

Das optimale Quantum Restpartikel

Infrarot-Vorheizung erhöht die Reibschweiß-Qualität – aber wie viel ist wirtschaftlich sinnvoll?

Hohe Anforderungen an die Reinheit lassen sich beim Reibschweißen am besten über eine Vorheizung einhalten. Das verbessert sogar die Schweißqualität, allerdings sinkt die Produktivität und die Kosten steigen. In der Praxis gilt es angesichts dieser gegenläufigen Einflüsse, ein Optimum zu finden.



Probekörper: Als Versuchsobjekt diente ein Probekörper aus PA66-GF30 mit 40 mm Durchmesser und 452 mm² Fügefläche (© Fischer + Uni KS)

Je nach Verfahrenstechnik bilden sich beim Reibschweißen von Kunststoffen vor allem in der Anreibphase des Fügeprozesses unerwünschte Partikel. Wenn Anwendungen hohe Anforderungen an die Sauberkeit der Bauteile stellen, müssen verfahrenstechnische Maßnahmen die Partikelbildung eindämmen.

Beim Reibschweißen unterscheidet man Verfahren, die mit Vibration, Rotation, Ultraschall oder Hochfrequenz arbeiten. Etabliert für Anwendungen unter anderem in der Automobilindustrie ist eine Form des biaxialen Vibrationsreibschweißens, die als Zirkularreibschweißen oder auch als Orbitalreibschweißen bezeichnet wird: Die konstante und – ähnlich wie bei einem Schwingschleifer – resultierende kreis- oder ellipsenförmige Reibbewegung bei relativ kleiner Amplitude überträgt im Verhältnis viel Energie. Sie erlaubt auch eine Verarbeitung von dünnen Wandstärken ohne extra Verstärkungen.

Während beim (uniaxialen) linearen Vibrationsschweißen – wie bei einem Raddiergummi – längliche Partikel entstehen, die nur schwer maschinell zu minimieren sind, hinterlässt Zirkularreibschweißen infolge der Kreiskinematik deutlich kleinere und kompaktere Partikel.

Nicht immer ohne Vorheizen

Kernaufgabe beim Vibrationsschweißen ist es, die vor allem in der Anreibphase entstehenden Restpartikel maschinell zu minimieren. Großes Potenzial hat beim Reibschweißen von Polypropylen (PP) die Vorheiztechnik, wie bereits im Jahr 2006 eine Arbeit [1] nachgewiesen hat. Denn der Abrieb entsteht vor allem in der Anreibphase, die sich durch eine Infrarot-Einstrahlung ersetzen lässt. Auf diese Weise werden bei einem Unternehmen auf Maschinen der Fischer Kunststoff – Schweißtechnik GmbH, Berkatal, bereits seit 2006

Behälter für extrem aggressives Servoöl und Filter aus PA66-GF30 mit hoher Reinheit in Großserie nahezu partikelfrei präzisionsgeschweißt.

Nun haben die Fischer Kunststoffschweißtechnik und die Universität Kassel Prozessvergleiche durchgeführt, bei denen Zirkularreibschweißen mit und ohne Infrarot-Vorheizung für PA66-GF30 verglichen wird. Zusätzlich wurde nun auch reines Infrarotschweißen (ohne Reibfügen) im Vergleich betrachtet und die Festigkeit der Probekörper mithilfe des Berstdrucks überprüft. Die Schweißungen wurden bei Fischer durchgeführt und an der Universität Kassel geprüft.

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 Produkt Räume effektiv abgeschirmt werden. Damit werden die Reinheitsanforderungen zusätzlich unterstützt.

