



# ROTOMOULDING ACADEMY

## **Warum jeder von RANDUCT begeistert ist**

Der „Rotomoulding Academy Non Destructive Ultrasonic Cure Test“ (Zerstörungsfreie Ultraschall-Aushärtungsprüfung der Rotomoulding Academy) verfügt über ein erstaunliches Potenzial für Rotationsformer, die nun sehen und verstehen können, wie gut ihre Produkte ausgehärtet (gesintert) sind. Selbstverständlich wird vorausgesetzt, dass Rotationsformer für ihre Produkte in der Nachproduktionsphase bereits Prüfmethoden verwenden. Und während in einigen Teilen der Welt dies auf täglicher Basis erfolgt, werden in anderen Teilen der Welt Produkte nur selten oder überhaupt nicht getestet. Grund dafür sind extra Kosten, ein geringes Risiko des Produktversagens oder ein mangelndes Verständnis darüber, welche Bedeutung eine ordnungsgemäße Aushärtung für die endgültigen Eigenschaften ihrer Teile hat.

In vielen Teilen der Welt werden Kunststoffpulver den Rotationsformern in bereits compoundierter Form geliefert. In anderen Teilen verarbeiten Rotationsformer das Polyethylen selbst aus natürlichem Granulat zu dem von ihnen zum Herstellen der Teile erforderlichen Pulver, dem sie eventuell noch Farbstoffe und andere Zusätze hinzufügen. Ganz gleich, wie Sie sich Ihr Material beschaffen, ist die Rotomoulding Academy der Ansicht, dass es von entscheidender Bedeutung ist, dass Sie und Ihre Mitarbeiter über gute Kenntnisse der Materialeigenschaften des von Ihnen verwendeten Polyethylens verfügen.

## **Einfluss der Temperatur auf das Prüfen rotationsgeformter Teile**

Ein Erhöhen der Temperatur des Polyethylens führt zu einer verstärkten Mobilität der Moleküle, was wiederum bewirkt, dass das Polyethylen flexibler wird. Das ist auch der Grund, weshalb die Eigenschaften häufig von der jeweiligen Temperatur abhängig sind. Aufgrund dieser Temperaturempfindlichkeit ist eine genaue Steuerung der Temperatur eine der grundlegenden Voraussetzungen für das Testen der physikalischen Eigenschaften. Wenn möglich sollten Produkte bei Temperaturen getestet werden, die denen während ihres Einsatzes ähneln. In einigen Anwendungen können allerdings auch höhere Temperaturen verwendet werden, um die Wirkung zu beschleunigen.

Bitte beachten Sie, dass ein Testen nach dem Fertigen des Teiles zeitabhängig ist. Polyethylen wird sich nach dem Formen weiter verändern. Zum Testen der Teile für die Fertigung sollten zwei Sätze Proben benutzt werden, wobei der erste Satz bei gleichbleibender Temperatur (bei Erreichen der Raumtemperatur) und Umgebung zu testen ist und der zweite Satz 24 oder 48 Stunden später (idealerweise bei ihrer Lagerung unter gleichbleibenden Bedingungen bzw. bei 20°C oder 23°C). Danach muss zwischen den zwei Ergebnissätzen eine Bias-Kurve gezeichnet werden, damit das endgültige Ergebnis für die Fertigung prognostiziert werden kann und in einer angemessenen Zeit reagiert werden kann. Es müssen mehrere Datensätze erstellt werden, um eine statistisch akkurate Bias-Kurve zu erhalten, was regelmäßig erfolgen muss, um diese Kurve fortzuführen. Bei Änderung der Polymersorte/des Herstellers oder bei grundlegenden Verfahrensänderungen müssen neue Bias-Kurven erstellt werden.

## **Einfluss der Pulvereigenschaften**

Rotationsformer verwenden gewöhnlich Polymer in Pulverform. Die Eigenschaften des Pulvers können ebenso die Verteilung des Polymers innerhalb der Gießform und die Verdichtung des Polymers während der Verarbeitung beeinträchtigen. Die einfachsten Materialprüfungen zum Vergleich von Pulvereigenschaften sind der Dry Flow Test (Trockendurchflusstest) und die Schüttdichteprüfung. Von der Rotationsformindustrie wurde ein neuer globaler Armo-Standard übernommen, der jetzt Ausrüstungen mit wesentlich engeren Toleranzen verwendet, die einen exakten Materialvergleich zwischen Pulvern unterschiedlicher Lieferanten ermöglichen.

