

Formoptimierung und FE-Analyse

Gut kombiniert

Der kombinierte Einsatz von FE-Analyse und Formoptimierung bildet eine leistungsfähige Grundlage für eine umfassende Unterstützung von komplexen Entwicklungsprozessen. Dabei verbessern die innovativen Methoden der Formoptimierung die Verwendungsmöglichkeiten von Strukturbauteilen deutlich und verkürzen gleichzeitig die erforderlichen Entwicklungszeiten.

Deshalb hat die FEMopt Studios GmbH eine enge Kooperation ihrer Formoptimierungssoftware Carat++ mit der ANSYS Workbench in Angriff genommen.

Schon seit Jahren werden Methoden der Strukturoptimierung in der virtuellen Produktentwicklung eingesetzt, wobei hier zwischen den Verfahren Querschnitts-, Form- und Topologieoptimierung unterschieden wird. Die Sickenoptimierung ist eine spezielle Anwendung der Formoptimierung, mit der das Tragverhalten dünner Blechbauteile durch ein Sickenmuster verbessert wird. Dazu werden FE-Parameter wie Elementdichten beziehungsweise Knotenkoordinaten verwendet.

Die hier vorgestellten Methoden der Strukturoptimierung wurden am Lehrstuhl für Statik der Technischen Universität München entwickelt und anschließend von der FEMopt Studios GmbH in das Softwarepaket Carat++ implementiert und stetig weiterentwickelt. Zu den Anwendungsbe-reichen gehören der Automobilbau, Maschinenbau, Windkraftanlagen sowie die Fördertechnik und Konsumgüterindustrie.

Die Optimierung mit FE-Parametern kann als Ergänzung zu der Parameteroptimierung mit optiSLang verstanden werden. Während in optiSLang vorhandene Modellparameter für die Optimierung genutzt werden, lassen sich mit Carat++ Optimierungsprobleme lösen, für die keine Parametrisierung vorhanden ist beziehungsweise erzeugt werden kann, zum Beispiel unbekannte Sickenstrukturen.

Integration in ANSYS Workbench mit SDK und ACT

Die Integration dieser Optimierungsverfahren in die ANSYS Workbench wurde von FEMopt vorbereitet und mit einem ersten Prototypen erfolgreich getestet. Für die Integration wurden die ANSYS Work-

bench Schnittstellen SDK (Software Development Kit) und ACT (Application Customization Toolkit) genutzt. Dabei diente das SDK zur Projektintegration in Workbench, während mit ACT die Einbindung in ANSYS Mechanical erfolgte.

Die in Carat++ implementierten Optimierungsverfahren verwenden eine FE-Netz-basierte Parametrisierung, so dass die Modellierung einer separaten Geometrie überflüssig ist. Die FE-Netz-basierte Parametrisierung gestattet eine direkte Formulierung des Optimierungsproblems, welches sich wie folgt darstellt: Minimiere die Zielfunktion, so dass alle Nebenbedingungen eingehalten sind und keine Variablenbeschränken verletzt werden.

Um dieses Ziel zu erreichen, wird die Form des Bauteiles in definierten Bereichen (Designgebiet) optimiert. Bei der FE-Netz-basierten Parametrisierung kann das Designgebiet direkt auf dem FE-Modell definiert werden. Die formbeschreibenden Parameter, hier also die Raumkoordinaten der FE-Knoten im Designgebiet, werden in Carat++ als Optimierungsvariablen verwendet. Die große Anzahl an Variablen erfordert geeignete gradientenbasierte Optimierungsstrategien und adjungierte Formulierungen der Sensitivitätsanalyse.

Zur Vermeidung netzabhängiger Lösungen werden Regularisierungstechniken verwendet. Die Kontrolle der Netzqualität hat dabei eine entscheidende Bedeutung, da die Genauigkeit der FE-Lösung erheblich von der Netzqualität abhängig ist. FE-Netze mit starken Elementverzerrungen erzeugen numerische Steifigkeiten, die sowohl die Analyseergebnisse als auch den Optimierungsprozess massiv verfälschen. Bei der Netzqualität der optimalen Lösungen zeigen sich erhebliche Unterschiede zwischen den herkömmlichen Verfahren und der Methode von Carat++. Dies soll anhand des folgenden Anwendungsbeispiels verdeutlicht werden.

