

Entwicklung eines integralen, generativ fertigen Federungssystems für Sitzmöbel

Development of an integral, generatively manufacturable suspension system for seating furniture

Projektleiter

Project leader:

Oliver Bumbel

Projektbearbeiter

Project team:

Julia Kaufhold,

Johannes Kohl

Fördermittelgeber

Sponsor:

BMW i (INNO-KOM-OST)

AUSGANGSSITUATION UND ZIELSTELLUNG

Gegenstand des Projektes war die Entwicklung eines integralen Federungssystems für Polstermöbel aus Kunststoff, das im Fused Filament Fabrication (FFF)-Verfahren hergestellt wird. Bisherige Federungssysteme für Hochpolster werden in Differenzialbauweise, bestehend aus den Baugruppen Sitzrahmen, Unterfederungssystem, Vliesstoff und Federkern sowie den zugehörigen Verbindungskomponenten, ausgeführt. Die Baugruppen Unterfederung und Federkern bestehen wiederum aus einer Vielzahl von Einzelfedern sowie Fügeelementen. Da die Polstermöbelbranche durch eine sehr hohe Modell- und Variantenvielfalt geprägt ist, andererseits die im Federungssystem verwendeten Bauteile aber nur in Standardgrößen verfügbar sind, erfolgt für nahezu jedes Polstermöbel eine individuelle Anpassung und Zusammenstellung des Polsteraufbaus. Dabei erfordert die konventionelle Bauweise einen hohen manuellen Fertigungsaufwand, eine umfangreiche Lagerhaltung und hohe Logistikkosten. Sie bietet zudem aufgrund der Materialvielfalt nur eingeschränkt Möglichkeiten zum Recycling. Das integrale Federungssystem zeichnet sich deswegen bei mindestens gleichwertigem Sitzkomfort gegenüber bislang bestehenden Federungsaufbauten durch eine Reduzierung der eingesetzten Materialien, Bauteile und Fügeverbindungen aus. Als Fertigungsverfahren wurde das FFF-Verfahren eingesetzt. Dieses bietet die Möglichkeit, komplexe Strukturen einschließlich Hohlräumen, Hinterschnitten und Überhängen, abzubilden. Als Material kamen Thermoplaste und thermoplastische Elastomere zum Einsatz

INITIAL SITUATION AND OBJECTIVE

The subject of the project was the development of an integral suspension system for upholstered furniture made of plastic, which is manufactured using the Fused Filament Fabrication (FFF) process. Previous suspension systems for high upholstery are designed in differential construction, consisting of the subassemblies of the seat frame, slat-base system, nonwoven fabric and spring core as well as the associated connecting components. The subassemblies of the supporting spring system and spring core in their turn consist of a large number of individual springs as well as joining elements. Since the upholstered furniture industry is characterised, on the one hand, by a very high diversity of models and variants and as, on the other, the components used in the spring system are only available in standard sizes, the upholstery structure is individually adapted and put together for almost every single piece of upholstered furniture. And one should not forget that the conventional construction method requires a great deal of manual production, extensive storage and high logistics costs. Moreover, due to the variety of materials, it offers only limited possibilities for recycling. The integral suspension system is therefore characterised by a reduction in the materials, components and joining elements used, while offering at least the same level of seating comfort as existing suspension structures. The FFF process was used as the manufacturing method. This offers the possibility of creating complex structures including cavities, undercuts and overhangs. Thermoplastics and thermoplastic elastomers were used as materials.

VORGEHENSWEISE

Der Aufbau des integralen Federungssystems sollte so gestaltet werden, dass die mechanischen Funktionen der einzelnen Elemente eines konventionellen Aufbaus abgebildet werden. Jedoch war der Aufbau dabei nicht mehr an die derzeitige Schichtbauweise aus Federkern und Unterfederung gebunden. Den Ausgangspunkt für die Festlegung der Zielparameter des zu entwickelnden Federungssystems bildeten die Eigenschaften konventioneller Federungssysteme, die vorab bestimmt wurden. Dazu gehörten die Polsterhärte, Federungsreserve und Dauerhaltbarkeit. Die Systeme wurden anschließend in CAD- und FEM-Programme überführt und das mechanisch bestimmte Verformungsverhalten in einer Simulation nachgebildet. Die gleiche Vorgehensweise wurde bei den zu entwickelnden integralen Federungssystemen angewandt. Die Realisierung der benötigten Elastizität und Dämpfung im integralen Federungssystem erfolgte sowohl durch materialeigene Elastizität als auch durch bauformbedingte Elastizität oder eine Kombination beider Faktoren. Im Projektverlauf wurden durch Einsatz einer Nutzwertanalyse verschiedene Vorzugsvarianten eines Federungssystems ermittelt und auf ihre Fertigbarkeit geprüft. Ein Demonstrator der aus der finalen Bewertung hervorgegangenen Lösungsvariante wurde in Form eines Polstermöbels hergestellt.

APPROACH

The structure of the integral suspension system was intended to be designed to reproduce the mechanical functions of the individual elements of a conventional structure. However, the structure was no longer bound to the current design in layers of spring core and supporting spring system. The starting point for determining the target parameters of the suspension system to be developed were the properties of conventional suspension systems, which were determined beforehand. These included firmness of upholstery, suspension reserve and durability. The systems were then transferred to CAD and FEM programmes, and the mechanically determined deformation behaviour was simulated. The same procedure was applied to the integral suspension systems to be developed. The required elasticity and cushioning in the integral suspension system were achieved by both the material-inherent elasticity and elasticity owed to the shape of design or a combination of the two factors. In the course of the project, various preferred variants of a suspension system were determined by using a utility value analysis and tested for their manufacturability. A demonstrator of the solution variant resulting from the final evaluation was produced in the form of an upholstered piece of furniture.







