

Eigenmoden-Berechnungen bei Zentrifugen

Fokussiert auf die Fest-Flüssig-Trennung hat sich die Hiller GmbH in den letzten 45 Jahren zu einem weltweit agierenden Hersteller von Dekantierzentrifugen und einem Spezialisten für den Bau von entsprechenden Komplettanlagen entwickelt. Dabei setzte das Familienunternehmen aus dem bayrischen Vilsbiburg von Anfang an auf höchste Produktqualität. Seit 2014 wird dazu auch die Simulationssoftware „Ansys“ und das Know-how von Cadfem genutzt.

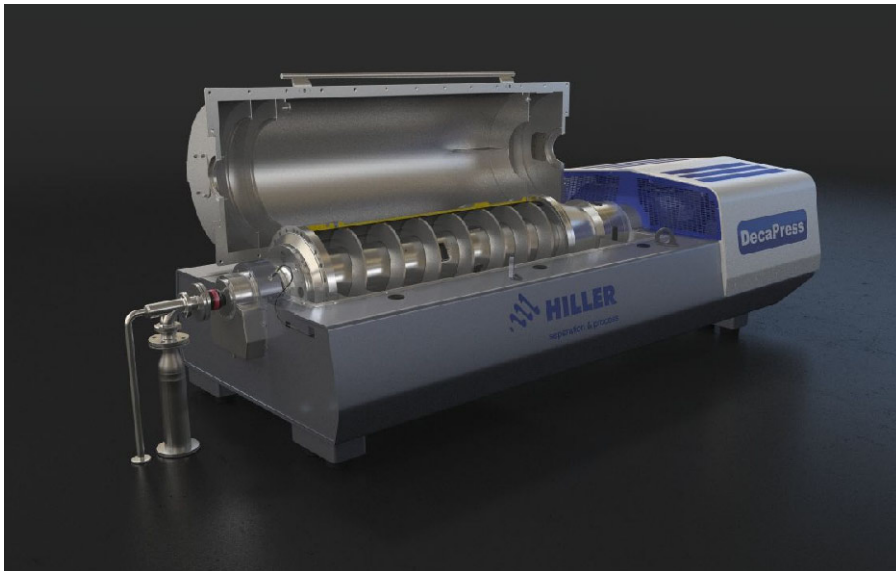


Bild 1

Dekantierzentrifugen bestehen aus einer rotierenden Trommel und einer Förderschnecke, die den Feststoff ausräumt. (Bild: Hiller)

So vielfältig die Einsatzgebiete von Dekantierzentrifugen sind, so unterschiedlich sind die Prozessanforderungen, die sich in den verschiedenen Maschinenkonstruktionen von Hiller widerspiegeln. Egal ob Abwasser- und Umwelttechnik, Energieerzeugung, Chemieindustrie oder Bohrspülungen beim Tunnelbau sowie der Öl- und Gasförderung, oder auch in der Le-

bensmittelindustrie, speziell der Olivenölherstellung: alles was pumpbar ist, kann mit den Hiller-Zentrifugen verarbeitet werden, um Feststoffe und Flüssigkeiten voneinander zu trennen.

Konstruktionsleiter Robert Wagenbauer kann aufgrund jahrzehntelanger Entwicklungstätigkeit auf einen großen Erfahrungsschatz bei der Auslegung von Dekantierzentrifugen zurückblicken. Jedoch wachsen die Anforderungen an die schnell rotierenden Maschinen mit hoher Dynamik kontinuierlich. Neben stetig steigenden Drehzahlen und einer immer leichteren Bauweise rücken Energieeinsparungen in den Fokus des Interesses. Beispielsweise lässt sich der Energiebedarf der Maschinen durch den Einsatz der neuen Hiller „ECO-Jet“-Wehrplatten um bis zu 30 % reduzieren.

Laufverhalten der Maschine analysieren

„Bei der Dimensionierung der einzelnen Maschinenkomponenten benötigen wir immer umfassenderes Wissen

über die kritischen Bereiche der jeweiligen Konstruktionen“, erklärt Robert Wagenbauer. „Da wir mit der Simulation schon im Vorfeld abschätzen können, was passiert, wenn wir einzelne Parameter ändern, erfahren wir viel über das Laufverhalten der Maschine. Wir wissen, ab welchen Grenzwerten eventuell Probleme auftreten können und wie sich kritische Bereiche entschärfen lassen.“

Dekantierzentrifugen bestehen grundsätzlich aus einer schnell rotierenden Trommel zur Erzeugung hoher Fliehkräfte und aus einer Förderschnecke, die den Feststoff aus der Trommel ausräumt (Bild 1). Dabei muss der Schneckenantrieb ein hohes Drehmoment erreichen und eine geringe Differenzdrehzahl gegenüber der Trommel aufweisen. Eine mittelgroße Maschine von Hiller, die alle in langer schlanker Bauweise gefertigt werden, hat einen Innendurchmesser von etwa 570 mm und läuft mit über 3000 Umdrehungen pro Minute.

