Flexibel automatisiertes Zweikomponenten-Spritzgießen, Abtrennen und Montieren funktionsintegrierter mikrooptischer Systeme aus Kunststoff

Abschlussbericht des Verbundprojektes FASAMOS

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ (Förderkennzeichen: 02PC2006) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe betreut. Die Verantwortung für den Inhalt liegt bei den Autoren.

DESMA Schuhmaschinen GmbH, Achim
Maschinentechnik für das Zweikomponenten-Mikrospritzgießen, Gesamtkonzept, Koordinator

Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH
Zweikomponenten-Mikrospritzgießtechnologie, Gesamtkonzept, Co-Koordinator

XENON Automatisierungstechnik GmbH, Dresden
Handhabungs- und Montagetechnik

WESKO GmbH, Oelsnitz
Spritzgießwerkzeugtechnik für Zweikomponenten-Mikroformteile

STM Sensor Technologie München GmbH
Anwendung und Betreuung des Demonstrationsformteils „Optosensor"

ITW e.V. Chemnitz
Prüftechnik und Fertigungstechnik

microfluidic ChipShop GmbH, Jena
Anwendung und Betreuung des Demonstrationsformteils „Mikrofluidiksystem"

Gábor Jüttner, Björn Dormann und Christian Siebenhaar (Hrsg.)
Flexibel automatisiertes Zweikomponenten-Spritzgießen, Abtrennen und Montieren funktionsintegrierter mikrooptischer Systeme aus Kunststoff (FASAMOS)

Abschlussbericht des Verbundprojektes „FASAMOS“

ISBN 978-3-8440-0672-8
ISSN 1610-5907

196 Seiten, 184 Abbildungen, 19 Tabellen, 96 Literaturzitate

Referat: Das Projekt setzte sich zum Ziel, die neuen Möglichkeiten des schussgewichtsoptimierten 2K-Mikrospritzgießens (Qualität, Flexibilität und Kostenoptimierung) unter Einbeziehung von Inline-Mess- und Prüfverfahren mit den Nachfolgeschritten von Montage, Handhabung und Logistik auf dem Gebiet der Fertigung optischer Mikrosysteme zu kombinieren. Konkret bedeutete dies, basierend auf dem neuen Maschinenkonzept einer Zweikomponenten-Mikrospritzgießanlage, eine flexible kompakte beispielhafte Fertigungskette zur Herstellung zuverlässiger Mikrooptiksysteme aufzubauen. Diese Prozesskette beinhaltet neben dem 2K-Mikrospritzgießen die Nachfolgeschritte Handhaben, Prüfen, Angusstrennen und Montieren. Eine prozessübergreifende Handhabungstechnik mit modularen Transfer- und Greiferlösungen verbindet und automatisiert die einzelnen Prozessschritte. Zu den Zielen gehörte auch die verfahrens- und kunststoffgerechte Auslegung der Zweikomponenten-Mikrooptikformteile. Das Verbundvorhaben lieferte vielfältige Ergebnisse: Eine neuartige, flexible und universelle Produktionsanlage für die Fertigung zukunftsträchtiger Produkte, innovative Einzelmodule, neue und verbesserte Produktionsmethoden sowie neuartige mikrooptische Produkte.

Schlagworte: Mikrospritzgießen, Zweikomponenten-Spritzgießen, Kunststoff-Mikrooptik, Spritzgießsimulation, Lösungssystematik, Mikrowerkzeugtechnik, Mikrostrukturierung, Mikromontage, Handhabung, Greifertechnik, Prozessintegration, optische Qualitätskontrolle, Angusstrennung, Spannungsreduzierung, Mikrofluidik, Lab-On-Chip, LED-Systeme, Anlagen-Demonstrator

Autoren

Björn Dormann (Projektkoordinator), *Klöckner Desma Schuhmaschinen GmbH, Achim*
Kap. 5.2
Gábor Jüttner (Projekt-Co-Koordinator), *Kunststoff-Zentrum in Leipzig gGmbH, Leipzig*
Satz, Kap. 2.1, 2.2, 3.1, 3.4, 4.1, 4.2.2–4.2.5, 4.3.1, 4.3.3, 6.1
Christian Siebenhaar, *ITW e.V., Chemnitz*
Kap. 2.2 – 2.6, 3.1, 3.2, 3.5, 4.1, 4.3.1, 4.3.2, 5.1, 5.3, 5.4, 6.2
Tilo Sieber, *XENON GmbH, Dresden*
Kap. 3.3, 5.1, 5.3 – 5.5, 6.2
Thomas Härtel, *Wesko GmbH, Oelsnitz (Erzg.)*
Kap. 3.4.1.3, 3.4.2.2, 4.4
Kerstin Rintelmann, *STM Sensor Technologie München GmbH, Neubiberg*
Kap. 3.6.1, 4.2.1, 6.3
Claudia Gärtner, *microfluidic ChipShop GmbH, Jena*
Kap. 3.6.2, 4.3.1, 4.3.4, 6.4

