BAND 03

Schriftenreihe Schienenfahrzeuge und Transportsysteme

Hrsg.: Univ.-Prof. Dr.-Ing. C. Schindler

Jagoba Lekue

Error Estimation in Wheel-Rail Normal Contact Area Measurements Using Pressure Sensitive Film

ifs | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Edition Wissenschaft Apprimus

Error Estimation in Wheel-Rail Normal Contact Area Measurements Using Pressure Sensitive Film

Fehlerabschätzung bei der Bestimmung von Kontaktflächen im Rad-Schiene-Normalkontakt mittels Druckmessfolie

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften
genehmigte Dissertation

vorgelegt von

Jagoba Lekue

Berichter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Christian Schindler
Prof. Ernesto García Vadillo, PhD

Tag der mündlichen Prüfung: 07. April 2022

Schriftenreihe Schienenfahrzeuge
und Transportsysteme

Jagoba Lekue

Error Estimation in Wheel-Rail Normal Contact Area Measurements Using Pressure Sensitive Film

Herausgeber:
Univ.-Prof. Dr.-Ing. C. Schindler

Band 3/2022

ifs | RWTH AACHEN UNIVERSITY

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über https://portal.dnb.de abrufbar.

Jagoba Lekue:

Error Estimation in Wheel-Rail Normal Contact Area Measurements Using Pressure Sensitive Film

1. Auflage, 2022

Gedruckt auf holz- und säurefreiem Papier, 100% chlorfrei gebleicht.

Apprimus Verlag, Aachen, 2022
Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien an der RWTH Aachen
Steinbachstr. 25, 52074 Aachen
Internet: www.apprimus-verlag.de, E-Mail: info@apprimus-verlag.de

ISBN 978-3-98555-092-0

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2022)

Preface

This work originated as a result of my research at the Institute of Rail Vehicles and Transport Systems of the RWTH Aachen University.

Special thanks are due to my supervisor, Prof. Christian Schindler, for the trust placed in me and his competent guidance through each stage of the process. My gratitude extends to Prof. Ernesto García Vadillo for his interest in my work and willingly acting as referee, as well as chairman Prof. Bernd Markert for the smooth course of the examination process.

I would also like to express my heartfelt gratitude to every colleague at the institute for the pleasant working environment, and particularly to Paul Schönhuber, Ashwin Walawalkar and Tobias Bettinger for being always available to provide professional insight or lend a sympathetic ear. A special mention goes to Dr. Florian Dörner, whose expertise was invaluable in formulating the research questions.

My appreciation also goes out to my current team at Linz Center of Mechatronics, in particular Dr. Thomas Gross, for giving me the necessary flexibility to write this document.

Last but not least, I would like to thank my family and friends for their unconditional support, especially my wife Silvia for being my best friend, advisor and motivator all along.

Linz, April 2022
Jagoba Lekue

Summary

This monograph presents a series of research activities with the goal of determining whether pressure measurement films are a suitable tool for a quantitative assessment of the wheel-rail contact area. Firstly, the effect of influential factors such as geometry, applied load and surface roughness on the resulting imprint was thoroughly examined by means of analytically approachable case studies. This allowed a precise determination of the systematic error that alters experimental outcomes. After that, finite element representations of the measurement procedure were explored in order to characterize the measurement deviation based on mechanical principles. By virtue of the excellent reproducibility of the measurement procedure, as well as the meaningful insight obtained from finite element simulations, an empirically calibrated film model that matches experimental outcomes was developed. This was alternately interposed between wheel and rail models to estimate the measurement error originated under typical operation conditions. The results underline the marked dependence of the measurement error on surface roughness but foresee a robust and reliable use of pressure measurement films for validation of wheel-rail contact models as long as both numerical and experimental solutions represent the same reality of interest.

Zusammenfassung

Die vorliegende Monographie beschreibt eine Reihe von Forschungsaktivitäten, in denen die Eignung von Druckmessfolien zur quantitativen Auswertung der Rad-Schiene-Kontaktfläche bestimmt wurde. Zunächst wurde die Auswirkung von Einflussfaktoren wie Geometrie, Last und Oberflächenrauheit auf den resultierenden Abdruck anhand von analytisch lösbaren Fallbeispielen eingehend untersucht. Dies ermöglichte eine präzise Quantifizierung des systematischen Fehlers, der zu einer Verfälschung der experimentellen Resultate führt. Anschließend wurden Finite-Elemente-Modelle des Messverfahrens herangezogen, um die Messabweichung aus mechanischer Perspektive zu charakterisieren. Aufgrund der hervorragenden Reproduzierbarkeit des Messverfahrens sowie der aufschlussreichen Erkenntnisse aus Finite-Elemente-Simulationen, konnte ein empirisch kalibriertes Folienmodell entwickelt werden, welches experimentelle Ergebnisse nachbildet. Dieses wurde dann abwechselnd zwischen Rad- und Schienenmodellen eingefügt mit dem Ziel, den Messfehler, der unter typischen Betriebsbedingungen entsteht, abzuschätzen. Die Oberflächenrauheit konnte dabei als wesentlicher Einflussfaktor auf den Messfehler identifiziert werden. Außerdem kann aus den vorgenommenen Untersuchungen abgeleitet werden, dass Druckmessfolien zuverlässig und robust zur Validierung von Rad-Schiene-Kontaktmodellen eingesetzt werden können, vorausgesetzt, dass kohärente numerische und experimentelle Lösungen vorliegen.

Contents

List of Figures