

VDI

Zentrum
Ressourceneffizienz

Im Auftrag des:



Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit



STRATEGIEN UND MAßNAHMEN

Steigerung der Ressourceneffizienz im Unternehmen

Minimierung des Bearbeitungsvolumens

1 RESSOURCENEFFIZIENZ, ANWENDUNGSBEREICH, GRENZEN

Ziel und Funktion

Die Minimierung des Bearbeitungsvolumens in der Fertigung zielt direkt auf eine Verminderung des einzusetzenden Rohmaterials ab. Es können Rohlinge so vorgefertigt werden, dass diese nah an der finalen Geometrie des zu fertigenden Bauteils liegen. Am einfachsten kann dies durch bereits existierende Halbzeuge als Zukaufteile realisiert werden. Sind keine Teile verfügbar, die der gewünschten Form entsprechen, ist eine Eigenfertigung notwendig. Hierfür kommen als Verfahren insbesondere endabmessungsnahes Ur- und Umformen infrage. Ziel ist es, das Bearbeitungsvolumen, den Werkzeugverschleiß und die Belegungszeit der Betriebsmittel zu verringern. Durch die geringere Bearbeitung des Bauteils kann eine kürzere Werkzeugeingriffs- und Durchlaufzeit erreicht werden.

Bezug zur Ressourceneffizienz

Durch die Verminderung des Bearbeitungsvolumens werden in erster Linie (Roh-)Materialien eingespart und die Nutzungsdauer von Werkzeugen wird verlängert. Darüber hinaus kann durch ein geringeres Bearbeitungsvolumen auch eine Energieeinsparung erzielt werden, wenn Maschinen kürzer eingesetzt werden müssen. Es ist aber zu beachten, dass einige der Verfahren, die eine Minimierung des Bearbeitungsvolumens unterstützen, wie beispielsweise Verfahren des endabmessungsnahen Urformens (z. B. Gießen), sehr energieintensiv sind und eine pauschale Aussage zur Energieeffizienz im Vergleich zu anderen Fertigungsverfahren nicht getroffen werden kann. Eine Lebensweganalyse ist daher erforderlich.

Anwendungsbereiche und Akteure

Die Minimierung des Bearbeitungsvolumens ist hauptsächlich bei der Produktherstellung relevant, aber die Grundlagen für eine ressourceneffiziente Fertigung werden schon in der Konstruktionsphase gelegt. Aber auch die Fabrikplanung und Arbeitsvorbereitung müssen umdenken, wenn neue Maschinen und Arbeitsabläufe für die Minimierung des Bearbeitungsvolumens nötig werden. Um die Minimierung des Bearbeitungsvolumens umzusetzen, müssen die Konstruktion, die Fabrikplanung, die Arbeitsvorbe-

reitung und die Produktion als einflussnehmende Akteure zusammen Lösungen erarbeiten und gegebenenfalls Fertigungsprozesse und Beschaffungsmaßnahmen ändern.

Grenzen

Risiken für Unternehmer, die sich für endabmessungsnahes Fertigen interessieren, liegen in der nötigen Neuausrichtung der Fertigungsprozesse, die teilweise erheblich geändert werden müssen. Neue Fertigungsprozesse bedeuten einen hohen Arbeitsaufwand mit hohen Kosten. Eine unzureichende Planung bei ihrer Integration in das Produktionsumfeld kann zu einem Fertigungsstopp führen. Um das zu verhindern, sind eine gründliche Planung und Betrachtung aller möglichen Störfaktoren notwendig.

Einordnung der Strategie/Maßnahme

Bezug	Produktion
Einflussnehmender Akteur	Produktentwicklung, Fabrikplanung, Arbeitsvorbereitung, Produktion
Lebensphasen mit relevanten Auswirkungen	Produktherstellung
Lebensweganalyse	erforderlich

2 WEGE DER UMSETZUNG

2.1 Anwendung von endabmessungsnahem Urformen

Unter endabmessungsnahen Urformen werden Verfahren verstanden, die aus formlosem Stoff einen festen Körper erschaffen, der nach dem Herstellungsprozess der finalen Geometrie fast oder ganz entspricht. Die gängigsten Verfahren lauten Gießen und additive Fertigung. Beim Gießen wird eine flüssige Schmelze in eine zuvor hergestellte Form gegossen und dort zum Auskühlen gelassen. Verfahren des Gießens eignen sich auf Grund von Maßgenauigkeiten und Oberflächengüten nur für die Rohteileherstellung. Unter additiver Fertigung wird das schichtweise Auftragen von Material verstanden. Als Ergebnis wird ein Bauteil erhalten. Die hierdurch ent-

standenen Objekte können, je nach eingesetztem Verfahren, als einfaches Vorführmodell oder einsatzfähiges Bauteil verwendet werden [1, S. 7 f.].

