



Prof. Dr.-Ing. Lothar Kallien

Hochschule Aalen
Fakultät für Maschinenbau und
Werkstofftechnik

Ansprechpartner Gießereitechnik

Prof. Dr.-Ing. Lothar Kallien
Tel.: +49 (0)7361 576-2252

Frau Renate Schnepf

Tel.: +49 (0)7361 576-2259
Fax: +49 (0)7361 576-2270



Gießerei Technologie Aalen GTA



Hochschule Aalen: Innovationen in Druckguss

Ob digitale Vernetzung, Elektromobilität, erneuerbare Energien, Photonik oder Robotik: Die Hochschule Aalen arbeitet in Lehre und Forschung zu den relevanten Zukunftsthemen. Seit Jahren ist sie die forschungsstärkste Hochschule für angewandte Wissenschaften in Baden-Württemberg. Rankings bescheinigen der Hochschule auch im Bereich der Lehre eine hohe Qualität. Derzeit sind circa 5.700 Studierende in Aalen eingeschrieben.

Höhepunkt des Jahres 2016 war die Förderzusage im BMBF-Programm FH-Impuls. Der Wettbewerbsbeitrag der Hochschule Aalen mit dem Titel „Smarte Materialien und intelligente Produktionstechnologien für energieeffiziente Produkte der Zukunft“ (SmartPro) konnte sich bundesweit unter den 81 Beiträgen durchsetzen. Damit stehen der Hochschule ab 2017 knapp 5 Mio. EUR BMBF-Mittel für die vierjährige Aufbauphase zur Verfügung. Neben dem BMBF haben sich mehr als 30 zumeist regionale Unternehmen bereit erklärt, sich an SmartPro finanziell zu beteiligen oder weitere Beiträge zu leisten. Durch das Programm FH-Impuls sollen forschungsstarke Fachhochschulen

dabei unterstützt werden, bestehende Forschungsschwerpunkte zu profilieren, Innovationspotenziale durch Aufbau nachhaltiger Strukturen und Prozesse effektiver auszuschöpfen und Kooperationen mit dem Mittelstand der Region zu intensivieren. Im Mittelpunkt der FuE-Aktivitäten von SmartPro stehen vier Anwendungsfelder mit hohem Anwendungs- und Zukunftspotential: Elektrische Energiewandler-Maschinen, Energiespeicher, innovativer Leichtbau und Fertigungstechnologien/Additive Fertigung für Industrie 4.0. Gemeinsamer Nenner der Anwendungsfelder ist die Erforschung und Entwicklung innovativer Materialien und Verfahren, die in Produkte mit wirtschaftlichem Nutzen unter Berücksichtigung von Energie- und Ressourceneffizienz umgesetzt werden sollen.

Der Schwerpunkt Gießereitechnik an der Hochschule Aalen

Der Schwerpunkt Gießereitechnologie ist in das Studium Maschinenbau/Produktion und Management integriert. Dieses Studium verbindet maschinenbauliche Grundlagen wie technische Mechanik, Konstruktion und Werkstoffkunde mit modernen Produktionstechnologien wie Laser- und Zerspanungstechnik, Robotik und Gießereitechnik. Darüber hinaus

werden Produktions- und Qualitätsmanagement gelehrt. Das Studium schließt mit dem Bachelor of Engineering ab. Für vertiefende Studien bietet die Hochschule Aalen verschiedene Masterstudiengänge an wie den neuen Research Master mit dem Titel: „Advanced Materials and Manufacturing“ mit dem Abschluss Master of Science. In Zusammenarbeit mit der Universität Clausthal konnten darüber hinaus Studierende eine Promotion erfolgreich abschließen.

Die Gießereitechnik betreibt das größte Labor an der Hochschule und bildet einen der Schwerpunkte in Lehre und Forschung. Besonderer Wert wird auf eine breite Ausbil-

Kontakt

Hochschule Aalen – Technik und Wirtschaft
Gießerei Technologie Aalen - GTA
Prof. Dr.-Ing. Lothar Kallien
Beethovenstraße 1
D-73430 Aalen
Tel.: +49 (0)7361 576-2252
gta@hs-aalen.de
www.hs-aalen.de/gta





Hybrider Leichtbau – Innovative Materialien und Fügeverfahren

dung gelegt: In Laboren erlernen die Studierenden alle klassischen Gießverfahren vom Eisenguss bis zum Druckguss von Aluminium- und Magnesiumleichtmetallen. In neuen CAD Laboren werden die selbstgegossenen Bauteile von den Studierenden mit MAGMA5 simuliert und gießtechnisch optimiert.

Das Gießereilabor

Die Ausstattung des Gießereilabors ist sehr breit angelegt: Aluminium-, Magnesium-, Eisen-, Kupfer- und Zinklegierungen können im Sand-, Kokillen- und Druckguss vergossen werden.

