

Auf dem Sonnendach

Modifizierte Hochleistungskunststoffe zur Extrusion für Solarthermie-Anwendungen

Sonnenkollektoren können Solarenergie in thermische Energie für Heizungen und Warmwasseraufbereitung umwandeln. Der Solarabsorber muss dabei hohen thermischen und mechanischen Belastungen standhalten. Wurden für diese Anwendung bisher hauptsächlich Metalle eingesetzt, hat ein Forschungskonsortium nun spezielle Polymerblends dafür entwickelt. Im Vordergrund stand die effektive Extrusion eines Hochleistungskunststoffs zu großflächigen Doppelstegplatten.

Im Demoprojekt Stenbråtli, Oslo/Norwegen, installierte Solarkollektoren mit extrudierten Absorbern aus dem Hochleistungskunststoff PPS (© H. Kicker, JKU Austria)



Kunststoffe können eine Schlüsselrolle für künftige Entwicklungen in der Solarthermie einnehmen, da sie kostengünstig und flexibel einsetzbar sind. Geringere Stückpreise, variable Kollektorgößen und ergonomische Montage sind jedoch nur umsetzbar, wenn Materialien effektiv eingesetzt werden und die Produktion effizient ist. An dieser Aufgabe haben zwölf europäische Forschungseinrichtungen und Unternehmen gemeinsam im Rahmen des EU-Projekts Scoop gearbeitet. Dabei wurden nicht nur Metalle als Werkstoff für die Haupt-

komponenten konventioneller Kollektoren durch Kunststoff ersetzt, sondern auch grundsätzlich neue Solarkollektoren auf Kunststoffbasis entwickelt. Der Fokus lag auf dem Absorber, der kritischsten Kollektorkomponente bezüglich thermischer Belastung, Wärmeausdehnung und Druckbeständigkeit. Die Kunststoffkollektoren setzen sich aus einer extrudierten und einer spritzgegossenen Komponente zusammen. Im Folgenden wird auf die Extrusion von Hochleistungskunststoffen zu Doppelstegplatten näher eingegangen.

Vor- und Nachteile von Kunststoffkollektoren

Kunststoffkollektoren haben gegenwärtig lediglich in der Anwendung von nicht verglasten Kollektoren zur Schwimmbaderwärmung eine marktführende Position. Für Anwendungen in der Warmwasseraufbereitung und der Heizungsunterstützung sind Kunststoffkollektoren weit weniger verbreitet, weshalb Material und Verarbeitung für den effizienten Einsatz in diesem Segment weiterentwickelt werden müssen. »

Bild 1. Querschnitt eines PPS-Absorbers

(© Aventa)



Bild 2. Das für die Extrusion von PPS geeignete Stegplattenwerkzeug

(© Aventa)



Im Vergleich zu Metallen in konventionellen Solarabsorbern haben Kunststoffe auf den ersten Blick eine Reihe von Nachteilen als Absorbermaterial. Dazu zählen insbesondere der niedrigere Schmelzpunkt, eine niedrige Wärmeleitfähigkeit sowie der hohe thermische Expansionskoeffizient relativ zu Metallen. Der Korrosion von Metallen steht die Alterung von Kunststoffen gegenüber, die die Duktilität und den Elastizitätsmodul über die Zeit reduziert. Zu den Vorteilen von Kunststoffen in diesem Anwendungsbereich zählen unter anderem die chemische Stabilität gegenüber einer Reihe von Lösungsmitteln und anderen Chemikalien, die im Allgemeinen Metalle angreifen. Weitere zentrale Vorteile sind ihr geringes Gewicht sowie Verarbeitungsverfahren, die die Massenproduktion zu niedrigen Kosten, variable Modulgrößen und die Implementierung von multifunktionalen Eigenschaften zulassen.

Technische Anforderungen und Materialwahl

Die Absorberrtemperatur eines verglasten Kollektors kann im Stagnationsfall Temperaturen von 160 bis 170 °C erreichen. Dieser tritt ein, wenn der Kollektor hoher Solarstrahlung bei gleichzeitig ausge-

schalteter Solarkreispumpe, etwa wegen eines vollen Speichers, ausgesetzt ist. Mit selektiven Oberflächenbeschichtungen treten noch höhere Stagnationstemperaturen auf. Technische Kunststoffe haben eine Temperaturgrenze für den Arbeitsbereich, die typischerweise bei 140 bis 150 °C liegt, deswegen können nur Hochleistungskunststoffe diese Anforderungen erfüllen. Eine Alternative sind technische oder Standardkunststoffe mit produktintegriertem Überhitzungsschutz, die nicht Teil dieser Untersuchungen waren. Die Extrusion von technischen oder Standardkunststoffen zu Multistegplatten ist ein konventionelles Produktionsverfahren, anders sieht es bei Hochleistungspolymeren aus.

