

NACHHALTIGE PRODUKTION

Unzerbrechlich, chemisch beständig, sterilisierbar – Hochleistungskunststoffe wie Polytetrafluorethylen (PTFE) besitzen viele hervorragende Werkstoffeigenschaften und sind daher nicht mehr aus den Laboren dieser Welt wegzudenken. Der wichtigste Rohstoff aller Fluorkunststoffe, Flussspat, zählt jedoch zu den endlich verfügbaren Ressourcen. Damit sorgsam umzugehen, wo es geht Material und Energie zu sparen sowie alle Recyclingmöglichkeiten auszuschöp-

fen, sehen wir bei BOHLENDER als unsere Verantwortung. Für Fluorpolymere existieren schon lange verschiedene Möglichkeiten des Recyclings – sowohl für Verarbeitungsabfälle als auch für Produkte, die das Ende ihrer Nutzung erreicht haben. Diese stellt Dr. Michael Schlipf, promovierter Chemiker und Experte auf dem Gebiet der Fluorpolymere, im folgenden vor.

UNSERE VIER SÄULEN

1. Von Anfang an vorausgedacht

Ressourcen sparen beginnt für uns schon bei Entwicklung und Design. Unsere Produkte sind so konstruiert, dass sie mehrfach und möglichst über Jahre genutzt werden können. Gleichzeitig achten wir auf minimalen Materialeinsatz und maximale Reduktion der Produktionsabfälle. Bei der Herstellung von Formpressteilen sind Späne erzeugende Arbeitsschritte beispielsweise nicht nötig. Neben der Einsparung an PTFE-Pulver wird auch weniger Energie verbraucht.

2. Die Rückgewinnung im Blick

Fluorpolymere, insbesondere PTFE, verarbeiten wir zunächst zu Halbzeugen. Die Hauptprodukte sind Rohre, Stäbe oder spezielle Presskörper. Daraus produzieren wir in durchdachten Zerspanungsprozessen maßgeschneiderte Endprodukte.

Späne, die beim Bohren, Drehen, Fräsen oder ähnlichem entstehen, werden direkt an der Maschine über ein Rohrsystem abgesaugt und gesammelt. So werden sie nicht verunreinigt. Wir lagern sie sortenrein und frei von Kontaminationen bis wir sie externen Recycling-Fachbetrieben zuführen. Das gilt auch für Reststücke von Halbzeugen. Es kann sein, dass die aufbereiteten, gesinterten PTFE-Abfälle zu uns zurückkommen. Wir verarbeiten sie zu geeigneten Produkten weiter.

3. Natürliche Energie im Einsatz

Bei der Herstellung unserer Produkte setzen wir auf Sonnenenergie. Bereits 2012 haben wir dazu eine fast zweitausend Quadratmeter große Photovoltaikanlage auf dem Dach installiert, die uns nicht nur ausreichend Strom liefert, sondern dabei pro Jahr rund 150 Tonnen CO₂-Emissionen einspart.

4. Sichere Nutzung und Entsorgung

Produkte aus den bekanntesten Fluorkunststoffen wie PFA, FEP, ETFE oder PVDF sind frei von Weichmachern und Lösungsmitteln. Durch sie werden keine schädlichen Stoffe an die Umwelt abgegeben.

Für die Herstellung von PTFE wurden bis 2015 die Hilfsstoffe PFOA und APFO genutzt. Beide Stoffe konnten jedoch im Rahmen der Aufbereitung nahezu vollständig aus dem Produkt entfernt und größtenteils zurückgewonnen werden. Dennoch haben sich namhafte PTFE-Hersteller dazu verpflichtet, vollständig auf ihren Einsatz zu verzichten. Das garantiert, dass weder bei Nutzung noch Entsorgung unserer Produkte, schädliche Stoffe an Mensch oder Umwelt abgegeben werden.