Berichte aus der Mikrosystemtechnik

Gábor Jüttner
Björn Dormann
Christian Siebenhaar

Flexibel automatisiertes Zweikomponenten-Spritzgießen, Abtrennen und Montieren mikrooptischer Systeme aus Kunststoff

Shaker Verlag
Aachen 2012

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

Copyright Shaker Verlag 2012
Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-0672-8
ISSN 1610-5907

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen
Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Vorwort

Mikrooptische Systeme und Komponenten sind Bestandteil von nahezu jedem High-Tech Produkt im Alltag. Mikrooptische Baugruppen sind z. B. in Mobiltelefonen, optischen Sensoren, medizintechnischen Geräte zu finden und müssen höchst dynamische Marktanforderungen erfüllen. Bei der Herstellung mikrooptischer Komponenten aus Kunststoff gilt insbesondere, dass die Wirtschaftlichkeit des Produktionsprozesses in großem Maß von dem Integrations- und Automatisierungsgrad sowie von der Flexibilität bezüglich Stückzahlen und Produktvarianten definiert wird. Dementsprechend sind neue produktionstechnische Ansätze notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit der mikrooptischen Branche langfristig zu sichern.

Mit der Förderinitiative „Fertigung mikrooptischer Bauteile und Systeme“ aus dem Programm „Rahmenkonzept Forschung für die Produktion von morgen“ gibt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) wichtige Impulse, um die Produktionstechnik im Mikrooptik-Sektor durch Innovation nachhaltig zu konsolidieren. Forschungsprojekte mit Beteiligung von produzierenden Unternehmen, insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), sind gefördert worden, um neue Lösungsansätze für Schlüsselprobleme der Branche weiterzuentwickeln. In diesem Kontext hat sich das Verbundprojekt FASAMOS „Flexibel automatisiertes, qualitätsgesteuertes Zweikomponenten-Spritzgießen, Abtrennen und Montieren funktionsintegrierter mikrooptischer Systeme aus Kunststoff“ die Etablierung einer neuen, integrierten und losgrößenflexiblen Produktionsstrategie in der Mikrotechnik und Optik als Ziel gesetzt. Im Fokus von FASAMOS stand die Entwicklung einer 2K-Mikrospritzgussmaschine mit integrierter Handhabungstechnik zur Vereinzelung, Systemmontage und automatischen In-Line-Qualitätskontrolle. Das Integrationskonzept von FASAMOS wurde anschließend in Fertigungszellen anhand High-Value Anwendungsfälle aus Kunststoff demonstriert.

Die Früchte der engagierten und interdisziplinären Zusammenarbeit des Konsortiums FASAMOS werden im Detail in diesem Bericht der Öffentlichkeit vorgestellt und gleichzeitig dadurch die Breitenwirksamkeit des Verbundprojektes erhöht. Für die beteiligten Partner eröffnen sich nach FASAMOS zahlreiche Verwertungsmöglichkeiten für die im Projekt erzielten Ergebnisse. Hersteller und Ausrüster von Mikrospritzgussanlagen und -komponenten, Dienstleister im Bereich der Automatisierung sowie Anwender in der Sensor- und Medizintechnik, um nur ein paar Beispiele zu erwähnen, werden sicherlich von einem Wettbewerbsvorsprung profitieren und einen wichtigen Beitrag zur Stärkung der Produktion in Deutschland leisten.

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Projektträger Karlsruhe (PTKA)
Dr.-Ing. Alexander Lucumi
Februar 2011

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung und Zielstellung **1**
1.1 Motivation . . . 1
1.2 Ziele . . . 2
1.3 Projektstruktur . . . 3
1.3.1 Projektpartner . . . 3
1.3.2 Zusammenarbeit . . . 6
1.3.3 Projektablauf . . . 7

2 Stand der Technik **8**
2.1 Spritzgießtechnik . . . 8
2.2 Verfahren zur Kompensation von Bauteilspannungen . . . 10
2.3 Trenntechnik zur Beseitigung von Angüssen . . . 13
2.4 Handhabungs- und Montagetechnik . . . 14
2.5 Flexible Prozessautomation . . . 15
2.6 Optische Mess- und Prüftechnik . . . 16

