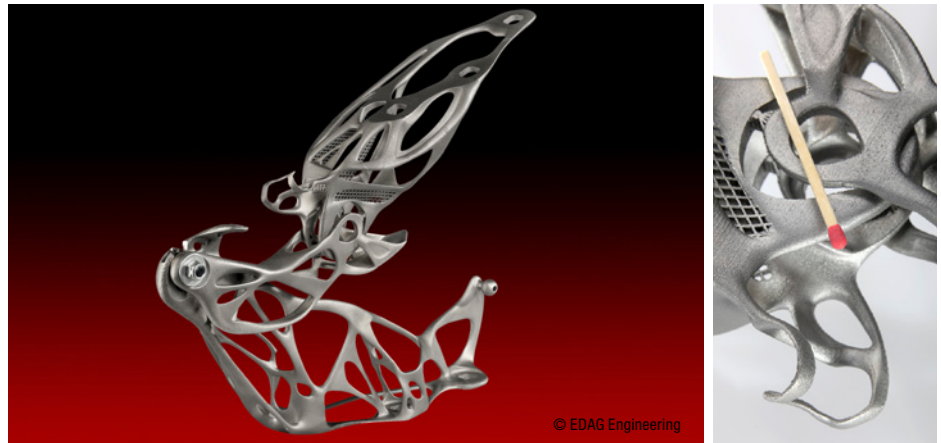


HERAUSFORDERUNG: Rekonstruktion eines konventionellen Motorhaubenscharniers, das additiv gefertigt wird und dabei folgende Anforderungen erfüllt: Reduzierung des Gewichts, Verwendung weniger Bauteile, Fertigung in wenigen Montageschritten, Integration eines Fußgängerschutzes.

LÖSUNG: Um die Anzahl praktischer Versuche zu reduzieren, kommt Simufact Additive zum Einsatz. Die Lösung simuliert Verzüge in den Bauteilen. Mittels Verzugskompensation können die Bauteile in kürzerer Zeit gefertigt werden bei gleichzeitiger Einhaltung der Qualitätsziele.

VERWENDETES PRODUKT: Simufact Additive

PROJEKTPARTNER: EDAG Engineering, voestalpine Additive Manufacturing Center



LightHinge+

Die additive Fertigung macht's möglich: Ultimative Gewichtsreduktion, Integration einer Fußgängerschutz-Funktion, verzugsoptimierte werkzeuglose Herstellung mit geringer Nacharbeit für Kleinserien.

Ein Innovationsprojekt von EDAG Engineering, voestalpine Additive Manufacturing Center und Simufact.

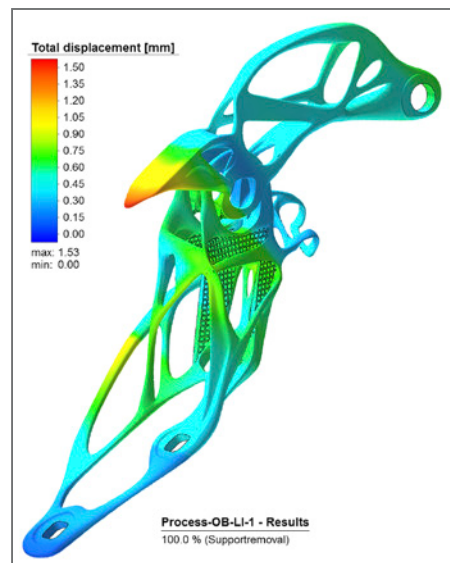
Im gemeinsamen Innovationsprojekt LightHinge+ haben EDAG Engineering, voestalpine Additive Manufacturing Center und Simufact Engineering ein neues Haubenscharnier entwickelt. Das Projektteam nutzte die breiten Möglichkeiten der additiven Fertigung, um das Bauteil neu zu durchdenken, neu zu designen und schließlich 3D-Druck herzustellen. Als Ergebnis entstand ein neues Scharnier mit 50% Gewichtsreduktion im Vergleich zum Original, das als weiteren Vorteil eine Fußgängerschutz-Funktion in einem Teil integriert. Das neue Scharnier kommt mit weniger Bauteilen sowie weniger Montageschritten aus.