- Dafür stehen ein 100 kg Mittelfrequenzinduktionsofen für Grau- und Sphäroguss, ein Sandlabor, eine EOS-Sinteranlage, eine Rapid Prototyping und eine Kippkokillengießeinrichtung zur Verfügung.
- Mit vier Druckgießmaschinen von 80 bis 800 Tonnen Schließkraft können unter anderem Vacural-Druckgussteile hergestellt werden. Die neueste Maschine ist Baujahr 2013 und mit modernster Mess- und Steuerungstechnik ausgerüstet.
- Zur Legierungs- und Gussteilanalyse können 2 Spektralanalysegeräte, eine 3D Computertomographie und eine Röntgenanlage genutzt werden.
- Das Werkstoffprüflabor hat darüber hinaus eine Zugprüfanlage, einen Resonanzpulsator und eine Kriechversuchseinrichtung.

- Für den Versuchswerkzeugbau stehen für Abschlussarbeiten Fräs-, Dreh- und Erodiermaschine zur Verfügung.
- Für die Ausbildung im Bereich Simulation von Gießprozessen stehen 20 MAGMA5 Arbeitsplätze zur Verfügung.

Im Bereich der Forschung liegt der Schwerpunkt auf dem Gebiet des Druckgießens. Aktuelle Themenstellungen sind:

- Innovative Fügeverfahren und beanspruchungsgerechte Designkonzepte für hybride Leichtbau CFK-Multimaterialverbunde
- Gasinjektion im Druckguss – der Weg in die industrielle Anwendung
- DataCast - Industrie 4.0 im Druckguss
- Verfahrensentwicklung eines neuen Vakuumdruckgießverfahren zur Herstellung funktionaler Oberflächen
- Hohle Aluminium-Strukturbauteile im Druckgießprozess durch Salzkernertechnologie
- Festigkeit und Zähigkeit von Aluminium-Druckgusslegierungen nach Wärmeeinwirkung

Impulsprojekt InDiMat: Innovative Fügeverfahren und beanspruchungsgerechte Designkonzepte für hybride Leichtbau CFK-Multimaterialverbunde

Aufgrund der steigenden Bedeutung von Ressourcen- und Energieeffizi-

Abb. 1: Aufgabenfelder im Impulsprojekt InDiMat: Innovative Fügeverfahren und beanspruchungsgerechte Designkonzepte für hybride Leichtbau CFK-Multimaterialverbunde.

enz wird die branchenübergreifende Schlüsseltechnologie Leichtbau für die zukünftige Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands eine wichtige Rolle spielen. Hierbei sind kohlefaserverstärkte Kunststoffe (CFK) einer der vielversprechendsten Leichtbauwerkstoffe, häufig realisiert als Multimaterialverbund mit breitem Anwendungsspektrum wie z.B. der Fahrzeug-, Luft- und Raumfahrttechnik sowie dem Maschinen-/Anlagenbau. Dabei kommt dem Fügen von CFK mit anderen Materialien („hybrides Fügen“) eine besondere Bedeutung zu.

Zu diesen Fügeverfahren gehört häufig noch das mechanische Fügen z.B. mittels Schrauben oder Nieten. Die Vermeidung dieser zusätzlichen Prozessschritte durch Technologien wie die Klebtechnik oder Druckumgießen des CFKs, bietet neben technischen und wirtschaftlichen Vorteilen zusätzliche Freiheiten im Design der Produkte.

Zentraler Arbeitspunkt im Forschungsprojekt InDiMat ist das Fügen von CFK mit Leichtmetallen. Hierzu werden drei alternative Verfahren anwendungsnah erforscht. Das adhäsive Fügen als sequentieller Prozess, bei dem CFK- und Leichtmetallbauteil für sich gefertigt und dann gefügt werden. Parallel dazu soll für das thermische Direktfügen von Thermoplast-CFK ein innovatives, auf Infrarotstrahlung basierendes Verfahren

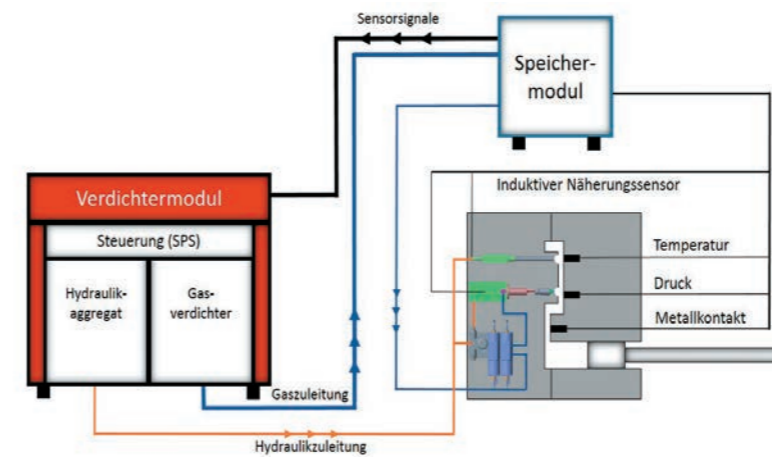


Abb. 2: Schematische Darstellung des neuen Gasinjektionssystems.

erforscht und etabliert werden. Für die Vorbehandlung der gefügten Teile werden in InDiMat innovative laser- und plasmabasierte Verfahren entwickelt, um die Oberflächen von der Nanoskala bis in den Mikrobereich topologisch sowie chemisch gezielt und reproduzierbar einstellen zu können.

