

Zusammenfassung

IGF-Vorhaben-Nr.: 16950-N

Entwicklung und Erprobung einer innovativen Anfahr- und Regelstrategie für Spritzgießwerkzeuge mittels Infrarot-Thermografie

Ausgangslage

Bei der wirtschaftlichen Herstellung komplexer Formteile aus Kunststoff, die hinsichtlich Materialeinsatz und Zykluszeit optimiert wurden, sind oftmals höchste Qualitätsansprüche zu berücksichtigen. Die genaue Einhaltung sehr enger Prozessgrenzen bei den Maschinenparametern und bei der Werkzeugtemperierung ist eine maßgebliche Voraussetzung für eine zu 100 % fehlerfreie Produktion, die auch aus logistischen Gründen für nachfolgende Prozessschritte heute bei vielen Anwendungen zwingend notwendig ist. Neben einer Absicherung durch die in modernen Spritzgießmaschinen integrierte Überwachung relevanter Spritzgießparameter muss auch die Konstanz der sensiblen Temperierung der Werkzeuge dauerhaft höchste Ansprüche erfüllen. Wärmebildkameras, die im Bemusterungsprozess anspruchsvoller Artikel seit vielen Jahren erfolgreich zum Einsatz kommen, sollen auch in der Serienfertigung für eine Überwachung des Wärmehaushaltes und für die Regelung der Werkzeugtemperierung Anwendung finden.

Forschungsziel

Für eine prozessintegrierte Nutzung geeignet aufbereiteter Wärmebildinformationen zur Qualitätsverbesserung im Spritzgießprozess sind grundlegende Voraussetzungen zu schaffen. Zunächst soll eine leicht interpretierbare Visualisierung von Temperaturdifferenzen während der Bemusterungsphase von Werkzeugen die einfache Erkennung der Auswirkungen von Parameterveränderungen auf den Wärmehaushalt ermöglichen. Eine zusätzliche Festlegung von Temperatur-Grenzwerten ist für die automatisierte Steuerung von Ausschussweichen vorgesehen. Darüber hinaus soll eine neuartige Regelungstechnik für die Temperierung auf Basis der Wärmebildinformation entwickelt und erprobt werden. Untersuchungen hinsichtlich wesentlicher Voraussetzungen für die genaue Wärmebilderfassung sowie eine Analyse relevanter Fehlermöglichkeiten sind vorgesehen.

Lösungsweg

Basierend auf den theoretischen Grundlagen für den Wärmehaushalt von Spritzgießwerkzeugen ist für eine thermographische Erfassung von Formteil-Oberflächentemperaturen zunächst ein geeigneter Versuchsaufbau zu spezifizieren. Wichtige Bausteine hierbei sind die Festlegung eines geeigneten Probekörpers, die Konzeption und der Aufbau eines Versuchswerkzeuges sowie die Auslegung und Herstellung eines Temperier-Systems. Zusätzlich erfolgen die systematische Auswahl einer ge-

eigneten Wärmebildkamera und die Erweiterung einer im Vorfeld im SKZ entwickelten Softwarelösung. Nach dem Aufbau der Versuchsanordnung sind in Vorversuchen zunächst umfangreiche Tests der Schnittstellen und Softwareanpassungen erforderlich. Nach einer Untersuchung der wichtigsten Fehlermöglichkeiten bei den thermographischen Messungen zeigen Versuche mit mehreren Regelungsvarianten die Einsatzmöglichkeiten und Grenzen des Systems.

Versuchsaufbau

Zunächst erfolgte die Entwicklung eines relativ kompakten und dennoch segmentiert temperierten Spritzgießwerkzeuges, bei dessen Auslegung großer Wert auf eine thermische Entkopplung der Temperier-Segmente gelegt wurde. Für die Überprüfung und Anpassung des Werkzeugentwurfes diente eine Simulation mit der Software Moldflow Plastic Insight.

Eine Temperierstation, bestehend aus einem Doppeltemperiergerät zur Regelung konstanter Vorlauftemperaturen und zwei Ventilsätzen zur Durchflussteuerung, kam für die Einstellung der Wärmeströme der insgesamt acht Temperier-Segmente an der Düsen- und Auswerferseite des Spritzgießwerkzeuges zum Einsatz. Über frei programmierbare Ein- und Ausgänge des Entnahmesystems, die über potentialfreie Ein- und Ausgabekarten mit einem PC verbunden wurden, erfolgte das Triggern der Wärmebildaufnahmen und eine Synchronisation der errechneten Temperier-Impulse zum Zyklus der Spritzgießmaschine sowie die Ansteuerung einer Ausschussweiche. Im Rahmen einer projektbegleitenden Diskussion mit Industriepartnern und im Zuge von Praxisversuchen erfolgten mehrere Optimierungen der Prozesssicherheit der Kommunikationsschnittstelle. Die automatisierte Formteilentnahme erforderte die Entwicklung eines speziellen Entnahmegreifers, der eine wiederholgenaue Formteilpositionierung zur Wärmebilderfassung gewährleistete.

