

Minimierung von Restpartikeln beim Vibrationsschweißen

Gerade interessant für Blasformteile, zumeist Rohre, die an Halter, Sockel, Stützen nach dem Blasen gefügt werden müssen

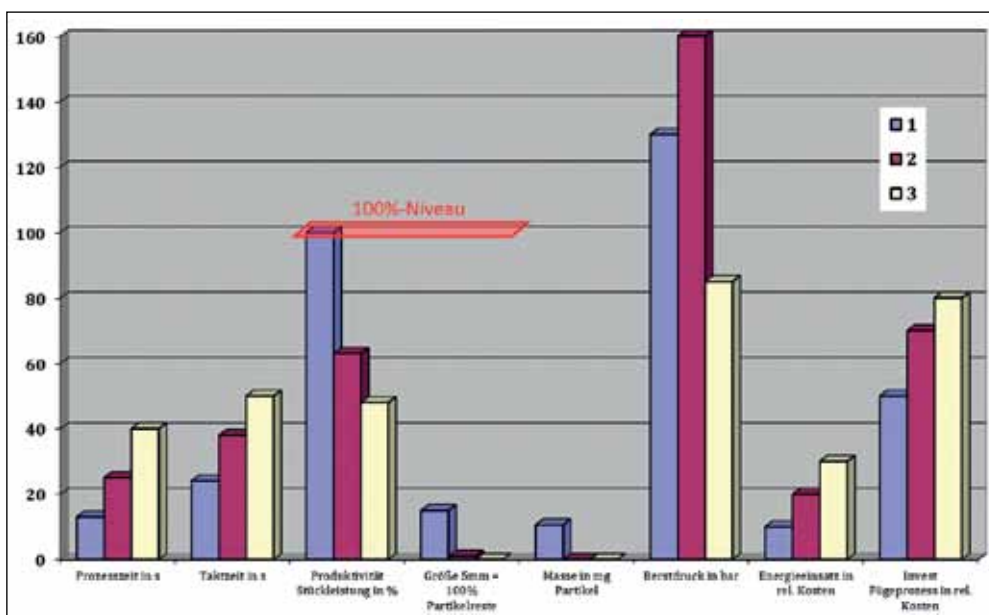
Fischer Kunststoff-Schweißtechnik hat vor 20 Jahren das Zirkularreißschweißen in den Markt eingeführt und immer wieder Optimierungen vorgenommen. Ein Hauptmerkmal dieses Prozesses ist die frei programmierbare Schweißfrequenz und eine in wenigen Millisekunden reagierende Rückschaltung der Schwingamplitude in das maschinelle Zentrum. In den Folgejahren wurden die Visualisierung und Toleranzfensterüberwachung eingeführt, bei der heute alle Schweißparameter digitalisiert sind. So können neben üblichen Kraftprofilen auch Frequenzprofile während des Prozesses gefahren werden. Neu sind Schwingweitenprofile, die abhängig vom Fügeweg die Schwinggröße verändern. Eine Datenausgabe der Fügeparameter, off- und online, sind in allen Formaten möglich. Dies sind Optimierungsreserven der Prozesse, um möglichst ohne zusätzliche Heizenergie eine schnelle, reproduzierbare und rest-



Bild 2: Lüftungsrohr mit angeschweißten Spritzteilen

partikelarme Schweißverbindung zu realisieren. Einschränkungen bei Infrarotstrahlern entstehen durch deren notwendige Reinigung, Austausch von Heizelementen wegen Leistungseinbußen über die Zeit, Stillstände infolge von Störungen im unmittelbaren Heizbereich bei Teileverzug usw. Von besonderer Bedeutung sind die Zusammenhänge zwischen der Produktivität bei Serienfertigung mit hohen Stückzahlen, den

Prozesszeiten und der erzielbaren Schweißqualität. In der Betrachtung ist die Maschinen-Verfügbarkeit unter Berücksichtigung der technischen Ausfallrate, der Wartung und der organisatorischen Einflüsse im Mehrschichtbetrieb, in Summe mit 85 % realistisch angesetzt. Der Spagat zwischen Invest und Produktivität macht heute eine differenzierte Beurteilung des Machbaren im Vergleich zum Optimum notwendig.