Beim dritten Fügeverfahren wird mit dem Druckumgießen von CFK-Komponenten mit Al- und Mg-Leichtmetalllegierungen ein innovativer, weitgehend neuer Verfahrensansatz zu hybriden Fügen von CFK verfolgt. Dabei stehen zunächst Fragestellungen wie die thermische Schädigung des CFK-Laminats und deren Einfluss auf das Korrosionsverhalten beim Druckumgießen im Vordergrund. Hier ist die extrem kleine, beim Druckumgießen erzielbare, Wandstärke von Vorteil. Gänzlich neu ist in diesem Zusammenhang die Erweiterung der Forschungsarbeiten auf Mg-Legierungen. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass Mg ein attraktiver Leichtbauwerkstoff ist und aufgrund seiner geringen latenten Kristallisationsenthalpie eine geringere thermische Schädigung des CFK-Laminats erwarten lässt, **Abb.1**.

Begleitend dazu werden in InDiMat zerstörungsfreie Prüfverfahren entwickelt, um neben den Prozessinnovationen qualitätssichernde Verfahren transferieren zu können. Darüber hinaus sollen für die Analyse und

Optimierung des Bauteilverhaltens sowohl im Betrieb als auch im Schadensfall geeignete Materialmodelle und Simulationsverfahren ausgewählt, spezifisch weiterentwickelt und verifiziert werden.

Gasinjektion im Druckguss – der Weg in die industrielle Anwendung

Im Rahmen des „zentralen Innovationsprogramms Mittelstand“ entstand das Projekt zur Entwicklung der Gasinjektionstechnologie im Druckguss. Mit dieser Technologie ist es durch Injektion eines Gases während des Erstarrungsprozesses möglich, Hohlräume im Bauteil abzubilden. Diese können beispielsweise als medienführende Kanäle in Gehäusen oder als Versteifung für Strukturbauteile fungieren.

Die bisherige Problematik bei der Anwendung der Gasinjektion im Druckguss bestand in einem nicht reproduzierbaren Prozess, mit geringer Standzeit der notwendigen Komponenten für diese Technologie, wie z. B. dem Gasinjektor. Das inerte Gas wird über einen Ringspalteinjektor, der aus Formstahl hergestellt ist, in den Formhohlraum injiziert und weist beim Gebrauch mit Aluminium bereits nach wenigen Zyklen Anklebungen auf, die zum Verklemmen und schließlich zum Versagen des Injektors führen. Des Weiteren reichen in vorhergehenden Projekten die Schaltzeiten der Gasinjektionsanlage

nicht aus, um das Gas innerhalb weniger Millisekunden reproduzierbar freizugeben.

Zur Lösung dieser Problematiken wird mit der Industrie ein neues Gasinjektionssystem entwickelt, das wesentliche Bestandteile aufweist und in der **Abb. 2** schematisch dargestellt ist. Das Verdichtermodul bildet das Herzstück der Anlage und enthält alle notwendigen Komponenten zur Steuerung, zur Gasbereitstellung bis 500 bar und zur Hydraulikbereitstellung bis 200 bar. Das Speichermodul wird direkt neben der Gießform positioniert und enthält zwei Druckspeicher, die mit unterschiedlichem Druckniveau betrieben werden können. Hier werden auch die Sensorsignale aus der Form an die SPS weitergeleitet. Um so nah wie möglich am Gießprozess zu sein, befindet sich ein Werkzeugmodul auf der beweglichen Formhälfte des Gießwerkzeugs, an welchem Zu- und Ablassventil für den Gasdruck, sowie das Hydraulikventil zur Betätigung des Injektionsmoduls befestigt sind. Bei Beginn des Gießprozesses liegt das Gas in diesem Modul an und wird, sobald flüssiges Metall die Metallfrontkontaktsensoren benetzt, nach einer gewählten Verzögerungszeit innerhalb sieben Millisekunden reproduzierbar in den Formhohlraum injiziert. Das Injektionsmodul dient zusätzlich als hydraulischer Aktor für den Gasinjektor, der aufgrund des chemischen



Abb. 3: Prozessschritte bei der Erstellung eines Prognosemodells zu Vorhersage der Gussteilqualität.

Angriffs der Aluminiumschmelze aus einem resistenten Sondermaterial mit geringer Wärmeleitfähigkeit besteht. Zur Beurteilung und Auswertung des jeweiligen Zyklus werden Druck- und Temperatursensoren, sowie zwei induktive Näherungssensoren eingesetzt, die die Bewegung des hydraulischen Aktors und des Verschlussstiftes aufzeichnen.