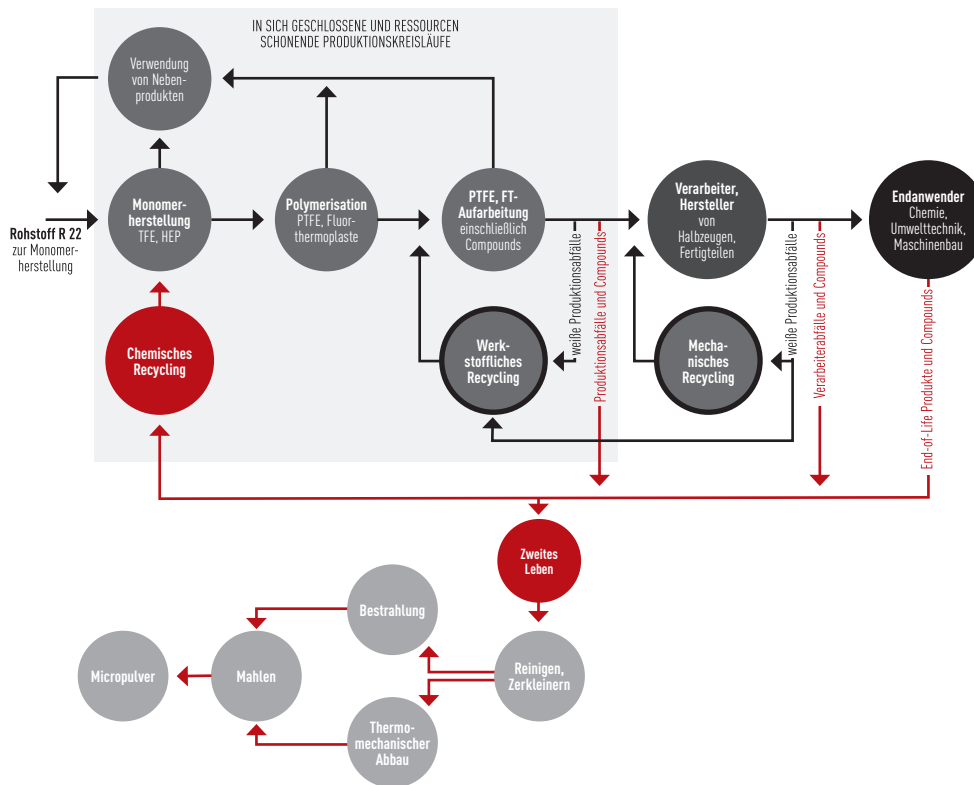
Recycling von Fluorpolymeren und anderen Kunststoffen

Dr. Michael Schlipf

Mit über 50 Prozent ist Polytetrafluorethylen (PTFE) der wichtigste Vertreter der Fluorpolymere. Für ihn und weitere vollfluorierten Fluorpolymere gilt vom Anfang ihrer Nutzung an: Die Werkstoffkosten sind vergleichsweise hoch und der wichtigste Rohstoff, Fluorapat (CaF₂), zählt zu den endlich verfügbaren

Ressourcen. Gründe genug, warum bereits frühzeitig verschiedene Recycling-Kreisläufe für Fluorpolymere entwickelt und in ihren Lebenslauf integriert wurden. Heute sind sie allgemeine Praxis (Bild 1).

Etablierte Kreisläufe bei der Herstellung, Verarbeitung und Anwendung von Fluorpolymeren



Abfallverbrennung mit Rückgewinnung

Werden Abfälle der Monomerherstellung und Polymerisation verbrannt, ermöglicht eine integrierte Kalk-Abgasreinigung (Ca(OH)₂) die Rückgewinnung von Fluorapat. Dieser kann dann wieder als Rohstoff zur Monomerherstellung genutzt werden.

Beginn eines „zweiten Lebens“

Auch eine Verlängerung des Lebenszyklus ist möglich. Dazu werden nicht spezifikationsgerechte (off-spec) Chargen aus der Polymerproduktion durch thermomechanischen Abbau der Moleküle in PTFE-Mikropulver überführt. Dieses dient dann als Additive in Farben, Drucktinten oder Schmierstoffen.

Der thermomechanische Abbau von Fluorpolymeren ist besonders umweltverträglich: Neue verschärfte Reinheitsvorschriften, die den Gehalt an niedermolekularen „Bruchstücken“ von weniger als 25 ppb vorschreiben, werden problemlos eingehalten.