Für dieses Forschungsprojekt wurde Polyphenylensulfid (PPS) der Solvay S.A., Brüssel/Belgien, eingesetzt. Ausschlaggebend dafür waren die herausragenden Eigenschaften dieses Werkstoffs bezüglich Temperaturbeständigkeit, hydrolytischen und mechanischen Eigenschaften. Dafür testete der Materialhersteller eine Reihe von PPS-Blends mit unterschiedlichen Elastomeranteilen, um ein für die Extrusion geeignetes Polymerblend zu finden. In die Materialmodifikation wurden auch die Erfahrungen des Maschinenherstellers DS Smith Plas-

tics, Kayserberg/Frankreich, sowie des Kollektorproduzenten Aventa AS, Oslo/Norwegen, miteinbezogen.

Die durchschnittliche Wärmeleitfähigkeit herkömmlicher Kunststoffe liegt mit $\lambda = 0,2$ bis $0,3 \text{ W/(mK)}$ drei Größenordnungen unter der von konventionellen Kollektormaterialien wie Aluminium (230 W/(mK)) und Kupfer (400 W/(mK)). Dieser Schwachpunkt kann durch ein grundlegend überarbeitetes Kollektordesign kompensiert werden. **Bild 1** zeigt den Querschnitt eines Stegdoppelplatten-Absorbers aus dem Hochleistungskunststoff PPS. Die solare Einstrahlung wird von der Oberfläche absorbiert und in Wärmeenergie umgewandelt, die auf den in den Längskanälen zirkulierenden Wärmeträger übertragen werden soll. Die Wärme wird durch die 0,9 mm dicke, obere Kunststoffwand des Absorbers mit einem Wärmedurchgangskoeffizient von $22 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ auf den Wärmeträger übertragen. Begrenzt durch die solare Intensität liegt die maximale Wärmeübertragung bei 800 W/m^2 , was einer Temperaturdifferenz von 3,6 K zwischen der Ober- und Unterseite der sonnenzugewandten PPS-Oberfläche entspricht. Damit ist die Temperaturdifferenz geringer und die Wärmeübertragung besser als bei konventionellen Kollektoren.

Abgestimmte Extrusion

Für die Extrusion der Stegdoppelplatten aus PPS musste zunächst eine geeignete Produktionslinie für die hohen Materialverarbeitungstemperaturen gefunden werden. Dafür wurde ein großer Extruder sowie ein Stegplattenwerkzeug, das parallel drei Absorber mit einer Gesamtbreite von 1,8 m produzieren kann, entwickelt (**Bild 2**). Die Stegdoppelplatten sollten mit definierten Abmessungen, Toleranzen und der notwendigen Reproduzierbarkeit hergestellt werden. Bei den drei Verfahrensschritten Plastifizierung, Formgebung und Kalibrierung ist wichtig, dass die Schmelze eine geeignete Festigkeit besitzt, um ausreichend Material in den Kalibrator einzuspeisen. Da PPS ein teilkristalliner Kunststoff mit geringer Viskosität ist, wurde ein PPS+Elastomer-Blend vom Typ Ryton XE eingesetzt, der eine bessere Schmelzfestigkeit und damit höhere Viskositäten erreicht.

Für die Handhabung und Montage der Solarabsorber müssen die Doppel-

stegplatten flexibel und schlagzäh sein. Dies erfordert eine hohe Duktilität des Materials, damit keine Risse in der Kanalstruktur entstehen. Der eingesetzte PPS-Werkstoff wurde deswegen in Richtung verbesserter Duktilität und Schlagzähigkeit, aber gleichzeitig auch guter thermischer und chemischer Beständigkeit entwickelt. Alternative glasfasergefüllte Materialien haben eine höhere Formbeständigkeitstemperatur und einen niedrigeren, linearen thermischen Expansionskoeffizienten. Jedoch sollte die Apparatur dann auf die hohe Abnutzung durch den Glasfaseranteil angepasst sein.