Legende zu Bild 1:
Balken 1 (blau)
 Zirkular-Reißschweißen mit ZMT2CC (ohne Wärmezufuhr)
Balken 2 (rot)
 Zirkular-Reißschweißen plus IR-Strahler, mittelwellig
Balken 3 (gelb)
 IR-Strahler, mittelwellig, ohne Reibungsenergie

Bild 1: Ergebnisse und Auswertungen beim Zirkularschweißen, mit und ohne Vorheizen sowie beim reinen IR-Schweißen



Bild 3:
Probekörper
aus PA66 Gf30
ausgelegt und
hergestellt
an der Uni Kassel

falls IR-Strahler als mittelwellige Keramikstrahler (IR-m) verwendet. Die Probekörper liefern für alle Versuche die gleichen Voraussetzungen.

Kernaufgabe ist es, die beim Vibrationsschweißen in der Anreibphase! (Bild 7) entstehenden Restpartikel, maschinell mit den neuesten Regelmöglichkeiten, die das Zirkularreibschweißen bietet, zu minimieren.

Trotzdem sind die Grenzen durch die Restpartikelgrößen gesetzt.

So ist die Wirtschaftlichkeit (Investition und Produktivität) und die Anforderung an die Schweißverbindung auch der Fokus in diesem Beitrag.

Nicht immer ohne Vorheizen

Man kommt dann nicht ohne Vorheizung aus, wenn die Reinheitsanforderung im Schnitt unter 500 µm liegen soll. So werden auf den Maschinen bereits seit 2006 Servoölbehälter und Filter mit höchster Reinheit in Großserie nahezu partikelfrei, präzisionsgeschweißt.

Auch in 2006 wurden am Institut für Kunststofftechnik der Universität Paderborn unter Prof. Potente und unter Mitwirkung Prof. Heim, Universität Kassel, Institut für Werstofftechnik, Kunststofftechnik, für PP grundlegende Erkenntnisse erarbeitet, die die Vorheiztechnik in Verbindung mit Vibrationsschweißen ein großes Potential bescheinigte. Dort wird über den Einfluss der Erwärmzeit auf die Zusammenhänge von Restpartikelmasse und Schweißfaktor berichtet.

Fischer Kunststoff-Schweißtechnik und Uni Kassel haben nun Prozessvergleiche mit PA66 GF30 durchgeführt, bei denen Zirkularreibschweißen und mit zusätzlichem Vorheizen mit IR-Flächenstrahlern verglichen werden, hierzu Bild 4 und 5.

In Bild 1 ist in den Balkengruppen als Balkendiagramm mit 3 Prozessen, auch das Infrarotschweißen im Vergleich gesetzt, diese Schweißungen wurden im Haus

Fischer durchgeführt und an der Uni Kassel geprüft.

Als Heizelemente wurden eben-

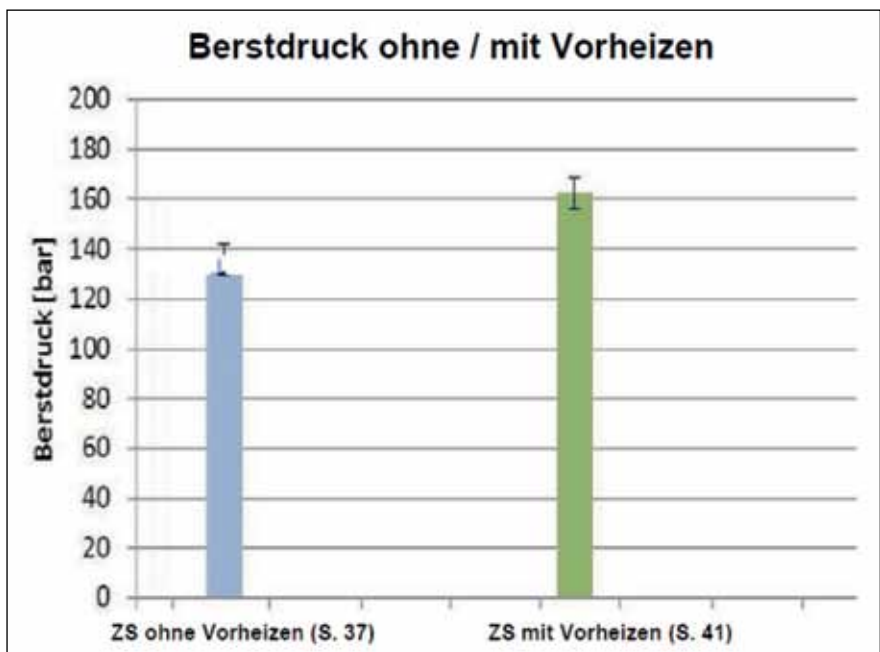


Bild 4: Aus dem UNI-Bericht 2015, Probekörper aus PA 66 Gf30 Ergebnisse von Berstdruckprüfungen mit und ohne Vorheizen, vorgeschaltet zu dem Zirkularreibschweißprozess (ZS)

