

Induktive Beheizung von Kunststoffextrudern

von **Johann Muras, Gerhard Kleinert**

Im Rahmen der Energiewende werden insbesondere industrielle Wärmeanwendungen hinsichtlich ihrer Energieeffizienz auf den Prüfstand gestellt. Betroffen sind davon auch Extrusionsmaschinen zur Herstellung von Kunststoffartikeln. Die Beheizung der Extrusionsrohre von Kunststoffextrudern geschieht bis dato vorwiegend konventionell durch Widerstands-Heizbänder. Mit dem Ziel der Prozessoptimierung bei gleichzeitiger Verbesserung der Energieeffizienz der Extrusionsmaschinen wurde ein Induktionsheizsystem entwickelt, das Herstellern und Betreibern der Maschinen einen einfachen Umstieg hin zu einem energieeffizienteren Betrieb ermöglicht.

Inductive heating of plastic extruders

On account of the focus on the energy consumption of the industry as a result of the energy transition, especially energy consuming processes are being placed under the microscope in relation to their energy efficiency. Extrusion machines used to produce plastic products are thus also being investigated. The heating of the extrusion tubes of the plastic extruders is mainly achieved in the conventional method of resistance heating with heating tape. With the goal of process optimization and at the same time improving the energy efficiency of the extrusion machines, an induction heating system was developed which allows manufacturers and operators of the machines to easily change over to the new energy efficient operation.

Zur Herstellung von duro- oder thermoplastischen Halbzeugen mit gleichmäßigen Querschnitten (**Bild 1a**) wird das Extrusionsverfahren eingesetzt. Der prinzipielle Aufbau eines Extruders ist in **Bild 2** schematisch dargestellt. Er besteht aus einer kernprogressiven Schnecke, welche in einem Stahlzylinder zentriert positioniert ist. Das Ausgangsmaterial (**Bild 1b**) wird als Granulat oder in Pulverform über einen Trichter in den Extruder eingefüllt und durchläuft während des Plastifizierungsprozesses drei Verarbeitungszonen. Zunächst wird im Einzugsbereich (1) durch eine geregelte Rotationsgeschwindigkeit der Schneckenwendeln ein gleichmäßiger Materialfluss sichergestellt. Beim Eintreffen in die Umwandlungszone (2) erfolgt anschließend durch externe Wärmezufuhr oder innere Dissipation der Übergang der Formmasse vom festen in den plastischen Zustand. Nach erfolgter Homogenisierung innerhalb der Ausstoßzone (3) verfügt das Material idealerweise über eine durchweg gleichmäßige Temperatur. Durch hineindrücken in ein angeflanshtes Werkzeug erhält der Kunststoff schließlich seine gewünschte Form.



Bild 1: a) Kunststoffrohre als Endprodukt [2]
b) Ausgangsmaterial in Form von Granulat

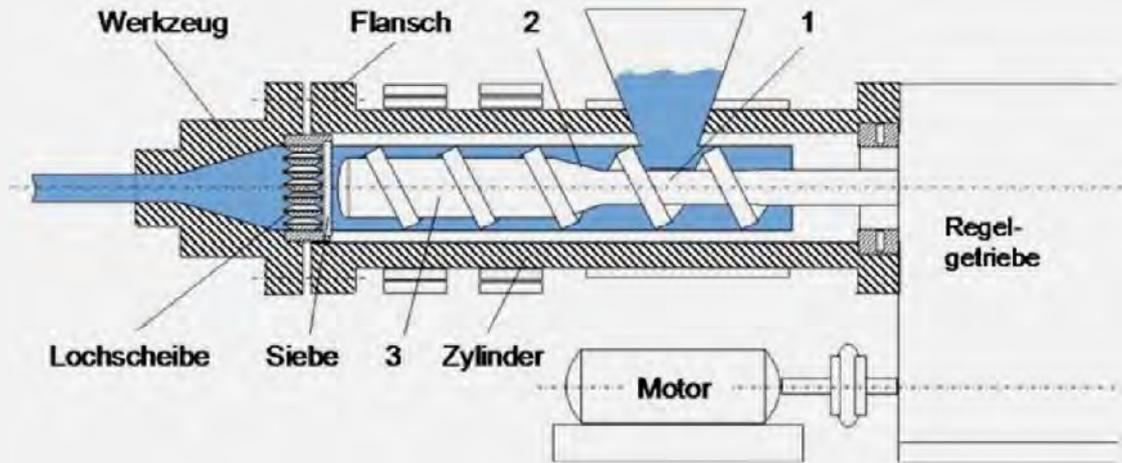


Bild 2: Schematischer Aufbau eines Schneckenextruders [1]

