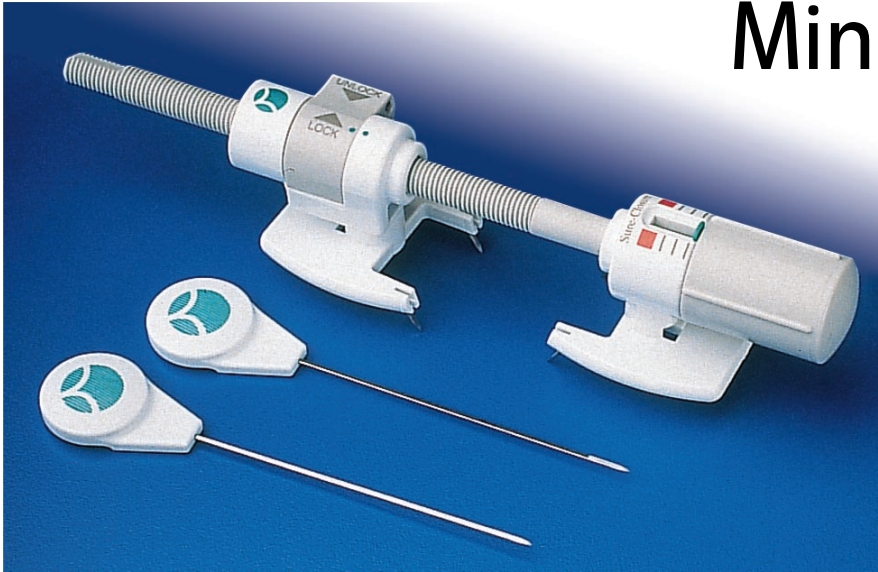


# LCP als Schlüssel zur Miniaturisierung



*Volker Pieper und Freddy Metzmann, Frankfurt am Main*

Hohe Festigkeit bei sehr geringer Wanddicke – diese Eigenschaftskombination der LCP eröffnet neue Möglichkeiten für die Miniaturisierung. Diese ist Voraussetzung dafür, z. B. bei der minimal-invasiven Chirurgie immer schonendere Behandlungsverfahren anwenden zu können.

Die Miniaturisierung ist eine zwingende Voraussetzung, um chirurgische Instrumente für sogenannte minimal-invasive Eingriffe optimieren zu können. Dabei arbeitet der Arzt mit komplexen Instrumenten, die kleine Schnitte ermöglichen. Diese schonende Behandlung reduziert das Operationstrauma und beschleunigt die Heilung, sie liegt also im Interesse des Patienten. Ebenso liegt sie im Interesse der Allgemeinheit, weil die kürzere Krankheitsdauer die Kosten des Gesundheitssystems senkt.

Die Durchführung minimal-invasiver Eingriffe erfordert Instrumente, die möglichst kleine Abmessungen aufweisen, mechanisch stabil sind und auch bei großer Länge eine hohe Steifigkeit besitzen. Die für die Instrumente verwendeten Materialien müssen biokompatibel sein und sich mit allen Verfahren sterilisieren lassen. Schließlich müssen sich die einzelnen Bauteile der Instrumente mit ihren oft feingliedrigen Strukturen wirtschaftlich herstellen lassen.

## LCP – kostengünstige Alternative zu Stahl

Aus diesem Grund wurden schon bisher Teile für derartige medizinische Instrumente aus technischen Kunststoffen hergestellt [1]. Wegen ihres besonderen Eigenschaftsbilds erlauben es flüssigkristalline Kunststoffe (Liquid Crystalline Polymers, LCP), über die bisher bestehenden Grenzen bei der Fließweglänge, den mechanischen Eigenschaften und der Absenkung der Wanddicke hinauszugehen. Damit lassen sich die kunststoffspezifischen Vorteile auch bei solchen Anwendungsfällen nutzen, die bisher metallischen Werkstoffen vorbehalten waren.