## **Einfluss der Rotationsbedingungen**

Jede der endgültigen Polymereigenschaften kann durch die während des Rotationsformprozesses eingesetzten Herstellungsbedingungen beeinträchtigt werden. Variierende Verfahrensbedingungen während des Erwärmens und Abkühlens und in den sekundären Probeumgebungen resultieren in unterschiedlichen Eigenschaften des rotationsgeformten Teils. Die Verfahrensbedingungen und sekundären Umgebungen der Proben sollten möglichst konstant gehalten werden, insbesondere Innenlufttemperatur, Abkühlgeschwindigkeit, Bauteildicke und Temperatur der sekundären Teileumgebung (um eine vollständige Kristallisation zu ermöglichen). Die Bedingungen müssen die gleichen sein wie die üblichen Herstellungsbedingungen (Die Abkühlgeschwindigkeit von in einer Kiste befindlicher Teile ist geringer als die Abkühlgeschwindigkeit von Teilen im Produktionsbereich oder beim Einspannprozess)

## **Niedertemperatur-Schlagfestigkeitstest**

Die am weitesten verbreitete Testmethode beruht auf der spezifisch für rotationsgeformte Produkte entwickelten ARM Methode. Die Schlagfestigkeit einer Polyethylenprobe spiegelt die Fähigkeit des Materials wider, die freigesetzte Energie des Aufpralls zu absorbieren. Beim Absorbieren der Aufprallenergie dreht sich alles um die Mobilität der Polymermoleküle und Molekülsegmente, die stark von der Temperatur des Materials abhängig ist. Aus diesem Grund wird der Schlagfestigkeitstest bei niedrigen Temperaturen durchgeführt (gewöhnlich - 40°C), um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen.

Beim Rotationsformen werden die Partikel durch Sintern des Pulvermaterials gebildet, ohne dass Schwerkkräfte oder Druck die Verschmelzung der Partikel unterstützen. Die allmähliche Auflösung der Lufteinschlüsse zwischen den Pulverpartikeln im geschmolzenen Polymer ist ein wichtiger Teil dieses Prozesses. Wenn das Teil zu wenig ausgehärtet ist, verbleiben im Material kleine Einschlüsse mit Luftblasen. Diese Mängel beeinträchtigen in erheblichem Umfang die Schlagfestigkeit des Materials. Das zu lange Erhitzen eines Teiles kann Beschädigungen des Materials an der Innenoberfläche verursachen, was ebenso zu einer beträchtlichen Reduzierung der Schlagfestigkeit führt.

Wenn der Niedertemperatur-Schlagfestigkeitstest für QA-Prüfungen verwendet wird, wie er beispielsweise für die Einhaltung von Normen erforderlich ist, wird er bei einer festgelegten Aufprallenergie als Pass-/ Fail-Test durchgeführt. Nachdem die Belastung, der die Probe ausgesetzt ist, an der dem Aufprall gegenüberliegenden Oberfläche am größten ist und ein zu langes wie auch zu kurzes Aushärten sich insbesondere auf die Innenoberfläche auswirkt, wird der Schlagversuch gewöhnlich bei einer nach unten weisenden Innenoberfläche durchgeführt. Die Testergebnisse können Bestanden sein (was bedeutet, dass das Teil ordnungsgemäß ausgehärtet ist), duktiles Versagen (was ein Zeichen für eine leicht zu geringe Aushärtung ist), duktil, was ein gutes Merkmal für eine gute Aushärtung ist, wobei wir aber immer die Zahlen und die untersuchte Probe anschauen müssen, bevor wir zu einer Schlussfolgerung kommen können) oder Sprödbruch (ein Zeichen für eine erhebliche Unterhärtung oder Überhitzen des Teils) AS/NZS 4766 schreibt zur Qualitätssicherung regelmäßig durchzuführende Schlagfestigkeitstests vor, um eine ordnungsgemäße Aushärtung der Teile zu gewährleisten. Die in den Material-Datenblättern angegebene Niedertemperatur-Schlagfestigkeit stellt Informationen über die Schlagfestigkeit von unter optimalen Bedingungen gefertigter Teile bereit. Sie wird gewöhnlich durch das Testen einer größeren Zahl von Proben (etwa 20) bei unterschiedlichen Aufprallkräften unter Einhaltung einer vorgeschriebenen Verfahrensweise ermittelt. (Bruce-ton Staircase Methode). Die Ergebnisse werden dann statistisch ausgewertet. Die Schlagfestigkeit kann nicht anhand von nur 2 oder 3 Proben ermittelt werden.

