

Axel Rossmann

Die Sicherheit von Turbo-Flugtriebwerken

Problemorientierte Triebwerkstechnik für Praktiker

- Untersucher
- Gutachter
- Dienststellen und Behörden
- Betreiber
- Qualitätssicherung
- Konstrukteure
- Wartung und Kundendienst
- Fertigung
- Einkauf

Band 4

Werkstofffehler, Fertigungsfehler und -probleme, Verpackung und Lagerung, Qualitätssicherung und Prüfverfahren, Untersuchungsmethoden bei Problemen, Erarbeitung von Abhilfen.

Dieser Band enthält über 900 Seiten, ca. 400 Bildtafeln mit ca 1000 Skizzen und Diagrammen sowie ausführlichen Beschreibungen.



Axel Rossmann

1. Auflage
(Serie 2.4)

Bei der Erstellung dieses Buches wurde mit großer Sorgfalt vorgegangen. Trotzdem können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgend eine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Autor dankbar.

© 2005 by A.Rossmann, Turbo Consult, Karlsfeld

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung von Turbo Consult unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Bestellung dieses Buches:

Fax Nr. (Deutschland) 08131 50 50 67

ISBN 3-00-017734-5

Vorwort

Mit diesem Band über Fertigungsprobleme befinde ich mich in einem echten Dilemma. Das soll an folgendem Beispiel erklärt werden:

Wer wurde nicht schon beim Lesen eines Buchs über Krankheiten oder über gesunde Lebensweisen verunsichert. Man glaubt, die Symptome vieler beschriebener Krankheiten und Mängel auch bei sich beobachtet zu haben. Alles was bisher angenehm und bekömmlich war, scheint plötzlich den Keim einer Katastrophe in sich zu tragen. Sensible Gemüter können sogar so verunsichert sein, dass für sie die notwendigen Entscheidungen und Handlungen des täglichen Lebens nicht mehr möglich sind. Ein vergleichbarer Effekt wäre bei der Lektüre dieses Buches fatal.

Schäden lassen sich durchaus als „Krankheiten der Hardware“ auffassen. Ihre Folgen können auch unser Wohlbefinden stark strapazieren. Deshalb besteht bei einem Buch, das sich im Schwerpunkt mit Schäden und Problemen beschäftigt, durchaus die Gefahr die für eine Produktion notwendige persönliche Entscheidungsbereitschaft zu beeinträchtigen. Andererseits ist es natürlich die Aufgabe eines solchen Buchs, gegenüber Problemen zu sensibilisieren und Schäden, ähnlich wie Krankheiten, präventiv zu vermeiden. Bereits eingetretene Schäden müssen, nach einer richtigen Diagnose, mit einer geeigneten „Therapie“ geheilt werden.

Ich bin überzeugt, dass ein Praktiker den Inhalt dieses Buchs dann vorteilhaft anwenden kann, wenn er von folgenden Überlegungen ausgeht:

Die in der Produktion angewendeten Vorschriften sind über lange Jahre, nicht zuletzt aus der Erfahrung, entstanden. Sie gewährleisten die im Flugtriebwerksbau erforderlichen Bauteilsicherheiten.

Deshalb soll dieses Buch dazu dienen, die Hintergründe für die Forderungen von Spezifikationen und Vorschriften zu verstehen. Dies ist eine wichtige Motivation für deren strikte Anwendung.

Dieser Band der Reihe „Die Sicherheit von Turbo-Flugtriebwerken“ befasst sich im Schwerpunkt mit Themen aus der Fertigung, deren Verständnis notwendig ist, um Probleme und Fehler möglichst vorbeugend zu vermeiden. Natürlich geht es auch um die Minimierung von Ausschuss. Dieser entsteht insbesondere durch die gegenseitige Beeinflussung von Problemen verschiedener Fertigungsschritte. Intensiv werden Fehler an Bauteilen behandelt, für die erfahrungsgemäß eine größere Wahrscheinlichkeit besteht Betriebschäden zu verursachen. Hervorragende Fachliteratur wird in ausreichender Menge angeboten. Hier geht es jedoch in erster Linie um die Beschreibung der Verfahren, deren Anwendung und optimale Prozessparameter. Dagegen sucht man eine zusammenfassende Darstellung von Produktionsfehlern an Halbzeug und Fertigteil und deren Einfluss auf das Bauteilverhalten vergeblich.

