

Turbo Stress

Vision-System prüft Turbinenschaufeln

Turbinen in Flugzeugmotoren sind harten Bedingungen ausgesetzt: Bei Geschwindigkeiten von 30.000 Umdrehungen pro Minute und Temperaturen von über 800°C müssen sie stundenlang sicher funktionieren. Deswegen müssen sie sorgfältig überprüft werden, um ihre volle Leistungsfähigkeit im Einsatz zu gewährleisten.

Den Herstellern von Turbinen ist bewusst, dass selbst kleine Oberflächenfehler die Leistung reduzieren können, die Wartungskosten erhöhen und die Lebensdauer der Turbine verkürzen. Turbinenschaufeln müssen sehr sorgfältig geprüft werden, damit die Funktionsfähigkeit erhalten bleibt und die notwendige Sicherheit im Luftverkehr gewährleistet werden kann. Ein nordamerikanischer Hersteller von Turbinen hat seine Turbinenschaufeln in der Vergangenheit per Hand und nach Augenmaß prüfen lassen. Hochqualifizierte Kontrolleure haben Hunderte von Merkmalen überprüfen müssen und die Oberfläche auf Fehler, die ungefähr ein Tausendstel Inch tief waren, untersucht. Diese manuelle Inspektion war nicht nur teuer und arbeitsintensiv, sondern hing auch stark vom menschlichen Prüfer ab: Je nach dem, wer prüfte, waren die Ergebnisse unterschiedlich und variierten stark. Da die manuelle Prüfung so zeitaufwändig war, konnte nicht jede einzelne Schaufel systematisch geprüft werden. Es wurde offensichtlich, dass man eine Vorgehensweise benötigt, die eine systematische Inspektion aller Schaufeln zeitsparend und mit gleichbleibend verlässlichen Ergebnissen garantiert.

So hat der Hersteller mit der Firma Orus Integration Inc. (Laval, Quebec) Kontakt aufgenommen, damit diese ein Inspektionssystem für Turbinen entwickelt. Projektmanager Louis Dicaire und sein Team erkannte schon früh, dass Flexibilität und kontinuierliche Präzision für den Erfolg eine wesentliche Rolle spielen. Während der Entwicklungsphase konnten die Ingenieure von Orus auf frühere Erfahrungen zurückgreifen, die sie beim Design eines vision-basierten Metrologiesystems für die kanadische Militär- und Luftfahrtindustrie sammeln. Im Bereich Maschinenbautechnik wurde bereits eng mit der Firma Genik Automation zusammengearbeitet.

Das System

Orus nennt das System INL-1900x2T. In einem Gehäuse befinden sich zwei Stationen, die die Inspektionsaufgaben ausführen. Die Metrologie-Station verfügt über zwei Basler GigE-Kameras mit einer Auflösung von 1.920 x 1.080, jede mit telezentrischen Objektiven (nicht-perspektivische Objektive) mit einem großen Sichtfeld sowie zwei kollimierte Blaulicht-LEDs (520 nm). Die Station für die Prüfung der Oberfläche verwendet vier Basler GigE-Kameras. Die Auflösung der ersten Kamera für die Oberflächenprüfung beträgt 1.920 x 1.080. Die Auflösung der anderen drei Kameras für die Oberflächenprüfung von Bereichen, die mit einer einzigen Kamera schlecht zu erreichen sind, beträgt 640 x 480. Für die Beleuchtung sorgen zwei diffuse, koaxiale CCS-Lichtquellen und eine diffuse CCD-Hintergrundbeleuchtung. Ein Fanuc 6-Axis LR Mate 200iC Roboter, ein 4U-Controller und ein Omron PLC gehören eben-

falls zu den Hardware-Komponenten. Die Software basiert auf der Matrox Imaging Library (MIL) 9.0, Processing Pack 1.

Die Reise der Schaufeln

Der INL-1900x2T führt während der Inspektion drei verschiedene Funktionen aus: Verifizierung von einigen Hundert Metrologiemerkmalen der Schaufel, Prüfung beider Seiten der Turbinenschaufel und anderer kritischer Oberflächen auf Defekte und Validierung der Kennzeichnung der Teile. Die gesamte Prüfung dauert pro Teil 15 Sekunden. Bevor eine Fertigungsreihe geprüft wird, scannt der Operator zunächst mit einem Barcodescanner den Code auf dem Auftragschein. Dann belädt er das Rad mit dem Karussell, welches die Teile hält. Das Rad indiziert das erste Teil während ein Höhendetektor seine Y-Position überprüft. So wird sichergestellt, dass das Teil korrekt geladen wurde. Danach nimmt der Roboter das Teil am Schaufelbereich auf und befördert es zur Metrologie-Station. Diese wird durch zwei parallel ausgerichtete Lichtquellen beleuchtet. Der INL-1900x2T verfügt aufgrund der telezentrischen Objektiven der Kamera und der 4 Inch Granitplatte für die Absorption von Hitze und Vibrationen über ein sehr stabiles optisches System. „Unter diesen Bedingungen ist der Kontrast der runden Bereiche der glänzenden Objekte sehr scharf“, erläutert Dicaire.

