

Sensorische Überwachung des Ultraschallschweißprozesses

Mike KORNELY¹, Johannes Rittmann¹, Marc KREUTZBRUCK¹

¹ Institut für Kunststofftechnik, Stuttgart

Kontakt E-Mail: mike.kornely@ikt.uni-stuttgart.de

Kurzfassung

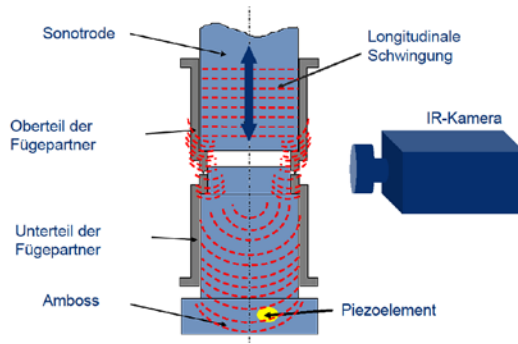
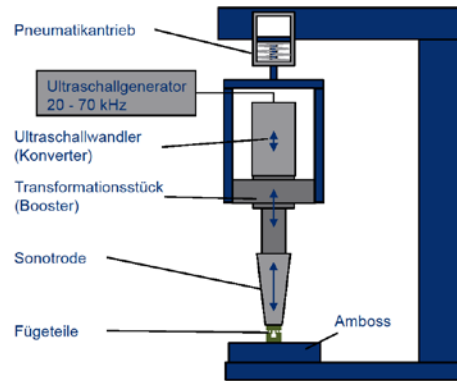
Das Ultraschallschweißen ist ein anerkanntes und weit verbreitetes Fügeverfahren, um thermoplastische Bauteile dauerhaft miteinander zu verbinden. Das Verfahren zeichnet sich durch eine lokale Erwärmung der Bauteile in der Fügeebene, eine geringe Schweißzeit sowie eine hohe Wirtschaftlichkeit des Prozesses aus. Die Schweißnahtqualität hängt dabei von vielzähligen Faktoren ab. Ausgehend von den Prozessparametern, den Toleranzen der Fügebauteile bis hin zu Theorien über ein chaotisches Werkstoffverhalten im Grenzbereich des Ultraschallschweißens wird der Prozess gewollt und ungewollt beeinflusst. So führt eine z.B. Erhöhung der Schweißkraft zu einer Reduzierung der Schweißzeit und zu einer Verbesserung der Schweißnahtfestigkeit. Bei zu hohen Kräften wird die Schmelze allerdings aus der Fügezone gedrückt, was zu einer Reduzierung der Festigkeit führt. Dies kann zu schwankenden Prozessqualitäten führen. Die Bewertung der Schweißnahtqualität erfolgt bisher durch eine zerstörende Prüfung der Schweißnaht.

Die sensorische Überwachung des Ultraschallschweißprozesses ermöglicht es, schon während des Prozesses Aussagen über die Schweißnahtqualität treffen zu können. Im Rahmen dieser Arbeit wird die sensorische Überwachung der im Amboss auftretenden mechanischen Schwingungen mithilfe von Piezosensoren sowie die Temperaturentwicklung in der Fügezone der Schweißnaht mit einer Thermografiekamera aufgezeigt. Aus jeweils für die sensorische Überwachung charakteristischen Werten, wie Amplitude und Frequenz, wird ein Vergleich zur Schweißnahtqualität mittels anschließender Zugversuchen angestellt. Dabei zeigt sich eine signifikante Korrelation zwischen den ermittelten Zugfestigkeiten und den am Piezoschwinger erfassten Energiedichten.

Sensorische Überwachung des Ultraschallschweißprozess

Stand der Technik

Durch Ultraschallschweißen können thermoplastische Kunststoffe innerhalb kurzer Zykluszeiten (< 1 s) gefügt werden. Für das Verfahren ist kein Schweißzusatzwerkstoff notwendig, weshalb das Ultraschallschweißen, auch wegen der robusten Anlagentechnik, häufig in der Großserienfertigung eingesetzt wird. Die wichtigsten Prozessparameter sind die Größe der Schwingungsamplitude, die Schweißzeit sowie die Schweißkraft. Diese werden meist aus Erfahrungswerten bestimmt, wobei die Wahl der richtigen Prozessparameter einen großen Einfluss auf die Qualität der Schweinaht hat. Zum aktuellen Zeitpunkt existiert noch kein zerstörungsfreies Inline-Überwachungsverfahren für das Ultraschallschweißen.



Experimentelles

Es wurden unterschiedliche Messsysteme getestet, mit denen eine Überwachung des Schweißprozesses möglich ist. Neben der Verwendung einer Thermografiekamera zur Untersuchung der Wärmeentwicklung in der Schweinaht wurde ein akustisches Mikrofon sowie Piezoelemente zur Messung der Schwingung im Amboss eingesetzt. Die Piezoelemente werden auf den Amboss aufgeklebt und zeichnen die im Amboss auftretende Schwingung als elektrisches Signal auf. Unter Berücksichtigung des Umsetzungs-faktors des Piezoelements, kann die mechanische Auslenkung und dadurch die Schallenergie-dichte am Piezoelement berechnet werden. Die Reißkräfte der Schweißverbindung dienen als Qualitätsmerkmal und können über Zugversuche ermittelt werden.

Fazit und Ausblick

In ersten Untersuchungen konnten mit Hilfe der Überwachung mittels Piezoelementen vielversprechende Ergebnisse generiert werden. So lässt sich für einzelne Messungen eine Korrelation zwischen hohen Energiedichten und hohen Reißkräften herstellen, wodurch eine Echtzeitüberwachung des Schweißprozesses einfach realisiert werden kann.

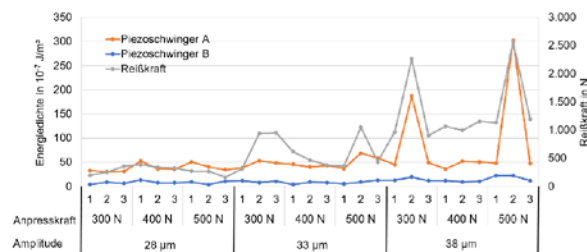
Durch die große Anzahl an Einflussfaktoren auf den Schweißprozess ist diese Überwachungsmethode sehr anfällig für Störeinflüsse, sodass hier die Reproduzierbarkeit verbessert werden muss. Eine Möglichkeit besteht in der Kopplung der Messsignale mit den Daten des Generators. Aktuell wird die Energiedichte über den gesamten Schweißprozess ermittelt. Eine Betrachtung der zeitlichen Änderung bietet die Möglichkeit weitere Daten aus dem Schweißprozess zu generieren

$$E_{ij} = A^2 * (2\pi * f)^2 * \rho$$

$$E_t = \int_0^{t_s} E_{ij} dt$$

$$E = \sum_i E_t$$

E: Energiedichte
A: Amplitude
f: Frequenz
ρ: Dichte



Danksagungen

Wir bedanken uns bei der Firma Herrmann Ultraschall, Karlsbad für die Bereitstellung der Versuchsmaschinen und Versuchswerkstoffe.

Ansprechpartner

M.Sc. Mike Kornely
Pfaffenwaldring 32
Mike.Kornely@ikt.uni-stuttgart.de