

Zusammenfassung

IGF-Vorhaben-Nr.: 19563 N

Grenzen und Potenziale der passiven Thermografie für die Qualitätssicherung beim Ultraschallschweißen

Zum Verbinden von Kunststoffbauteilen werden zur Bewältigung hoher Stückzahlen meist Serienschweißverfahren, wie das Ultraschallschweißen eingesetzt. Obwohl das Ultraschallschweißen ein sehr verbreitetes Fügeverfahren ist, können dennoch Qualitätsschwankungen auftreten, die nicht mittels üblicher Überwachungsparameter der Schweißmaschine erkannt werden können.

Ziel eines abgeschlossenen Forschungsprojektes am Kunststoff-Zentrum – SKZ war es daher, die Grenzen und Potenziale einer inline Qualitätskontrolle mittels Thermografie zu untersuchen. Im Rahmen des Projekts wurde eine Qualitätssicherungsmöglichkeit geschaffen, mit der die Lücke nicht detektierbarer Fehlerquellen durch die Maschinenüberwachung mit Hilfe der Thermografie geschlossen werden konnte. Hiermit wurde ein weiterer Schritt Richtung 100 % Kontrolle durch zerstörungsfreie Prüfung gegangen.

Beim Ultraschallschweißen entsteht die Wärme durch Dissipation (innere molekulare Reibung) und Grenzflächenreibung der Fügeflächen. Das Prinzip des Aufschmelzens beruht darauf, Energie in Form einer mechanischen Schwingung in das zu schweißende Bauteil einzuleiten und den Kunststoff in der vorgesehenen Schweißnahtgeometrie aufzuschmelzen. Im theoretischen Idealfall wird die gesamte Energie ohne Verluste in die Fügezone zum Schweißen eingebracht. Aus ästhetischen Gründen ist bei Serienprodukten die Schweißnaht durch Designs der Bauteile häufig nicht sichtbar und kann daher thermografisch nicht direkt erfasst werden. Als neuartigen wissenschaftlichen Ansatz zur zerstörungsfreien Prozessüberwachung wurde daher die oberflächen-nahe Absorption der Schallenergie durch das Dämpfungsverhalten der Kunststoffe und dem damit erhöhten Energiebedarf beim Schweißen bewertet. Es wurde demnach nicht die Erwärmung der Schweißnaht selbst oder die Wärmeleitung der Schweißnaht an die Oberfläche betrachtet, sondern die Erwärmung der Bauteiloberfläche durch Schallabsorption. Die Temperaturverteilung sollte dabei einen Hinweis auf die Energieeinbringung in das Bauteil während des Schweißprozesses wiedergeben. Hierbei

war weniger die Bestimmung einer Absoluttemperatur relevant, sondern vielmehr die Änderung der Bauteiltemperatur im Vergleich zu einer Referenzschweißung. Üblicherweise werden zur Erfassung eines Thermogrammes sog. Histogramme erstellt, mit deren Hilfe zahlenmäßig erfasst werden kann, wie häufig eine Temperatur in einem Thermogramm vorhanden ist. Um effizient eine Vielzahl an Schweißungen thermografisch auswerten zu können, wurde vom SKZ eine Auswertungssoftware weiterentwickelt. Mit dieser Software können schnell rechnerische und visuelle Mittelwerte aus mehreren Schweißungen erzeugt werden (Abbildung 1, oben). Diese Software ermöglicht neben der klassischen Temperaturmessung und -aufzeichnung zudem die Erstellung von sog. Differenzbildern. Anhand von Temperaturunterschieden einzelner Pixel können visuelle Unterschiede nachvollziehbar dargestellt und messtechnisch erfasst werden. Hierdurch kann beispielsweise eine schnelle Gegenüberstellung von verschiedenen Schweißungen zu einer Referenz (z. B. Mittelwert eines Prozesses) erfolgen (Abbildung 1, unten). Eine solche Auswertungsmethode war Grundvoraussetzung, um schnell eine Vielzahl an Schweißungen betrachten zu können, wie es für den Ultraschallschweißprozess bei Schweißzeiten von unter einer Sekunde erforderlich ist.