Bezeichnung	Verbindung	Unterfederung	Kernfederung
„3D-Welle“			
„2D-Vertikalwelle“			

Abb. 1: Konstruktive Varianten generativ gefertigter Federungssysteme
 Fig. 1: Design variants of generatively manufactured suspension systems

ERGEBNISSE

Als am besten geeignetes Material wurde ein PLA-Filament (Polylactide) bestimmt. Neben der hohen Verfügbarkeit zeichnete sich dieses im Vergleich zu beispielsweise ABS-Filamenten (Acrylnitril-Butadien-Styrol) durch günstigere mechanische Eigenschaften aus. Elastische Varianten eines PLA-Filaments wurden ebenfalls getestet, eigneten sich aber nicht zur Herstellung eines funktionsfähigen Federungssystems. Als wesentliche Strukturelemente innerhalb der integralen Federungssysteme wurden Unterfederung, Kernfederung und die Verbindung zum Polsterrahmen definiert. Als geeignete Lösungsvarianten wurden zwei Modelle dieser Elemente konzipiert und in eine fertigmachbare Konstruktion überführt (Abb. 1). Zur Anpassung des Federungsverhaltens wurden dabei verschiedene Parameter betrachtet und in die Gruppen „vertikale Musterfaktoren“ und

RESULTS

A PLA (polylactide) filament was identified to be the most suitable material. Apart from its high availability, it distinguished itself for more favourable mechanical properties than, e.g., ABS filaments (acrylonitrile butadiene styrene). Elastic variants of a PLA filament were also tested but were not suitable for the production of a functional suspension system. The essential structural elements within the integral suspension systems were defined as the supporting spring system, core suspension and the connection to the upholstery frame. Two models of these elements were designed as suitable solution variants and turned into a ready-to-use construction (Fig. 1). Thereby, various parameters were considered and assigned to the groups of “vertical pattern factors” and “horizontal pattern factors” to adapt the suspension behaviour.

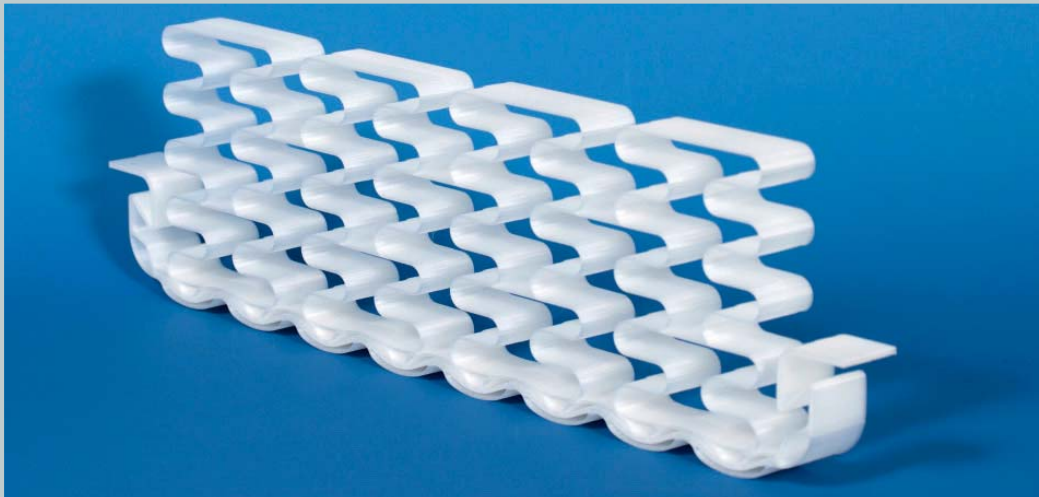


Abb. 2: Muster des Federungssystems „2D-Vertikalwelle“

Fig. 2: Sample of suspension system “2D vertical shaft”

„horizontale Musterfaktoren“ eingeordnet. Im Wesentlichen handelte es sich dabei um das Verhältnis von Höhe und Länge der Federungssysteme zur Anzahl der Segmente in vertikaler und horizontaler Richtung. Bei konstanter Länge und Breite der Systeme folgt aus einer geringeren Anzahl der Segmente beispielsweise, dass sich deren individuellen Abmessungen erhöhen. Unabhängige Größen sind die Wanddicke und Breite der Segmente. Eine strukturoptimierte Fertigung durch FFF war nur für eine der Lösungsvarianten, die Variante „2D-Vertikalwelle“ möglich (Abb. 2). Deren Federungseigenschaften wurden durch Änderung der Musterfaktoren und Wanddicken soweit angepasst, dass sie denen der ursprünglich getesteten, konventionellen Federungssysteme entsprachen.

Basically, this was the ratio of height and length of the suspension systems to the number of segments in the vertical and horizontal directions. At constant length and width of the systems, a smaller number of segments, for example, allows to conclude that their individual dimensions increase. Independent variables are the wall thickness and width of the segments. Structurally optimised production by FFF was only possible for one of the solution variants, the “2D vertical shaft” variant (Fig. 2). Its suspension properties were adapted by changing the pattern factors and wall thicknesses to such an extent that they corresponded to those of the originally tested conventional suspension systems.