



## HÖHERE EFFIZIENZ VON LABORZENTRIFUGEN DURCH CFK-LEICHTBAUROTOREN

### Motivation

Die Zentrifugation ist das am häufigsten angewandte Verfahren zur Trennung von Flüssigkeiten wie Blutplasma und Seren. Die Rotoren in diesen Zentrifugen dienen der Aufnahme der Probengefäße. Sie sind extremen mechanischen Belastungen ausgesetzt, wodurch sie sicherheitstechnisch zu den Kernkomponenten von Zentrifugen zählen. Im Betrieb wirken auf die Rotoren und Proben bei Drehzahlen von bis zu 20 000 Umdrehungen pro Minute Fliehkräfte, die dem 25 000fachen der Erdanziehung entsprechen.

Herkömmliche Rotoren werden aus speziellen Aluminiumlegierungen gefertigt und sind so relativ einfach und günstig herzustellen. Der Nachteil besteht in ihrem recht hohen Gewicht von ca. 25 Kilogramm, was zu einem erhöhten Energieverbrauch und größeren mechanischen Belastungen des gesamten Zentrifugen-Systems führt. Des Weiteren weisen Aluminium-Rotoren ein kritisches Verhalten bei Bruch auf. Im schlimmsten Fall kann die im Sicherheitsbehälter abzubauen kinetische Energie Werte annehmen, die dem Aufprall eines Pkw mit 85 Kilometern pro Stunde auf eine Betonwand gleichzusetzen sind!

### Lösungskonzept

Ausgehend von diesen Defiziten wurde eine neuartige Technologie entwickelt, die auf der Verwendung von Kohlenstoff-Verbundfasern (CFK) basiert und deren Tragstruktur vollständig in der Belastungsebene liegt. Dadurch können vom Rotor bei gleichem Materialeinsatz höhere Fliehkräfte aufgenommen werden. Das neue Konzept zum Aufbau der tragenden Struktur beinhaltet eine geodätisch geformte Ringversteifung, was

gegenüber bisherigen Produkten eine verbesserte Kräfteinleitung und höhere Steifigkeiten ermöglicht.

Durch die Verwendung von Füllkörpern, die mithilfe des additiven Fertigungsverfahrens »Laser Sintern« aus polymeren Werkstoffen hergestellt werden, können darüber hinaus weitere Gewichtsvorteile erzielt werden. Neben dem geringeren Energieverbrauch und der höheren Laufruhe werden vor allem die mechanischen Belastungen des Gesamtsystems gegenüber der Aluminium-Ausführung wesentlich reduziert.

Die größte Herausforderung im Entwicklungsprozess bestand in der konstruktiven Gestaltung des Formwerkzeugs unter Berücksichtigung der geometrischen Komplexität des Rotors und der berechneten Belegung mit Fasergewebe. Die definierte Belegung mit Fasern ist wichtig für eine vollständige Durchtränkung und einen gleichmäßig hohen Faservolumenanteil und damit zugleich entscheidende Voraussetzung zur Herstellung hoch belastbarer Rotoren.

### Ergebnisse

Die prototypische Umsetzung des neuen Konzepts erfolgte exemplarisch für die Rotorgeößen 14 × 50 und 6 × 500, wobei die erste Zahl die Anzahl der Probengefäße und die zweite die Behältergröße bezeichnet. Der komplette Leichtbaurotor besteht aus neun Komponenten, dem Aerosolring, der Nabe,

1 3D-CAD-Modell des Formwerkzeugs.

2 Formteile für die Rotorgeöße 14 × 50.

Foto: carbonic GmbH

3 Prototyp eines CFK-Rotors. Foto: Dirk Mahler



2



3

dem Rotor sowie sechs Füllkörpern. Die Nabe wird während der Herstellung bzw. Belegung des Leichtbaurotors kraftschlüssig mit diesem verbunden.

Ausgehend von den 3D-CAD-Modellen wurden mithilfe leistungsfähiger Berechnungstools zunächst der Schalenaufbau und die möglichen Versagenskriterien, wie maximale Spannung, Dehnung usw., ermittelt. Ein wichtiges Ergebnis war hier die quantitative Ermittlung der während der Zentrifugation auftretenden Hauptspannungen und die daraus resultierenden kritischen Bereiche innerhalb der Rotorgeometrie.

Im Ergebnis der nachfolgend durchgeführten Energiebetrachtung an verschiedenen Rotorgeometrien, einer konventionellen Aluminium-Ausführung, einem CFK-Rotor in monolithischer Bauweise und einem CFK-Rotor mit lasergesintertem Kern, konnten wichtige Rückschlüsse bezüglich der auftretenden Rotationsenergien gezogen werden. Die besten Ergebnisse erzielte hierbei die in Mischbauweise hergestellte Ausführung aus CFK-Fasern mit additiv gefertigten Kernen.

Die Simulation unter Berücksichtigung der industriellen Einsatzbedingungen ergab, dass die CFK-Rotoren aufgrund ihrer geringeren Dichte von ca. 1,5 Gramm pro Kubikzentimeter bei einem Faservolumengehalt von ca. 60 Prozent gegenüber der Aluminium-Ausführung ein um bis zu 44 Prozent geringeres Gewicht aufweisen. Bei gleicher Zentrifugenleistung können dadurch kürzere Anlauf- und Abbremszeiten erreicht werden. Das hat zudem kürzere Zykluszeiten und höhere Drehzahlen zur Folge.

Aufgrund der anspruchsvollen Formkonstruktion wurden für die Fertigung der geometrisch komplexen Bereiche des Formwerkzeugs ebenfalls additive Verfahren wie das »Laser Sintern« genutzt. Dadurch ist es möglich, auch Hinterschneidungen oder bei Bedarf konturnahe Geometrien bereits während der Formherstellung erzeugen zu können.

### Ausblick und Nutzen

Das neuartige Konzept der Fertigung geodätisch geformter Rotor-Tragstrukturen verbindet die Vorteile ebener Oberflächen von Aluminium-Rotoren mit dem geringeren Gewicht und dem besseren Bruchverhalten von gewickelten Rotoren. Außerdem sind die neuen Leichtbaurotoren um fast die Hälfte leichter als Aluminium-Rotoren und dabei um bis zu 20 Prozent höher belastbar, was ein deutlich ruhigeres Laufverhalten im Betrieb gewährleistet.

Mit der Erprobung weiterer Versuchsmuster unter Praxisbedingungen wird das Fertigungskonzept optimiert. Nach Abschluss des Entwicklungsvorhabens sind der Aufbau einer Fertigungsstrecke für den von der Industrie genannten Bedarf von etwa 1000 Einheiten im Jahr und der schrittweise Ausbau der Produktpalette auf vier bis fünf Rotorgrößen geplant.

### Projektpartner

carbonic GmbH Magdeburg

### Ansprechpartner

Dr.-Ing. Uwe Klaeger  
 Telefon +49 391 4090-809 | Fax +49 391 4090-250  
 uwe.klaeger@iff.fraunhofer.de

### Förderung

Das Projekt »Entwicklung einer neuartigen Technologie für schnell rotierende Systeme in der Medizintechnik« wurde von der Investitionsbank Sachsen-Anhalt gefördert. (Förderkennzeichen 1004/00018)