So soll sichergestellt werden, dass ein industrieller Fertigungsprozess mit reproduzierbarem Ergebnis und ausreichend hoher Standzeit der einzelnen Komponenten generiert werden kann. Die Anlage wird voraussichtlich schon 2018 kommerziell verfügbar sein.

DataCast - Industrie 4.0 im Druckguss

Um heute wettbewerbsfähig Druckgussteile zu produzieren, ist es nicht ausreichend über die hohe Ausbringung seine Kosten niedrig zu halten. Eine effiziente Fertigung beginnt bei der Senkung der Ausschussrate. Durch frühzeitig erkannte Qualitätsmängel werden sämtliche Kosten der nachfolgend erbrachten Wertschöpfung eingespart. Da Folgeprozesse im Vergleich zum Druckgießen selbst meist zeitintensiver sind, kann hier die Anlagenkapazität gesenkt, sowie die Wertschöpfung bis zum Erkennen der Gießfehler eingespart werden. Dieses große Einsparpotential kann nur realisiert werden, wenn der

komplexe Prozess des Druckgießens erfasst wird. Hierzu ist es notwendig, sämtliche Prozessparameter aufzuzeichnen, diese zu analysieren und mögliche Wechselwirkungen untereinander zu erkennen. So können Rückschlüsse auf die Qualität der Gussteile getroffen, Veränderungen der Prozessparameter frühzeitig erkannt und zeitnah behoben werden.

Die frühzeitige Bewertung der Bauteilqualität erfolgt über ein entwickeltes Sensornetzwerk, welches nicht nur die Hauptkenngrößen Kolbengeschwindigkeit, Kolbenweg und Maschinendruck ermittelt, sondern mit verschiedensten Sensoren den kompletten Druckgießprozess, sowie dessen Produktionsumgebung erfasst, **Abb. 3**. Hierzu zählen diverse Temperaturen, Drücke, Feuchtigkeit, Durchflussmengen aber auch akustische Signale. Pro Schuss fallen so bis zu 1,5 Millionen Messdaten an. Durch eine InMemory Verarbeitung wird eine Echtzeitparameteranalyse möglich. Selbstlernende Algorithmen ermitteln dabei Vorhersagen zur Gussteilqualität, indem einzelne Parameter durch Korrelation und Erkennung von gewissen Mustern in Zusammenhang gebracht werden. Dabei können sowohl einzelne Peaks als auch komplette Kurvenverläufe von Relevanz sein. Hierfür ist es notwendig, dass jedes Gussteil gekennzeichnet wird und rückverfolgbar ist. So können die Algorithmen jederzeit

durch neue Erkenntnisse über die Bauteilqualität verbessert werden, was die Genauigkeit der Vorhersage weiter steigert. Anhand von DoE-Versuchsreihen wurden verschiedenste Fehlerbilder erzeugt um das Sensornetz mit Daten zu speisen und um die Robustheit der Vorhersage zu testen.

Ziel des Projektes ist es, die oft nur stichprobenhafte Qualitätskontrolle zu verbessern. Da die Kontrolle und Anpassung der Prozessparameter bislang Sache des Anlagenbedieners ist und häufig auf Erfahrungswerten beruht, soll diese subjektive Einschätzung durch eine objektive Bewertung des Systems erfolgen.

Verfahrensentwicklung eines neuen Vakuumdruckgießverfahrens zur Herstellung funktionaler Oberflächen

Innerhalb des Forschungsvorhabens „Funktionale Oberflächen“ geht es um die Entwicklung eines neuartigen Vakuumdruckgießverfahrens zur kostengünstigen Herstellung laserpolierbarer Teile. Gefördert wird das Projekt durch das Förderprogramm „Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand“ des BMWi, Projektträger ist die VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

Bei der Auslegung von Bauteilen oder Baugruppen wird immer häufiger auf Aluminiumlegierungen zurückgegriffen, vor allem dort wo

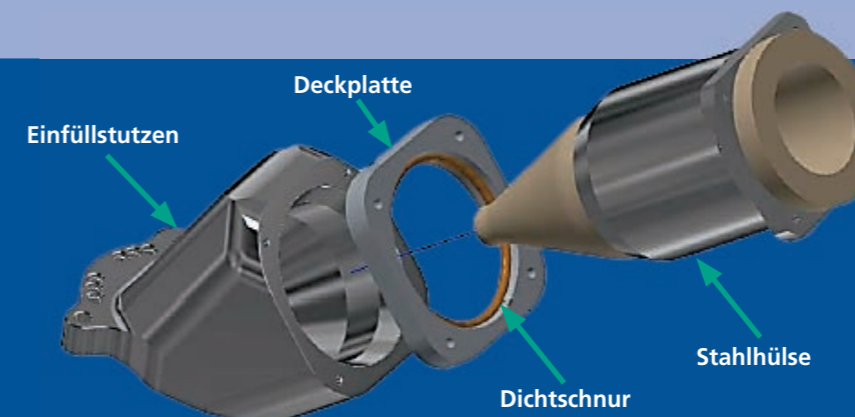


Abb. 4: Schnittstelle zwischen Dosiereinheit und Gießkammer bei dem neu entwickelten Vakuumdruckgießverfahren zur Herstellung funktionaler Oberflächen.

