

Virtuelle Lebensdauerprognose

Virtuelle Lebensdauerprognose für Elastomerbauteile unter Berücksichtigung der Materialbeanspruchung

Die Lebensdauerprognose von Elastomerbauteilen stellt Hersteller, oft kleine und mittlere Unternehmen, vor große Herausforderungen, da eine genaue Kenntnis der Belastungssituation benötigt wird. Bei Elastomeren sind jedoch nicht nur die Materialbeanspruchungen aufgrund der von außen einwirkenden Kräfte lebensdauerbestimmend, sondern auch Beanspruchungen die aus Temperatur- und Medieneinflüssen resultieren. Belastungskollektive und Mittellastlage aufgebrachter Belastungen sind zusätzliche Einflüsse, die zur Schädigung des Bauteils und damit zur Änderung der Materialeigenschaften beitragen. Kunden der Hersteller können häufig die Einsatzbedingungen nicht ausreichend spezifizieren. Darüber hinaus kann aufgrund des versuchstechnischen Aufwandes nicht für jede Belastungssituation Lebensdauernachweise erfolgen.

Zur Berechnung von Bauteillebensdauern gerade im funktions- oder sicherheitsrelevanten technischen Bereich werden heutzutage Lebensdauerprognosen eingesetzt, um Wartungs- bzw. Austauschintervalle bestimmen zu können. Daher lauten die Anforderungen an Lebensdauerprognosemodelle den Bauteilausfall möglichst genau berechnen und dabei werkstoffspezifische Phänomene zu berücksichtigen. Die heute in der Industrie häufig angewendeten Prognoseansätze für Elastomerbauteile leiten sich von Ansätzen auf der Basis linearer Schadensakkumulation, die ursprünglich für Metallbauteile entwickelt wurden ab und eignen sich nur bedingt für das Anwendungsgebiet Elastomere, was eine oft nicht ausreichende Übereinstimmung von experimentellen Versuchen und Schadensprognosen zeigt.

In diesem Vorhaben wurde auf der Basis einer rechnergestützten Simulation die Grundlage für virtuelle Lebensdauerprognosen von Elastomerbauteilen entwickelt. Dadurch wurde nicht nur die Abschätzung der Lebensdauer in Abhängigkeit der spezifischen Belastungssituation des Bauteils, sondern auch die Durchführung von Geometrieoptimierungen bereits in der Produktentwicklung hinsichtlich einer längeren Lebensdauer ermöglicht. Die virtuelle Lebensdauerprognose kombiniert ein schädigungsabhängiges Materialmodell mit einem nichtlinearen Schadensakkumulationsmodell (nlSAM). Dabei wird die Lebensdauer für ein Bauteil auf Basis lokaler Schädigungsgrade berechnet.

Das in einem vorangegangenen Vorhaben FVA 435-III bereits validierte nichtlineare Schadensakkumulationsmodell für dynamisch beanspruchte Elastomerbauteile berücksichtigt durch den gewählten mathematischen Ansatz das sogenannte „Langzeitgedächtnis“ von Elastomeren. Durch Belastungen hervorgerufene Teilschädigungen beeinflussen die Berechnung der jeweils aktuellen Schädigung des

Bauteils, was je nach Reihenfolge der aufgetragenen Bauteilbelastung zu anderen berechneten Ausfallzeiten führt und somit eine realistischere Abbildung des realen Belastungsfalls darstellt.

