

Verzugsarmes Fertigen ■ Verformungssimulation ■ hydraulischer Rippenspanner

Fertigungsstrategie für verspannungsarme Strukturteile

Dünnwandige Aluteile mit hohen Rippen maßgenau zu bearbeiten erforderte bisher häufige Umspannungen, um dem Verzug entgegenzuwirken. Ein Simulationsverfahren reduziert zusammen mit einem hydraulisch verstellbaren Spannmittel die Anzahl der Fertigungsschritte.

von Hendric Matzat



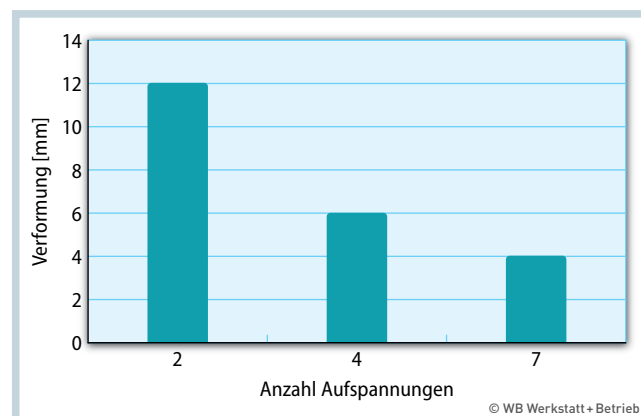
1 Die Abweichungen auf der rechten Seite des Werkstücks sind deutlich erkennbar und betragen mehrere Millimeter (© Matzat)

Die aktuelle Situation in der Luftfahrtindustrie ist stark geprägt von Initiativen zur Gewichts- und Kostenreduzierung. Komponenten müssen die gegensätzlichen Anforderungen einer großen Belastbarkeit bei geringstem Gewicht erfüllen. In diesem Sinne werden, besonders für Strukturbauteile, Konstruktionen mit einseitigen, schlanken und hohen Rippen bei geringen Wandstärken aus hochfesten Aluminiumlegierungen genutzt. Bei der mechanischen Fertigung aus Platten kommt es, bedingt durch die Eigenschaften des Rohmaterials, häufig zu erheblichen Verformungen des Bauteils nach dem Lösen der Spannvorrichtung. In der Regel sind undefinierte Eigenspannungszustände im Rohteil die Ursache für derartige geometrische Fehler. In Abhängigkeit der Bauteilabmessungen können so inakzeptable Maßab-

weichungen von mehreren Millimetern entstehen (Bild 1).

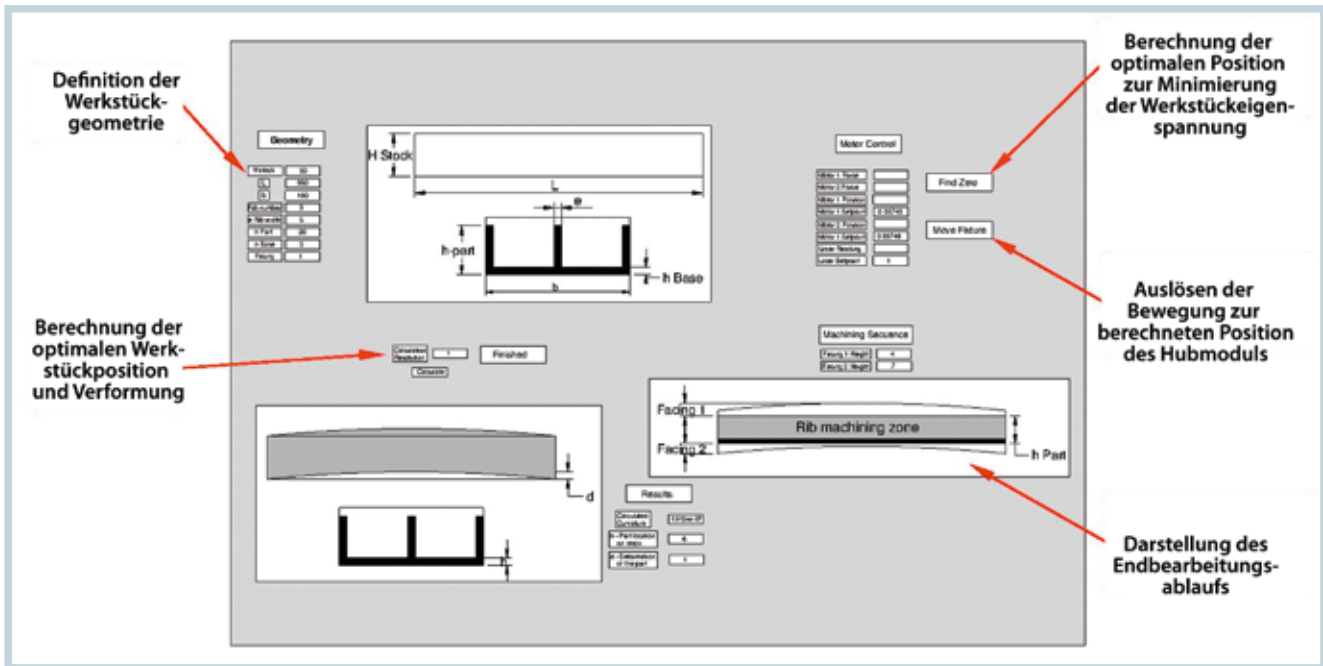
Eine klassische Methode zur Vermeidung dieser Maßabweichungen besteht in der abwechselnden Bearbeitung des Werkstücks von den gegenüberliegenden Seiten. Auf diese Weise können die Ei-