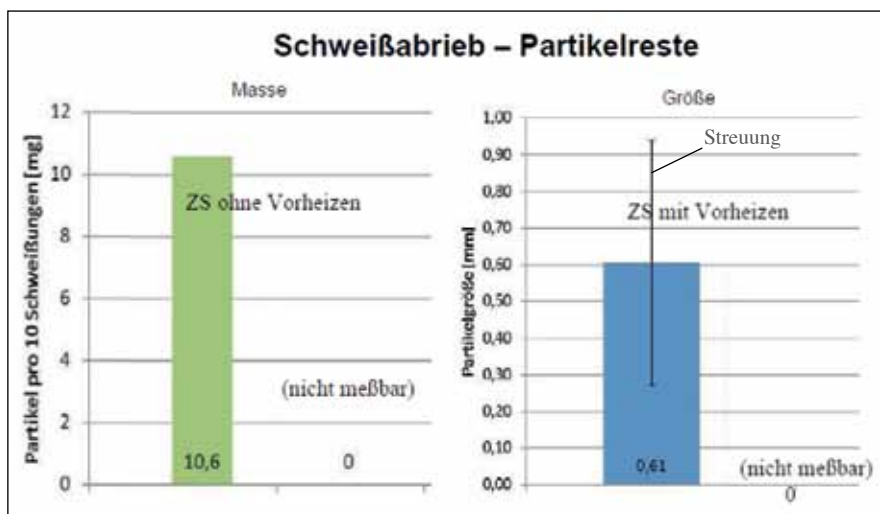


Bild 5: Aus UNI Bericht 2015, PA 66 Gf 30 Ergebnisse von Schweißabriebmessungen (Menge und Größe) mit und ohne Vorheizen, vorgeschaltet zu dem Zirkularreibschweißprozess (ZS)

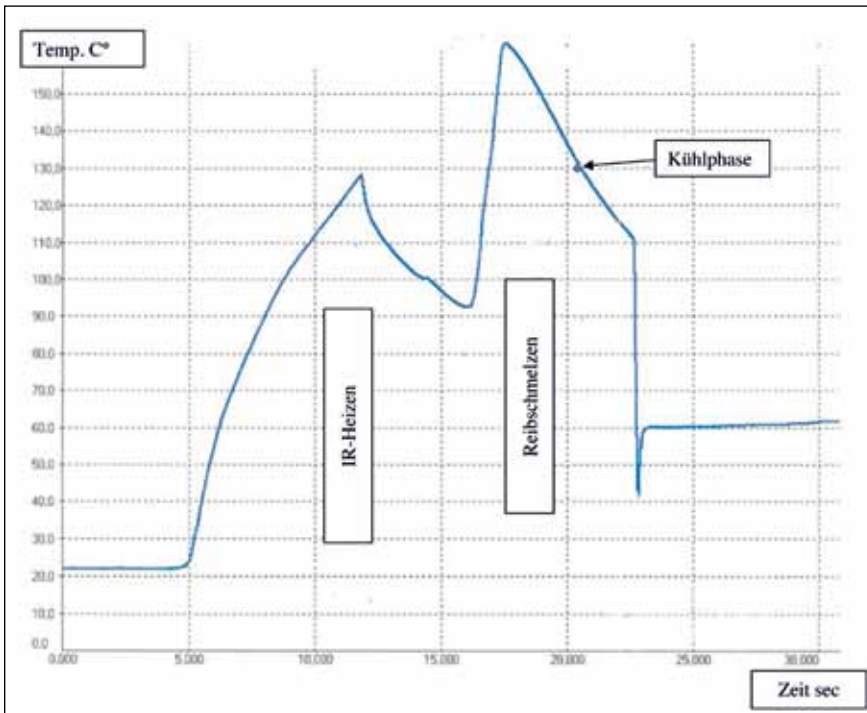


Bild 6: Messung der Temperatur an dem Probekörper über der Zeit beim Vorheizen und nachfolgendem Zirkularschweißen

Beim linearen Vibrationsschweißen entstehen die längsten Partikel, die nur schwer maschinell zu minimieren sind, beim Zirkular- oder Orbitalschweißen sind die Partikel infolge einer Kreiskinematik deutlich kleiner.

In Bild 1 sind die Schweißergebnisse in den Balkengruppen Partikelreste, Partikelgröße und Berstdruck, vergleichend dargestellt. Der in % angegebene Wert bei den Merkmalen Produktivität, Partikelgröße und Berstdruck, der drei Fügeverfahren Vibrationsschweißen, Vibrationsschweißen mit Vorheizen und IR-Schweißen, erlaubt den Unterschied zu erkennen.