Ein Beispiel dafür ist das im Titelbild gezeigte chirurgische Gerät. Es dient dazu, große Wunden zu verschließen und dabei die Haut so zu dehnen, daß sich eine Hauttransplantation vermeiden läßt. Die metallähnliche Belastbarkeit des flüssigkristallinen Hochleistungskunststoffs vom Typ Vectra A230 (Hersteller:

Ticona GmbH, Frankfurt am Main) war entscheidend dafür, die lasttragenden Funktionsteile aus diesem Material herzustellen. Die hohe Steifigkeit ist erforderlich, damit das Instrument während einer mehrtägigen Belastung mit 25 N formtreu bleibt. Durch die Wahl von LCP war es außerdem möglich, das Gerät kleiner, leichter und kompakter als bisher zu bauen.

Mit einem chirurgischen Klammengerät kann ein Chirurg Wunden mit Klammern aus Titan verschließen, statt sie nähen zu müssen. Die Klammern befinden sich in einem Wechseleinsatz, der in eine Backe des zangenähnlich ausgeführten Klammernsetzers einschnappt. Bei einer konstruktiven Überarbeitung war das Ziel eine weitere Verkleinerung des Geräts. Dabei entschied sich der Hersteller nach gründlichen Materialstudien dafür, den Wechseleinsatz (Bild 1) aus Vectra A150, einem mit 50 Gew.-% Glasfasern verstärkten LCP herzustellen. Maßgebend dafür waren drei Gründe [2]:

- ▶ die Breite des Wechseleinsatzes ließ sich von 12,4 auf 9,1 mm, also um mehr als 25% verringern,
- ▶ trotz Wanddicken bis herab zu 0,25 mm besitzen die Einsätze unverändert hohe Festigkeit und Steifigkeit,
- ▶ die Fertigung durch Spritzgießen in einem Stück anstelle der aufwendigen Bearbeitung einer mehrteiligen Metallversion führte zu Einsparungen in Höhe von 80 % bei den Teillekosten.

Der verkleinerte Wechseleinsatz ermöglichte es, das Klammergerät insgesamt zu verkleinern, so daß es besser und vielseitiger anwendbar ist.

Ursache für die verbesserten Möglichkeiten der Miniaturisierung sind die besonderen Werkstoffeigenschaften von LCP sowie sein Verarbeitungsverhalten. Beispielsweise ist die Zugfestigkeit eines Standard-LCP wie Vectra A130 (Glasfasergehalt: 30 Gew.-%) zwei- bis dreimal höher als bei anderen, in der

Wanddicke prädestiniert, weil sowohl ihre Festigkeit als auch die Fließfähigkeit der LCP-Schmelze mit sinkender Wanddicke ansteigt. Wie Bild 4 zeigt, ist bei kohlefaserverstärkten LCP-Typen der Biege-E-Modul bei einer Wanddicke von 0,5 mm fast doppelt so hoch wie bei einer Wanddicke von 3 mm.

Eine praxisnahe Überprüfung der Fließfähigkeit anhand der im Spiraltest ermittelten Fließweglänge zeigt, daß Vectra A130 bei einer Wanddicke von nur 0,8 mm bereits einen Fließweg von 350 mm erreicht – diese ist eine typische Länge für minimal-invasive chirurgische Instrumente. Bei anderen, gut fließfähigen Kunststoffen beträgt diese Mindest-Wanddicke bereits 1,2 mm. Trotz der sehr guten Fließfähigkeit der Schmelze sind LCP-Formteile gratfrei.

Maßgebend für die beschriebenen Werkstoffeigenschaften ist die besondere

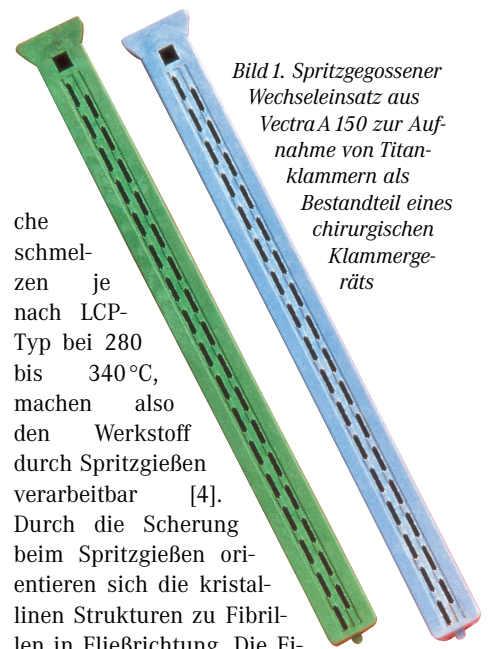


Bild 1. Spritzgegossener Wechseleinsatz aus Vectra A150 zur Aufnahme von Titanklammern als Bestandteil eines chirurgischen Klammergeräts

