

Linienintegration eines Single-Shot-3D-Sensors in einer Saugerbalken-Press

M. Strohmeier*, P. Wang*, R.Cisek*, C. Faber**

*BMW AG, Werk Dingolfing

**Hochschule Landshut – University of Applied Sciences

<mailto:michael.strohmeier@bmw.de>

Der Einsatz optischer Sensoren in harten Produktionsumgebungen, wie dem Pressumformen, wird maßgeblich durch Schwingungen und Lagetoleranzen der Bauteile beschränkt. In diesem Paper soll eine beispielhafte Integration eines optischen Single-Shot-Sensors in die Produktionslinie zur Inline-Inspektion von Oberflächen und Geometrien tiefgezogener Bauteile vorgestellt werden.

1 Einführung

In der industriellen (Massen-) Fertigung ist der Einsatz optischer Sensoren durch die berührungslose, schnelle und flexible Messfähigkeit weit verbreitet. Besonders in harten Produktionsumgebungen, wie der Pressumformung, ist jedoch die Wahl an Messmethoden für eine Inline-Bauteilkontrolle stark begrenzt. Produktionsbedingte Störgrößen aus Sicht des Messsystems wie Schwingungen, Lagetoleranzen und Beölung der Bauteile nehmen Einfluss auf die erreichbare Genauigkeit der Messung. So können Vibrationen beispielsweise kalibrierte Pixelzuordnungen bei klassischen triangulationsbasierten Systemen verfälschen, was eine Bauteilrekonstruktion stark erschwert. Auch der abschließende Abgleich mit Referenzdaten ist bei Messung in streng getakteten Produktionsflüssen oftmals zeitlich kritisch zu sehen.

Am Anwendungsfall des Presswerks der BMW Group in Dingolfing sollen im Rahmen des Automobilbaus blechumgeformte Außenhautteile auf Oberflächen- und Geometrieabweichungen, wie beispielsweise Einschnürungen, inline im Serientakt geprüft werden. Da zur Gewährleistung der Bauteilsicherheit und der Ästhetik im Feld besonders Form-*Abweichungen* im Rahmen definierter Normtoleranzen essentiell sind, ist es vorteilhaft, anstelle einer kompletten Formmessung auch lediglich die *Abweichung von der Sollgeometrie* durch das Messsystem zu erfassen („Nulltest“).



Fig. 1 Anwendungsgebiet Automobilbau: Inspektion Seitenrahmen: Links: Platzierung Messsystem. Rechts: Beispiel Einschnürung

2 Methodik

Die implementierte Messmethodik basiert dabei auf sog. inverser Streifenprojektion [1] in Kombination mit Seitenbanddemodulation [2] und wurde in [3] erarbeitet. Mittels konventioneller Streifenprojektion wird jeder neue Bauteiltyp zunächst offline hinsichtlich Lage und Orientierung im Raum erfasst. Zusammen mit einer Gesamtkalibrierung von Kamera und Projektor bildet dies die Grundlage für die inverse Musterberechnung.

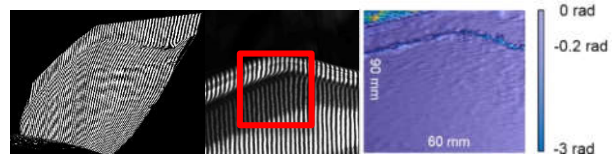


Fig. 2 Links: Inverses Streifenmuster. Mitte: Kameraaufnahme des projizierten inversen Musters. Rechts: Phasenkarte über rot-markierten Bauteilbereich

Das berechnete inverse Muster (Fig.2 Links) wird nun inline auf jedes einzelne Bauteil projiziert und durch die Kamera erfasst. Dabei genügt eine einzelne Kameraaufnahme zur Auswertung mithilfe der Seitenbanddemodulation, wodurch der Einfluss von Schwingungen reduziert wird. Durch die Kombination mit den inversen Streifen ergibt sich im Fourier-Raum ein besonders schmalbandiges Signal, was sich entsprechend robust auswerten lässt. Durch die Vorverzerrung der Streifen ist auf einem i.O.-Bauteil nach Abzug der Trägerfrequenz näherungsweise eine konstante Phase zu erwarten. Restabweichungen in einem Bereich bis 0.2rad (entspricht ca. 60 μ m) sind dabei auf die noch eingeschränkte Qualität des projizierten Musters zurückzuführen. Grundlage der Genauigkeit bildet hier primär die vorangestellte Kalibrierung und die Datenqualität bei der Bauteilregistrierung. Durch Analyse der Phasendaten können Defekte zukünftig klassifiziert und qualitativ ausgewertet werden.

3 Herausforderungen des Produktionsumfelds

Die zu betrachtenden Störgrößen ergeben sich aus unerwünschten Einwirkungen aus dem Produktionsprozess auf den Messprozess. Das Pressumformen stellt hierbei eine vergleichsweise harte Produktionsumgebung dar, in der besonders Schwingungen, Lagetoleranzen und Beölung des Bauteils Einfluss nehmen können. Vor Integration soll zunächst die Ausgangssituation betrachtet werden. Hierzu ist in Fig. 4 eine typische Schwingungsmessung basierend auf einer Bauteilproduktion von 200 Stück dargestellt.