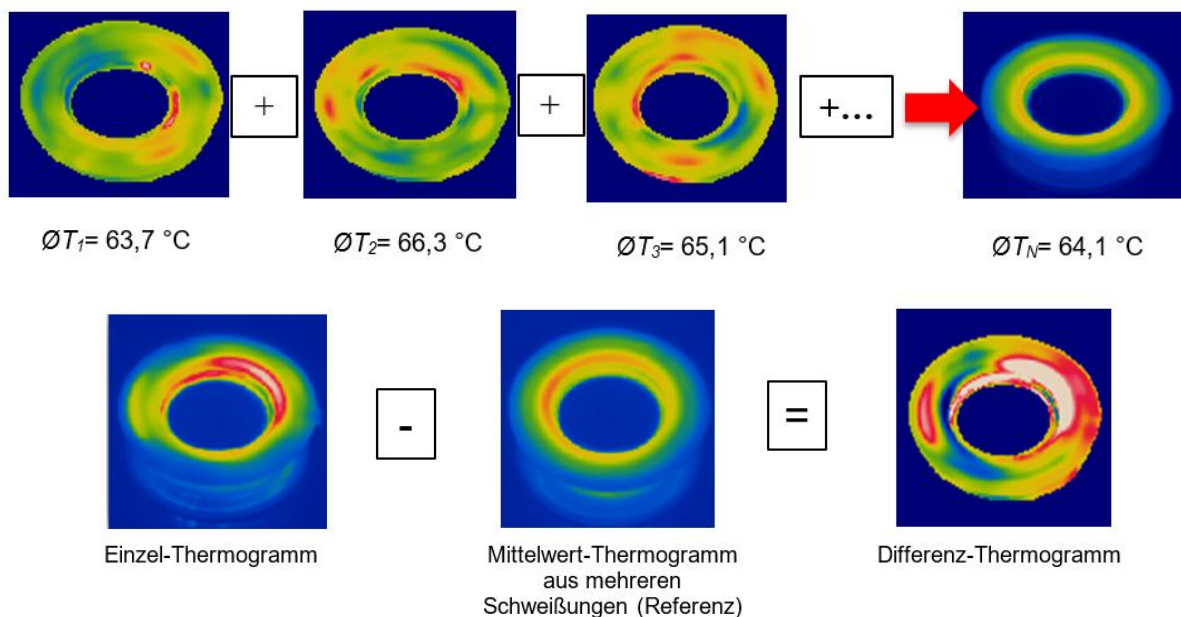


Abbildung 1: Mittelwertbildung aus mehreren Einzelschweißungen (oben) sowie Darstellung eines Ist-Thermogramms, eines Referenz-Thermogramms und Berechnung eines Differenzthermogramms (unten)

Im Rahmen des Projektes konnten viele Einflüsse auf den Schweißprozess und auf die resultierende Oberflächentemperatur ermittelt werden. Die Ergebnisse ließen Zu-

sammenhänge zwischen der Oberflächentemperatur von Bauteilen und der Schweißnahtqualität erkennen. Diese waren jedoch u. a. sehr abhängig von den Prozessparametern, der Materialien und der Schweißnahtgeometrie.

Mittels der im Projekt festgelegten Auswertungsmethode von Thermogrammen konnten vergleichbare Aussagen bezüglich des Schweißprozesses getroffen werden, wie mit den Maschinenüberwachungsparametern Schweißenergie und -zeit. Somit ist eine Bewertung des Schweißprozesses mittels Thermografie prinzipiell geeignet und aussagefähig. Ein großer Vorteil der Thermografie liegt in der bildhaften Darstellung und der Vielzahl an unterschiedlichen Auswertungsmöglichkeiten. So konnten insbesondere Prozesseinflüsse visuell bewertet und Unregelmäßigkeiten am Bauteil lokal zugeordnet werden.

Im Rahmen des Projektes konnten noch nicht alle Abhängigkeiten und Einflüsse des Ultraschallschweißprozesses auf die thermografische Erfassung endgültig untersucht bzw. erklärt werden. Dennoch steht aktuell dank dieser Erkenntnisse bereits jetzt eine weitere Möglichkeit zur Fehleranalyse des Ultraschallschweißprozesses zur Verfügung und ermöglicht neue Ansätze für die Forschung und industrielle Anwendungen.

„Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht“

Danksagung und Bestellhinweis

Das IGF-Vorhaben 19563 N der Forschungsvereinigung Fördergemeinschaft für das Süddeutsche Kunststoff-Zentrum e. V. - FSKZ e. V. wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrielle Forschungsvereinigungen (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert. Das SKZ ist Mitglied der Zuse-Gemeinschaft. Diese ist ein Ver-

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

bund unabhängiger, industrienaher Forschungseinrichtungen, die das Ziel verfolgen, die Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeit der Industrie, insbesondere des Mittelstandes, durch Innovation und Vernetzung zu verbessern. Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen und über das SKZ erhalten werden.