Viele Bilder entsprechen häufigen Fragestellungen aus unterschiedlichen Blickwinkeln. Ähnlich einem Nachschlagewerk wurden die Bildtexte mit möglichst umfassenden Informationen ausgestattet. Wenn möglich werden Hinweise auf Bilder gegeben, die das Thema ebenfalls behandeln. Das soll dem Leser ein mühsames Zusammensuchen von Informationen ersparen. So wird jedes Bild zu einem „Informationsknoten“ in einer Vernetzung von Bildern und Literatur. Entsprechend dieser Zielsetzung wurde bewusst in Kauf genommen, dass manche Erklärungen an verschiedenen Stellen wieder auftreten.

Ich danke meiner Frau Dr. Daniela Rossmann für das jahrelange Verständnis, den Verzicht auf viele gemeinsame Stunden und für viele hilfreiche Hinweise zur Gestaltung, ohne die dieses Buch nie möglich geworden wäre.

Axel Rossmann

Mein besonderer Dank für die Korrekturarbeiten gilt dem Lektor,
Herrn Dipl.-Dokumentar Reinhard Glander,

Anmerkung:

In den Literaturverweisen am jeweiligen Kapitelende angegebene Internetlinks haben zumindest bis zum Zeitpunkt der Zusammenstellung des Informationsmaterials ca. Mitte 2005 bestanden. Weil sich erfahrungsgemäß Links bzw. Internetadressen schnell verändern, ist leider für deren Weiterbestehen keine Garantie gegeben.

Verweise auf Bilder in anderen Bänden dieser Reihe können sich in Ausnahmefällen auf neuere Ausgaben beziehen. Das hat zur Folge, dass manche Bilder auf die verwiesen wird nicht in älteren Ausgaben vorhanden sind.

Inhalt

Vorwort

15. Werkstofffehler - Probleme bei Rohteilen und Halbzeug

- 15.1 Ursachen für Probleme bei Rohteilen und Halbzeug
- 15.2 Schäden durch Probleme bei Rohteilen und Halbzeug
 - 15.2.1 Gussteile
 - 15.2.2 Schmiedeteile und pulvermetallurgische Teile
- 15.3 Abhilfen gegen Schäden aus Problemen an Rohteilen und Halbzeug

16. Fertigung

- 16.1 Faktoren die Fertigungsprobleme und Schäden begünstigen
- 16.2 Fertigung und Betriebsverhalten der Bauteile
 - 16.2.1 Verfahrensspezifische Probleme und Schäden
 - 16.2.1.1 Spanende Bearbeitung
 - 16.2.1.2 Spanlose Bearbeitung (ECM und EDM)
 - 16.2.1.3 Schweißen
 - 16.2.1.4 Löten
 - 16.2.1.5 Klebverbindungen
 - 16.2.1.6 Verfestigungs- und Abrasionsstrahlen
 - 16.2.1.7 Reinigung und Ätzen
 - 16.2.1.8 Beschichtungen
 - 16.2.1.8.1 Diffusionsschichten
 - 16.2.1.8.2 Thermische Spritzschichten
 - 16.2.1.8.3 Galvanische Schichten
 - 16.2.1.8.4 Lacke und Elastomere
 - 16.2.2 Schadensrelevante fertigungsbedingte Effekte
 - 16.2.2.1 Oberflächentopografie, Rauigkeit
 - 16.2.2.2 Grate und scharfe Kanten
 - 16.2.2.3 Verunreinigungen
 - 16.2.2.4 Eigenspannungen
 - 16.2.2.5 Mechanische Überlastung und Beschädigungen
 - 16.2.2.6 Überhitzungen, Anschmelzungen, Metallspritzer
 - 16.2.2.7 Rissbildung
 - 16.2.2.8 Haftfestigkeitsprobleme
 - 16.2.2.9 Maßabweichungen, Bauteilgeometrie

17. Qualitätssicherung

- 17.1 Strategien und Vorgehen bei Problemen
- 17.2 Die ungeschädigte Oberfläche - „Surface Integrity“
- 17.3 Prüfverfahren, Probleme und Grenzen
 - 17.3.1 Zerstörungsfreie Prüfverfahren
 - 17.3.2 Zerstörende Prüfverfahren
- 17.4 Kennzeichnen von Bauteilen
- 17.5 Nacharbeit

18. Handling, Verpackung, Transport und Lagerung

Sachregister