genspannungen der Werkstückbereiche gegeneinander in etwa ausgeglichen oder die Bereiche mit Eigenspannungen entfernt werden. Das dazu notwendige häufige Umspannen des Werkstücks führt zu einem langwierigen und aufwendigen Fertigungsprozess (Bild 2).



2 Der Aufwand durch Auf- und Umspannvorgänge steigt, je weniger ein Verzug akzeptiert werden kann

(© Matzat)



3 Auf dem Interface des bei Ieko entwickelten Berechnungsmoduls lassen sich die Parameter einfach eingeben (© Matzat)

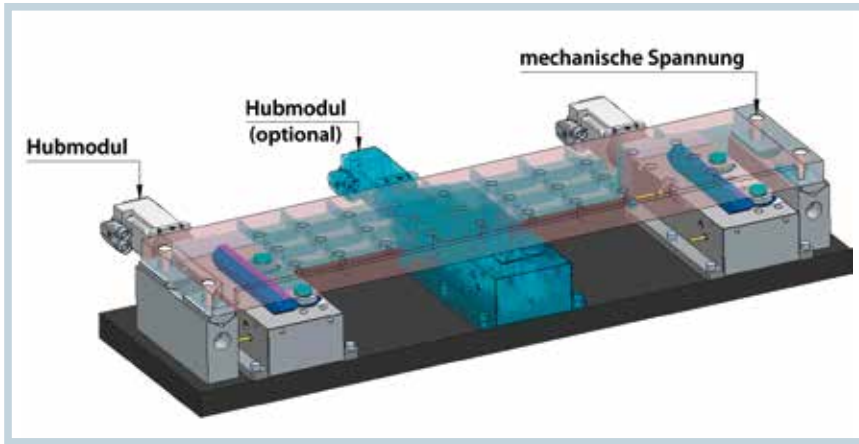
Schwierige Spannsituation lässt keine Standardlösung zu

Insbesondere die Ausführung der Werkstückspannung gestaltet sich bei größeren Werkstückabmessungen schwierig. Eine rein mechanische Spannung von

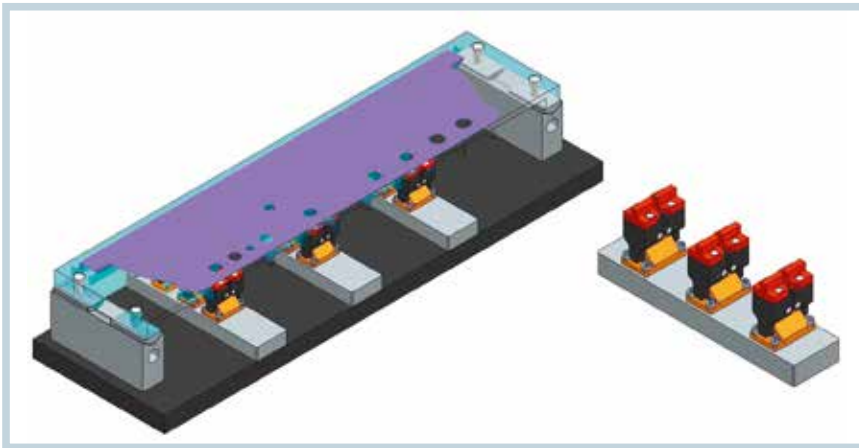
außen ist bei bestimmten Werkstücken nicht mehr ausreichend und eine Vakuumspannung aufgrund der Bauteilgeometrie nicht möglich.