Das Ermitteln der Schlagfestigkeit ermöglicht, das Prozessfenster eines Materials in einer bestimmten Maschine/Formenzusammenhang festzulegen. Schlagfestigkeitstests werden heute hauptsächlich für PE verwendet. Der RANDUCT ist auch für andere Polymere nützlich wie PP, PA und EVA, die bei -40°C spröde sind oder für mehrschichtige Strukturen. Für diese Materialien wird der NDT ein großer Pluspunkt sein! Während Rotationsformer, die regelmäßig Schlagfestigkeitstests durchführen, sich mittlerweile seiner Vorteile bewusst geworden sind, stellt er genauso vor gewisse Herausforderungen:

- Der Prüfling wird teilweise zerstört oder er muss entfernt werden
- Ergebnis gilt lediglich über den geprüften Bereich und nicht unbedingt über das ganze Teil
- Liefert bei dickwandigen Teilen nur ungenaue Ergebnisse

- Um genaue Ergebnisse zu erzielen, ist eine zeitaufwendige vollständige Aushärtung erforderlich
- Die zum Testen erforderlichen Ausrüstungen bedeuten einen zusätzlichen Aufwand (auch wenn dieser lohnenswert ist)
- Es ist problematisch, in der Produktionsumgebung die zum Testen erforderliche Zeit aufzubringen



In ihrem ersten offiziellen Forschungsprojekt wird die Rotomoulding Academy an einem von ARMA eingereichtem Projekt zur Entwicklung einer neuen Testmethode arbeiten, die den ARM Fallversuch ersetzen könnte, der in der Welt des Rotationsformens vorwiegend verwendet wird. Seit mehr als einem Jahrzehnt ist ARMA bemüht, einen zerstörungsfreien Test zur Prüfung der Aushärtung zu entwickeln, der problemlos in der Produktion verwendet werden kann. Das ARMA Mitglied Rapidspray verwendete ein im Handel erhältliches Gerät (ein Ultraschallgerät, das von Tierärzten zur Untersuchung der Knochen von Pferden und Vieh verwendet wird), um einen Blick durch die Wände ihrer Produkte zu werfen und zu ermitteln, ob das

Ultraschallbild zur Beurteilung der Aushärtung verwendet werden kann.

Aus diesen bescheidenen Anfängen wurde ein globales Projekt, das das Interesse von Branchenführern in allen Teilen der Welt weckte. Der Materiallieferant Total aus Belgien hatte zuvor ein Projekt mit dem Namen TP-Picture umgesetzt, das das Entfernen von Blasen aus Material bei unterschiedlichen Temperaturen mittels Mikroskopie beurteilte, das nun einen integralen Bestandteil des neuen Projekts bilden wird. Paul Nugent untersuchte im Auftrag von ARM eingehend den Zusammenhang zwischen Größe, Lage und Anzahl der Blasen in der Wand des Teils und der Aushärtung, wobei er auf eine enorme Kollektion mit Aushärtungsaufnahmen zurückgriff, die jetzt verfügbar ist. Von der Rotomoulding Academy wurde zur Umsetzung des Projekts eine Gruppe eminenter und erfahrener technischer Forschungspartner engagiert, die mit Privatmitteln finanziert werden. Die Versuchsteile zum Testen compoundierter und trockener gemischter Materialien mit unterschiedlichen Erwärmungszeiten und PIAT wurden von Mark Kearns und seinem Team von der Queens Universität hergestellt. Im Rahmen dieser Studie wurden Beispiele von unterhärteten, gut verhärteten und übermäßig verhärteten Teilen untersucht.