Eine an der Schutzeinhausung der Spritzgießmaschine befestigte Wärmebildkamera übermittelte nach jedem Schuss Infrarotaufnahmen von sechs Ansichten des Probekörpers an den PC. Ein Vergleich der jeweils aktuellen Wärmebilder mit gespeicherten Referenzaufnahmen ermöglichte die Visualisierung von Wärmedifferenzen und eine Überprüfung der Grenzwerteinhaltung für die Steuerung der Ausschussweiche. Durch Soll-Ist-Vergleiche der innerhalb der Wirkungsbereiche der Temperiersegmente gemessenen Maximaltemperaturen erfolgte eine Berechnung der Regeldifferenzen. Über einen PID-Regelalgorithmus konnten nachfolgend die Regler-Ausgangsgrößen (prozentualer Durchfluss des Temperiermediums je Kreislauf im Zyklus) ermittelt und über eine Relais-Ausgangskarte an die Ventilsätze übermittelt werden.

Versuche

Eine Bewertung der im Rahmen der theoretischen Überlegungen als relevant bewerteten Umgebungseinflüsse auf die Genauigkeit der Wärmebilderfassung erfolgte in Vorversuchen. Hierbei konnten exemplarisch die Abweichungen durch erzwungene Konvektion sowie die Auswirkungen unterschiedlicher Oberflächenstrukturen und Füllstoffgehalte untersucht werden. Die Lokalisierung der Wirkungsbereiche einzelner Temperierzonen in den Wärmebildern erfolgte durch die gezielte Variation der Durchflussmengen der Temperiersegmente. Starke Wechselwirkungen zwischen den variierten Kreisläufen traten bei den im Werkzeug gegenüberliegenden Segmenten in Düsen- und Auswerferseite auf. Nach Versuchen mit einer unregelmäßig temperierten

nung mit maximaler Durchflussmenge aller Kreisläufe erfolgte eine manuelle Einregulierung der Volumenströme, die ähnlich auch in der Praxis für eine Optimierung der Gleichmäßigkeit der Entformungstemperaturen zum Einsatz kommt. Die in jedem Schuss erfassten Wärmebilder ermöglichten dabei eine effiziente Vorgehensweise, da Einstelländerungen unmittelbar visuell erkannt wurden.

Mit einer Soll-Vorgabe von 40 °C für die Werkzeugtemperatur erfolgte die Durchführung der vergleichenden Versuche mittels einer Temperaturregelung über Werkzeugtemperatur-Fühler. Nach Versuchen zur Ermittlung der Auswirkungen von Stellgradveränderungen auf die Oberflächentemperaturen des Formteiles und nach einer empirischen Optimierung der Regler-Parameter konnten Versuche zum Anfahrverhalten mit einem geschlossenen Regelkreis mit Wärmebildern zur Rückkopplung der Regelgröße durchgeführt werden.

Ergebnisse

Bei einem prozessintegrierten Einsatz von Wärmebildanwendungen ist eine gute Genauigkeit dann zu erreichen, wenn eine wiederholgenaue Positionierung der Formteile vorliegt, eine starke Luftströmung und damit erzwungene Konvektion möglichst vermieden und auch eine zu Reflexionen führende, starke Wärmestrahlung in Blickrichtung der Kamera abgeschirmt wird.

Die Nutzung von Inline-Wärmebildern für die Visualisierung von Temperaturveränderungen im Bemusterungsprozess ermöglicht eine schnelle Erkennung der Auswirkungen von Parameteränderungen auf den Wärmehaushalt der Formteile und verbessert dadurch das Ergebnis dieses Prozesses bei gleichzeitiger Beschleunigung und erhöhter Reproduzierbarkeit.

Nach erfolgter Werkzeug- und Prozessfreigabe können die Erkenntnisse aus der Bemusterungsphase in Kombination mit der Festlegung von Temperaturgrenzwerten in einfacher Weise die Steuerung von Ausschussweichen ermöglichen.

Eine Regelung der Werkzeugtemperatur auf Basis der Wärmebildinformationen ist umsetzbar. Die dabei auftretenden Überschneidungen, speziell bei differierenden Sollvorgaben auf der jeweils gegenüberliegenden Werkzeughälfte, sind nur durch die Vorgabe gleicher oder ähnlicher Temperaturwerte für gegenüberliegende Segmente beherrschbar. Dies gilt im Übrigen auch für jede andere Form einer Werkzeug-Temperaturregelung.

Industrieller Einsatz

Bereits während der Bearbeitungsphase des Forschungsvorhabens konnte, unterstützt durch zahlreiche Vorträge und einige Publikationen, eine Vielzahl industrieller Interessenten für orientierende Versuche in den Unternehmen gewonnen werden. Nach einer sehr einfachen Installation der Kamera, Anschluss des Triggersignales und Programmierung des Entnahmesystems erfolgten dabei Veränderungen von Prozessparametern und eine Beobachtung der Auswirkungen an den Formteilen. Bei vielen Teilen war eine automatisierte Ausschuss-Erkennung problemlos umsetzbar.

das Ziel des Vorhabens wurde erreicht

Danksagung und Bestellhinweis

Das IGF-Vorhaben 16950-N der Forschungsvereinigung Kunststoff-Zentrum wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen werden, der zum Selbstkostenpreis beim SKZ bestellt werden kann. Die Rechnung wird mit dem Bericht zugeschickt.