Mechanisches Recycling

Zerspanungsabfall aus der Herstellung von Halbzeugen und Fertigteilen wird gesammelt, gereinigt und gemahlen. Daraus lassen sich dann mittels Ram-Extrusion Halbzeuge wie Stäbe, Rohre oder Platten herstellen. Ebenso ist es möglich, Polymere durch energiereiche Bestrahlung abzubauen und das daraus resultierende PTFE-Mikropulver wieder einzusetzen.

Falls Produkte am Ende ihres Lebenszyklus leicht zu reinigen sind, können auch sie gemahlen und entweder als Rohstoff für die Ram-Extrusion oder, nach Strahlenabbau, als PTFE-Mikropulver in Additivanwendungen verwendet werden. Die Wiederaufbereitung erfolgt durch hierauf spezialisierte Firmen. Sie liefern die Recyclingprodukte wieder an ihren Ausgangspunkt zurück, wo sie erneut verarbeitet werden.

Fluorthermoplaste wie zum Beispiel PFA, FEP, ETFE oder PVDF können nach Stand-der-Technik-Verfahren wie Mahlen, Reinigen und Wiederverwendung im Spritzguss oder der Extrusion eingesetzt werden. Die

Tatsache, dass diese Thermoplaste üblicherweise ohne die Verwendung von Füllstoffen in den Markt kommen, macht das Recycling besonders einfach.

Chemisches Recycling

Chemisches Recycling, im Falle der vollfluorierten Fluorkunststoffe auch als Upcycling-Verfahren bezeichnet, ist eine neue Technologie (Bild 2). Sie wurde im industriellen Maßstab seit 2015 in einer experimentellen Industrieanlage mit einer Kapazität von tausend Tonnen pro Jahr entwickelt. Inzwischen steht sie für die Markteinführung bereit. Rezykliert werden können die vollfluorierten Polymere, PTFE, modifiziertes PTFE, PFA und FEP, sowie einige PTFE-Compounds. Die Rückgewinnungsrate an Monomeren beträgt rund 85 Prozent.

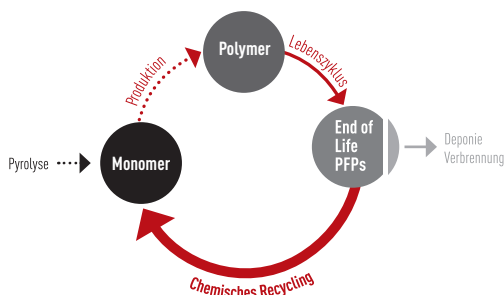


Bild 2: Beim Upcycling-Prozess werden die Produkte nach Erreichen ihres Lebensendes nicht verbrannt, sondern wieder in den Kreislauf zurückgeführt. Die so erneut hergestellten Polymere zeigen keinerlei Qualitätseinbußen.

Auch für den Upcycling-Prozess werden die Produkte nach Erreichen ihres Lebensendes gesammelt, gereinigt und dann mechanisch zerkleinert. Anschließend erfolgt die thermische Rückspaltung in die Monomere bei über 600 °C. Reaktionsprodukte sind in erster Linie Tetrafluorethylen (TFE), versetzt mit wenig Hexafluorpropen (HFP). Nach Reinigung des Rohgasgemisches durch Destillation und spezielle Waschprozesse erhält man hochreine Monomere zurück. Diese sind für die Polymerisation neuer Fluorpolymere wiederverwendbar.

Mit diesem Verfahren hergestellte Polymere zeigen keine Qualitätsminderung verglichen mit den Originalpolymeren. Das Upcycling verwandelt also „alte“ in „neue“ Werkstoffe. Die Qualität wird dabei wieder auf das Anfangsniveau angehoben. Befürchtungen, dass Upcyclingprodukte in ihren Eigenschaften schlechter einzustufen sind als Neuprodukte, treffen nicht zu.

Rohstoff-Einsparungen durch Upcycling

Die Rohstoffe für Fluorpolymere sind Flussspat, Rohöl/Erdgas, Methan, und Kochsalz (NaCl). Daraus entsteht in einem mehrstufigen Prozess zunächst das Fluor-Kohlenwasserstoff-Zwischenprodukt R22 und schließlich Tetrafluorethylen (TFE). Aus diesem Rohstoff sind alle Fluorpolymere aufgebaut. Neben einem hohen Energiebedarf entstehen dabei auch Abfallprodukte, insbesondere Salzsäure (HCl). Diese müssen in aufwendigen Prozessen wieder aufbereitet bzw. recycelt werden. Zudem liegen alle genannten Rohstoffe nur in begrenzten Mengen vor. Sind diese Ressourcen verbraucht, werden Ersatzprodukte Mangelware sein.