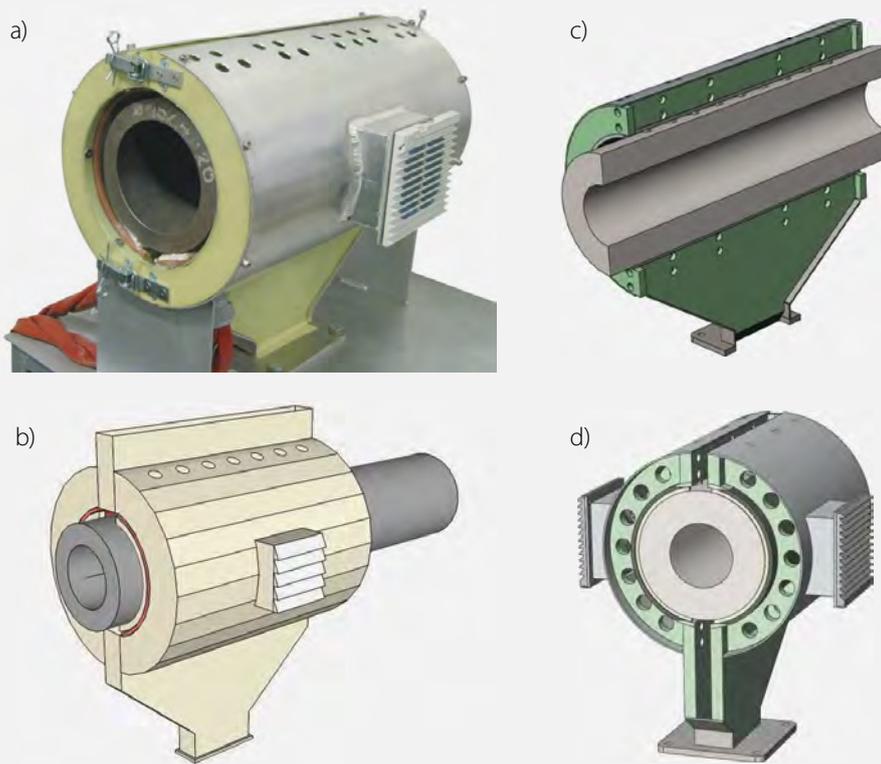


Bild 3: a) Praktische Realisierung Prototyp im Prüfstand; b) CAD-Modell – zwei halbschalenförmige, luftgekühlte Induktoren mit separatem Kühllufttrakt für die direkte Kühlung des Extruderrohres; c) Längs- und; d) Querschnitt der induktiven Extrudererwärmungsanlage

Der wichtigste Einflussparameter auf den Durchsatz und die Qualität des Endprodukts ist neben der Drehzahl der Schnecke das Erzielen einer homogenen Prozess-temperatur der Formmasse. Während Ersteres durch eine intelligente Motorsteuerung leicht zu realisieren ist, hat sich das Erreichen einer zuverlässigen Temperaturregelung als sehr problema-

tisch erwiesen. Bisher wird die thermische Prozessregelung mithilfe von Widerstandsheiz-elementen realisiert, welche in Form von Bändern oder Matten an der Außenfläche des Zylinders angebracht werden. Zwar sind diese Systeme sehr preiswert, haben allerdings wegen ihrer Störanfälligkeit und ihres schlechten Wirkungsgrads entscheidende Nachteile.

Zudem ergibt sich aufgrund der begrenzten Leistungsübertragung in Kombination mit einer schlechten Wärmeleitfähigkeit von Stahl eine unerwünschte Totzeit bei der Erwärmung des Zylinders. Ein zusätzliches Problem betrifft die Implementierung einer Kühlung, welche einerseits innerhalb kurzer Zeit Temperaturüberschreitungen korrigieren sowie andererseits schnelle prozessbedingte Temperaturänderungen ermöglichen soll. Da die Verwendung von Heizelementen die anströmbare Oberfläche des Zylinders reduziert, werden Systeme mit einer indirekten Luftkühlung verwendet.

Eine innovative Lösung dieser Problematik wurde von der IAS GmbH entwickelt [2]. Die Grundidee basiert auf einer Erwärmung des Extrusionszylinders mittels elektromagnetischer Induktion. Dieses direkte Verfahren bietet den großen Vorteil, dass Wärme im Bauteil selbst entsteht und nicht über die Oberfläche eingebracht werden muss. Durch die Verwendung eines ferromagnetischen Zylindermaterials ist prinzipiell ein elektrischer Wirkungsgrad von mehr als 90 % erreichbar. Über die Frequenz kann die Eindringtiefe des magnetischen Wechselfeldes auf die entsprechende Geometrie problemspezifisch ausgelegt werden. Zudem lässt sich die ins Bauteil eingebrachte Leistung präzise über die Wechselrichterregelung steuern, was insgesamt ein optimales Erwärmungsergebnis sicherstellt und die Totzeit auf ein Minimum reduziert. Durch den Wegfall von Heizelementen, welche die Außenfläche des Zylinders umschließen, ergibt sich mit der Anbringung einer hocheffizienten Gebläsekühlung ein weiterer Vorteil des Systems. Da der Umrichter sowie die Induktionsspulen ebenfalls in luftgekühlter Bauweise konstruiert werden, kann durch den Verzicht auf ein Kühlwassersystem eine sehr kompakte Bauweise realisiert werden, was die Unterbringung des Umrichters in einem üblichen Steuerschrank der Extrudermaschine erlaubt. Über ein übersichtliches Bedienfeld kann vom Anwender sowohl die Leistung als auch die Solltemperatur eingestellt werden.