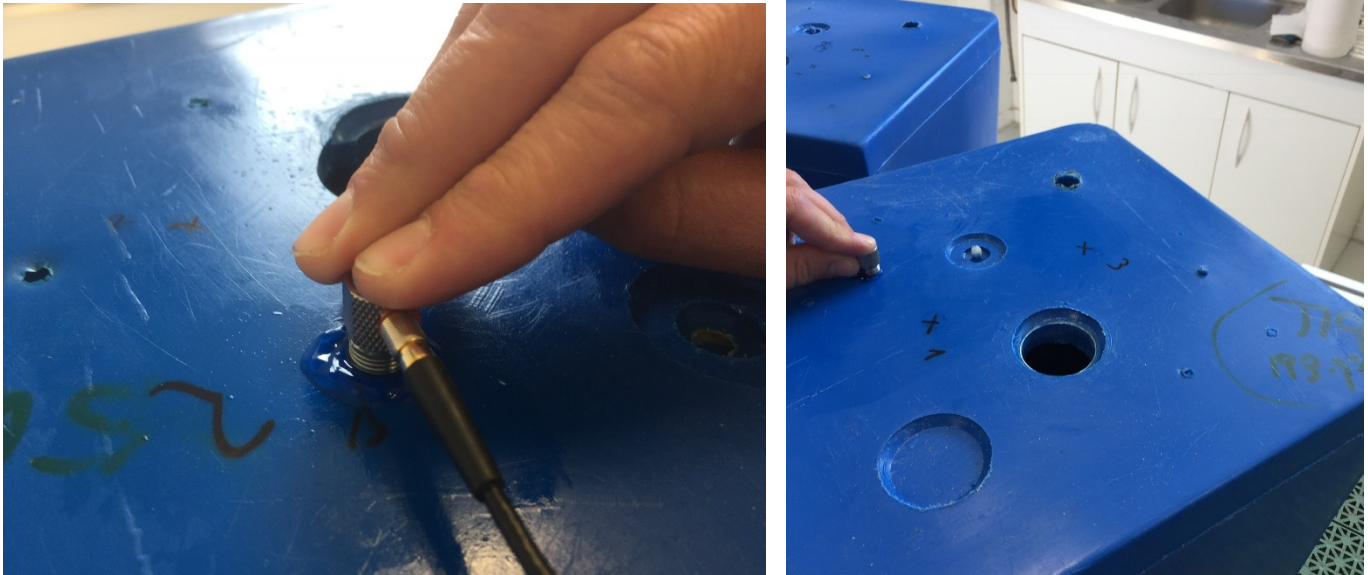
Zum Durchführen der Ultraschalltests beschloss die Rotomoulding Academy mit dem Institut de Soudure Industrie in Saint-Avoid in Frankreich zusammenzuarbeiten. Die Gruppe des Instituts de Soudure nutzte alle ihnen verfügbaren Erkenntnisse, Know-How und Einrichtungen, insbesondere die des Forschungs- und Entwicklungszentrums, um innovative Lösungen, die von dieser Industrie in der Zukunft benötigt werden bis zur Industriereife und ihren Einsatz durch den Kunden zu entwickeln. Dieses Institut genießt den Ruf, Experte für zerstörungsfreies Prüfen im Bereich Luft- und Raumfahrt zu sein, das sich insbesondere auf Verbundmaterialien spezialisiert hat. Auf einem Treffen zwischen Vertretern der Akademie und des Instituts im September 2018, auf dem eine Reihe neuer Testmethoden erörtert wurden, wurde deutlich, dass der Ultraschall das größte Potenzial besaß und die besten Ergebnisse lieferte und problemlos in allen Teilen der Welt in den Produktionsalltag übernommen werden kann.

Vom Institut wurden zur Ermittlung seines Potenzials für das Rotationsformen zwei verschiedene Methoden benutzt. Ultraschalluntersuchung mit Einzelsonde (zum Messen des Echos an der Rückwand des Versuchsteils) und FMC/TFM mit Phased-Array-Prüfköpfen (zum Anzeigen von Blasen im Versuchsteil, unterhalb des Prüfkopfes). Probestücke unterschiedlicher Größe wurden von den Versuchsteilen entfernt, wobei eine Erstprüfung ergab, dass es möglich war, die Ergebnisse des australischen Rotationsformers Rapidspray durch wissenschaftlich fundierte Ultraschallmethoden zu wiederholen.

Das Institut schloss seine Tätigkeit mit der Feststellung ab, dass zwischen dem Ultraschallecho & PIAT verschiedener Arten von Proben ein gutes Verhältnis festgestellt werden konnte und für jede Art Material beziehungsweise unterschiedliche PE's Sorten oder andere und Wandstärken eine Standardkurve erstellt werden konnte.