Als Nebeneffekt der IR-Vorheizung erhöhte sich der Schweißfaktor, wie ein deutlicher Anstieg des Berstdrucks von 130 bar bei Zirkularreibschweißen auf 160 bar mit Vorheizen (85 bar bei reinem Infrarotschweißen) zeigte. 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 abgeschert werden als beim Vibrationsreibschweißen. Die Schmelzeschicht beim Zirkularreib-

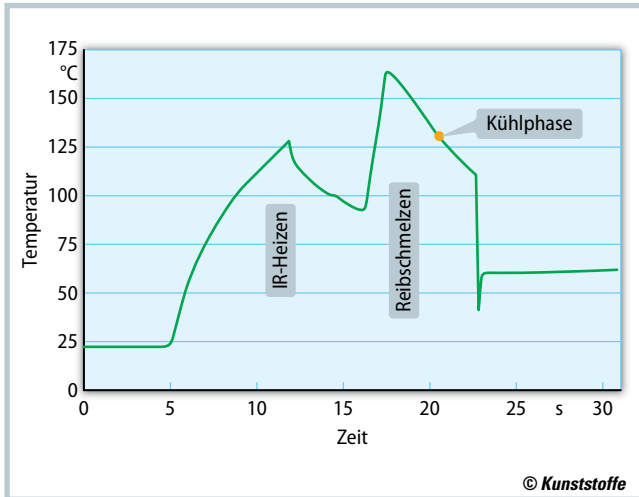


Bild 1. Messung der Temperatur über der Zeit beim Vorheizen und Zirkularreibschweißen (Quelle: Fischer)

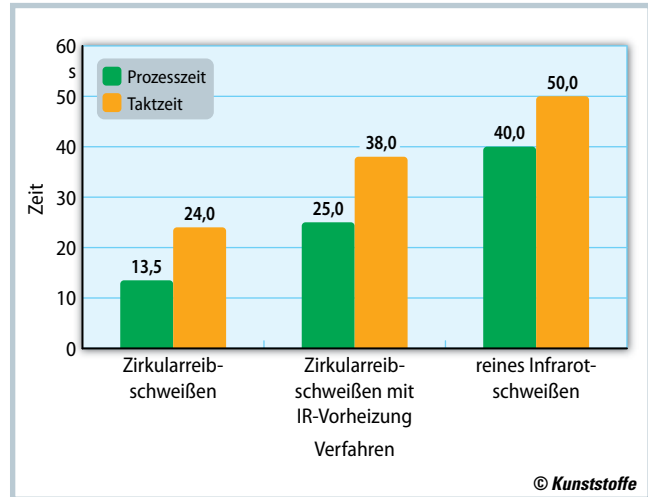


Bild 2. Produktivität im Detail: Typische Prozess- und Taktzeiten beim reinen Zirkularreibschweißen (links), Zirkularreibschweißen mit IR-Vorheizung (Mitte) und reinem Infrarotschweißen (rechts) (Quelle: Fischer)

schweißen plus Vorheizen muss trotzdem nicht dicker ausfallen als beim Reibschweißen, weil infolge der nach dem Vorheizen einsetzenden Vibration die Schmelztemperatur noch weiter zunimmt (**Bild 1**).

Prozesse im Produktivitätsvergleich

Bei manueller Be- und Entladung ergibt sich beispielsweise eine Taktzeit von 24s (davon 13,5s für das reine Zirkularreibschweißen, **Bild 2**). Die Produktivität pro

Schicht und Jahr liegt damit bei etwa 232.000 Teilen, wenn man eine Verfügbarkeit der Maschinen von 85% ansetzt, wobei im Fall einer Vorheizung mit einer etwas geringeren Verfügbarkeit zu rechnen ist. Zum einfacheren Vergleich wird »

Zirkularreibschweißen

Die Fischer Kunststoff – Schweißtechnik GmbH, Berkatal, hat vor 20 Jahren das Zirkularreibschweißen 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 Fügweg die Schwinggröße verändern. Eine Datenausgabe der Fügeparameter, off- und online, ist in allen Formaten möglich. Dies sind Optimierungsreserven, die in Verbindung mit thermischer Zusatzenergie den Reibschweißprozess weiter optimieren können. Seine Produktivität ist ohnehin höher als bei rein thermischen Verfahren.

Der Autor

Willi Fischer ist Geschäftsführer der Fischer Kunststoff – Schweißtechnik GmbH, Berkatal.

