

Verlässliche Simulation komplexer mechanischer Vorgänge mit Marc

Hochkomplexes nichtlineares Werkstoffverhalten von Elastomeren



Mit den Geschäftsbereichen Produktinnovation und Engineering fokussiert sich das Schweizer Unternehmen pinPlus AG auf die Anwendung strukturmechanischer und thermomechanischer Simulationen. So entwickelt und konstruiert pinPlus beispielsweise Implantate und Instrumente für die Bereiche Orthopädie, Traumatologie und Zahnmedizin.

Eine Herausforderung in der täglichen Arbeit besteht darin, den Medizinprodukten eine höhere Steifigkeit zu verleihen – bei gleichzeitig geringerem Gewicht von Teilen, Systemen und Komponenten. Der Inhaber Diplom-Ingenieur Martin Züger und sein Team beschäftigen sich deshalb mit der Frage, wie die Konstruktion dieser Teile, Systeme und Komponenten

mithilfe von Simulationen nichtlinearer Vorgänge möglichst genau vorhergesagt werden kann.

Die Spezialisten verwenden moderne Werkstoffe, berücksichtigen die neuesten Normen im Leichtbau und verwenden Topologie- und Strukturoptimierung, um marktgerechte und sichere Produkte zu erzielen. Dank konstruktionsbegleitenden Festigkeitsberechnungen und Simulationen erkennen die Ingenieure bei pinPlus anfällige Schwachstellen frühzeitig und können diese beheben, bevor Prototypen gebaut werden müssen. Die Durchlaufzeiten in der Entwicklung und die Anzahl der benötigten Prototypen werden mit numerischer Simulation reduziert, was einen schnelleren Markteintritt zu geringeren Kosten ermöglicht.

Hochkomplexes nichtlineares Werkstoffverhalten von Elastomeren

Elastomere sind Kunststoffe, deren besondere Eigenschaft ihre Gummielastizität ist. Sie spielen in der Medizin- und Pharmaindustrie und somit auch in der Arbeit bei pinPlus eine wichtige Rolle. So werden Elastomere zum Beispiel zur Herstellung von Reifen, Schläuchen oder Dichtungen eingesetzt. Entscheidend für den Einsatz von Elastomeren sind ihre Elastizitäts-, Dichtungs- und Reibungseigenschaften. Aufgrund ihrer Eigenschaften zeigen Elastomere ein hochkomplexes nichtlineares Werkstoffverhalten, was besondere Herausforderungen bei der Entwicklung, Herstellung und Analyse dieser Produkte mit sich bringt.

In technischen Strukturen und Systemen kommt es zu komplexen Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Bauteilen. Zum Beispiel können sich Elastomer-Komponenten während des Einbaus in sich selbst falten und ausbeulen. Zusätzlich werden die Materialeigenschaften durch die Faktoren Temperatur und Zeit beeinflusst.

Anwendungsbeispiel Pharmaindustrie: Verhaltensanalyse der Dichtung von Elastomer-Stopfen bei medizinischen Spritzen

Ein Pharmaunternehmen, das sich an pinPlus wandte, vermutete Probleme beim Dichtungsverhalten von Gummistopfen bei medizinischen Spritzen. Das Unternehmen führte daraufhin eigenständig Tests durch und stellte fest, dass die Elastomer-Stopfen an den Dichtungsstellen der Spritzen beschädigt waren. Daraufhin half pinPlus durch eine Finite-Elemente-Analyse (Abbildung 1) dabei, festzustellen, ob diese Fehler das Dichtungsverhalten der Stopfen beeinträchtigen oder nicht.

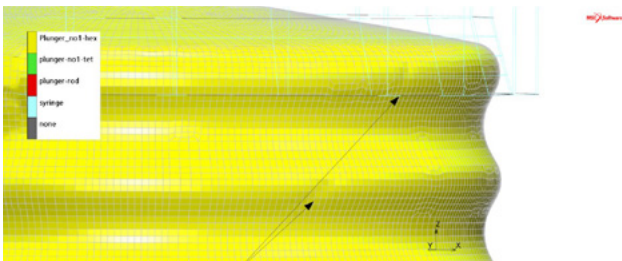


Abbildung 1: FE-Modell der rückgeführten Geometrie mit den festgestellten Defekten