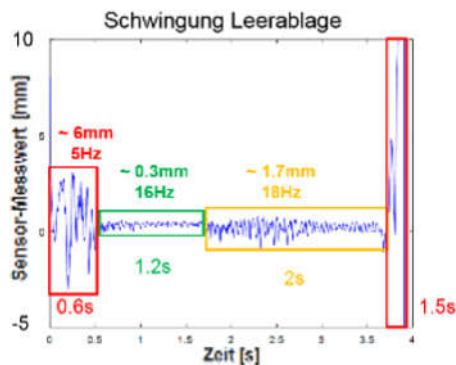


Fig. 4 Schwingungs-Weg-Messung. **Rot:** Ablage / Entnahme Bauteil, **Gelb:** Pressenhub im vorgelagerten Tiefziehprozess, **Grün:** Ruhelage der Presse

Dabei wurde die Relativbewegung zwischen Bauteil und der Leerablage erfasst, an welche auch der Single-Shot-Sensor angebracht ist. Die Leerablage stellt eine Standardablage dar, welche auf dem Pressentisch in der letzten Pressenstufe platziert ist. Zur Beurteilung der Lagetoleranz des Bauteils wurden sog. Smart-Cams an markanten Bauteilbereichen eingesetzt, welche eine laterale (x-y) Lagetoleranz von ca. 5 mm detektiert haben. Zur Verbesserung der Ausgangssituation wurde eine neue Bauteilablage konstruiert, welche zwei grundlegende Merkmale trägt: Zum einen wird die eindeutige Positionierung des Bauteils auf der Ablage durch verteilt angeordnete Formabgüsse gewährleistet, was die Lagetoleranz lateral auf ca. 1 mm senkt - dies genügt für eine robuste Auswertung. Weiterhin wurde eine Ansaug- / Blaseinheit auf der Ablage integriert, welche das Bauteil während der Messung auf der Ablage fixiert. Dadurch können Relativschwingungen im grünen Bereich (Fig. 4) auf 0,2 mm und im gelben Bereich auf 0,7 mm reduziert werden. Beölungseinflüsse bis zu einer Schichtdicke von 1 mm zeigten keine Erhöhung der Messunsicherheit mit Streifenprojektionsmessung (20 µm). Für den Inline-Einsatz kann nun die neue Bauteilablage mit integriertem Messsystem in der Presse anstatt der alten Leerablage verwendet werden. Somit ist kein Anbau an die Anlage nötig. Anhand der Messdaten ergibt sich ein maximales Messfenster von ca. 4 Sekunden, in dem die Bauteilprüfung abgeschlossen werden muss. Messsystem und Ansaugung werden automatisiert über

die Nockenzahl der Presse gesteuert. Es gilt zukünftig noch zu erproben, ob neben dem reinen Single-Shot-Ansatz auch eine Aufnahme und geeignete Verrechnung von Single-Shot-Messsequenzen zur Inline-Bauteilrekonstruktion genutzt werden könnte.

4 Inline-Messung

Durch die Integration des Messsystems in die Anlage können nun erste Erprobungen inline durchgeführt werden.

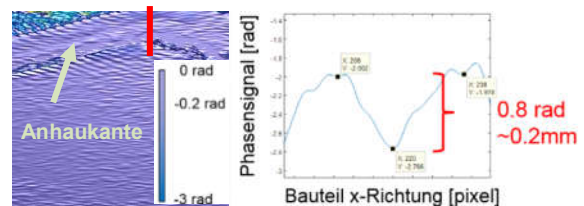


Fig. 5 Links: Phasenkarte Zarge Seitenrahmen (Schnitt rot). Rechts: Schnittansicht zeigt qualitativ eine Einschnürung

Erste Inline-Messungen zeigen die prinzipielle Funktionalität der Messmethodik im automatisierten Inline-Einsatz, was durch die Erkennung einer Einschnürung in der Anhaulante (Fig. 5) nachgewiesen wurde.

5 Zusammenfassung

Das Pressumformen erschwert durch Schwingungen und Lagetoleranzen den Einsatz optischer Prüfsysteme. Der Einfluss von Beölung der Blechplatinen konnte allgemein als unkritisch eingestuft werden. Die aus der Analyse der Störgrößen abgeleitete Maßnahme der Konstruktion einer spezifischen Bauteilablage erleichtert die Integration des Messsystems in die Presse und reduziert die Störgrößen maßgeblich. Erste Inline-Messungen zeigen die prinzipielle Funktionalität der Messmethodik im Feld. Zukünftige Arbeiten befassen sich mit der Korrektur von Überbelichtungen und der Erarbeitung automatisierter Klassifikationsansätze bei der Defekterkennung.

Literatur

- [1] Pösch, A., Vynnyk, T., Reithmeier, E.: „Using Inverse Fringe Projection to Speed Up the Detection of Local and Global Geometry Defects on Free Form Surfaces“, Proc. SPIE Vol. 8500, 8500B-1, 2012
- [2] Takeda, M., Ina, H., Kobayashi, S.: „Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry“. In: Journal of the Optical Society of America, Vol. 72 (1982), p. 156 – 160
- [3] Strohmeier, M., Ludwig, M., Buchner, F., Schelske, Ch., Faber, Ch.: „Inline detection of defects on free formed metal pressings using a single shot inverse fringe projection approach“, DGaO Proceedings 2016 – ISSN: 1614-8436 – urn:nbn:de:0287-2016-B002-0