Gießen

Es wird beim Gießen zwischen verlorenen Formen und Dauerformen unterschieden. Verlorene Formen werden nach dem Gießvorgang zerstört und müssen für jeden Guss neu geformt werden. Dabei kann wiederum auf Dauermodelle und verlorene Modelle zurückgegriffen werden, die später als Vorlage Hohlräume im Formsand Bauteile abbilden. Diese Hohlräume werden dann mit Guss gefüllt [1, S. 12].

Energie- und materialeffiziente Produktion von Titangroßbauteilen mittels Titanfeinguss

Für Leichtbauprojekte in der Flugzeugindustrie wird eine Titan-Aluminium-Legierung benötigt. Die Großbauteile werden bisher aus dem Vollen gefräst, was zu einem Materialverlust von ca. 90 % in Form von Spänen führt. Des Weiteren ist der Fräsprozess sehr energieintensiv, da Titan über schlechte Wärmeleiteigenschaften verfügt und somit große Mengen Kühlschmierstoff verwendet werden müssen.

Zur Lösung des Problems wird in eine neuartige Gießanlage investiert, die Titan-Großbauteile bis 1,5 m Durchmesser im Schleudergussverfahren herstellen kann. Verglichen mit dem spanenden Verfahren kann der Materialverbrauch pro Bauteil von 10 kg auf 2 kg Titan gesenkt werden. Der Energieaufwand bei der Rohstoffherstellung wird von 1.090 kWh auf 266 kWh verringert. Übertragen auf den CO₂-Ausstoß kann dieser von 650 kg/Fertigteil auf 127 kg/Fertigteil reduziert werden [2].

Additive Fertigung

Additive Fertigung, auch 3-D-Druck oder Rapid Prototyping genannt, bietet die Möglichkeit, ein Bauteil schichtweise mit nahezu jeder gestaltbaren Geometrie aufzubauen. Voraussetzung dafür ist ein vollständiges 3-D-CAD-Modell [1, S. 116]. Es wurden mit der Zeit verschiedene Verfahren entwickelt, die zwar auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien beruhen, bei denen aber im Endergebnis die resultierenden Bauteile bezogen auf Formgebung und Funktion vergleichbar sind.

Sowohl Gießen als auch die additive Fertigung eignen sich, um Bauteile herzustellen, die sehr nah am Fertigteil sind. Bei der Gestaltung der Bauteile sind allerdings verfahrenstypische Gestaltungsregeln einzuhalten.

Additive Fertigung reduziert Zeit für den Werkzeugbau

Um auf kürzer werdende Vorlaufzeiten aus der Automobilindustrie reagieren zu können, setzt ein Zulieferer für Werkzeuge auf additiv-gefertigte Montagewerkzeuge, die mittels Fused Deposition Modeling hergestellt werden. So kann die Fertigungszeit für kundenspezifische Lösungen um 70 %, verglichen mit herkömmlich gefertigten Werkzeugen, gesenkt werden. Für eine bessere Auslastung der Anlage sorgt die Instandhaltung, die additiver Fertigung Ersatzteile für die eigenen Produktionsanlagen nach Bedarf herstellen kann [3].

2.2 Anwendung von endabmessungsnahe Umformen

Unter endabmessungsnahe Umformen wird das Manipulieren eines Ausgangswerkstücker verstanden, das durch plastische Verformung in eine Endform gebracht wird. Die Umformung wird in Gruppen (Druck-, Zug-, Zugdruck-, Biege- und Schubumformen) unterteilt, die der wirksamen Spannung in der Umformzone entsprechen. Das Umformen kann sowohl mit kalten als auch erwärmten Rohlingen erfolgen. Vorteil dieser Verfahren sind die bessere Werkstoffausnutzung von 10 - 15 % gegenüber spanenden Verfahren, eine erhöhte Werkstückfestigkeit und Werkstückqualität sowie eine geringe Fertigungszeit durch verkürzte Haupt- und Nebenzeiten [1, S. 133]. Die wichtigsten Verfahrensgruppen für eine endabmessungsnahe Umformfertigung sind Druckumformen und Zug-Druck-Umformen.