Sickenoptimierung einer Bodengruppe

Das hier vorgestellte Projekt zur effektiven Versteifung der in Bild 1 dargestellten Bodengruppe wurde in Kooperation mit der Adam Opel AG durchgeführt. Dabei wurde das Optimierungsproblem wie folgt definiert:

- Zielfunktion: Maximierung der ersten vier Eigenfrequenzen
- maximale Sickenhöhe 10 mm
- Filterradius 40 mm
- Netzregularisierung mit Laplace-Verfahren

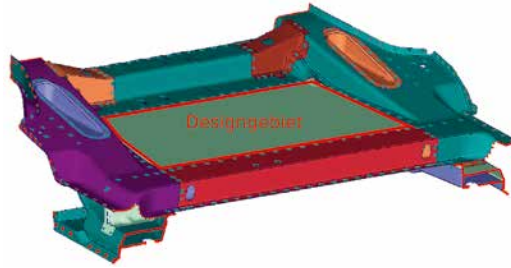


Bild 1: Hier eine Optimierungsaufgabe bei einer Fahrzeugbodengruppe der Adam Opel AG (links).



Bild 2: Die Simulation führt zu einem optimierten Sickenmuster mit einem gut interpretierbaren Verlauf (unten).

Nr.	Ausgangsmodell	Optimiertes Modell
1	22,1	94,0
2	30,8	110,9
3	43,9	125,0
4	56,7	132,7

Tabelle: Vergleich der Eigenfrequenzen

Der Designraum beschränkt sich auf das mittige ebene Blech (Bild 1), für das ein optimales Sickenmuster zur Verbesserung der Bauteilakustik berechnet werden soll. Die Karosserie wird als Schalenmodell mit netzunabhängigen Schweißpunkten abgebildet. Als Optimierungsparameter werden die Flächennormalen der FE-Knoten im Designgebiet verwendet, was etwa 7500 unabhängigen Optimierungsvariablen entspricht.

Die Tabelle zeigt, dass die niedrigsten Eigenfrequenzen durch die Sickenoptimierung erheblich erhöht werden konnten, die erste Eigenfrequenz sogar um den Faktor 4,25. Die zugehörige Sickenstruktur ist in Bild 2 um den Faktor 2,5 überhöht dargestellt, wobei die Sickengeometrie einen eindeutigen und gut interpretierbaren Verlauf zeigt. Durch die Netzregularisierung ist auch in der optimierten Geometrie eine hohe Netzqualität sichergestellt. Dadurch werden zwei entscheidende Vorteile erzielt: eine eindeutige Rückführung in eine CAD-Geometrie sowie verlässliche und robuste Berechnungsergebnisse (hier die Eigenfrequenzen). Die mit diesem Netz berechneten Eigenfrequenzen konnten

auch nach dem Umsetzen in eine CAD-Geometrie mit anschließender Neuvernetzung wieder nahezu erreicht werden.

Verbesserung der Produktqualität

Die Strukturoptimierung mit FE-Netz-basierter Parametrisierung vereinfacht die Erstellung von Optimierungsmodellen erheblich. Die entwickelten Regularisierungstechniken stellen netzunabhängige Lösungen sicher und garantieren eine hohe Netzqualität. Das vorgestellte Beispiel zeigt die Potentiale, die durch gezielte Formänderungen der Bauteile nutzbar gemacht werden können. Der Einsatz von numerischer Sickenoptimierung im Entwurfsprozess ermöglicht einen schnellen Entwicklungsprozess und führt zu leichten und tragfähigen Bauteilen. Damit kann ein signifikanter Beitrag zur Verbesserung der Produktqualität, zur Gewichtsreduktion, Effizienzsteigerung und Ressourcenschonung geleistet werden. Durch die ANSYS Workbench Schnittstellen SDK und ACT stehen geeignete Werkzeuge zur Verfügung, um die Optimierungsverfahren von Carat++ in die Workbench zu integrieren.

InfoUnternehmen

Dr.-Ing. Matthias Firl (FEMopt Studios)
 Dipl. Ing. Michael Fischer (FEMopt Studios)
 Prof. Dr.-Ing. Kai-Uwe Bletzinger (FEMopt Studios)
 Prof. Dr. rer. nat. Lothar Harzheim (Adam Opel AG)

InfoAnsprechpartner | CADFEM

Christof Gebhardt
 Tel. +49 (0) 80 92-70 05-65
 cgebhardt@cadfem.de