schmelzen je nach LCP-Typ bei 280 bis 340°C, machen also den Werkstoff durch Spritzgießen verarbeitbar [4]. Durch die Scherung beim Spritzgießen orientieren sich die kristallinen Strukturen zu Fibrillen in Fließrichtung. Die Fibrillen behalten ihre Ausrichtung beim Erstarren bei – dies ist die Ursache für den hohen Biege-E-Modul und die hohe Festigkeit der LCP.

**LCP-Formteile: wirtschaftlich und maßgenau ...**

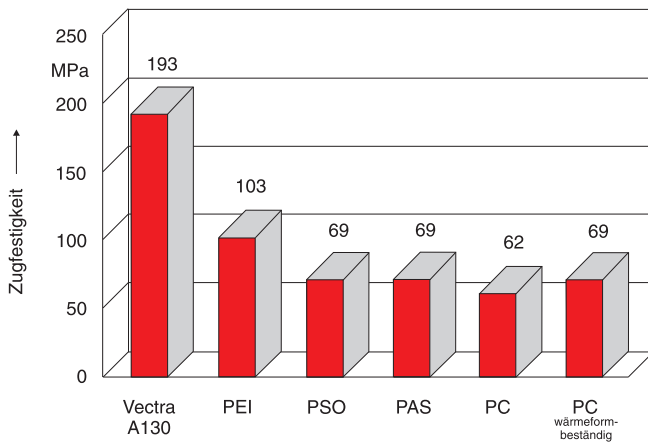
Beim Abkühlen aus der Schmelze findet – anders als bei den üblichen teilkristallinen Kunststoffen – nahezu kein Kristallisationsprozeß statt, so daß aus dem Werkzeug nur eine relativ geringe Wärmemenge abzuführen ist [5]. Bei einer Werkzeugtemperatur von 100°C bildet das Formteil bereits nach einer Kühlzeit von nur 0,1s eine tragende Außenhaut. Daher weisen LCP-Formteile keinen Grat auf und lassen sich bereits nach außergewöhnlich kurzer Kühlzeit aus dem Werkzeug entnehmen. Daraus resultiert eine kurze Zykluszeit, die wesentlich zur Wirtschaftlichkeit beim Spritzgießen beiträgt.

www.kunststoffe.de

KU Kunststoffe Online-Archiv

© Carl Hanser Verlag, München

Bild 2. Zugfestigkeit von LCP im Vergleich mit anderen Kunststoffen



Medizintechnik eingesetzten Kunststoffen (Bild 2). Entsprechendes gilt für den Biege-E-Modul, der die Steifigkeit eines Bauteils bestimmt. Bereits beim erwähnten Standardtyp beträgt der Biege-E-Modul knapp 15000 MPa (Bild 3). Er liegt mehr als fünfmal höher als bei unverstärkten und immer noch rund zweimal höher als bei anderen, ebenfalls mit 30 Gew.-% Glasfasern verstärkten Kunststoffen. Durch eine Verstärkung mit Kohlenstofffasern läßt sich der Biege-E-Modul auf rund 30000 MPa steigern, so daß LCP den Bereich der Steifigkeit von Metallen erreichen.

