

Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Hochleistungskunststoffen in der Medizintechnik

Disposalkomponente

- › für ultraschallgetriebenes, chirurgisches Werkzeug
- › Ersetzen der im Phakoemulsifikator eingesetzten Titansonotrode
- › durch einen geeigneten Hochleistungskunststoff

Die Schallweiterleitung

- › wird beeinflusst durch die Materialkennwerte, wie z.B. E-Modul und Dichte
- › und ist abhängig von der Geometrie der Sonotrode

Das Temperaturverhalten

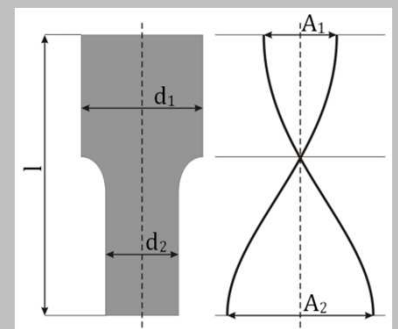
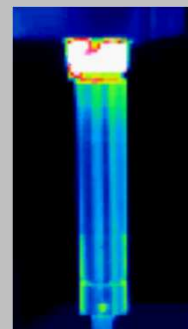
- › ist entscheidend für die Materialkennwerte und somit für die Materialauswahl

DMTA

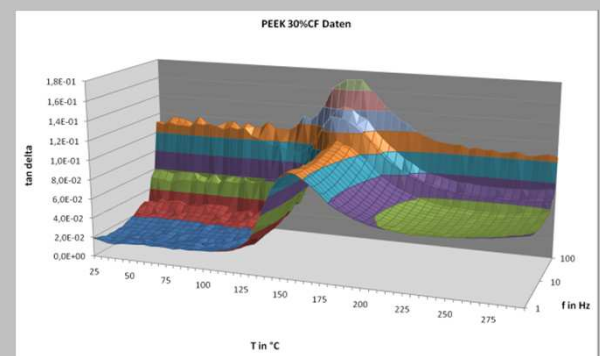
- › Ermittlung der benötigten Daten zur Berechnung
- › Auswahl geeigneter Kunststoffe um weitere Untersuchungen auf einem Prüfstand durchzuführen



Phacohandstück



Wärmebildmessung der Titansonotrode und Schallweiterleitung in einer Sonotrode



DMTA-Masterkurve

Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Thomas Schröder
 Hochschule Darmstadt (h_da)
 Institut für Kunststofftechnik Darmstadt (ikd)
 64295 Darmstadt
 Haardtring 100

Projektteam:
 Benjamin Reeh
 Tommy Urban
 Marco Leber

Untersuchung des dynamischen Verhaltens von Hochleistungskunststoffen in der Medizintechnik

Prof. Dr. Thomas Schröder

1 Einleitung

Kunststoffe gewinnen in der Medizintechnik in den letzten Jahrzehnten immer mehr an Bedeutung. Schon heutzutage liegt der Anteil von Kunststoffen in der Medizintechnik bei geschätzten 50%. Die Ursache hierfür liegt zum einen in den vielfältigen Eigenschaften der Kunststoffe, zum anderen aber auch am Preisvorteil gegenüber anderen Materialien. Für die Medizin sind insbesondere die Medienresistenz, die Möglichkeiten von antibakteriellen Zusatzstoffen, die Herstellung von Formgedächtnismaterialien oder der Ersatz von Metallkomponenten von großer Bedeutung. Schon heute sind Kunststoffgelenke oder mit Nanosilber beschichtete antibakterielle Oberflächen im Einsatz. In Zukunft werden Kunststoffe im Bereich Medizintechnik teure Metallanwendungen verdrängen. Einer der Hauptgründe für das Ersetzen von Metallen ist die Möglichkeit zur Einführung von Disposalkomponenten. Weltweit werden hohe Anforderungen an die Sterilisation von medizinischen Geräten gestellt, die durch die Einführung von Disposalkomponenten umgangen werden können.

Das hier dargestellte Projekt, beschäftigt sich mit dem Metalleratz durch Kunststoffe. Hierbei liegt der Fokus auf dem dynamischen Verhalten der Kunststoffe. Es soll dargestellt werden, wie sich Hochleistungskunststoffe und Standardkunststoffe unter Ultraschallschwingungen verhalten.

2 Aufgabenstellung

Aufgabe des Forschungsprojektes ist es, die Grundlagen für die Entwicklung neuer Kunststoffteile in der Medizintechnik zu schaffen. Hierzu sollen im ersten Schritt Grundlagenanalysen durchgeführt werden um darzustellen wie Titan in Ultraschallanwendungen durch Hochleistungskunststoffe ersetzt werden kann.

