

Berichte aus dem Lehrstuhl Automatisierungstechnik
BTU Cottbus
Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Ulrich Berger

Algebra Veronica Vargas Aparicio

**Design of an Integrated Process Chain to Support
the Manufacturing of Ti6Al4V Components**

Shaker Verlag
Aachen 2010

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Cottbus, BTU, Diss., 2010

Copyright Shaker Verlag 2010

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-9675-9

ISSN 1864-5789

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Kurzfassung

Komplexe Mehrwerterzeugnisse, die aus Materialien mit attraktiven Eigenschaften, wie hohe Festigkeit, niedrige Dichte und eine gute Korrosionsbeständigkeit gefertigt werden, sind für die effektive Herstellung innovativer Produkte von besonderer Bedeutung. Dazu wurden in letzter Zeit vornehmlich in der Fahrzeugindustrie Titanlegierungen eingeführt, um leichtere und umweltfreundliche Fahrzeuge produzieren zu können. In der Flugzeugindustrie werden beispielsweise für die Herstellung von Triebwerken Vierzig Prozent Titanlegierungen verwendet. Gegenwärtig ist das Design des Flugzeugtriebwerkes so ausgereift, dass sich die Hersteller auf die Produktivitätssteigerung und die Entwicklung neuer Technologien und Prozesse konzentriert haben. Das beinhaltet insbesondere die Schaffung neuen Fertigungsstrategien und Prozessketten.

Die Einführung von Materialien mit hohen Leistungsfähigkeiten ist eine neue Herausforderung für die Fertigungstechnologie, da diese Materialien schwer zu zerspannen sind und die Prozesse durch ein hohes Wissen über die Materialeistung gekennzeichnet sind. Eine Kostensenkung ist nur möglich, wenn das Erfahrungswissen für die Prozessplanung systematisch erfasst und damit wieder verwendbar wird.

Zurzeit ist ein Trend zur Herstellung von Industrieprodukten mit Mikro-Komponenten und Mikro-Features in verschiedenen Bereichen, wie zum Beispiel in der Fahrzeugindustrie, in der Flugzeugindustrie und in der Biomedizintechnik, zu beobachten. Die Komplexität der Prozessplanung wird allein schon durch die Mikrobearbeitung erhöht, da viele dieser Prozesse, wenn es um die Fertigung von 3D-Freiformen auf hartem Metall geht, eingeschränkt sind.

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Systematik zur Unterstützung der Planung von Fertigungsprozessen entwickelt, die speziell auf die kostengünstige Herstellung von Titankomponenten abzielt. Dazu wurden folgenden Schwerpunkte untersucht:

- Analyse der Fertigungsprozesse zur Herstellung von Verdichterschaufeln aus Titanlegierungen und Entwurf einer Prozesskette für die kostenoptimierten Produktion dieser Komponenten.
- Untersuchung des Fertigungsprozesses zur Herstellung von Mikrofeatures, die beispielsweise die Eigenschaften von Verdichterschaufeln verbessern können.
- Entwicklung einer integrierten Methodologie auf Basis des Axiomatik-Designs zur Steigerung der Produktivität und damit der Reduktion der Kosten zur Herstellung von Makrokomponenten und Mikrofeatures.
- Schaffung einer Datenbasis zur Erfassung von Fertigungswissen, welches bei der Entwicklung der Prozesskette benutzt wird. Diese Datenbasis wird mithilfe eines semantischen Netzes benutzerfreundlich dargestellt.

Im Ergebnis dieser Arbeit lassen sich verschiedene integrierte Prozesse zur Herstellung von Titankomponenten hinsichtlich der Produktivität, der Technologie, des Ressourceneinsatzes und der Prozessparameter optimieren.

Abstract

Nowadays, the industry evolves towards the production of complex components with added value; most of them are made of materials with higher capabilities, such as the titanium alloys. Titanium alloys have attractive characteristics, e.g. high strength, low density and good corrosion resistance, which offer many potential applications. In the automotive industry, titanium alloys have been recently introduced with the aim of developing new vehicles with reduced weight, and thus optimized fuel consumption. In the aerospace industry, titanium alloys are currently the most used materials in aero engines, with a volume fraction of approximately 40%. On the one hand, the maturity in the aero engine design has been reached to a point where the manufacturers are focusing more on productivity, which implies the development of new technologies and processes, thus the development of new manufacturing strategies and new process chains. The introduction of materials with new capabilities represents challenges for the manufacturing technologies as these materials are difficult to machine. Their processes are defined and characterised only when knowledge and deep understanding about the material performance is available. And cost minimisation can take place when manufacturing knowledge is retrieved and reused in the process planning. On the other hand, more and more micro components and micro features have been introduced into diverse types of industrial products and market sectors. Micro components and micro features are used in the aerospace and automotive industry and for medical and biomedical applications. There are several micro manufacturing processes but they are quite limited to machine 3D free-form micro structures in a wide range of materials, mainly hard metals. Thus, a combination and integration of micro manufacturing processes is required.

Thus, facing these challenges, the aim of this work is to design an integrated process chain to support the manufacturing of titanium components using a formal approach. Such approach may include a scientific method to fulfil design and quality requirements and minimise costs; and a tool to retrieve, characterise and share relevant engineering data, generated during the manufacturing process in order to avoid the loss of manufacturing knowledge. Summarising, this research is focus on the following issues.

- Analysis of the machining processes to manufacture titanium compressor airfoils and the design of an integrated process chain to reduce manufacturing costs.
- Research on diverse technologies to manufacture micro features which, for instance, may add functionality to compressor components.
- Development of an integrated methodology, based on axiomatic system design, to enhance productivity and reduce manufacturing costs.
- Design and development of a technology data catalogue to characterise manufacturing knowledge necessary for the development of process chains. And development of semantic nets, components of the technology data catalogue, which enable the dynamic navigation through the information assuring the easy sharing of knowledge.