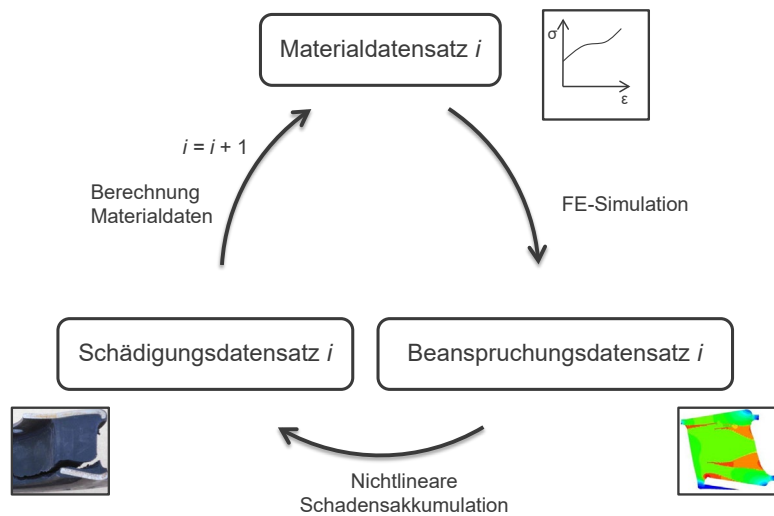


Abbildung 1: Algorithmus zur virtuellen Lebensdauerprognose

Dieses nISAM wurde daher von dem globalen Bauteil auf ein einzelnes Element eines Simulationsmodells auf die Finite-Elemente (FE)-Ebene übertragen. Dadurch wird nicht mehr die äußere Belastung als Eingangsgröße gewählt, sondern die elementspezifische Materialbeanspruchung. In Abbildung 1 ist der Algorithmus zur virtuellen Lebensdauerprognose dargestellt. Hierfür werden

die Beanspruchungen einzelner Netzelemente durch FE-Simulationen berechnet und zur Prognose mit dem modifizierten nISAM herangezogen. Auf diese Weise können lokale Elementschadigungsgrade bestimmt werden. In Abhängigkeit derer werden die Materialmodellparameter eines jeden Elements nach jedem Iterationsschritt angepasst, wodurch in einer quasistatischen FE-Simulation ein dynamisches System simuliert wird. Die Schrittweite der Iterationen wird durch die auf globaler Bauteilebene definierte Steifigkeitsdegradation bestimmt, die aus einem Ausfallkriterium erfolgt. Die Kalibrierung der virtuellen Lebensdauerprognose erfolgt anhand ausgewählter Lebensdauerexperimente am realen Bauteil, indem Schadensverläufe für das nISAM und schadigungsabhängige Hysteresen für das Materialmodell herangezogen werden. Die virtuelle Lebensdauer erlaubt eine Übertragung der kalibrierten Methode auf geometrieähnliche Bauteile, die aus derselben Materialcharge gefertigt wurden. Aufgrund der Berücksichtigung der Beanspruchungshistorie mechanischer Natur ist sie zudem für Elastomere besonders geeignet und liefert weiteres Forschungspotenzial hinsichtlich dem übergeordneten Ziel der virtuellen Lebensdauerprognose unter Reallast.

Autoren: Simon Rocker, M.Sc.
Konstruktion und Kunststoffmaschinen, Institut für Produkt Engineering, Universität Duisburg Essen

Robin Pluhnau, M.Sc.
Produktentstehungsprozesse und Datenmanagement, Institut für Produkt Engineering, Universität Duisburg Essen

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Schiffers
Konstruktion und Kunststoffmaschinen, Institut für Produkt Engineering, Universität Duisburg Essen

Prof. Dr.-Ing. Arun Nagarajah
Produktentstehungsprozesse und Datenmanagement, Institut für Produkt Engineering,
Universität Duisburg Essen

Kontakt: Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA)
Dirk Arnold
T 069- 66 03- 16 32

Das IGF-Vorhaben IGF-Nr. 19331 N der Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V. (FVA) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Hintergrundinformationen zur FVA

Die FVA ist das weltweit führende Innovationsnetzwerk der Antriebstechnik. Die rund 210 laufenden Projekte der industriellen Gemeinschaftsforschung fördern die Innovationsfähigkeit der Industrie im Bereich der Antriebstechnik und ist an den wissenschaftlichen Forschungseinrichtungen ein wichtiger Beitrag zur Ausbildung von Jungingenieuren in und für die Branche. Die über 200 Mitgliedsfirmen sind produzierende Unternehmen aus der Antriebstechnikbranche. Zusammen mit den über 40 Forschungsinstituten bildet die FVA die Basis für das weltweit führende Netzwerk der Antriebstechnik.

Die FVA versteht sich als eine wichtige Plattform der Kommunikation und des Wissenstransfers zwischen Wissenschaft und Industrie. Themenfelder sind die mechanische und die elektrische bzw. mechatronische Antriebstechnik, sowohl von stationären industriellen Anlagen als auch von Fahrzeugen, mobilen Maschinen und Luftfahrzeugen. Die Gemeinschaftsforschung hat zum Ziel, das technische Know-how der Unternehmen und die Qualität ihrer Produkte zu verbessern und die Produktionskosten zu senken.

Informationsveranstaltungen, Seminare und Tagungen der Forschungsvereinigung bieten den Unternehmen die Möglichkeit, neueste Forschungsergebnisse anzuwenden und Mitarbeiter entsprechend aus- und weiterzubilden.

Weitere Informationen unter www.fva-net.de.