Gewichtseinsparung und Korrosionsbeständigkeit eine wichtige Rolle spielen. Aluminiumlegierungen mit Magnesium, Silicium und anderen Metallen erreichen stahlähnliche Festigkeiten. Trotz ständiger Weiterentwicklung der Fertigungsverfahren ist es dennoch schwer den immer höheren Ansprüchen, an Werkstoff und Bauteil, gerecht zu werden. Beispielsweise wird eine immer bessere Oberflächengüte von Dicht- und Lagerflächen gefordert, mit dem Konflikt, ökonomisch und wirtschaftlich zu handeln, um niedrige Preise gestalten zu können. Unter Beachtung dieser Gesichtspunkte lohnt es sich, die Kombination von Druckgieß- und Laserpolierverfahren genauer zu erforschen.

Grundsätzlich bedarf es eines homogenen, möglichst fehlerfreien, Werkstoffes um eine Laserbearbeitung zu ermöglichen. Fehler aus dem Druckgießprozess können u.a. Gaseinschlüsse, Lunker und Verunreinigungen sein. Die Laserpolierbarkeit behindert vor allem oberflächennahe Fehler. Bei der Laserpolitur wird die hohe Oberflächengüte durch ein Umschmelzen, also ein Aufschmelzen des Grundmaterials erzeugt. Befinden sich nun oberflächennah Gaspartikel, kann es beim Aufschmelzen zu einer plötzlichen Expansion der Luft kommen. Bei der Expansion entstehen Spritzer des aufgeschmolzenen Materials, die die Optik des Lasers oder die Werkstückoberfläche

beschädigen können. Um solche Fehler zu vermeiden, kommen Vakuumdruckgießverfahren zum Einsatz. Bei Vakuumdruckgießverfahren wird über eine zusätzliche Vakuumperipherie versucht den Formhohlraum bis auf wenige Millibar Restdruck zu entlüften um Gasporosität zu vermeiden.

Bisher bewährte sich das Vacuralverfahren, jedoch müssen hier die höheren Kosten in Kauf genommen werden. Mit einem neuartigen Verfahren, dem vakuumdosierten Druckgießverfahren, soll dies umgangen werden. Die Schmelze wird mit einer roboterunterstützten Dosiereinheit befördert. Die Dosiereinheit besteht aus einem Keramiktiegel, einem Verschlussstift und einer Vakuumeinheit. Die Schmelze wird per Unterdruck in den Tiegel gesaugt und bis zur Übergabe in die Gießkammer gehalten. Die Übergabe erfolgt nicht direkt in die Gießkammeröffnung, sondern in einen Einfüllstutzen. Diese Schnittstelle ermöglicht es, ein Vakuum nach Andocken der Dosiereinheit zu erzeugen. Das Vakuum wird über eine externe Vakuumpumpe erzeugt. In der **Abb. 4** ist die Schnittstelle dargestellt.

Im Forschungsvorhaben werden, mit vier verschiedenen Druckgießverfahren, Probekörper hergestellt. Untersucht werden die Zug- und Schwingfestigkeit in Abhängigkeit des Druckgießverfahrens.

Hohle Aluminium-Strukturbauteile im Druckgießprozess durch Salzkerntechnologie

Das Forschungsvorhaben „Hohle Aluminium-Strukturbauteile im Druckgießprozess“ im Rahmen des Forschungsclusters „AMAP“ (Advanced Metals and Processes) wird von mehreren Projektpartnern durchgeführt. Im Projektkonsortium sind die NEMAK Europe GmbH, die MAGMA Gießereitechnologie GmbH, das Gießereinstitut sowie das Institut für Schweiß- und Fügetechnik der RWTH Aachen, die Forschungsgesellschaft Kraftfahrwesen mbH Aachen und die Hochschule Aalen vertreten.

Leichtbau ist eine der Hauptstellschrauben um den Kraftstoffverbrauch und die Emission von PKWs zu senken. In den letzten Jahrzehnten lag der Fokus von Gießerei-Ingenieuren vor allem auf der Gewichtsreduzierung des Antriebsstrangs. Dabei bietet die hauptsächlich aus geschweißten Stahlkomponenten bestehende PKW-Rohkarosserie ebenfalls ein großes Potential zur Gewichtseinsparung. So macht die Rohkarosserie bis zu 35 % des Leergewichts von PKWs aus. In diesem Kontext stellen hohle, druckgegossene Aluminium-Strukturbauteile vielversprechende Komponenten zur Gewichtsreduzierung dar. Aufgrund fehlenden Fachwissens hinsichtlich Design, Kern- sowie Prozesstechnologie ist es jedoch nicht Stand der Technik, große, komplexe und hohle