Bei der Designentwicklung half die Topologieoptimierung, die schließlich zu einer Art bionischer Leichtbaustruktur mit sehr filigranen Verästelungen führte. Solche Teile können nur mit additiver Fertigung sinnvoll hergestellt werden.

Herausforderungen im Projekt

1. Die „richtigen“ Stützstrukturen schaffen, d.h. die optimale Geometrie und Menge. Stützstrukturen sind nötig, um zu verhindern, dass das Teil während des Druckens einbricht, was ein sofortiges Ende des Fertigungsprozesses bedeuten würde. Jedoch möchte man immer so wenig Stützstrukturen wie möglich haben, denn durch das für die Stützstrukturen verbrauchte Material wird der Druckprozess noch langwieriger und teurer und das Entfernen der Stützstrukturen wird aufwendiger.

2. Verzüge und Eigenspannungen im gedruckten Teil minimieren, die sich durch hohe Aufheiz- und Abkühlgeschwindigkeiten beim Drucken aufbauen. Denn ein verzogenes Scharnier kann ein bis zwei Millimeter von der Zielgeometrie abweichen. Teile mit der korrekten Geometrie innerhalb der geforderten Toleranzen herzustellen ist anspruchsvoll und erfordert gewöhnlich viel Zeit und kostenintensive Versuche in der Fertigung. Diese Aufgabe können Ingenieure viel effizienter angehen, indem sie die derzeitigen praktischen Versuche nach der Trial and Error Methode durch einen ganzheitlichen Simulationsansatz – vollständig oder zumindest weitgehend – ersetzen.

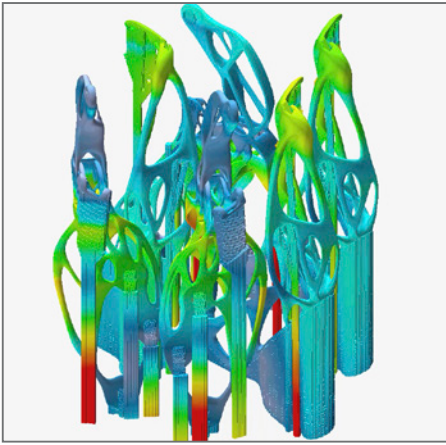


Berechnete Verzüge im oberen Teil

Simulation des additiven Fertigungsprozesses

Beide Herausforderungen – Stützstruktur optimieren und Verzüge reduzieren – wurden im LightHinge+ Projekt durch die Prozesssimulation gelöst. Hier war das Hauptthema der virtuellen Entwicklung das Verzugproblem, doch konnten auch die benötigten Stützstrukturen wesentlich reduziert werden.

Mit Simufact Additive lässt sich eine ganze Prozesskette der additiven Fertigung simulieren. Der Prozess startet normalerweise mit der Entwurfsphase, gefolgt von der grundlegenden Modellerstellung, die auch die Definition der Stützstruktur und das Erzeugen der Druckvorlagen für die Maschine beinhaltet. In einer simulationsgestützten Umgebung werden die Modelldaten in ein Simulationswerkzeug wie Simufact Additive übernommen und der Druckprozess virtuell durchgespielt. Dabei kann die Prozesskette auch eine Wärmebehandlung enthalten und bei Luft- und Raumfahrtbauteilen das HIP (Heißisostatisches Pressen). Außerdem müssen das Verhalten der Stützstruktur und eventuell der Grundplatte berücksichtigt werden. Entscheidend für das Verformungsverhalten kann auch sein, wie das Trennen von der Grundplatte und das Entfernen der Stützstrukturen vor sich geht. Im LightHinge+ Projekt wurde für die Verzugssimulation ein makroskopischer Ansatz basierend auf der inhärenten Dehnung verwendet. Vorteil



Simulation mehrerer Teile im Bauraum



Haubenscharniere im Vergleich: Additive und traditionelle Bauweise

dieser Methode ist die kurze Rechenzeit: der Druckprozess sehr komplexer Teile kann in nur wenigen Stunden simuliert werden. Auch interessant ist die einfache und sehr effiziente Beschreibung der physikalischen Vorgänge beim Druckprozess abhängig von wenigen Parametern, die leicht mit Cantilevern kalibriert werden können. Cantilever sind kleine Probenkörper, die in derselben Maschine gedruckt werden. Dies ist zwar ein vereinfachter Ansatz, doch die Verformungsergebnisse stimmen sehr gut überein und liefern wertvolle Antworten für die Optimierung des AM-Prozesses.

