreie Prüfung der Verkleidungsbauteile mit einer vollautomatischen, roboterbasierten Scan-Einrichtung. Da die Bauteile für typische Industrieroboter deutlich zu groß sind, musste dafür ein spezieller Prüfroboter entwickelt werden. Die wesentlichen Hauptanforderungen an diesen Roboter sind:

- die hohe Reichweite (etwa 5,2 Meter),
- eine Scan-Geschwindigkeit von 0,2 bis 1 Meter pro Sekunde,
- die sehr hohe Absolutgenauigkeit in der Bewegung von weniger als 1 Millimeter Bahnabweichung,
- eine Traglast von zirka 3 Kilogramm
- 5 bis 6 Freiheitsgrade für die Prüfkopfposition und -orientierung.

Die ersten Schritte bei der Konzepterstellung – wie Untersuchungen zur Zugänglichkeit und Festlegung des Bauraums – wurden hauptsächlich mit der Kinematikanalyse unternommen. Jedoch erwiesen sich die ersten Konzepte als viel zu schwach ausgelegt, wie die Simulationen zeigten. Folglich musste durch iterative Optimierungen eine Reduzierung der elastischen Verformung auf weniger als 10 Prozent erreicht werden. Deshalb wurden für jedes Element der kinematischen Kette mehrere konstruktive Varianten untersucht. Zum Beispiel erfolgte für den Tragarm auf der Linearachse ein Vergleich von Kasten- und Fachwerkbauweise.

Mit diesem Vorgehen konnten verlässliche und differenzierte Vorhersagen über das spätere Verhalten des Roboters im Betrieb getroffen werden, ohne einen realen Prototypen herzustellen oder erste Teile in die Fertigung zu geben. Somit wurde das Entwicklungsrisiko signifikant gesenkt. Die von-Mises-Vergleichsspannungen, die sich bei der Maximalbeschleunigung an den beiden rotatorischen Armachsen ergeben, sind in Bild 2 dargestellt.

Hochdynamische Roboter-Positioniersysteme

Die ersten Eigenfrequenzen sollen bei hochdynamischen Positioniersystemen möglichst hoch liegen, um einen „unterkritischen“ Regelbetrieb sicherzustellen. Anderenfalls könnten, angeregt durch Kräfte der eigenen Bewegungen, überproportional hohe störende Schwingungen entstehen. Die erste Mode ist zudem ein wichtiger Wert für die spätere Auslegung der Regler.

Der Roboter ist auf der Schiene durch Gegengewichte ausbalanciert, damit die Bodenanker auf der Rückseite nicht mit

Zugspannungen belastet werden. Werden diese Gegengewichte nun mit Stahlseilen an der Tragarmspitze befestigt, erzeugen sie eine Vorspannung in der Struktur und damit ein deutlich verbessertes Schwingungsverhalten.

Für die Entwicklung dieser Roboteranlage kam – wie im Sondermaschinenbau üblich – eine Verifizierung anhand von Prototypen aufgrund der sehr hohen Kosten und langen Herstellzeiten nicht in Frage. Deshalb musste schon die erste Maschine, die gebaut wurde, den Anforderungen des harten industriellen Produktionsalltags gewachsen sein. Durch die Erstellung von virtuellen Prototypen, die mit Simulationen in einem iterativen Prozess optimiert wurden, ließ sich eine solch anspruchsvolle Entwicklung überhaupt erst ermöglichen.

Dieser äußerst präzise Prüfroboter erfüllt alle vom Kunden vorgegebenen Anforderungen. Er arbeitet mit einer Wiederholgenauigkeit von 0,03 Millimeter sowie mit einer Absolutgenauigkeit von 0,39 Millimeter (RMS). Die dynamisch bedingten Abweichungen liegen bei Scan-Geschwindigkeiten von bis zu 1 Meter pro Sekunde beim angewendeten Ultraschall-Prüfverfahren unterhalb der Nachweisgrenze.



InfoUnternehmen
Robo-Technology GmbH
www.robotechnology.de

InfoAnsprechpartner | Robo Technology
Bernhard Thaler
bernhard.thaler@robotechnology.de

InfoAnsprechpartner | CADFEM
Brigitte Mösing
Tel. +49 (0) 80 92-70 05-382
bmoesing@cadfem.de