**Besonderheit von LCP: dünner ist steifer**

Schließlich sind flüssigkristalline Kunststoffe für Bauteile mit sehr geringer

Mikrostruktur der LCP [3]. Das Material ist aus starren, auch in der Schmelze kristallinen Makromolekülen aufgebaut, die untereinander durch schmelzbare Molekülbereiche, sogenannte thermotrope Spacer, verbunden sind. Diese Berei-

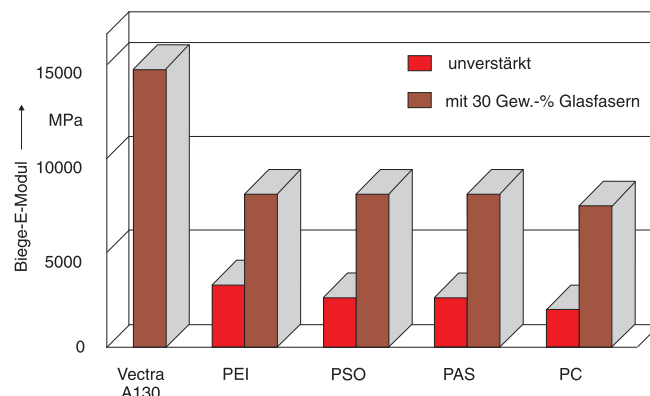
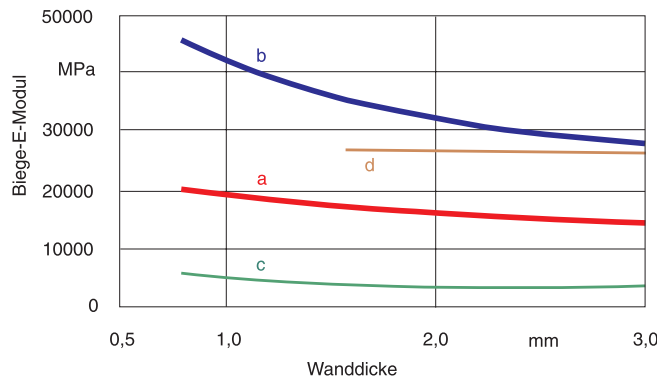


Bild 3. Biege-E-Modul für einen Standard-LCP-Typ im Vergleich mit anderen unverstärkten und verstärkten Kunststoffen

Bild 4. Anstieg des Biege-E-Moduls bei abnehmender Wanddicke für verschiedene LCP-Typen und andere Kunststoffe  
 a: Vectra A 130 (LCP mit 30 Gew.-% Glasfasern),  
 b: Vectra B 230 (LCP mit 30 Gew.-% Kohlefasern),  
 c: Polyamid mit 40 Gew.-% Kohlefasern,  
 d: Polyurethan mit 60 Gew.-% Langglasfasern



Außerdem ist die Verarbeitungsgeschwindigkeit wesentlich geringer als bei anderen Thermoplasten. Zudem besitzen die Formteile praktisch keine Eigenspannungen. Zusammen mit der ebenfalls geringen Wärmedehnung ergibt sich als weiterer Vorteil, daß LCP-Formteile verzugsfrei sind und reproduzierbar eine sehr hohe Maßgenauigkeit aufweisen.

### Wachsende Zahl von Anwendungen

Die Kombination von hoher Festigkeit und kostengünstiger Verarbeitung gab auch bei einem Kanalschneider den Ausschlag für die Anwendung von LCP. Dieses Gerät enthält in einem zigar-

Zykluszeit nacharbeitsfreie Formteile herstellen lassen, sowie  
 ► technische Vorteile, weil eine weitere Miniaturisierung von Instrumenten ohne Einbuße bei den mechanischen Eigenschaften möglich ist. Damit sind die flüssigkristallinen Polymere ideale Problemlöser beim Herstellen medizintechnischer Instrumente, gleichgültig ob diese einmal oder mehrfach verwendet werden. Eine intensive Zusammenarbeit zwischen Instrumentenherstellern, Verarbeitungsbetrieben und Rohstoffherstellern wird in diesem neuen Marktsegment eine rasch wachsende Zahl von Anwendungsmöglichkeiten eröffnen.

### Literatur

1 Czyborra, L.; Metzmann, F.: Medizintechnik – ein innovatives Einsatzgebiet für Kunststoffe. Kunststoffe 88 (1998) 5, S. 721-730

### ... sowie beständig und sterilisierbar

Die chemische Struktur und der beschriebene Aufbau der LCP sind auch maßgebend für die gute chemische Beständigkeit, insbesondere gegen Säuren, Alkohole und sonstige organische Substanzen sowie gegen halogenierte Kohlenwasserstoffe. Wegen der sehr geringen Eigenspannungen nach dem Spritzgießen sind LCP-Formteile auch außerordentlich widerstandsfähig gegen Spannungsrißbildung. Selbst bei Temperaturen bis 200 °C wirkt keines der Medien, mit denen medizinische Geräte üblicherweise in Kontakt kommen, bei LCP-Formteilen spannungsrißauslösend.