Wenn nun anstelle dieser endlichen Ressourcen aber Fluorpolymere, die das Ende ihrer Anwendung erreicht haben, oder Zerspanungsabfälle eingesetzt werden, dann sind die hierdurch erzielbaren Rohstoff- und Abfalleinsparungen enorm. In Bild 3 ist die Umweltentlastung pro 1.000 Tonnen durch Upcycling in den Kreislauf zurückgeführtes, vollfluoriertes Polymer dargestellt. Die Mengen an „Abfallsäure“ oder eingespartes Kohlendioxid (CO₂) betragen dabei rund das zehnfache des Gewichtes der recycelten Fluorpolymere. Der CO₂-Fußabdruck („Carbon Footprint“) der Fluorpolymere verringert sich also über das Upcycling-Verfahren signifikant zu besseren Werten.

Umweltentlastung pro 1.000 t rückgewonnenes TFE

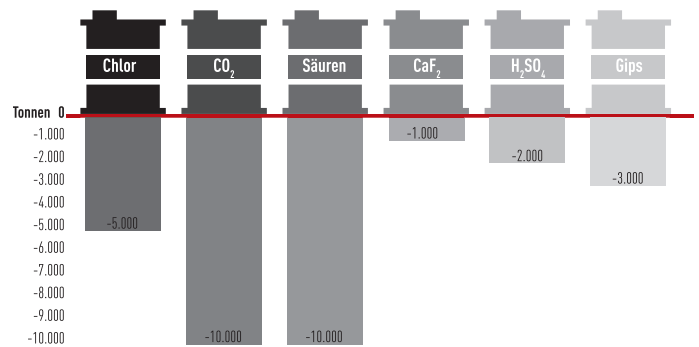


Bild 3: Die Umweltentlastung pro 1.000 Tonnen upcycliertes Monomer TFE ist enorm. Unerwünschte Nebenprodukte des regulären Monomer-Herstellungsprozesses, wie CO₂ und Salzsäure, werden dabei sogar komplett vermieden.

Wiederverwendung von PE und PP

Zwei wichtige Vertreter der „Standardkunststoffe“ sind Polyethylen (PE) und Polypropylen (PP). Aufgrund der vergleichsweise niedrigen Rohstoffpreise von Neuware kommen hier nur kostengünstige Recyclingverfahren zum Einsatz; chemisches Recycling ist wegen der vergleichsweise hohen Kosten nicht möglich.

Im Wesentlichen handelt es sich bei PE und PP in der Laborbedarfproduktion um Späne oder Reststücke. Diese werden gesammelt, zerkleinert, gereinigt und dann über Thermoplast-Verarbeitungsmethoden wieder in Neuprodukte überführt. Das bevorzugte Recyclingverfahren für PE ist die Folienproduktion. Recyceltes PP wird mittels Spritzguss hauptsächlich für technische Produkte wiederverwendet, zum Beispiel für Stoßstangen oder Lampengehäuse für Kraftfahrzeuge. In diesen Anwendungen können die Stoffkreisläufe auch mehrfach durchlaufen werden. Etwa 14 Prozent der gegenwärtig in Deutschland verwendeten Kunststoffe stammen aus solchen Recyclingverfahren.

Kunststoffgemische, die zum Beispiel über den „gelben Sack“ gesammelt werden, liefern in automatisierten Verfahren eine „PE-reiche-Fraktion“ und eine „PP-reiche-Fraktion“. Auch diese sind dann für die Weiterverarbeitung durch Extrusion beziehungsweise Spritzguss geeignet. Nicht-trennbarer, kommunaler Kunststoff-Restmüll landet im sogenannten „energetischen Recycling“ als Ersatzbrennstoff in Kohlekraftwerken und ersetzt so Braun- oder Steinkohle.