Innerhalb des europäischen Intefix-Projekts, das im Rahmen des FP7-Pro-

gramms der EU gefördert wird (Projekt 609306), wurden eine neue Bearbeitungsstrategie zur Herstellung verspannungsarmer Strukturbauteile sowie passende Komponenten zur Werkstückspanntechnik entwickelt. Kern der vorgeschla- ➤



4 Die Spannvorrichtung erzeugt mit NC-Hubmodulen die vorausberechnete Verbiegung des Rohteils, die dem Verzug entgegengesetzt ist (© Matzat)



5 Flexible Rippenspanner stützen das Werkstück für die Rückseitenbearbeitung ab (© Matzat)

genen Bearbeitungsstrategie ist ein analytisches Modell zur Vorhersage des Eigenspannungszustands eines Aluminiumrohteils und dessen Restverformung nach dem Bearbeitungsprozess. Dazu

passend wurden zwei Lösungen zur Spannung der Werkstücke in den verschiedenen Fertigungsschritten konzipiert. Ein wesentliches Ziel, das mit den Arbeiten verfolgt wurde, ist die Entwick-

lung praxisnaher und einfach anwendbarer Lösungen in der durch Kleinserien und eine hohe Produktvariabilität geprägten Anwenderseite.

Kernansatz zur Reduzierung der Anzahl notwendiger Fertigungsschritte ist dabei das Erzeugen einer Verbiegung des Werkstücks im ersten Fertigungsschritt, die der zu erwartenden Verformung entgegengerichtet ist. Basierend auf dem bei Ideko entwickelten Berechnungsmodul zeigt das Interface (Bild 3) den optimalen Weg zur Bearbeitung des Werkstücks.

Kalkulierte Verbiegung wirkt der Verformung entgegen

Auf der Grundlage der Werkstückdaten (angenäherte Bauteilgeometrie und Halbzeugdaten) entstehen eine Vorhersage der zu erwartenden Verformung, ein Vorschlag für die Verbiegung des Rohteils im ersten Fertigungsschritt sowie die Bearbeitungsaufmaße der Rohteilober- und Rohteilunterseite.

Für den ersten Fertigungsschritt erfolgt die entsprechende Deformation des Rohteils über eine Kopplung innerhalb der von der Dr. Matzat & Co. GmbH konzipierten Spannvorrichtung. Dazu wurde die für derartige Werkstücke typische mechanische Spannungslösung weiterentwickelt und mit NC-gesteuerten Hubmodulen und Stabilisatoren ergänzt (Bild 4). Eine integrierte Sensorik ermöglicht die permanente Zustandsüberwachung des Spannsystems. Je nach Erfor-

INFORMATION & SERVICE



FORSCHUNGSPARTNER

Ideko S.Coop

E-20870 Elgoibar
Tel. +34 94374 8000
www.ideko.es

HERSTELLER

Dr. Matzat & Co. GmbH

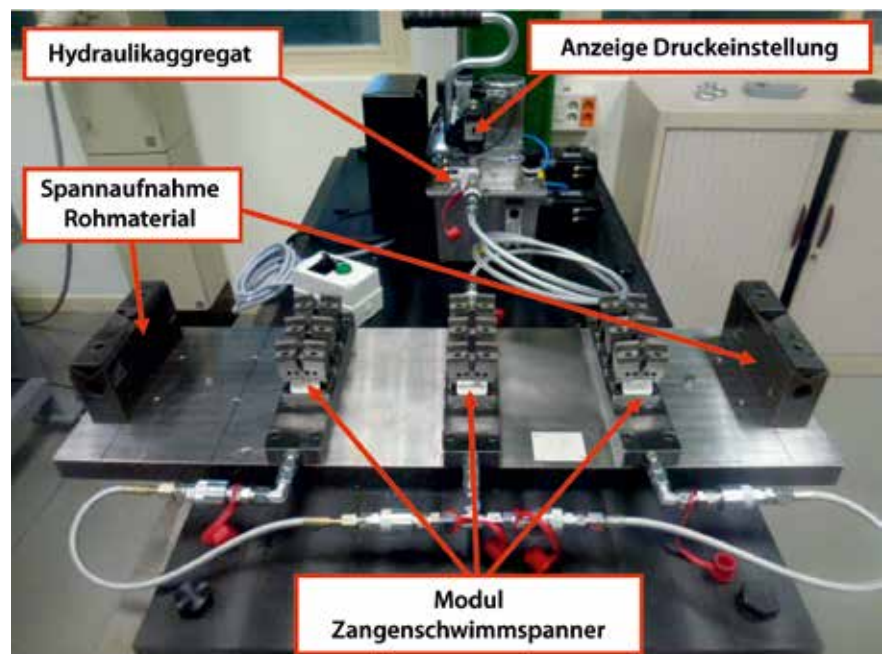
08209 Auerbach
Tel. +49 3744 82970
www.dr-matzat.de