Druckumformen

Zum Druckumformen gehören alle Verfahren, bei denen ein massives Rohteil durch ein- oder mehrachsige Druckspannung in seine finale Form gebracht wird. Hierzu zählen Walzen, Freiformen, Gesenkformen und Ein- und Durchdrücken. Diese Verfahren eignen sich für eine automatisierte Massenfertigung von Bauteilen [1, S. 143].

Komplexe Geometrien in kleinen Serien umformen

Für Hersteller von massiv umgeformten Bauteilen ist der Trend zur Klein- und Mittelserienfertigung schwer umsetzbar, da sich die teuren Anlagen eigentlich erst ab einer großen Stückzahl rentieren. Durch die Weiterentwicklung im Bereich von Steuerungstechnik und Prozessüberwachen haben sich inzwischen inkrementelle Umformverfahren etabliert. Diese Verfahren bieten den Vorteil, dass Bauteile ohne bauteilbezogene Werkzeuge hergestellt werden können. Die Verformung des Werkstückes erfolgt fast ausschließlich durch die Prozesskinematik. Bei einer Implementierung als Vorformverfahren für anschließende Schmiedeprozesse kann z. B. das Axialvorschub-Querwalzen schon ab Losgröße einrentabel sein. Weitere Vorteile dieser Verfahren beinhalten die relativ geringen Umformkräfte und die daraus resultierende einfache Werkzeugherstellung, eine hohe Flexibilisierung und die Möglichkeit, schwer umformbare Werkstoffe zu verarbeiten [4].

Zug-Druck-Umformen

Beim Zug-Druck-Umformen findet die Verformung der Werkstücke durch eine gleichzeitige Zug- und Druckspannung statt. In dieser Verfahrensgruppe finden sich das Durchziehen, Tiefziehen, Drücken, Kragenziehen, Knickbauchen und Innenhochdruckumformen. Die wichtigsten Vertreter sind hierbei das Tiefziehen und das Innenhochdruckumformen, die beide eine Massenfertigung von Blechen ermöglichen [1, S. 177].

Hochleistungswerkzeuge für die Blechumformung

Im Rahmen des geförderten Projektes "HiperFormTool" werden Umformtechnikverfahren dahingehend weiterentwickelt, um zukünftige Herausforderungen in der Produktion meistern zu können. Durch Kostendruck und ansteigende Komplexität der zu fertigen Bauteile sieht sich die europäische Umformindustrie zu Verbesserungen gezwungen, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Ziel des Projektes ist es, intelligente Umformwerkzeuge zu entwickeln, die mit Temperaturmanagement- und Schmiersystemen Hochleistungsumformprozesse durchführen können. Bei erfolgreicher Implementierung der Systeme in der Produktion können Werkzeugstandzeiten um 15 % erhöht, der Ausschuss um 35 % und

der Schmiermittelverbrauch um 25 % gesenkt werden [5].

3 LITERATUR

- [1] **Fritz, A.H., Hg. (2018):** Fertigungstechnik [online]. 12., neubearbeitete und ergänzte Auflage, Springer Vieweg, Berlin. Springer-Lehrbuch, verfügbar unter: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-56535-3>, ISBN 978-3-662-56534-6.
- [2] **Gerke-Cantow, R. und Hellwig, C. (2010):** Innovative, materialeffiziente Produktion von Titangroßbauteilen mittels Titanfeinguss [online]. TITAL GmbH [abgerufen am: 12.11.2018], verfügbar unter: http://www.cleaner-production.de/fileadmin/assets/pdfs/Abschlussberichte/Abschlussbericht_20118_TITAL.pdf
- [3] **Werkzeug und Formenbau (2017):** 3D-Drucktechnologie reduziert Produktionszeit bei GKN Driveline [online]. verlag moderne industrie GmbH, 13. November 2017 [abgerufen am: 26.11.2018], verfügbar unter: <https://www.werkzeugformenbau.de/branche/news/id-3d-drucktechnologie-reduziert-produktionszeit-bei-gkn-driveline-398.html>
- [4] **Schubert, N. und Steger, J. (2018):** Komplexe Geometrien in kleinen Serien umformen [online]. Vogel Communications Group, 23. April 2018 [abgerufen am: 26.11.2018], verfügbar unter: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/komplexe-geometrien-in-kleinen-serien-umformen-a-706991/>
- [5] **Linnemann, M.; Scheffler, C. und Kurka, P. (2018):** Individualisierte Blechteile wirtschaftlich umformen [online]. verlag moderne industrie GmbH, 30.10.17 [abgerufen am: 26.11.2018], verfügbar unter: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/individualisierte-blechteile-wirtschaftlich-umformen-a-657630/>