Die Dichtheit stellt insbesondere im medizinischen Bereich ein wichtiges Qualitätskriterium dar. Die Spritzen werden befüllt gelagert, die Dichtheit muss daher über die gesamte Lebensdauer des Produktes gewährleistet sein, da die Haltbarkeit ansonsten beeinträchtigt wird. pinPlus hat unter Anwendung von Hexagons Simulationslösung Marc eine Strukturanalyse der Stopfen durchgeführt, da die Lösung ein gewisses Alleinstellungsmerkmal für Elastomer-Bauteile besitzt: Es ist möglich, mit echten Materialdaten zu rechnen, um die Viskoelastizität zu messen. „Einer der entscheidenden Vorteile von Marc ist die Möglichkeit, Prozesse wie das Heizen oder Abkühlen zu simulieren, um die Dichtheit zu überprüfen. Das ist für unsere Kunden von essenzieller Bedeutung“, betont Martin Züger.

Um herauszufinden, ob die Elastomer-Stopfen die medizinischen Spritzen ausreichend abdichten, wurden die Geometriedaten des Pharmaunternehmens mit einer Computertomographie gescannt. So wurde die Baugeometrie erfasst und rückgeführt. Von der rückgeführten Geometrie wurde dann ein digitaler Zwilling erstellt (Abbildung 2) und die viskoelastischen Materialdaten anschließend in einem externen Labor durch eine dynamisch-mechanische thermische Analyse (DMTA) ermittelt.

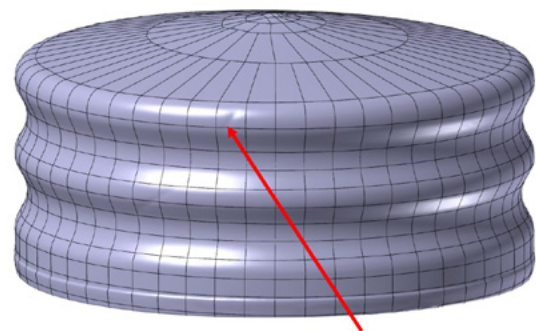


Abbildung 2: Foto des realen Bauteils und CAD-Modell des gescannten Bauteils mit fehlerhafter Stelle

Mit dem Simulationsmodell des geschädigten Bauteils konnten Martin Züger und sein Team als nächsten Schritt

zeit- und temperaturabhängiges Dichtverhalten simulieren (Abbildung 3).

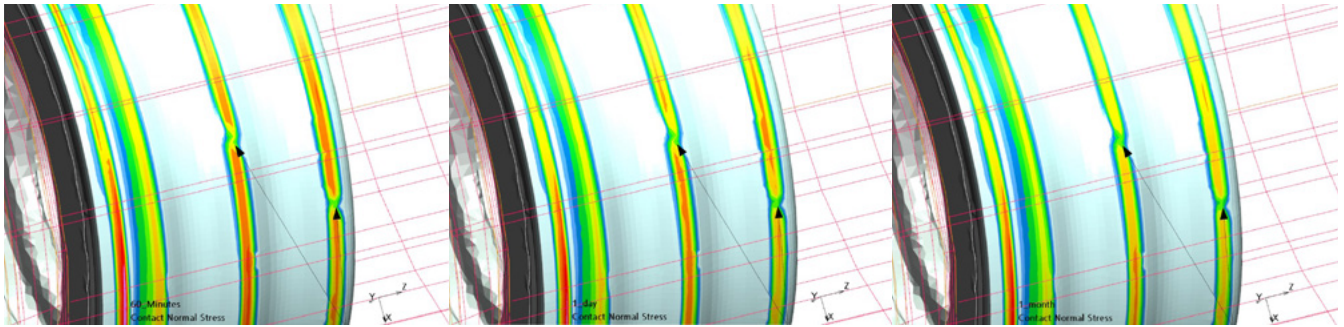


Abbildung 3: Contact Normal Stress eine Stunde nach Montage, einen Tag nach Montage und einen Monat nach Montage

Fazit

Durch die Erstellung nichtlinearer Strukturanalysen mit Marc lässt sich das Verhalten von Werkstoffen vorhersagen und in kürzester Zeit eine optimale Entwicklungsqualität erzielen. Dies führt zu Kosteneinsparungen, da keine aufwändigen Prototypen gebaut werden müssen. „Mit Marc kann die Robustheit von Elastomeren bezüglich der Schäden an der Dichtfläche basierend auf rückgeführter Geometrie und gemessenen viskoelastischen Materialdaten untersucht werden“, schlussfolgert Martin Züger. „Der digitale Zwilling korrespondiert mit einem einzelnen realen Teil mit konkreten Schäden und nicht wie üblicherweise mit einer idealen CAD-Geometrie. Durch die Simulation von verschiedenen repräsentativ ausgewählten Stopfen konnte die Robustheit der Produkte gründlich bewertet werden“.