Zwar erleichterte der Einsatz von 3D-CAD-Systemen in der Konstruktion den Einstieg in die FEM-Simulation (Finite-Elemente-Methode), da auf die CAD-Modelle zurückgegriffen werden konnte. Aber das führte nicht zwangsläufig dazu, dass auf Anhieb ein gangbarer Weg gefunden wurde, das strukturelle Verhalten der Maschinen zu analysieren. Stefan Huber, Konstrukteur bei Hiller, der einige Simulationsprogramme testete, erzielte zunächst nicht die erwarteten Ergebnisse, die in etwa den zuvor durchgeführten Messungen entsprachen. „Ich musste beim Einsatz der im CAD-System integrierten Simulationsmöglichkeiten feststellen, dass der Detaillierungsgrad nicht ausreichte, um Ergebnisse zu erzielen, die wir bei der Auslegung der Maschinen nutzen konnten“, berichtet Stefan Huber. „Bei anderen Simulationssystemen, die die entsprechenden Funktionen haben, muss beispielsweise gezielt auf Netzknotten zugegriffen werden, um realitätsnahe Bedingungen zu definieren. Damit

Autor

Dipl.-Ing. (FH), M. A. Gerhard Friederici
Marketing, Cadfem GmbH

Kontakt:

Cadfem GmbH
Marktplatz 2
85567 Grafing bei München
Tel.: 0 80 92/70 05-0
E-Mail: info@cadfem.de
www.cadfem.de

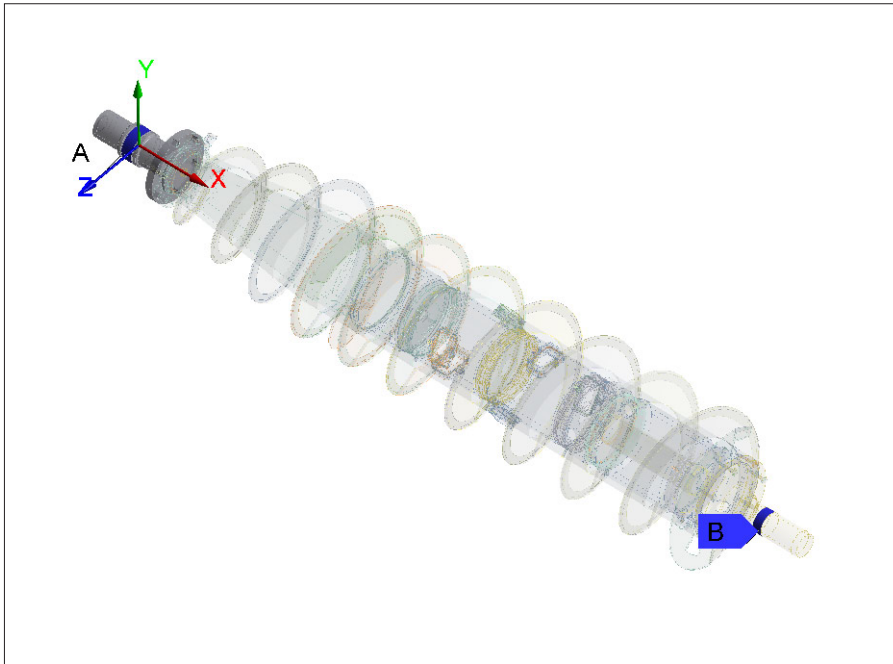


Bild 2

An den Positionen A und B wurden die Lager über eine lineare Steifigkeit abgebildet.

werden die Grenzen für einen vertretbaren Aufwand bei der konstruktionsbegleitenden Simulation sehr schnell überschritten.“

Simulation mit realitätsnahen Modellen

Den Hiller-Konstrukteuren war klar, dass sie keine Berechnungsergebnisse auf Knopfdruck erhalten konnten und zunächst Erfahrungen sammeln mussten, wie die verschiedenen Parameter zu nutzen wären, um mit dem Simulationsmodell eine realitätsnahe Abbildung zu realisieren. Zur Analyse des Laufverhaltens der Zentrifugen mussten neben den Lagersteifigkeiten und Verschraubungen auch die Kontakte richtig definiert und die Eigenmoden berücksichtigt werden.