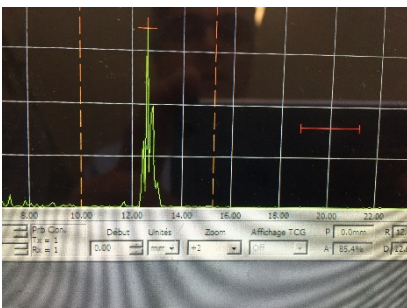
Obwohl die ersten Untersuchungen mit einem teuren Laborprüfkopf durchgeführt wurden, kann die Messung auch mit einem einzelnen System für 7 500 € oder weniger erfolgen. Der Ergebnisbildschirm des Prüfkopfes macht genaue

Werte verfügbar, was bedeutet, dass die zweite Phase des Projekts zum Identifizieren einer Bilderkennungssoftware für ein bestanden / nicht- bestanden nicht erforderlich ist. In der nächsten Projektphase, die in Kürze beginnen wird, werden die gleichen Probestücke im Fallversuch getestet, um die Ergebnisse der durch Ultraschallprüfungen erzielten Aushärtungsergebnisse durch einen Vergleich zu bestätigen. In der letzten Projektphase wird eine mikroskopische Untersuchung der Teile zum Ermitteln des Blasengehalts und der Mikrostruktur durchgeführt, um diese Ergebnisse mit den mit PIAT & Ultraschallsignalen erzielten Ergebnissen an der University of Minho zu korrelieren.



### **Kann RANDUCT alles ermitteln, was wir über die Produktqualität wissen müssen?**

Der Fallversuch liefert Informationen über die Endaushärtung des Produktes und hilft, im Material eventuell auftretende Mängel zu erkennen, wie beispielsweise durch unsachgemäßes Mahlen verursachter Sprödbbruch, (was sichtbar sein muss) oder Kontaminierungen (bei der Extrusion durchläuft das Granulat einen Filter mit einem Magneten bevor es dem Einfülltrichter zugeführt wird). Der Ultraschall kann uns ausführliche Informationen über die Endaushärtung liefern jedoch nicht unbedingt über im Material auftretende Probleme, die das Risiko eines Ausfalls erhöhen, wie beispielsweise beim Zermahlen des Pulvers oder der Partikelverteilung. Während letztlich die Testausrüstung für den Ultraschall weniger kostet als ein Fallprüfstand und Gefriergerät, müssen dennoch in der Anlage einfache Materialtests durchgeführt werden, die helfen, mögliche Probleme mit der Teilequalität vorherzusagen. Dennoch ist es jetzt klar geworden, dass es möglich ist, mit Ultraschall-Testmethoden die Qualität rotationsgeformter Fertigteile von fast jeder beliebigen Dicke zu ermitteln, wobei für besonders dicke Teile unterschiedliche Prüfköpfe benötigt werden. Die Testausrüstung erfordert verhältnismäßig geringe Investitionen, was Zeit und Geld angeht und lässt sich leicht im Produktionsalltag einführen.



Beliebige Teile lassen sich schnell in den unterschiedlichsten Positionen prüfen und liefern uns eine bessere Statistik über die konsistente Leistung der Maschine Montag/Freitag, nachts/tagsüber. Eine solche Analyse kann vollautomatisch sein. Und letztlich wird die Qualität der Aushärtung wie auch die Wandstärke aufgezeichnet, wodurch dort, wo erforderlich, eine zusätzliche Prüfung nach der Fertigung und der Kauf einer zusätzlichen Prüfausrüstung entfallen. Das wiederum besitzt ein enormes Potenzial eines verstärkten Testens von Produkten in Rotationsformanlagen in allen Teilen der Welt und führt das Rotationsformen weg von „Kunst“ und näher an die „Wissenschaft“ heran, um

den Erwartungen der Kunden gerecht zu werden und uns zu helfen, mit anderen Arten der Kunststoffherstellung zu konkurrieren, denen es stärker um eine Gewährleistung der Qualität des Endproduktes geht.

Die Partner der Rotomolding Academy sind mit Recht stolz, sich für dieses Projekt engagiert zu haben und sind hoffnungsvoll, auf globaler Ebene dieser Industrie schon bald ein Paket anbieten zu können, mit detaillierten Angaben über die am besten geeigneten Ausrüstungen und einer genauen Beschreibung der Testmethode.