Prozesszeiten und Taktzeiten im Balkendiagramm Bild 1 sind den Versuchsaufzeichnungen und den üblichen Maschinenzeiten entnommen.

Die Produktivität der Prozesse wurde aus den Taktzeiten und üblichen Ladezeiten mit Maschinen-Handbeladung berechnet.

Untersuchungen zum Vorheizen

Die Nahtgestaltung an den Probekörpern wurde ohne Fangräume ausgeführt, um die wirklich

anfallenden Partikel ohne Behinderung zu erfassen. In der Praxis sind aber bewährte Gestaltungen der Fügezonen möglich, wodurch die austretende Schmelze zusätzlich gut abgedeckt wird und sogar wichtige Produkträume effektiv abgeschirmt werden. Damit werden die Reinheitsanforderungen zusätzlich unterstützt.

Bild 1 gibt einen Überblick über interessante Merkmale und Kennzahlen. Obgleich jedes einzelne Schweißprodukt durch Form, Größe, Werkstoff, Nahtgestaltung und Anforderungen in den geprüften Kennzahlen stark abweichen kann, bleibt jedoch die Trendaussage bezüglich der Partikelreste-Optimierung durch Vorheizen beim Vibrationsschweißen auch bei PA 66 GF 30 Werkstoffen bestehen, wie sie schon in dem zuvor genannten Fachartikel von 2006 für das Material PP angegeben wurde. Einige Prozessparameter und Hinweise zu den Balken der Balkengruppen nach Bild 1:

- Durchmesser: 40 mm
- Werkstoff: PA 66 + GF 30
- Fügelänge: 113 mm
- Fügefläche: 452 mm²
- Prozesszeit: 13,5 s

(Bild 1: Balken 1 blau)

- Taktzeit mit manueller Be- und Entladung: 24 s (Bild 1: Balken 1 blau)
- Produktivität wurde pro Schicht und Jahr mit 232 000 Teilen berechnet.
- Energieeinsatz ist beim Zirkularreibschweißen (Bild 1: Balken 1 blau) nur die Antriebsleistung eines Servomotors mit 3,7 kW der beim Schweißen mit bis 80 % ausgelastet ist, während 4 sec Schweißzeit.
- In den Nebenzeiten wird die Leistung nur zu 20 % im „Stand-by“ benötigt.
- Der Investvergleich in Bild 1 bezieht sich auf eine Zirkularschweißmaschine für Schweißflächen bis 25cm² in PP mit Aufnahmewerkzeugen, hierzu Balken 1.
- Mit Vorheizung ist eine Hubachse für die Heizung und die Heizungssteuerung integriert, nach Balken 2 von Bild 1.
- Mit Infrarotschweißen ist die Maschinenausrüstung mit Werkzeugen und integrierter Mehrkreis-Heizungsregelung und geregelter Schweißhubachse ein Mehrinvest, nach Balken 3 von Bild 1.

Bild 5 zeigt Ergebnisse aus Untersuchungen zu den sich bildenden Partikelmengen und -größen. Anhand von Messungen der Probentemperatur im Bereich der Fügezone nach Bild 6 wurden weitere Prozesskenntnisse gewonnen.

Bild 4 zeigt den Vergleich Berstdruckergebnisse zwischen Zirkularschweißen ohne und mit IR-Vorheizung. Dabei zeigte sich als Nebeneffekt bereits, dass der Schweißfaktor erhöht werden konnte. Zu erklären ist der Festigkeitsanstieg vermutlich durch die mechanische Vermengung der Glasfasern innerhalb der Matrix, da die stark vorgeheizte Fügeoberfläche durch die Reibschwingung „mitgeht“ und dadurch weniger Fasern abgesichert werden als beim Vibrationsschweißen. Die Schweißnaht beim Zirkularschweißen plus vorheizen muss trotzdem nicht dicker ausfallen als beim nur Reibschweißen, weil infolge der nach dem Vorheizen einsetzenden Vibration die Schmelztemperatur immer noch zunimmt, wie in Bild 6 gezeigt wird. Bei einsetzenden Vibration verläuft der Fügeprozess, nach der schneller erreichten Schmelzebildung wie üblich ab, wie beim Vibrationsschweißen. Hierzu das Schweißdiagramm Bild 7 mit den Schweißphasen – ohne Vorheizung.

