Fortschritt-Berichte VDI

VDI

Reihe 2

Fertigungstechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl, Stuttgart

Nr. 695

Abschlussbericht FOR 1088 ECOMATION

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:08.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Abschlussbericht

FOR 1088

ECOMATION

Steuerung des Energiebedarfs in der Fertigung und Steigerung der Energieeffizienz durch Automatisierung

Sprecher: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Alexander Verl

Institut für Steuerungstechnik der Werkzeugmaschinen
und Fertigungseinrichtungen der Universität Stuttgart

2016

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 2

Fertigungstechnik

Univ.-Prof. Dr.-Ing.
Dr. h.c. mult. Alexander Verl,
Stuttgart

Nr. 695

Abschlussbericht FOR 1088 ECOMATION

VDI verlag

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Verl, Alexander
Abschlussbericht FOR 1088 ECOMATION
Fortschr.-Ber. VDI Reihe 2 Nr. 695. Düsseldorf: VDI Verlag 2017.
180 Seiten, 86 Bilder, 5 Tabellen.
ISBN 978-3-18-369502-7, ISSN 0178-9406,
€ 67,00/VDI-Mitgliederpreis € 60,30.

Für die Dokumentation: Energieeffizienz – Energiebedarfsanalyse – Energiebedarfsoptimierung – Maschinensimulation – Speicherprogrammierbare Steuerung – Prozessanalyse – Demonstratormaschine – Energieeinsparung – Werkzeugmaschinen – Fertigungsprozess

Die Forschergruppe ECOMATION hatte sich zum Ziel gesetzt, den Energieverbrauch von Werkzeugmaschinen durch steuerungstechnische Maßnahmen zu reduzieren und somit die Energieeffizienz von Werkzeugmaschinen weiter zu steigern. Um die Zielgröße in die Steuerung zu integrieren, wurden in den Teilprojekten unterschiedliche Optimierer für den Prozess Fräsen, alle ansteuerbaren Komponenten sowie für die Gesamtmaschine entwickelt. Diese wurden durch Teilprojekt 2 in die Steuerungstechnik von Werkzeugmaschinen integriert. Insgesamt konnte in der Forschergruppe eine deutliche Einsparung des Energieverbrauchs in einem Referenzszenario erreicht werden. Weiterhin hat sich gezeigt, dass durch Optimierung von Wechselbeziehungen zwischen Optimierern weitere deutliche Einsparpotentiale zu erzielen sind.

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet unter http://dnb.ddb.de abrufbar.

Bibliographic information published by the Deutsche Bibliothek
(German National Library)
The Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliographie (German National Bibliography); detailed bibliographic data is available via Internet at http://dnb.ddb.de.

© VDI Verlag GmbH · Düsseldorf 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, im Internet und das der Übersetzung, vorbehalten.

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.
ISSN 0178-9406
ISBN 978-3-18-369502-7

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Vorwort

Wir befinden uns erneut an einem Meilenstein der Geschichte der Menschheit. Nach den tiefgreifenden wirtschaftlichen und sozialen Veränderungen in der ganzen Welt stehen wir vor der Herausforderung bis Mitte des Jahrhunderts zehn Milliarden Menschen mit Nahrung zu versorgen. Verheerende Unwetter, Dürren und Überschwemmungen, bedingt durch die globale Erwärmung der Erde, lassen diese Herausforderung nicht einfacher erscheinen.

Seit der Industrialisierung ist das wirtschaftliche Wachstum eng mit dem Bedarf an Energie verknüpft. Die benötigte Energie wird dabei aber nicht nachhaltig erzeugt, sondern stammt immer noch zu großen Teilen aus fossilen Brennstoffen. Der daraus resultierende CO_2 Ausstoß stellt die Hauptursache für die globale Erwärmung dar.

Wollen wir der globalen Erwärmung entgegen wirken, ist eine intensive Auseinandersetzung mit den Energieverbrauchern in unserer Wirtschaft notwendig. Folgende Abhandlung befasst sich deshalb mit der Steuerung des Energiebedarfs in der Fertigung und Steigerung der Energieeffizienz durch Automatisierung und fasst damit die Ergebnisse der Forschergruppe ECOMATION (FOR 1088) aus den Jahren 2009 bis 2015 zusammen.