„Da die Cadfem GmbH für ihr Simulations-Know-how bekannt ist und auch die von ihr angebotene FEM-Software Ansys sich seit Jahrzehnten im Markt etabliert hat, starteten wir zunächst mit Cadfem ein Consulting-Projekt zur Modalanalyse unserer Dekantierzentrifugen“, erläutert Robert Wagenbauer. „Dabei wurden die Eigenmoden von Rotor und Schnecke untersucht, um nicht in einen der kritischen Resonanzbereiche zu geraten und die Unwuchten möglichst gering zu halten.“ Innerhalb des gemeinsamen Consulting-Projektes mit Cadfem führte die Arbeit mit der Ansys-Software dann zu den gewünschten Ergebnissen, indem

sich die Berechnungsingenieure Schritt für Schritt mehr an die Realität annäherten. Dazu wurden die verschiedenen Einflussgrößen mit in die Analysen einbezogen und die jeweiligen Parameter entsprechend angepasst, beispielsweise die Kontaktbedingungen, die Schraubenvorspannungen sowie die Lagersteifigkeit (Bilder 2 und 3).

Consulting mit Know-how-Transfer

Zum Abschluss des Projektes wurde das gesamte erarbeitete Wissen über die Simulationsanwendung von den Cadfem Spezialisten an Stefan Huber übergeben, um das Know-how direkt bei Hiller vor Ort nutzen und weiter ausbauen zu können. Parallel zum Consulting-Projekt absolvierte Stefan Huber den dreimonatigen, berufsbegleitenden Kurs „eFEM für Praktiker“, der vom Cadfem-Geschäftsbereich esocae angeboten wird. Er erleichtert den Einstieg in die FEM-Simulation und kombiniert Präsenzseminare mit e-Learning-Einheiten und Online-Sprechstunden. Dies ermöglicht eine individuelle Zeitplanung und sichert über die konsequente Begleitung durch einen Tutor den Lernerfolg. Damit war Hiller gut gerüstet, weitere Simulationsprojekte zu starten.

Heute werden Simulationen bei jeder Neukonstruktion genutzt, und nicht nur zur Berechnung der Schnecke, sondern auch für viele andere kritische Bauteile. Beispielsweise liegen Eigen-

frequenzen von Rohren im Bereich der aktuell verwendeten Betriebsdrehzahlen. Das liegt auch daran, dass früher mit nicht so hohen Drehzahlen und größeren Sicherheitsfaktoren gearbeitet wurde. Dafür waren aber mehr Prototypen erforderlich, um die Eigenresonanzen messtechnisch zu erfassen. Die Folge war, dass eventuell vorhandene Probleme erst spät erkannt wurden und damit zeit- und kostenaufwendig behoben werden mussten.