Nichtlineare Finite-Elemente-Analyse (FEA) mit Marc

Die Finite-Elemente-Analyse (FEA) ist das meistverbreitete numerische Verfahren zur Simulation und Vorhersage der Eigenschaften von Festkörpern und Strukturen. Besonders bei nichtlinearen Strukturen, wie Elastomeren, wird der FEA-Ansatz benötigt, um zuverlässige Simulationsergebnisse zu erhalten.

Bei der Erstellung nichtlinearer Strukturanalysen kommen bei pinPlus je nach Problemstellung die Simulationslösungen Marc, Mentat, Apex, Digimat, Patran und Nastran von Hexagoneinzeln oder in Kombination zum Einsatz. pinPlus hat sich Ende der 1990er Jahre für die Lösung Marc entschieden, da die Leistungsfähigkeit im nichtlinearen Bereich überzeugt hat. „Marc hat stetig an Funktionalität und Performance hinzugewonnen und sich für uns in die richtige Richtung weiterentwickelt. Die Beschaffung der übrigen Anwendungen hat immer der Verbesserung der Dienstleistungen mit Marc gedient“, berichtet Martin Züger. Die Anwendungen werden zudem je nach Problemstellung durch Eigenentwicklungen ergänzt, sodass sich Datenflüsse durch verschiedene Applikationen ergeben, um die Funktionalität der verschiedenen Anwendungen zu kombinieren.

Das Ziel ist es, eine Simulation zu erstellen, bei der die Verlässlichkeit und Innovationsfähigkeit der eingesetzten Software im Mittelpunkt steht. Marc wird verwendet, um unter Beachtung etwaiger Nichtlinearitäten Finite-Elemente-Analysen (FEA) von Strukturen durchzuführen. In Kombination mit dem Pre- und Postprozessor Mentat lässt sich Marc für fortgeschrittene nichtlineare Strukturanalysen, Kontaktberechnungen, komplexe Materialmodelle und multiphysikalische Analysen einsetzen.

Die verlässliche Simulation der strukturmechanischen Eigenschaften von medizinischen Implantaten und Instrumenten – parallel zu Entwicklung und Konstruktion – hilft pinPlus, optimale Entwicklungsqualität in kürzerer Zeit zu erhalten. Ziel ist immer, eine verlässliche Simulation komplexer mechanischer Vorgänge mit einem für den Kunden sehr guten Preis-Leistungs-Verhältnis zu erstellen.



Hexagon ist ein weltweit führender Anbieter von Sensor-, Software- und autonome Lösungen, die in Form einer „digital Reality“ effizient miteinander verbunden werden. Wir nutzen Daten, um die Effizienz, Produktivität, Qualität und Sicherheit für Anwendungen in der industriellen Fertigung sowie in den Bereichen Infrastruktur, dem öffentlichen Sektor und der Mobilität zu steigern.

Mit unseren Technologien gestalten wir zunehmend stärker vernetzte und autonome Ökosysteme im urbanen Umfeld und in der Fertigung und sorgen so für Skalierbarkeit und Nachhaltigkeit in der Zukunft.

Der Geschäftsbereich Manufacturing Intelligence von Hexagon nutzt Daten aus Design und Engineering, Fertigung und Messtechnik als Basis für innovative Lösungsansätze zur Optimierung von Fertigungsprozessen. Weitere Informationen erhalten Sie auf [hexagon.com](https://www.hexagon.com).

Erfahren Sie mehr über Hexagon (Nasdaq Stockholm: HEXA B) unter [hexagon.com](https://www.hexagon.com) und folgen Sie uns auf [@HexagonAB](https://twitter.com/HexagonAB).