

Zusammenfassung

IGF-Nr.: 14181 BG

Direktextrusion von hochgefüllten Holz/Thermoplast-Profilen mit verbesserten Eigenschaften für Außenanwendungen

Im Unterschied zur getrennten Aufbereitung und Verarbeitung versteht man unter der Direktverarbeitung die Zusammenfassung dieser Verfahrensstufen ohne zwischenzeitliches Erstarren und Wiederaufschmelzen des Materials. Vorteile der Direktextrusion von WPC sind eine geringere thermische Belastung des Materials, geringere Herstellungskosten oder/und eine erhöhte Flexibilität in der Produktion. Niedrige Extrusionsgeschwindigkeiten und unzureichende Dispergierung von Holzpartikeln in der Kunststoffmatrix sind Nachteile der Direktextrusion. Im Rahmen dieses Projektes wurden WPC-Hohlkammerprofile im Direktextrusionsprozess hergestellt und mit verschiedenen Beschichtungen (Folie, Lack und Pulverlack) für den Außeneinsatz ausgerüstet.

Bei der Verfahrenstechnikoptimierung wurde gezeigt, wie die Verfahrenstechnik (Kühlung, Kalibrierung, Werkzeugtechnik) und Verarbeitungsparameter (Temperatur, Drehzahl, Durchsatz) den Verarbeitungsprozess sowie die Eigenschaften von WPC beeinflussen.

Weitere Untersuchungen haben gezeigt, dass WPC-Profile auf Compoundiermaschinen verschiedener Bauart (Planetwalzenextruder, gleichläufiger Doppelschneckenextruder, Ringextruder) direktextrudierbar sind. Dabei wurden Empfehlungen für KMUs entwickelt, die den Aufbau der Anlagentechnik, Vorschläge zur Vermeidung und Lösung bei Problemen bei der Herstellung von WPC enthalten.

Der Einfluss der Hauptbestandteile der Rezeptur (Holzpartikel, Polypropylen, Haftvermittler) auf die Eigenschaften von WPC wurde ebenso untersucht.

Die Holzfüllstoffe beeinflussen die mechanischen Eigenschaften des Verbundmaterials nicht nur durch die Art der eingesetzten Holzsorte, sondern auch durch die Art der verwendeten Geometrie, ihrem Durchmesser/Längen-Verhältnis und der Vorbehandlung.

Das entscheidende Kriterium für den Einsatz von Holzmaterialien ist neben dem Preis v. a. das Einzugsverhalten in den Extruder. Die Holzpartikel bestimmen des weiteren die Oberflächeneigenschaften der hergestellten Profile entscheidend. Hersteller von Holz-Kunststoff-Verbunden sollten zunächst geprüfte und etablierte Materialien von Holzmehlproduzenten einsetzen. Diese gewährleisten eine gleichbleibende Produktqualität und verfügen i. d. R. über eine Eigenüberwachung.

Es wurde gezeigt, dass die Eigenschaften deutlich stärker vom Holzanteil abhängen als von den Partikelgeometrie. Mit steigenden Holzanteilen werden WPC im Vergleich zu reinem Polypropylen steifer, verlieren aber gleichzeitig an der Duktilität.

Die maximal erreichten Füllgrade liegen bei 90 Gew. %, wobei aufgrund der ermittelten Eigenschaften nur Füllgrade bis zu 80 Gew. % sinnvoll sind

Es wurde weiter gezeigt, dass die Polypropylenmatrix je nach Typ die Eigenschaften von WPC stark beeinflusst. Die PP-Typen mit höherer Molmasse (niedriger MFR) verbessern die Festigkeit und Zähigkeit von WPC weisen aber niedrigere E-Moduli auf. Schlagzähe PP-Typen mit einer hohen Molmasse verbessern die Schlagzähigkeit.

Es wurde ebenso gezeigt, dass die Haftvermittler je nach Typ die Eigenschaften von WPC unterschiedlich beeinflussen.

Holzgefüllte Kunststoff-Extrusionswerkstoffe benötigen aus dekorativen Gründen sowie zum Schutz gegen mechanische, chemische und klimatische Einflüsse eine Oberflächenbehandlung mit organischen Überzügen. Es konnte in den Untersuchungen gezeigt werden, dass es gelingt, trotz der spezifischen Werkstoffeigenschaften (unpolar, geringe Oberflächenspannung, zum Teil porös) praxisrelevante Beschichtungen mit Flüssig- und Pulverlacken zu realisieren.

Bei den unbeschichteten Proben sind die Verfärbungen aller Varianten nach 750 h künstlicher Bewitterung, sowohl mittels Xenon-Test als auch im Global-UV, als nicht akzeptabel einzuschätzen. Gleichzeitig konnte bei allen bewitterten Proben ein Glanzverlust festgestellt werden. Die Ursache dafür ist u. a. in dem Aufquellen der Fasern zu suchen. Dieser Effekt wird auch durch die stark angestiegene Rauheit der bewitterten Oberfläche verstärkt.

Durch eine Beschichtung mit außeneinsatztauglichen Folien ist eine Aufwertung von WPC möglich. Die chemischen Gruppen an den Oberflächen von PP, PE und PTFE sind besonders reaktionsträge. Ein Beschichten/Verkleben mit Folien erfordert daher eine Vorbehandlung der WPC-Profile. Beflammen hat sich für die Folienbeschichtung von WPC-Profilen mit PP-Matrix als technisch einfache und kostengünstige Variante erwiesen. Als Probleme einer außeneinsatztauglichen Beschichtung mit Folien bzw. Laminat stellten sich das Aufquellen (Markieren unter den Folien) der Holzpartikel an der Oberfläche der Profile und die fehlende Frostbeständigkeit der Verklebung dar. Hier sind weitere Untersuchungen notwendig.