Die Praxistauglichkeit der induktiven Extrudererwärmung konnte bereits an einer Versuchsanlage bestätigt werden. Diesbezüglich wurde zur Erwärmung eines 620 mm langen Extrusionszylinders (**Bild 3a**), welcher über einen Außendurchmesser von 160 mm und eine Wandstärke von 27,5 mm verfügt, ein Prototyp konstruiert, dessen schematischer Aufbau in den Bildern 3b-d dargestellt ist. Bei der von IAS entwickelten Lösung kommen zwei halbschalige luftgekühlte Induktoren zum Einsatz. Ein großer Vorteil bei der Verwendung mehrerer halbschalenförmiger Induktoren liegt in der höheren Leistungsbeaufschlagung sowie der einfachen und schnellen Montage.

Mit einer maximalen Umrichterleistung von 2 x 8 kW bei einer Nennfrequenz von ca. 30 kHz konnte bei den durchgeführten Versuchen nicht nur eine Verringerung der Aufheizzeit um 72 % und des Energieverbrauchs um über zu 50 % nachgewiesen (**Bild 4**), sondern eine weitgehend konstante Prozesstemperatur realisiert werden [3]. Somit hat bereits der

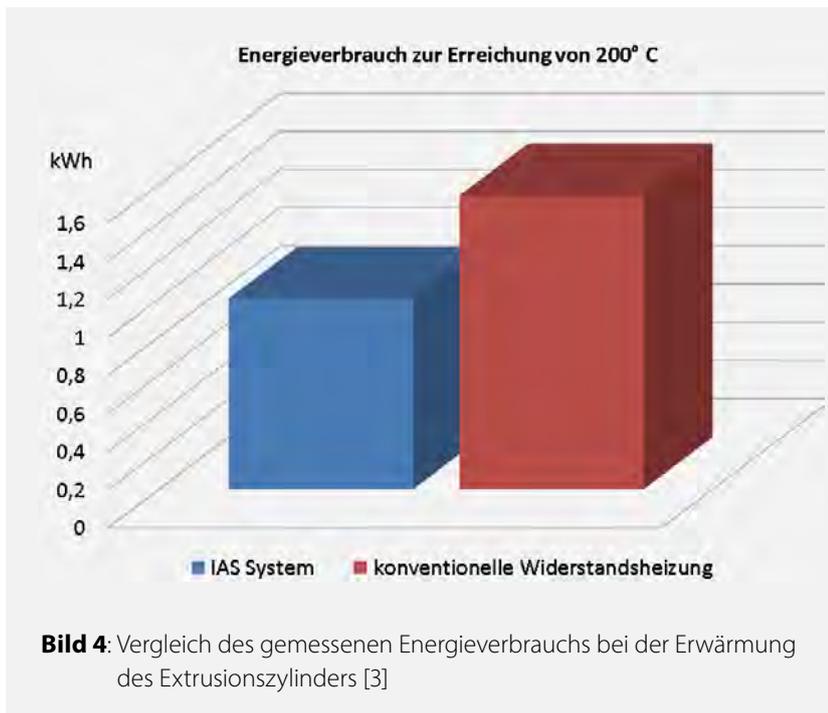


Bild 4: Vergleich des gemessenen Energieverbrauchs bei der Erwärmung des Extrusionszylinders [3]

Prototyp, der sich aktuell im Dauertestbetrieb befindet, in Vergleich zu den konventionellen Erwärmungssystemen eine deutliche Verbesserung der Prozesssteuerung gezeigt und die Erwartungen im Hinblick auf die Energieeffizienz übertroffen.

LITERATUR

- [1] Risse, A.: *Fertigungsverfahren der Mechatronik, Feinwerk- und Präzisionsgerätetechnik*, Wiesbaden: Springer, 2012
- [2] IAS GmbH, *Vorrichtung und Verfahren zur Erwärmung eines ferromagnetischen Extrusionszylinders*, Deutsches Patent- und Markenamt: Patentnr. DE 102011 105 623.1, 2011
- [3] IAS GmbH, „interner Untersuchungsbericht,“ Iserlohn, 2010

AUTOREN



Dr.-Ing. **Johann Muras**
 IAS GmbH
 Iserlohn
 Tel.: 02371 / 4346-31
 j.muras@ias-induction.com



Dipl.-Ing. (FH) **Gerhard Kleinert**
 IAS GmbH
 Iserlohn
 Tel.: 0931 / 2055384
 g.kleinert@ias-induction.com