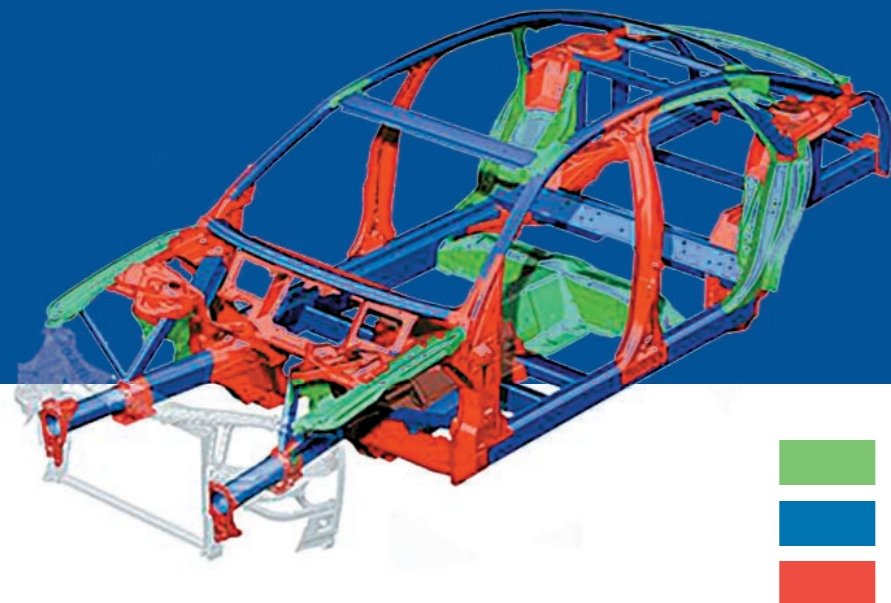


Abb. 5: Anteil gegossener Aluminiumteile in einer PKW Rohkarosserie.

Quelle: The Aluminium Automotive Manual



Aluminium-Strukturbauteile mittels Druckgießprozess in Großserie herzustellen und diese in die PKW Rohkarosserie zu fügen.

Die Gesamtmotivation dieses über drei Jahre angelegten Projekts ist die Substitution eines geschweißten Blechbauteils durch ein druckgegossenes Aluminium-Strukturbauteil, welches eine erhöhte Steifigkeit und Funktionsintegration bei gleichzeitig geringerem Gesamtgewicht im Vergleich zur konventionellen Stahllösung aufweist. Neben einem reduzierten Kraftstoffverbrauch wird die Integration dieser Leichtbaukomponente in die PKW Rohkarosserie zu einer verbesserten Fahrdynamik und -performance ohne Einbußen bezüglich der Fahrzeugsicherheit führen, Abb. 5.

Um dieses Ziel zu erreichen fokussieren wir uns innerhalb des Projektkonsortiums auf die folgenden Hauptfragenstellungen:

- Wie muss ein druckgegossenes Aluminium-Strukturbauteil designt werden, damit dieses kosteneffizient in die Rohkarosserie eines PKW als crashrelevantes Bauteil integriert werden kann?

- Wie müssen die Prozessparameter angepasst werden, damit mittels Druckguss qualitative hochwertige, komplexe, hohle Salzkerne hergestellt werden können?
- Wie kann die Salzkerneherstellung simulativ abgebildet werden, um die Salzkernegestaltung als auch -herstellung effizient optimieren und validieren zu können?
- Wie muss der Druckgießprozess für die Nutzung von großen Salzkerne und für die gleichzeitige Realisierung von qualitativ hochwertigen, hohlen Aluminium-Strukturbauteile angepasst werden?
- Wie kann aus technologischer und produktionsrelevanter Sicht das Aluminium-Strukturbauteil in die PKW-Karosserie ideal gefügt werden?

Die Kernaufgabe der Hochschule Aalen liegt hierbei in der Entwicklung von Salzschnitzern, welche sich für den Druckgießprozess eignen. Hierbei sind die Gießbarkeit, die Schmelztemperatur und die Festigkeit der gegossenen Salzkerne besonders zu betrachten.

Festigkeit und Zähigkeit von Aluminium-Druckgusslegierungen nach Wärmeeinwirkung

In diesem Vorhaben sollen die statische und zyklische Festigkeit sowie die Zähigkeit von Aluminium-Druckguss mit und ohne Maßstabilisierungsglühung bei unterschiedlicher Wärmeeinwirkung (Betriebstemperatur) im Gusszustand untersucht werden. Hierdurch soll der Zusammenhang zwischen Wärmeeinwirkung, Belastung und Maßänderung sowie der Zusammenhang zwischen Wärmebehandlung und statischer sowie zyklischer Festigkeit verstanden werden. Darüber hinaus wurde der Einfluss des Gießverfahrens vacural / konventionell auf Festigkeitseigenschaften untersucht. Es handelt sich hierbei um ein Gemeinschaftsprojekt der Forschungsstellen: Stiftung Institut für Werkstofftechnik Bremen (IWT) und der Gießereitechnologie Aalen (GTA).