Schließlich lassen sich LCP-Formteile mit allen gebräuchlichen Verfahren sterilisieren. So bleibt auch nach 300 Zyklen einer Dampfsterilisation (Behandlungsdauer 10 min bei 130 °C) die Schlagzähigkeit unverändert (Bild 5). Bei anderen Kunststoffen sinkt sie durch diese Beanspruchung erheblich ab, meist weit unter den von LCP erreichten Wert. Ursache für dieses günstige Verhalten ist das Zusammenwirken der guten Beständigkeiten von LCP gegen Beanspruchung durch erhöhte Temperatur, durch Chemikalien und durch Gammastrahlung.

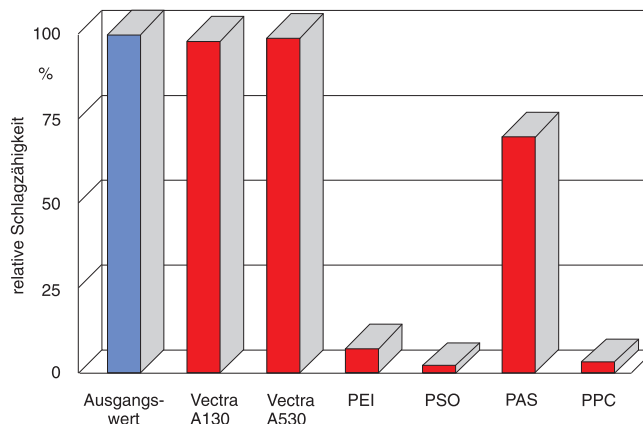


Bild 5. Auch 300 Zyklen einer Dampfsterilisation (jeweils 10 min bei 130 °C) lassen die Schlagzähigkeit von LCP unverändert, während sie bei anderen Kunststoffen absinkt

renförmigen Gehäuse eine Klinge, die durch Druck gegen den Körper des Patienten freigelegt wird. So kann ein Zugang für Instrumente geschnitten werden. Die Stahlklinge war bisher an einem mit hohem Aufwand gefrästen Aluminiumschaft befestigt. Dieser Schaft wird nun ohne Einschränkung der Gebrauchstauglichkeit aus dem mit 30 Gew.-% Glasfasern verstärkten LCP Vectra A 130 spritzgegossen. Die Einsparung der bisher erforderlichen Bearbeitungskosten führte zu einer jährlichen Kostensenkung von rund 1,5 Mio. US\$.

Die hier behandelten Beispiele zeigen, wie sinnvoll die Anwendung von LCP in der Medizintechnik ist. Der Einsatz dieses innovativen Kunststoffs bietet  
 ► wirtschaftliche Vorteile, weil sich durch Spritzgießen mit sehr kurzer

2 Material für filigrane Strukturen. Inform Healthcare, Ausgabe 1, S. 21. Firmenschrift der Ticona GmbH, Frankfurt am Main 1998  
 3 Römer, M.: Thermotrope flüssigkristalline Polymere (LCP). Kunststoffe 83 (1993) 10, S. 785-788  
 4 Dieke, H.-R. u. a.: Flüssigkristalline Polyester. In: Bottenbruch, L.: Hochleistungskunststoffe, S. 219-261. Hanser-Verlag, München 1994  
 5 Vectra – Flüssigkristalline Polymere (LCP). Firmenschrift der Ticona GmbH, Frankfurt am Main 1997

### Die Autoren dieses Beitrags

Dipl.-Ing. Volker Pieper, geb. 1967, arbeitet als Projektfeldleiter in der Anwendungsentwicklung der Ticona GmbH, Frankfurt am Main.  
 Dr. Freddy Metzmann, geb. 1961, ist im Marketing der Ticona GmbH, Frankfurt am Main, für die Marktentwicklung Technischer Kunststoffe in der Medizintechnik zuständig.