Service

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1319182

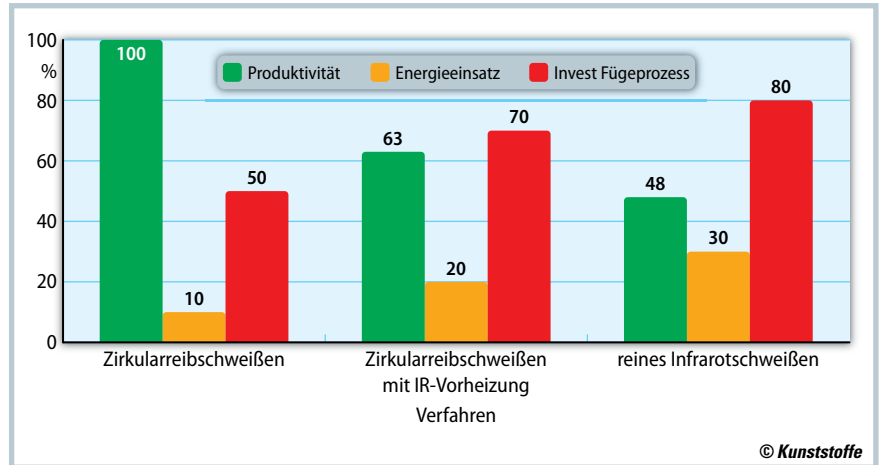


Bild 3. Betriebswirtschaftliche Perspektive: Die sich aus den Taktzahlen ergebende Produktivität ist bezogen auf reines Zirkularreibschweißen (100 %, links). Der typische Energiebedarf bezieht sich auf PP-Schweißflächen bis 25 cm² mit Aufnahmewerkzeugen. Die Investition umfasst im Fall der IR-Vorheizung (Mitte) eine Hubachse für die Heizung und eine integrierte Heizungssteuerung; beim reinen Infrarotschweißen (rechts) erfordert die Maschinenausrüstung mit Werkzeugen und integrierter Mehrkreis-Heizungsregelung und geregelter Schweißhubachse eine Mehrinvestition (Quelle: Fischer)

diese Produktivität in **Bild 3** als 100 % angesetzt. Bei Infrarot-Einsatz sinkt die Produktivität aufgrund der höheren Taktzeiten. Wie in **Bild 3** weiterhin exemplarisch dargestellt, steigt auch der Energiebedarf im Vergleich zum reinen Zirkularreibschweißen, wo ein Servomotor über etwa 4 s Schweißzeit etwa 80 % seiner Nennleistung von 3,7 kW aufnimmt und einen Standby-Verbrauch von nur ca. 20 % aufweist.

Es gilt daher, je nach Anwendung durch die richtige Prozesswahl das betriebswirtschaftliche Optimum aus den gegensätzlichen Anforderungen hohe Reinheit und niedrige Kosten zu finden.

Der Kunde sollte die tatsächliche Reinheitsanforderung kennen und diese mit den möglichen Prozessergebnissen vergleichen und dann den passenden Prozess wählen. Im Hinblick auf Investitionen, Taktzeit sowie Produktivität und Wartung wird das Zirkularreib-

schweißen – eventuell in Kombination mit IR-Vorwärmung – der aufwendigen thermischen Schweißung durch Infrarot oder Heißgas meist überlegen sein, die dann ihre Berechtigung haben, wenn „äußerste Reinheit“ („0 Partikel“) gefordert ist.

Fazit: Empfehlungen

In der Praxis könnte eine betriebswirtschaftlich sinnvolle Prozesswahl sich an folgenden Kriterien orientieren:

- lineares Vibrationsschweißen, wenn Partikel bis 5 mm Größe tolerierbar sind;
- zirkulares Vibrationsschweißen für Partikel bis 700 µm Größe;
- einseitige Vorheizung für Partikel bis 200 µm;
- zirkulares Vibrationsschweißen mit beidseitigem Vorheizen der Fügezone bei 0-Partikel-Toleranz. ■