Formstabilität durch Tempern

Bei der Extrusion der PPS+Elastomer-Blends bildeten sich, bedingt durch die Viskoelastizität der Schmelze, Anhaftungen und Ablagerungen am Düsenausgang des Werkzeugs. Die Schmelze, die im Kontakt mit der inneren Oberfläche des Werkzeugs ist, hat eine relativ geringe Strömungsgeschwindigkeit und wird am Werkzeugausgang beschleunigt. Diese plötzliche Beschleunigung führt zu Spannungen in der Schmelze, wodurch sich Polymeranteile mit geringem molekularem Gewicht von anderen Anteilen der Schmelze separieren und am Werkzeugausgang ablagern. Die Ablagerungen sammelten sich am Düsenausgang an, lösten sich nach einer gewissen Zeit und führten zu Oberflächen- und Strukturfehlern der Stegdoppelplatte. Folglich musste die Produktion regelmäßig gestoppt und der Düsenausgang gereinigt werden, was zu höheren Produktionskosten und Fehlproduktion führte. Systematische Versuchsreihen, in der die PPS-Blend-Zusammensetzung und Verarbeitungsparameter variiert wurden, zeigten, dass die Anhaftungsrate durch einen geringeren Elastomeranteil deutlich reduziert werden konnte. Noch sind zwar nicht alle Details erklärbar, doch die gegenwärtige Parameterwahl und Materialmodifikation sind für eine reguläre industrielle Produktion akzeptabel.

Aufgrund der teilkristallinen Eigenschaften enthält PPS sowohl kristalline als auch amorphe Phasen. Wenn die Materialschmelze nach der Extrusion im Kalibrator schnell abgekühlt wird, verbleiben größere amorphe Bereiche. Wird die Stegdoppelplatte wieder über die Glas-



Bild 3. Die PPS-Stegdoppelplatte mit und ohne Tempern: Tempern garantiert eine stabile Stegdoppelplatten-Struktur (Probe hinten) im Gegensatz zu einer nicht getemperten Probe (vorne) bei 150 °C (© DS Smith Plastics)

temperatur, im Falle von PPS etwa 88 °C, erwärmt, können sich die Polymerketten ordnen und eine Rekristallisierung findet statt. Falls dieser Prozess nicht kontrolliert und homogen erfolgt, treten unerwünschte Deformationen der Stegdoppelplattenstruktur auf. Für die Anwendung als Solarkollektor-Absorber ist das Online-Temporn in einer Einheit nach dem Kalibrator erforderlich. Andernfalls würde die Oberseite der Absorber-Stegdoppelplatte bei Sonnenstrahlung einseitig erwärmt und, verstärkt durch die geringe Wärmeleitfähigkeit des Kunststoffes sowie das einseitige Temporn, ungewünschte Deformationen des Absorbers hervorrufen. Den Einfluss von Temporn auf die Formstabilität illustriert **Bild 3**. Darauf ist eine getemperte (hinten) und eine ungetemperte Probe (vorne) zu sehen, die in einem Ofen auf 150 °C erwärmt wurden.

Die Absorber-Stegdoppelplatte ist an beiden Enden mit Endkappen versehen, um die Zirkulation des Wärmeträgers zu ermöglichen. Die Endkappen bestehen aus glasfasergefülltem PPS und werden spritzgegossen. Die Verbindung von Absorber und Endkappen erfolgte mittels Infrarotschweißen in einer vollautomatischen IR-Schweißlinie.

Erprobung im Praxiseinsatz

Im Rahmen des Forschungsprojekts konnte die Extrusion eines Hochleistungskunststoffs zu großflächigen Stegdoppelplatten aus PPS entwickelt werden. Ende 2014 erhielt der Kollektor das Solar Keymark Label, ein vom Europä-

ischen Normverband CEN geschaffenes, europaweit gültiges Zertifikat für Kollektoren und Systeme. Um die Forschungsergebnisse auch in der Praxis zu erproben, wurden sieben Demoprojekte installiert und in Betrieb genommen. Das Projekt Stenbrätlia in Oslo zählt zu den wichtigsten Demonstrationsprojekten. Auf 34 Reihenhäuser mit Passivhausstandard sind jeweils 14 m² Kunststoffkollektoren installiert (**Titelbild**). Das Projekt Scoop wurde gefördert im Rahmen des 7. Forschungsrahmenprogramms der Europäischen Kommission mit der Projektnummer 282638. ■

Die Autoren

Dr. John Rekdal ist Professor Emeritus in Physik an der Universität Oslo, Norwegen, und CEO von Aventa AS, Oslo/Norwegen; jr@aventa.no

Ingvild Skjelland leitet Marketing und Kommunikation bei Aventa; is@aventa.no

Els De Meersmann arbeitet im technischen Marketing für Solvay Specialty Polymers; els.demeersman@solvay.com

Yves Klinger ist R&D Ingenieur bei der DS Smith Plastics, Kayserberg/Frankreich; Yves.Klinger@kayplast.com

Dr. Michaela Meir leitet die Forschung und Entwicklung von Solarkollektoren bei Aventa; mm@aventa.no

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1224719