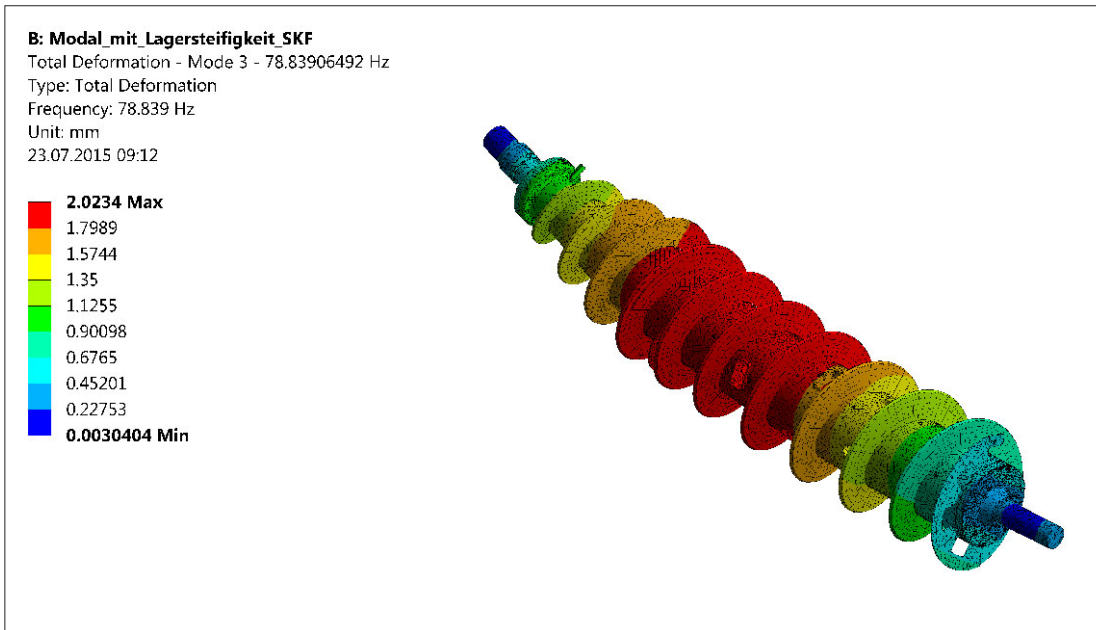
Aufwand für Prototypen reduzieren

Dieser Zeit- und Kostenaufwand und auch der für den Bau von Prototypen kann durch die heute verfügbare Simulationssoftware entweder komplett entfallen oder auf ein Minimum reduziert werden. „Das ist auch notwendig, da der Zeitdruck immer höher wird und uns kaum noch Zeit für die Prototypenfertigung bleibt“, berichtet Robert Wagenbauer. „Mit Hilfe der Simulation können wir schon mit der ersten Maschine eine hohe Zuverlässigkeit erreichen. Das gilt auch für kundenspezifische Anpassungen bei Standardmaschinen und bei Sondermaschinen für spezielle Anwendungen.“

Von Hiller wurde mit dem SEE-Drive erstmals ein Schneckenantrieb geschaffen, der stationär auf dem Maschinenfundament aufgebaut ist, anstatt vom Dekanterrotor mitgetragen zu werden. Dies hat unmittelbare positive Auswirkungen hinsichtlich Schwingungen, Lagerbelastung und -lebensdauer sowie Schmierstoffversorgung, und nicht zuletzt auch der Sicherheit. Durch die stationäre Bauweise bestehen neue Möglichkeiten zur Minimierung der Energieverluste der Dekanter- und Schneckenantriebssysteme. So konnten Plantsch- und Walkverluste im Schneckenantrieb ebenso eliminiert werden wie Schlupfverluste im Trommelantrieb, der nun riemenlos arbeitet.

Ausweitung des Simulationseinsatzes

Nach den bisherigen Erfolgen mit den Simulationsanwendungen soll nun ein weiterer Berechnungsingenieur eingestellt werden, um das Know-how auszubauen und auf breitere Füße zu stellen. Zu den bisherigen Erfolgen gehören die Veränderungen der Schneckengeometrie, um auftretende Ablagerungen weiter zu reduzieren oder sogar komplett zu verhindern.

**Bild 3**

Die Modalanalyse verdeutlicht die Verformung der Schnecke, hier bei der 3. Eigenfrequenz.

Dabei wurde sowohl auf weniger Unwuchten als auch auf einen insgesamt verbesserten Lauf geachtet, sodass ein sicherer und stabiler Lauf garantiert werden kann.

„Die Schnecke ist das aufwendigste Bauteil unserer Dekantierzentrifugen und hat einen wichtigen Stellenwert im Gesamtkonzept“, betont Robert Wagenbauer. „Nachdem wir hier mit Hilfe der Simulation einige Optimierungen realisieren konnten, können wir uns jetzt beim Simulieren auf andere Bereiche konzentrieren.“ Auch die Einlaufrohre werden grundsätzlich si-

muliert und je nach Anforderung und Berechnungsergebnis angepasst. Da die Einheit aus einem dickwandigen Rohr, einer Reduzierung sowie einem dünnwandigen Rohr besteht, sind viele Parameter vorhanden, die so verändert werden, dass möglichst geringe Material- und Fertigungskosten entstehen. Außerdem wurde kürzlich ein eigenes Getriebe entwickelt, bei dem ebenfalls einige wichtige Teile, unter anderem der Planetenträger, durch Simulationen analysiert und verbessert wurden.

„Den grundsätzlichen Nutzen, den wir aus der numerischen Simulation ziehen, ist das erweiterte Verständnis der Mechanik, speziell das Verhalten unter Belastung“, hebt Stefan Huber hervor. „Dadurch können wir die untersuchten Konstruktionen schon in frühen Phasen so modifizieren, dass keine kritischen Zustände entstehen können. Denn unsere Maschinen sollen langfristig sicher laufen. Das ist unser oberstes Ziel – trotzdem wollen wir unsere Herstellungskosten im Griff behalten und wenn möglich reduzieren.“