Der Einfluss der Erwärmzeit auf die Schweißzeit und den resultierenden Schweißfaktor wurde bereits in Arbeiten von Heim untersucht.*

Zusammenfassung und Aussichten:

Mit diesem Beitrag möchte Fischer Kunststoff-Schweißtechnik, neben den technischen Prozessoptimierungen zur Partikelreduzierung, auf die wirtschaftlichen Zusammenhänge dieser Optimierungsmöglichkeiten hinweisen.

Man stellt fest, dass höhere Reinheitsanforderungen durch Hinzunahme von thermischer Energie mehr Zeit kostet und damit die Produktivität abnimmt.

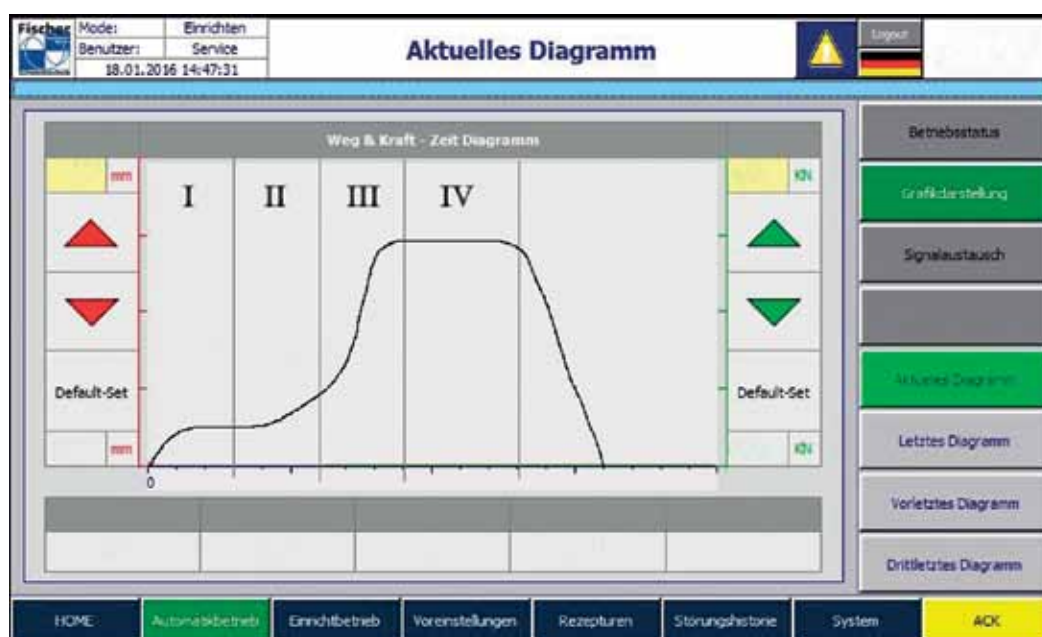
Man sollte sich bei der Prozesswahl Fragen, wie weit geht man mit den Anforderungen an die Reinheit. „Um jeden Preis“ ist jedenfalls keine Alternative und davor sollte man sich hüten – Alternativlos in der Technik ist Ideenlos.

Wer vor einigen Jahren geglaubt hat, das nur Vibrationsschweißen sei out, wird durch die aufge-

zeigten Möglichkeiten und Grenzen in die Lage versetzt, das Thema differenziert zum Nutzen „seiner“ Aufgabe zu betrachten und entsprechende Anregungen, auch für seinen Kunden, weiter zu geben. Fischer Kunststoff-Schweißtechnik kann anhand ihrer Erfahrung und zahlreichen Veröffentlichungen zum Thema für neue Produkte bereits vorher eine Expertise erstellen, die nah an die Praxisergebnisse kommt und damit die Kunden-Prozessplanungen bereits in der Produktentwicklung unterstützen. So beraten Sie Ihre Kunden und schweißen für Machbarkeitsanalysen im Labor, in dem Sie alle gängigen Reibschweißprozesse mit Kunden-Bauteilen erproben und vergleichen können.

Quelle: Fischer Kunststoff-Schweißtechnik GmbH, Berkatal

* Heim et al.: Abrieb- und Fusselminimierung beim Vibrationsschweißen, Kunststoffe, 3/2006, Carl Hanser Verlag, München, S. 45–48.



Phase 1: Feststoffreibung, Phase 2: Übergangsreibung mit Schmelzebildung, Phase 3: Stationäre Schmelze, Phase 4: Kühlen
Die Prozessvisualisierung mit Schweißgrafik

Bild 7: Die Schweißphasen beim Vibrationsschweißen