3 Grundlegende Untersuchungen **18**
3.1 Spannungsabbau . . . 18
3.1.1 Motivation . . . 18
3.1.2 Vorgehensweise . . . 19
3.1.3 Untersuchungen zum resonanten Wirkprinzip . . . 20
3.1.4 Untersuchungen zum quasistatischen Wirkprinzip . . . 33
3.1.5 Ausblick . . . 40
3.1.6 Fazit . . . 41
3.2 Angusstrennung . . . 42
3.2.1 Anforderungen . . . 42
3.2.2 Vorbetrachtungen . . . 42
3.2.3 Versuche zur Verfahrenseingrenzung . . . 44
3.2.4 Automatisierte Werkstoffversuche . . . 47
3.2.5 Fazit zur Angusstrennung . . . 51
3.3 Handhabungs- und Montagekonzept . . . 53
3.3.1 Anforderungen und Funktionalitäten . . . 53
3.3.2 Versuche zur kamerageführten Montage des Optosensors . . . 56
3.3.3 Montagekonzept für den Optosensor . . . 57
3.4 Spritzgießtechnologie . . . 61
3.4.1 Werkstoffkompatibilität für 2K-Mikroformteile . . . 61
3.4.2 Auslegung der Tunnelanschnitte für Mikroformteile . . . 67
3.4.3 Auftriebssituation beim Spritzgieß-Füllvorgang . . . 69
3.5 Mess- und Prüftechnik . . . 72
3.5.1 Anforderungen . . . 72
3.5.2 Analyse und Test von Sensorprinzipien . . . 73
3.5.3 Zusammenfassung und Bewertung . . . 82
3.6 Funktionsprinzip der Demonstrationsformteile . . . 84
3.6.1 Optosensor . . . 84

3.6.2 Lupenchip 89

4 Formteile **91**
4.1 Formteilspektrum 91
4.2 Konzeption des Formteils „Optosensor“ 93
4.2.1 Anforderungen für die Formteilentwicklung 93
4.2.2 Werkzeugtechnische Grundfragen 95
4.2.3 Systematische Formteilentwicklung 101
4.2.4 Formteilkonzept für die favorisierte Variante 104
4.2.5 Rückkopplung der experimentellen Projektergebnisse 106
4.3 Konzeption des Formteils „Lupenchip“ 108
4.3.1 Funktionalität und Designkonzept 108
4.3.2 Analytische Berechnungen und Simulationen 109
4.3.3 Formteilauslegung 111
4.3.4 Anforderungen 116
4.4 Werkzeugtechnik für die Demonstratoren 118
4.4.1 Optosensor 118
4.4.2 Lupenchip 124

5 Anlagen-Demonstrator **127**
5.1 Übersicht 127
5.2 Mikrospritzgießen 127
5.2.1 Anlagenkonzept 127
5.2.2 Komponenten der Spritzgießmaschine 129
5.3 Montageautomation 136
5.3.1 Anlagenkonzept 136
5.3.2 Prozessmodule zur Entnahme, Ablage, Lagefixierung und Übergabe 139
5.3.3 Prozessmodule zur Angusstrennung 142
5.3.4 Prozessmodule zur optischen Zwischenprüfung 147
5.3.5 Prozessmodule zur hybriden Montage 152
5.4 Schnittstellen 155
5.5 Bedienphilosophie 159
5.5.1 Mikrospritzgießmaschine 159
5.5.2 Montagezelle 161

6 Erprobung **163**
6.1 Prozessmodule zum Mikrospritzgießen 163
6.1.1 Inbetriebnahme 163
6.1.2 Mikrospritzgießtechnologie Optosensor 163
6.1.3 Mikrospritzgießtechnologie Lupenchip 165
6.2 Prozessmodule zur Nachbehandlung 166
6.2.1 Teilebereitstellung und Montage 166
6.2.2 Zwischenprüfung 169
6.2.3 Angusstrennung 171
6.2.4 Fazit 174
6.3 Erprobung der Optosensoren 175

6.3.1 Vorgehensweise 175
6.3.2 Untersuchung der Montagefähigkeit 176
6.3.3 Bestimmung der Abbildungsqualität von Optoelementen mit dem FASAMOS -Formteil 181
6.3.4 Bewertung 183
6.3.5 Zusammenfassung 185
6.4 Erprobung des Lupenchips 187
6.4.1 Fertigungsablauf 187
6.4.2 Fluidische Validierung 187

7 Zusammenfassung **190**

Literatur **193**