Um die angestrebten Ziele zu erreichen, wurde die Maßänderung von Proben aus der Aluminiumdruckgusslegierung AlSi9Cu3(Fe), die nach dem Druckgießen 14 Tage kaltausgelagert wurden, während unterschiedlicher

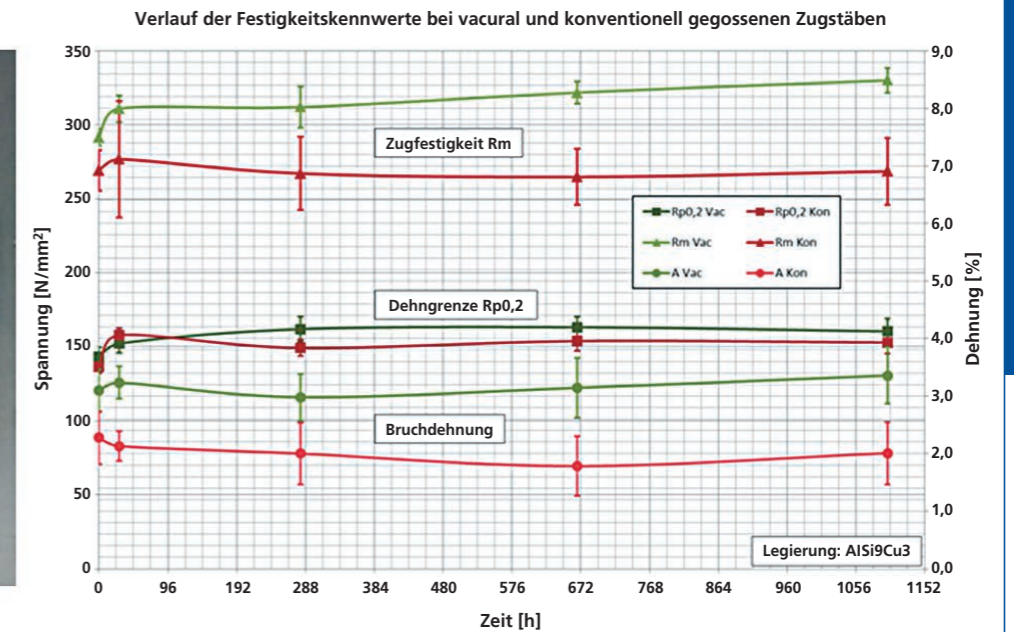


Abb. 6: Versuchsgussteil und Diagramm zur Darstellung der Streuung der statischen Festigkeitswerte konventionell/vacural.

zusätzlicher Warmauslagerungen an einem Dilatometer erfasst. Der Einfluss von erhöhten Betriebstemperaturen auf die Maßänderung wurde an Zugproben, deren Länge vor und nach der Warmauslagerung an einem Koordinatenmessgerät ermittelt wurde, bestimmt. Der Einfluss der unterschiedlichen Warmauslagerungen auf die statische Festigkeit und Zähigkeit wurde an druckgegossenen Zugproben und Risszähigkeitsproben ermittelt.

Ermüdungsversuche wurden an kaltausgelagerten und an warmausgelagerten druckgegossenen Ermüdungsproben bei Raumtemperatur und bei 120 °C durchgeführt. Hierdurch kann der Einfluss der Maßstabilisierungsglühung auf die Schwingfestigkeit der Aluminiumdruckgusslegierung ermittelt werden. Durch eine Überwachung der Ermüdungsprobenlänge während der Schwingprüfung konnte die Maßstabilität der unterschiedlich wärmebehandelten Proben bei unterschiedlichen Prüfbedingungen ermittelt werden. Nach Konstruktion von Gussteil und Gießsystem konnte ein Druckgießwerkzeug gebaut werden, welches mit konven-

tioneller sowie Vacuralgießtechnik betrieben werden kann. Ein wesentliches Bauteil ist die Risszähigkeitsprobe die aufgrund einer Wandstärke von 8mm direkt angegossen werden musste. Der Anschnitt muss daher in diesem Bereich optimal dimensioniert werden damit die Probe ausreichend nachgespeist werden kann. Die Gussteile wurden mit einer Kaltkammermaschine DAK400 von Frech hergestellt, Abb. 6.

Statische mechanische Eigenschaften:

Auf Grund der Streuung der mechanischen Eigenschaften bei konventioneller Gießweise, hier sind eingeschlossene Gase und Oxide zu nennen, war eine Abschätzung der Dauer der Kaltauslagerung nicht zu ermitteln. Bei Aluminiumlegierungen mit kubisch flächenzentrierter Struktur entscheiden innere Fehler wie Porositäten und Oxide über die erreichbare Zugfestigkeit und Bruchdehnung. Dabei ist eine starke Korrelation von Zugfestigkeit und Bruchdehnung vorhanden. Dieser Umstand der Korrelation wurde ausgenutzt, um eine schärfere Aussage des Kaltverfestigungsvorganges

zu erhalten. Die Vacuraltechnik minimiert diese Streuungen der mechanischen Eigenschaften sowie der Schwingfestigkeit, was aus früheren Untersuchungen bekannt war, erheblich. Mit den vacuraltechnisch hergestellten Proben konnten dann der Grad der Kaltauslagerung und die Dauer quantifiziert werden. Für alle hergestellten Probekörper wurde dann eine Zeitspanne von 14 Tagen festgelegt.