Die Aufgabe ist äußerst anspruchsvoll, da die mechanischen Eigenschaften und das Schwingungsverhalten von Titan und Kunststoffen gänzlich unterschiedlich sind. Im zweiten Schritt des Projektes sollen an verschiedenen medizinischen Geräten mögliche Optimierungen erörtert werden.

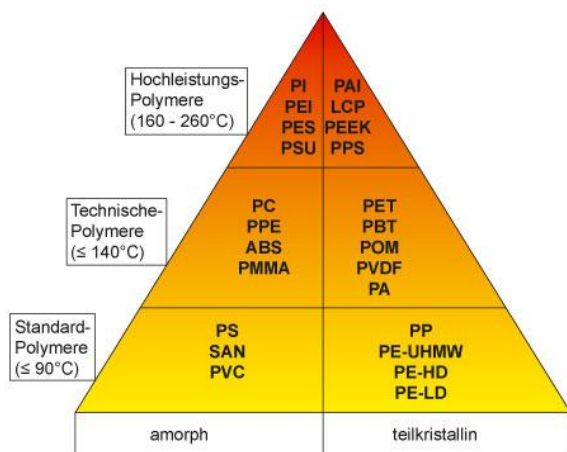


Abbildung 1 Pyramide der Kunststoffe

2.1 Grundlagen

Die Grundlage des Projektes bilden medizinische Geräte mit Titankomponenten, die unter Einfluss von Ultraschall arbeiten. Bei diesen Anwendungen wird z.B. Zahnstein entfernt oder Gewebe durch die Bewegung des Titanbauteils zerstört. Die Titanbauteile übernehmen meist die Funktion der Bewegungsübertragung. Dies bedeutet, dass auf ihnen

ein Resonator mit einem Piezoelement befestigt wird. Das Piezoelement überträgt Ultraschallschwingungen auf das Bauteil und regt dieses zum Schwingen an.

Die Bewegungen spielen sich hierbei im μm -Bereich ab. Titan kommt hierbei zur Anwendung, da es eine hohe Korrosionsbeständigkeit, hohe Steifigkeit aber auch ein geringes Gewicht besitzt. Wie schon in der Einleitung beschrieben geht der Weg in den letzten Jahren immer mehr zu Disposalkomponenten, was den Einsatz von Titan durch seinen hohen Preis erschwert. Hier könnten nun die Hochleistungskunststoffe eine weitaus günstigere Alternative bieten.

Hochleistungskunststoffe wie PEEK, LCP oder PPS vereinen hohe Festigkeit und Steifigkeit mit einer guten chemischen Beständigkeit. Jedoch ist noch nicht bekannt wie sich diese Werkstoffe im gemeinsamen Einsatz mit Ultraschall verhalten. Ziel ist es dieses Verhalten darzustellen.

2.2 Anforderungen

An das vorliegende Forschungsprojekt werden wirtschaftliche, technische und gesetzliche Anforderungen gestellt.

Die wirtschaftlichen Anforderungen sind klar definiert, bei einer bestimmten jährlichen Einsatzrate eines medizinischen Geräts darf die neu entwickelte Disposalkomponente nicht teurer sein als vergleichbare Titanvarianten mit Sterilisierungsprozess.

Die größte technische Anforderung an die Kunststoffkomponente ist die Effektivität. Dies bedeutet, dass die gleiche Effektivität, mit einer Kunststoffkomponente erzeugt werden muss, wie sie die derzeitigen Titanvarianten besitzen. Weiterhin gibt es wichtige Anforderungen im Hinblick auf die Temperatur. Im medizinischen Einsatz darf diese nicht über 42°C steigen, da ab dieser Temperatur die sogenannte Eiweißstockung auftritt, was zu einer irreversible Schädigung des Gewebes führt. Kunststoffspezifische Anforderungen sind die Hydrolyse-, Medien-, und Temperaturbeständigkeit. Im Zeitraum der Operation darf durch den Ultraschall oder die Anwendung kein mechanisches Versagen auftreten.

Zuletzt gilt die Kompatibilität zu den vorhandenen Geräten. Dies bedeutet, dass die derzeit auf dem Markt befindlichen Frequenzgeneratoren mit einer Frequenz von ca. 41kHz arbeiten.