Alexander Verl

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen/Symbole **IX**

1 Einleitung **1**

2 Energiebedarfsanalyse und Nutzungsprofile **3**

2.1 Verbrauchsanalyse des Dreh- und Fräsprozesses ... 3

2.1.1 Drehprozess – Demonstratorteil 1 ... 4

2.1.2 Drehprozess – Versuche ... 5

2.1.3 Drehprozess –Auswertung ... 8

2.1.4 Fräsprozess – Demonstratorteil 1 ... 12

2.1.5 Fräsprozess – Versuche ... 13

2.1.6 Fräsprozess –Auswertung ... 15

2.2 Verbrauchsanalyse der Maschinenkomponenten ... 19

2.2.1 Spindelantriebe ... 22

2.2.2 Maschinenkühlung ... 23

2.2.3 Kühl- Schmierstoffsystem ... 25

2.2.4 Hydrauliksystem ... 27

2.3 Gesamtverbrauch von Maschinen und Anlagen ... 29

2.4 Gesamtverbrauch der Produktion ... 31

3 Energiebedarfsmodellierung **37**

3.1 Modelle des Dreh- und Fräsprozesses ... 37

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

3.1.1 Prozessmodell Drehen ... 40
3.1.2 Prozessmodell Fräsen ... 47
3.2 Verbrauchsmodellierung der Komponenten ... 58
3.2.1 Dynamische Modelle ... 59
3.2.2 Synchron-Hauptspindelantriebe ... 61
3.2.3 Asynchron-Hauptspindelantriebe ... 62
3.2.4 KSS-Hochdruck und KSS-Niederdruck Systeme ... 63
3.2.5 Hydrauliksysteme ... 65
3.2.6 Rückkühlsysteme ... 67
3.2.7 Statische Modelle ... 68
3.3 Betriebszustandsbasierte Verbrauchsmodellierung ... 70
3.4 Verbrauchsmodellierung der Produktion mit Peripherie ... 74
3.5 Monetäre Bewertung auf Basis von Verbrauchsmodellen ... 79

4 Bereitstellung von Energiebedarfsinformationen und Energiebedarfsmonitoring 83
4.1 Verfügbarkeit von Energiebedarfsinformationen ... 83
4.2 Energieinformationsbeschreibung (EIDL) ... 86
4.3 ECIS – EIDL Erzeugung ... 88
4.4 ECIS – Energiebedarfsmonitor ... 91
4.4.1 Konstantmodelle ... 95
4.4.2 Dynamische Modelle ... 96

5 Maßnahmen zur Energiebedarfsreduktion 97
5.1 Ansatzpunkte zur Minimierung des Energieverbrauchs ... 97
5.2 Prozessoptimierer ... 99
5.2.1 Prozessoptimierer 1 ... 101
5.3 Komponentenoptimierer ... 104
5.3.1 Beleuchtung ... 105
5.3.2 Absaugung ... 106
5.3.3 Maschinenkühlung ... 107

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

5.3.4 Hydrauliksystem ... 108
5.4 Betriebszustandsbasierte Energiebedarfsoptimierung ... 110
5.5 Energiebedarfsoptimale PPS ... 113
5.5.1 Energiebedarf als weitere Zielgröße ... 114
5.5.2 Fingerprints inkl. Anpassung ... 117
5.5.3 Messageing System und VDI 5600 Blatt 3 ... 118

6 Framework zur Energiebedarfsoptimalen Ansteuerung 121
6.1 Aufgaben des Framework zur energieoptimalen Ansteuerung von Werkzeugmaschinen ... 121
6.2 Frameworkbasierte Bereitstellung des energetischen Istzustandes ... 123
6.3 Frameworkbasierte Durchführung von Stelleingriffen ... 124
6.4 Integration der Energieoptimierer in das Framework ... 126
6.4.1 Schnittstellen der Energieoptimierer ... 128
6.4.2 Anbindung an die Werkzeugmaschine und Konfiguration der Energieoptimierer ... 132
6.4.3 Ausführung der Energieoptimierer ... 133
6.5 Beeinflussung und Überwachung von Energieoptimierern zur Laufzeit ... 135
6.5.1 Vorgabe von Führungsgrößen und Überwachung durch den Maschinenbediener ... 135
6.5.2 Vorgabe von Führungsgrößen und Überwachung durch das MES ... 136
6.6 Zusammenfassung ... 140

7 ECOMATION Demonstrator 143
7.1 Überblick Optimierungsebene und Anwendungsfälle ... 143
7.2 ECOMATION Prozessanalyse und -bewertungstool ... 146
7.3 ECOMATION Maschinensimulationen ... 150
7.4 ECOMATION Demonstratormaschine ... 153

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

7.5 ECOMATION Planung- und Steuerung 154
7.6 Versuchsszenario zur Energieeinsparung 156

8 Zusammenfassung 159

9 Literaturverzeichnis 161

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

Abkürzungen/Symbole

csv	Dateiformat Komma-getrennte Werte (engl. Comma-separated Values)
E/A	Eingangs/Ausgangs
EIDL	Energy Information Description Language
OPC	OLE for Process Control
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerungen
A	Adjazenzmatrix

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.

https://doi.org/10.51202/9783186695024-I
Generiert durch IP '18.216.201.32', am 16.06.2024, 10:57:09.
Das Erstellen und Weitergeben von Kopien dieses PDFs ist nicht zulässig.