Schwingfestigkeit:

Die Ermüdungsprüfung erfolgte an ungekerbten zylindrischen Proben. Sowohl kaltausgelagerte als auch zusätzlich bei 200 °C für drei Stunden warmausgelagerte Proben wurden wechselnd und schwellend bei Raumtemperatur sowie bei einer Temperatur von 120 °C geprüft. Für eine Grenzwahrscheinlichkeit von 10 Millionen wurden die Dauer-



festigkeiten für die gegebenen Prüfbedingungen ermittelt. Die zusätzliche Warmauslagerung unter allen Prüfbedingungen führt zu einer Abnahme der Dauerfestigkeit. Als die dominanten Versagensursachen der Ermüdungsproben wurden bei beiden Wärmebehandlungsvarianten die Oberfläche und Hohlräume im Inneren der Proben identifiziert. Wird die Versagensursache in Abhängigkeit von den Prüfbedingungen betrachtet, dann zeigt sich, dass bei Raumtemperatur bei beiden Spannungsverhältnissen die Oberfläche und innere Hohlräume zum Versagen führen. Wird die Ermüdungsprüfung bei 120 °C durchgeführt, dann findet bei beiden Spannungsverhältnissen die Rissinitiation nahezu ausschließlich an Hohlräumen statt.

Zusammenfassung:

Eine zusätzliche Warmauslagerung nach dem Druckgießprozess führt bei der Aluminiumlegierung Al-Si9Cu3(Fe) zu Ausscheidungsvorgängen, die eine Volumenzunahme hervorrufen. Für den Fall, dass im Einsatz erhöhte Betriebstemperaturen vorliegen, treten diese Ausscheidungsvorgänge mit der damit verbundenen Volumenänderung nach der Warmauslagerung nicht erneut auf, sodass zusätzlich warmausgelagerte Bauteile gegenüber ausschließlich kaltausgelagerten Bauteilen eine erhöhte Maßstabilität aufweisen. Ein weiterer Vorteil der

Warmauslagerung ist, dass die statische Festigkeit der Bauteile erhöht wird. Die Risszähigkeit der Aluminiumlegierung wird hingegen nicht beeinflusst. Ein Nachteil der zusätzlichen Warmauslagerung ist hingegen, dass die Schwingfestigkeit gegenüber den kaltausgelagerten Proben herabgesetzt wird. Unter allen Prüfbedingungen erreichten die warmausgelagerten Proben eine geringe Dauerfestigkeit als die kaltausgelagerten Proben. Die Maßstabilität bei schwingender Beanspruchung wird durch die Warmauslagerung jedoch verbessert.

Das IGF-Vorhaben Nr. 17786 der Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V. wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Giesserei Technologie Aalen GmbH als Spin-out der Hochschule

Die Giesserei Technologie Aalen GmbH ist ein neu gegründetes Unternehmen im Innovationszentrum an der Hochschule Aalen. In Kooperation mit dem Gießereilabor der Hochschule Aalen bietet die GTA GmbH vielfältige Leistungen im Bereich innovativer und moderner Giessereitechnik für Industriekunden an.

Dazu gehören:

- Neuprojektierung innovativer Gussprodukte
- Konzeption und Optimierung intelligenter Lösungen für Gieß- und Speisersysteme zur Produktivitätssteigerung und zur Minimierung von Ausschussraten
- Geometrie und werkstofftechnische Optimierung von Gussteilen
- Herstellung anspruchsvoller Prototypen und Kleinserien bis zum fertig bearbeiteten Bauteil im Sand- und Kokillenguss
- Schmelzversuche mit Sonderlegierungen
- Fehleranalyse und technische Beratung vor Ort
- Werkstoffprüfung
- Praxisschulungen

Für die Bearbeitung der Aufgaben nützt die GTA GmbH, für eine Dauer von 5 Jahren, die Infrastruktur des Gießereilabors der Hochschule Aalen. Zur Weiterbildung von Fachkräften aus der Konstruktion von Gussteilen, der Qualitätssicherung in Gießereien und aus dem Einkauf werden Praxisschulungen zu den Themen „Fertigungsgerechte Projektierung von Gussteilen aus Grau- und Sphäroguss“ und „Aluminiumgusslegierungen“ angeboten. Die Praxisschulungen vermitteln ein solides Grundwissen rund um die Herstellung moderner Gussprodukte.

Müssen Bildrechte angegeben werden oder gehören sie der Hochschule Aalen??