3 Problemlösung und Vorgehen

3.1 Analyse

Um die Anforderungen im Detail zu überprüfen wurde ein physikalischer Versuchsaufbau erstellt. Dieser verwendet ein

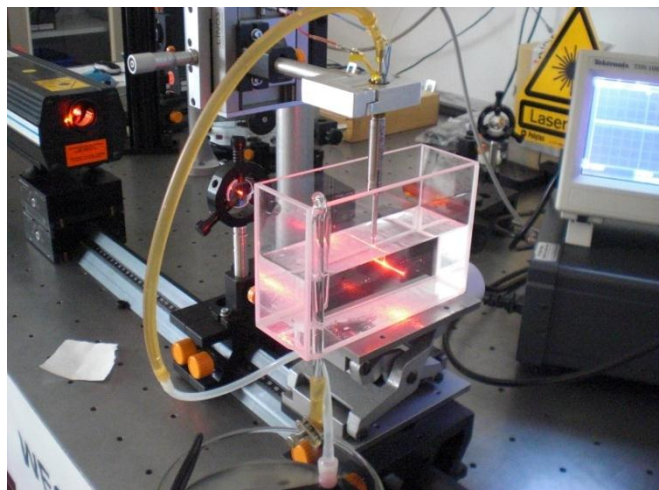


Abbildung 2 physikalischer Versuchsaufbau

optisches Verfahren zur Untersuchung des Schwingungsverhaltens.

Hierbei wird ein Laserstrahl mit möglichst geringem Durchmesser, der aber größer sein muss als die zu vermessende zweifache Schwingungsamplitude (hier: ca. $2 \cdot 50 \mu\text{m}$), wird auf eine Photodiode gerichtet, mit der die Leistung des Strahls gemessen wird. In den Strahl wird die Spitze des Messobjekts hineingeschoben, bis sich eine Abnahme der Diodenspannung ergibt. Anschließend wird die Spitze um etwas mehr als die Schwingungsamplitude weiter verschoben, damit die Spitze während der Schwingung auf keinen Fall den Strahldurchmesser verlässt. Wird nun die Spitze in Schwingung versetzt, ergibt sich eine wechselhafte Abschattung des Laserstrahles, die durch die Diodenspannung angezeigt wird. Der Hub der Spitze kann nach vorheriger Kalibrierung aus dem Messsignal entnommen werden.

3.2 Temperaturverhalten

Um im späteren Verlauf des Projektes eine Kunststoffauswahl treffen zu können, müssen die thermischen Anforderungen bestimmt werden. Dies geschieht mit einer Wärmebildkamera, die den in 3.1 beschriebenen Versuchsaufbau überwacht. Aus den ersten Untersuchungen des Titanprobekörpers, kann man schließen, dass sich das Piezoelement im oberen Bereich des Stößels auf über 55°C aufheizt. Durch die innen liegende Kühlung erhitzt sich jedoch die Spitze des Prüfkörpers auf höchstens 30°C.

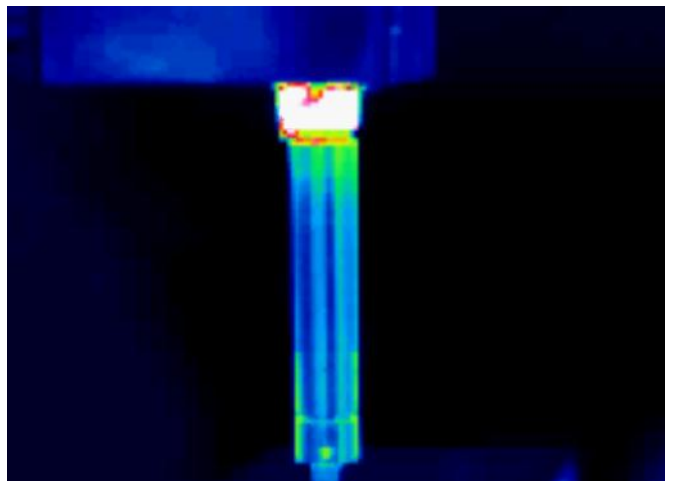


Abbildung 3 Wärmebildmessung eines heutigen Titanbauteils

4 Projektausblick

Der nächste Schritt des Forschungsprojektes wird die Auswahl eines geeigneten Materials sein. Hierbei spielt nicht nur die Temperatur eine große Rolle, sondern auch die Länge des Probekörpers. Die Länge ist entscheidend im Bezug auf Temperaturentwicklung und Auslenkung der Messspitze durch den Ultraschall. Spezielle Längenberechnungen zur Bestimmung der optimalen Probenkörperlänge wurden bereits durchgeführt. Um diese Berechnungen weiter zu verfeinern wurden für jedes zur Auswahl stehende Material die benötigten Materialdaten direkt aus der DMTA-Analyse ermittelt.

Nach der Festlegung auf geeignete Materialien sollen Prototypen erstellt werden. Die Prototypen bestehen aus einem Einlegeteil aus Titan oder Stahl und werden mit Kunststoff umspritzt. Die Einlegeteile dienen der Befestigung des Piezoelements. Durch die Prototypen soll das Verhalten des Kunststoffes unter Ultraschall validiert werden.