DER AUTOR

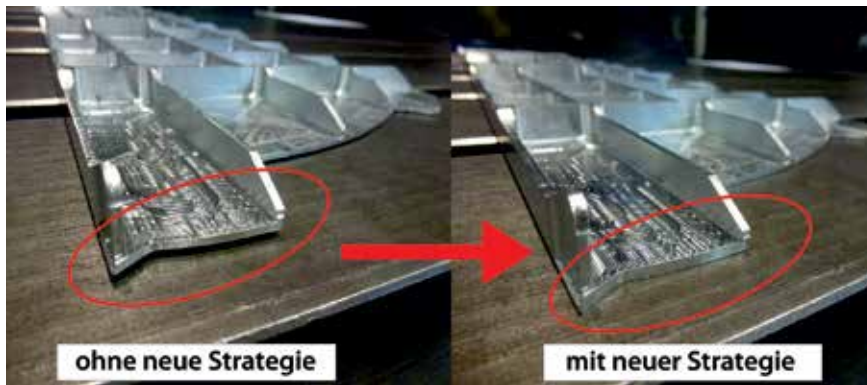
Dr. Hendric Matzat ist Geschäftsführer bei der Dr. Matzat & Co. GmbH in Auerbach
matzat@dr-matzat.de

PDF-DOWNLOAD

www.werkstatt-betrieb.de/1323197



6 Der Aufbau der entwickelten Spannvorrichtung lässt Anpassungen bei wechselnden Werkstückdimensionen ohne großen Aufwand zu (© Matzat)



7 Die Fertigungsstrategie führt mit weniger Umspannvorgängen zu einem geringeren Verzug großer Strukturteile (© Matzat)

dernis des Werkstücks können hier bereits Verrippungen und Detailkonturen an- oder eingearbeitet werden.

Für den zweiten Fertigungsschritt wird das Werkstück um 180° gedreht und zur Erstbearbeitung der zweiten Werkstückseite aufgespannt (Bild 5).

Das in diesem Fertigungsschritt schon wesentlich instabilere Werkstück wird von der zugehörigen Spannvorrichtung mit flexibel angeordneten Rippenspannern verspannungsfrei (schwimmend) stabilisiert. Diese neu entwickelten hydraulisch ausgleichenden Rippenspanner lassen sich durch ihre kompakte Bauweise und eine flexible Gestaltung der Spannbacken sehr leicht an unterschiedliche Werkstückgeometrien adaptieren. Um eine optimale Bedienung zu ermöglichen, erfolgt die zentrale Betätigung über ein einfach wirkendes Hydrauliksystem. Das Beispiel zeigt den Aufbau von drei Spannern auf einer gemeinsamen Aufnahmeleiste.

Im Rahmen des Intefix-Projekts wurde das Gesamtkonzept anhand des Beispiels eines Strukturteils aus dem Luftfahrtbereich erfolgreich umgesetzt (Bild 6). Dazu wurden die drei Schritte des Konzepts (Simulation des eigenspannungsbedingten Verhaltens / verspannte Bearbeitung der ersten Werkstückseite / verspannungsfreie Bearbeitung der zweiten Werkstückseite) praktisch getestet.

Der Vergleich eines Musterwerkstücks, das entsprechend der neuen Strategie hergestellt wurde, mit einem auf klassische Weise gefertigten Bauteil verdeutlicht anschaulich den erreichten Effekt (Bild 7).

Es wurden bei einem Musterwerkstück der Dimension 700 mm × 200 mm × 20 mm folgende Ergebnisse erreicht:

- Verminderung der eigenspannungsbedingten Verformung des Werkstücks von 2 mm (bei klassischer Fertigung)

auf 0,3 mm (mit der neuen Bearbeitungsstrategie)

- Verkürzung der Fertigungsdurchlaufzeit von vier auf zwei Tage durch die
- Reduzierung der Anzahl notwendiger Aufspannungen und Rüstvorgänge.

Durch die Anwendung der vorgestellten Methode zur Fertigung verspannungsarmer Strukturteile ist eine Verbesserung der Fertigungsstabilität möglich. Die Anzahl fehlerhaft gefertigter Bauteile lässt sich wesentlich senken. Damit ergeben sich ebenfalls Einsparungen in den Bereichen des Materialeinsatzes und des Energieverbrauchs. ■