Die beim Außeneinsatz aus einer kombinierten Belastung durch UV-Strahlung, Sauerstoffeinwirkung, Temperaturwechsel, Niederschlag und Feuchtigkeitsschwankung resultierende Alterung der WPC-Werkstoffe wurde mittels künstlicher Bewitterung im Xenontest nachgestellt. Dabei konnte gezeigt werden, dass die für den Außeneinsatz ausgewählten, kommerziell verfügbaren Lacksysteme auf einem Teil der Substrate den künstlichen Bewitterungstest bestanden. Insbesondere lösemittelhaltige Flüssiglacksysteme wiesen nach 750 h Belastung keine signifikanten Veränderungen und noch eine gute Haftfestigkeit auf.

Eine verbesserte Schichthaftung wurde mit dem Auftrag von flüssigen Haftgrundierungen (können für nichtleitende Substrate leitfähig eingestellt werden) erreicht. In den meisten Fällen verbesserte auch die Aktivierung der WPC-Oberfläche durch Vorbehandlung mittels Beflammung oder Plasma die Haftfestigkeit des Pulverlacküberzuges auf dem Substrat. Der Unterschied zwischen Beflammen und Plasma war nicht markant, meist war die Plasmabehandlung etwas wirksamer.

Durch die Analyse der elektrischen Eigenschaften und Beschichtungsversuche mit elektrostatisch leitfähig ausgerüsteten WPC-Substraten konnte das Prozessfenster für die Anwendung der Pulverlackierung bestimmt werden. Das Matrixmaterial (PP) ist ohne leitfähigkeitserhöhende Zusätze ein guter elektrischer Isolierstoff, der den

Substratwiderstand erhöht und somit die elektrostatische Pulverabscheidung behindert.

Die Pulverlackierbarkeit war gegeben, wenn die WPC-Proben einen Durchgangswiderstand von $R_D < 10^{12} \Omega$ aufwiesen bzw. die Oberfläche ausreichend elektrostatisch leitfähig (spezifischer Oberflächenwiderstand $\sigma < 10^{11} \Omega$) war. Der Oberflächenwiderstand allein lieferte keine einheitliche Beurteilung. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass auch Proben mit einem höheren Oberflächenwiderstand noch gut elektrostatisch mit Pulverlacken beschichtet werden können, wenn eine ausreichende Volumenleitfähigkeit in der Matrix des Werkstoffes vorhanden ist.

Aufgrund der Temperaturempfindlichkeit des WPC-Werkstoffes konnten gute Pulverlack-Oberflächen auf WPC-Proben nur über die sogenannte Heißbeschichtung und vorheriges Austrocknen des WPC erreicht werden. Die zunächst erprobte Beschichtungstechnologie, die sich an den Ablauf der Pulverlackierung von MDF anlehnte, führte aufgrund von Ausgasungen unter Wärmeeinwirkung und ungleichmäßiger Erwärmung nicht zu akzeptablen Oberflächen. Während des Pulverlack-Schmelzprozesses wurde an der Oberfläche die Erweichungstemperatur der Kunststoffmatrix erreicht, was zu einem schlechteren Verlauf führte. Der Pulverlacküberzug wurde nicht glatt, sondern erhielt eine lederartige, porige Struktur.

Da thermisch härtbare Niedrigtemperatur-(NT)-Pulverlacke, die für Anwendungen im Außenbereich tauglich sind, bisher kommerziell nicht verfügbar sind, wurden alternativ ein Thermoplastpulver sowie ein pigmentierter Acrylpulverlack für orientierende Untersuchungen eingesetzt. Beide Beschichtungssysteme wiesen nach 750 h Belastung durch künstliche Bewitterung kaum Veränderungen auf. Es konnte so die Möglichkeit geschaffen werden, grundlegende orientierende Prüfungen an pulverlackierten Oberflächen durchzuführen, die eine gute Basis für weitere praxisrelevante Beschichtungsversuche (z.B. für Beschichtungen direkt nach dem Extruder) bieten sowie Potenzial für eine Überführung in industrielle Anwendungen aufzeigen.

Mit den Untersuchungen zur Beschichtung mit Flüssig- und Pulverlacksystemen konnte gezeigt werden, dass es technisch möglich ist, direktextrudierte WPC-Profile sowohl mit flüssigen Lacksystemen als auch unter bestimmten Bedingungen mit Pulverlacken so zu beschichten, dass diese die notwendigen Eigenschaften für einen Außeneinsatz erfüllen.

Eine mechanische Bearbeitung von direkt extrudierten WPC mit Maschinen und Anlagen mit rotierenden Messern, wie sie bei der Verarbeitung von Holz und Holzwerkstoffen üblich sind, ist in den meisten Fällen problemlos möglich. Dass Wachs Zusätze ein Hobeln/Finieren (stehendes Messer) stark erschweren bzw. unmöglich machen, wurde festgestellt. Eine verallgemeinernde Bestätigung konnte im Rahmen des Projektes infolge der beschränkten Verfügbarkeit entsprechender Maschinen nicht erbracht werden.

Danksagung und Bestellhinweis

Das IGF-Vorhaben 14181 BG der Forschungsvereinigung FSKZ e.V wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung.

Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen werden. Dieser kann auf Anfrage beim SKZ zum Selbstkostenpreis bestellt werden. Die Rechnung wird mit dem Bericht zugeschickt.