Generell ist bei diesen Vorgängen Präzision extrem wichtig. „Der Roboter arbeitet reproduzierbar, kann aber die Schaufeln nicht mit der erforderlichen Genauigkeit von weniger als 10 µm platzieren“ sagt er. Die Lösung von Orus bestand darin, das Teil zu drehen und das Bild

mit hoher Geschwindigkeit zu erfassen. In Abhängigkeit von dem zu prüfenden Merkmal minimiert oder maximiert die Software ein spezielles Merkmal. Wenn das Bild eines bestimmten Referenzpunktes, des Messwertes der angegebenen Größe, mit der originalen CAD-Zeichnung übereinstimmt, identifiziert es die Software als Referenzbild. Danach werden mit der Metrologie-Software Parallelität, Länge, Radius, Winkel und andere Merkmale des Teils erfasst. Da viele verschiedene Messwerte optimiert werden müssen, wird dieser Schritt mehrmals ausgeführt. Die Software zeichnet Ergebnisse für Hunderte von Merkmalen und 50 Toleranzen auf.

Gute Teile

Nachdem die Software die Ergebnisse der Metrologieprüfung aller Merkmale der Schaufeln aufgezeichnet hat, platziert der Roboter die Schaufeln in einem dreizinkigen Greifer, der an einer Y-Theta-Station montiert ist. Die Befestigung dreht die Schaufel um 360°, damit beide Seiten auf Oberflächendefekte untersucht werden können. Dann verifiziert die Software die Markierung des Teils. Zuerst werden verschiedene Bilder zu einem kompletten Bild zusammengesetzt und dann wird mit Hilfe von OCR-Algorithmen die Markierung gelesen.

Sobald die Prüfungen vollständig sind, werden alle Ergebnisse protokolliert und die Daten können für einen Bericht abgerufen werden. Nach Durchlaufen der Inspektion legt der Roboter das Teil in eine Rutsche für „gute Teile“. Sobald aber ein Merkmal nicht in Ordnung war, verbleibt das Teil in der Befestigung. Eine Meldung im Display informiert den Operator darüber, was an diesem speziellen Teil korrigiert werden muss. Danach legt der Greifer das Teil in eine Rutsche für fehlerhafte Teile. Das Rad dreht sich und das nächste Teil wird indiziert. Dieser Vorgang wiederholt sich für alle Teile im Karussell.

Die Leistung von MIL

Orus verwendet die Matrox Imaging Library (MIL) schon seit neun Jahren. Einer der implementierten Algorithmen verfügt über einen anpassungsfähigen Schwellenwert. Der Algorithmus lokalisiert dynamisch helle Punkte in dunklen Bereichen und dunkle Punkte in hellen Bereichen. Für andere Operationen haben die Entwickler bei Orus das GUI-Interface für verschiedene MIL-Module verwendet: OCR, Kantenenerkennung, Geometrische Mustererkennung und natürlich das Metrologie-Modul. Die Metrologie-Software wurde ausschließlich mit der GUI-Schnittstelle entwickelt, so dass das System auch lernfähig ist. In der Tat bedeutet Flexibilität bei INL-1900x2T, dass sich das System an mehrere verschiedene Teile anpassen kann, selbst an neue Teile, die sich noch in der Entwicklungsphase befinden.