Das Finite-Elemente-Modell des gedruckten Teiles lässt sich auch sehr einfach erzeugen. Es ist ein sogenanntes Voxelnetz, ein Netz aus regelmäßigen Hexaederelementen, das die Teile (Bauteile und Stützstrukturen) komplett umschließt und schichtweise erzeugt wird. Dieser Ansatz scheint die echte Geometrie eher grob anzunähern, aber eine spezielle von Simufact eingesetzte Technologie ermöglicht die realistische Berücksichtigung der echten Geometrie. Das Simulationsprojekt startet mit einem sehr groben Voxelnetz, das in

weniger als einer Stunde durchläuft. Durch diesen Ansatz erhält man einen Eindruck für den Herstellungsprozess im Hinblick auf den Verzug der Struktur. Auf dem besten Mittelweg zwischen niedriger Rechenzeit und geforderter Ergebnisqualität führen wenige Variantenläufe mit feinerem Voxelnetz dann zu realistischen Verformungsergebnissen für die gedruckte Struktur.

Verzugskompensation

Eine spezielle Funktionalität von Simufact Additive ist die aktive Kompensation von Verzügen. Da der 3D-Druck ein werkzeugloses Fertigungsverfahren ist, müssen keine Werkzeuge geändert oder umkonstruiert werden, um Verzüge des Bauteils auszugleichen. Bei der additiven Fertigung müssen nur die Dateien mit der CAD-Geometrie (Bauteile und Stützstrukturen) modifiziert werden, die als Eingabe für den Drucker dienen. Zu diesem Zweck bietet Simufact Additive eine Kompensationsfunktionalität, welche die Zielgeometrie für den Druckprozess modifiziert. Der Verzug nach dem Drucken, dem folgenden Abkühlen und Entfernen von Grundplatte und Stützstrukturen wird dadurch natürlich nicht kleiner, aber er

geht jetzt in eine kontrollierte Richtung, die der eigentlich geforderten CAD-Geometrie viel näher kommt.

Dieser Kompensationsprozess kann iterativ mehrmals nacheinander stattfinden bis die geforderten Qualitätskriterien erfüllt sind. Im LightHinge+ Projekt war die Kompensation schon nach dem ersten Rechenloop erfolgreich. So konnte das CAD-Modell der kompensierten Geometrie verwendet werden, um das optimierte Teil mit weniger Verzug zu drucken.

Fazit

Mit EDAG Engineering, voestalpine Additive Manufacturing Center und Simufact Engineering haben die richtigen Partner zusammengefunden, um die Vision eines neuen, innovativen Motorhaubenscharniers zu realisieren. LightHinge+ verzichtet auf die gewichtsintensive und aufwendige Kinematik verschiedener Einzelteile, und erzielt durch eine bionische Struktur kombiniert mit einer additiv gefertigten Losbrechstruktur einen zusätzlichen Freiheitsgrad in der Bewegungskinematik. Losbrechstruktur und ultraleicht gedruckte Kinematik wirken mit den pyrotechnisch ausgelösten Aktuatoren zusammen, welche die aktive Motorhaube im Scharnierbereich anheben, um den Fußgänger im Fall eines Aufpralls besonders zu schützen. Dieses brandneue Konzept geht einher mit einer Halbierung des Gewichts im Vergleich zum Original.

Die Entwicklung dieser Struktur wurde ermöglicht und erleichtert durch den konsequenten Einsatz von Virtual Engineering: der gesamte Druckprozess wurde simuliert. Dank der Verzugskompensation lassen sich die Teile so drucken, dass sie die geforderten Qualitätskriterien erfüllen.