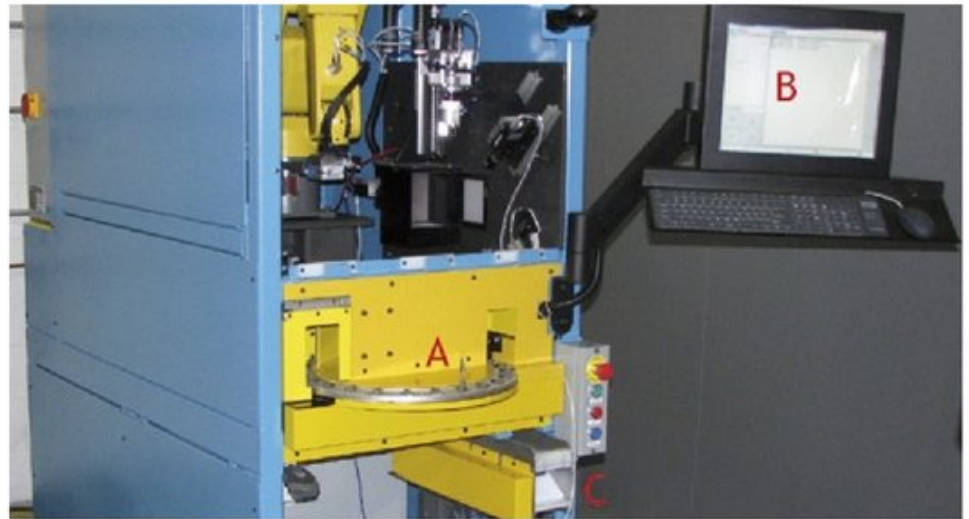


Abb. 1: Das Karussell, das die Teile hält, liegt im vertikalen Zentrum des INL-1900x2T (A). Die Bedienoberfläche und die Ergebnisse der Inspektion werden auf dem Monitor angezeigt (B). Fehlerhafte Teile werden über die Rutsche an den Operator zurückbefördert, so dass sie toleranzmäßig überarbeitet werden können (C).

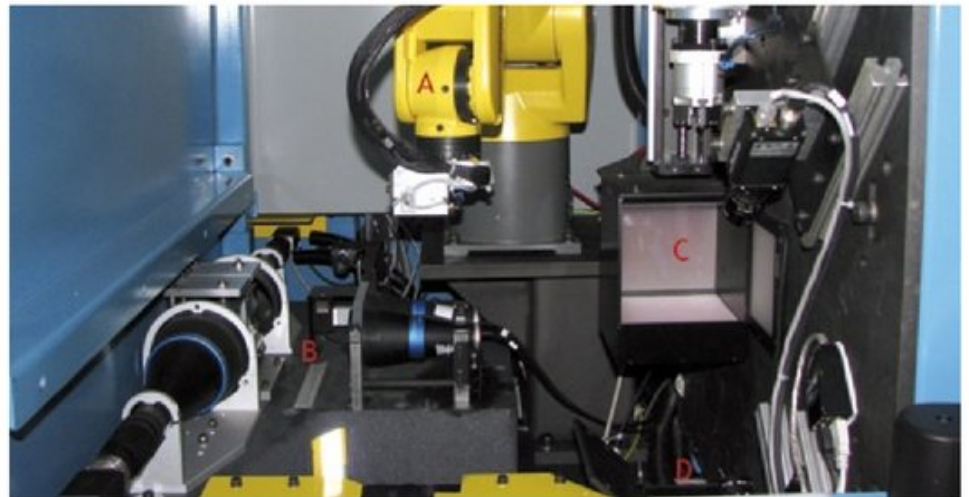


Abb. 2: Zuerst befördert der Roboter (A) das Teil in die Metrologie-Station, wo es parallel beleuchtet und für die Bilderfassung gedreht wird (B). Dann platziert der Roboter das Teil im Greifer der Station für die Oberflächenprüfung (C). Während der Greifer das Teil dreht, nimmt der Roboter das nächste Teil vom Karussell auf. Wenn das Teil die Inspektion bestanden hat, lässt es der Greifer in die Rutsche für „gute Teile“ fallen (D); wenn es die Prüfung nicht bestanden hat, befördert es der Greifer in die Rutsche für Ausschuss.

Messen als Herausforderung

Dicaire meint, dass die Herausforderungen beim Design von Metrologie-Maschinen immer die gleichen sind: Wiederholbarkeit, Genauigkeit und Linearität. Damit das System voraussehbare, reproduzierbare Ergebnisse liefern kann, muss die Software eine ausgezeichnete Subpixel-Genauigkeit aufweisen, hier zeigt die Maschine +/- 3 Sigma unter 5 Mikrons. Natürlich kann ein Bild immer nur so gut wie seine Beleuchtung sein: Orus verwendete ein Kalibrierungsgerät nach militärischem Standard, um beide Kameras zur gleichen Zeit zu kalibrieren und die erforderliche Genauigkeit zu erreichen.

Obwohl das INL-1900x2T viele Tausend Arbeitsstunden einspart, ist sein wichtigster Vorteil die Möglichkeit, sehr komplexe Analysen auszuführen, und das mit einer einfachen Oberfläche und einem leicht anzuwendenden Konzept für den Operator. „Bei diesem Projekt

werden verschiedene praxiserprobte Techniken eingesetzt: Roboter, Achsen, Bildverarbeitungsbibliotheken. Dadurch kann die Maschine ‚wachsen‘ und sich an die zukünftigen Anforderungen der Kunden anpassen. Mit Ausnahme des mechanischen Designs sind fast alles handelsübliche Komponenten.“

Autorin/Kontakt

Sarah Sookman, Matrox Imaging
Matrox Electronic Systems GmbH,
Unterhaching
Tel.: 089/621700
Fax: 089/6149743
imaging.infogermany@matrox.com
www.matrox.com/imaging