

Inhalt / Content

Neue Forschungsberichte New Research Reports:

- P 871 **Reibverhältnisse beim Presshärten / Tribological conditions within hot stamping**
- P 909 **Blasenfreie Nahtabdichtung von Falzklebungen / Bubble-free seam sealing of bonded hem flanges**
- P 923 **Verschleißschutzschichten aus Metall-Hartstoff-Pulvermischungen / Wear protection layers made of metal-ceramic powder mixture**
- P 948 **Leichtbau durch Innendrückwalzen / Lightweight design by internal flow-turning**
- P 972 **Optimierung des Scherschneidens / Optimisation of blanking process**
- P 1072 **Verbesserung der Umformbarkeit schergeschnittener Schnittflächen / Formability improvement of shear cut surfaces**
- P 1080 **konsistente Bauteilsicherheitsnachweise und schweißtechnische Prozessoptimierung / Consistent safety assessment and weld technology optimization**
- P 1086 **Modellierung hyperelastischer Klebverbindungen / Simulation of hyperelastic adhesive bonds**

• **Veranstaltungen / Events**

Editorial

Sehr geehrte Damen und Herren, liebe Leserinnen und Leser unserer BAF, ein ereignisreiches Jahr ist in der FOSTA zu Ende gegangen – das Jubiläumsjahr, wir haben ausführlich darüber in der BAF 01/2018 berichtet. Eine neue Homepage wurde aufgesetzt. Sie enthält vieles Wissenswertes rund um die FOSTA und deren Forschungsmanagement. Ein neuer Höhepunkt konnte im Einwerben von Fördermitteln erzielt werden – und auch das neue Jahr verspricht wieder turbulent zu werden – so geht es u.a. auch mit personellen Änderungen weiter. Mit dieser Ausgabe der BAF geben wir Ihnen wieder Einblick in die Arbeiten der FOSTA insbesondere zu neun abgeschlossenen Forschungsprojekten. Und wir schreiben schon an der nächsten Ausgabe, weil wir hier nicht alles unterbringen konnten. Studieren Sie diese Ausgabe und nutzen Sie die Ergebnisse für Ihre Arbeit.



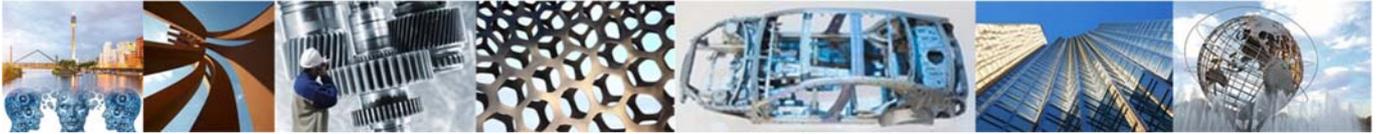
Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre.

Dear Ladies and Gentlemen, dear readers of our BAF, an eventful year at FOSTA has come to a close - the anniversary year, we covered it in detail in the BAF 01/2018. A new homepage has been set up. It includes a lot of interesting facts about FOSTA and its research management. A new highlight was achieved in the securing of funds - and also the new year promises to be turbulent again - amongst other things changes are to be made in the personnel area. Once again we are giving you an insight into the work of the FOSTA with this issue of the BAF, in particular on nine completed research projects and we have already begun writing on the next edition as we don't have the space for it here. Study this edition and use the results for your work.

Enjoy the reading

FOSTA Newsletter Anmeldung / registration:

www.stahlforschung.de/informationen/newsletter/anmeldung.html



FOSTA e. V. – Personelles / *personnel*

Der FOSTA e. V. rüstet sich für die Zukunft



Zum 01.11.2018 verstärkt Herr Dr. Christoph Keul das TEAM des FOSTA e. V.. Als Werkstoffingenieur wird er die werkstofftechnischen Aspekte weiterverfolgen, die bisher und noch bis Ende April 2019 vom jetzigen Geschäftsführer des FOSTA e. V., Dr. Wieland, vertreten werden. Dr. Keul soll u.a.

die Werkstoffgruppen Edelbaustahl, Werkzeugstahl und warmfeste Stähle stärken.

Dr. Keul arbeitete seit 2012 beim Stahlinstitut VDEh und war dort in der Werkstofftechnik verantwortlich für

die Fachausschüsse Legierte Baustähle, Schwere Schmiedestücke für die Energie- und Großgetriebe-technik, Werkzeugstähle sowie geschäftsführend für die Forschungsvereinigung Warmfeste Stähle und Hochtemperaturwerkstoffe (FVWHT). Er sammelte viel Erfahrung im Projektmanagement und im Ausrichten von nationalen und internationalen Veranstaltungen.

Seine Promotionsarbeit, erstellt am Institut für Eisenhüttenkunde der RWTH Aachen, beschäftigte sich mit dem Thema „Einstellung, Charakterisierung und Eigenschaften von bainitischen Mikrostrukturen in Schmiedestählen mit mittlerem Kohlenstoffgehalt“. 2012 wurde er für seine Leistungen mit dem „Otto-Kienzle-Preis“ des Industrieverbandes Massivumformung e. V. ausgezeichnet.

Neue Forschungsanträge - Bilanz 2018 des Kuratoriums der FOSTA

New research proposals - End result 2018 of Advisory Council of FOSTA

In zwei Sitzungen berieten die Gutachter der FOSTA über insgesamt 42 Neuanträge, 4 Skizzen und 1 Kurzstudie. Nach eingehenden Beratungen und Hinweisen auf Korrekturen und Ergänzungen wurden 24 Anträge zur Weiterleitung an Fördermittelgeber empfohlen und 18 Anträge abgelehnt. 2 vorgelegte Skizzen wurden zur Ausarbeitung eines vollständigen Antrages empfohlen. Die Kurzstudie wurde bewilligt.

In two sessions, the experts of FOSTA discussed a total of 42 new research proposals, 4 research ideas and 1 short study. After in-depth discussions and references to corrections and additions, 24 applications were recommended for forwarding to Grantor and 18 research proposals were rejected. 2 research ideas were recommended to draw up a complete research proposal. The short study was approved.

Neue Zusammenarbeit ab 01.03.2019 / New Cooperation from 01.03.2019

FOSTA-Forschungsberichte können als PDF-Version bezogen werden über /
 FOSTA-Research reports could be ordered as PDF-version via

<https://shop.stahldaten.de/produkt-kategorie/fostaberichte>

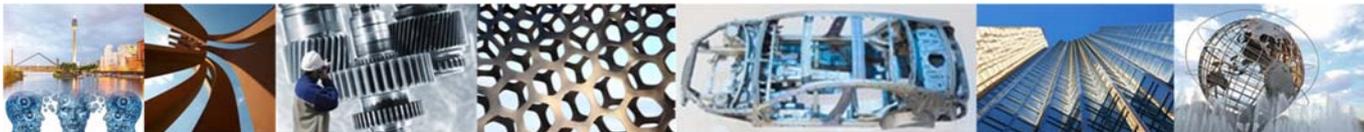


Alle FOSTA-Forschungsberichte können auch als Druckexemplar gegen Entrichtung einer Schutzgebühr bezogen werden von / All final reports could be ordered as a printed copy for a nominal charge at:



MATPLUS GmbH
 Hofaue 55 | D-42103 Wuppertal |
 (Deutschland-Germany)
 Fax. +49 (0)202 29 79 97 89
 info@matplus.de // www.matplus.de

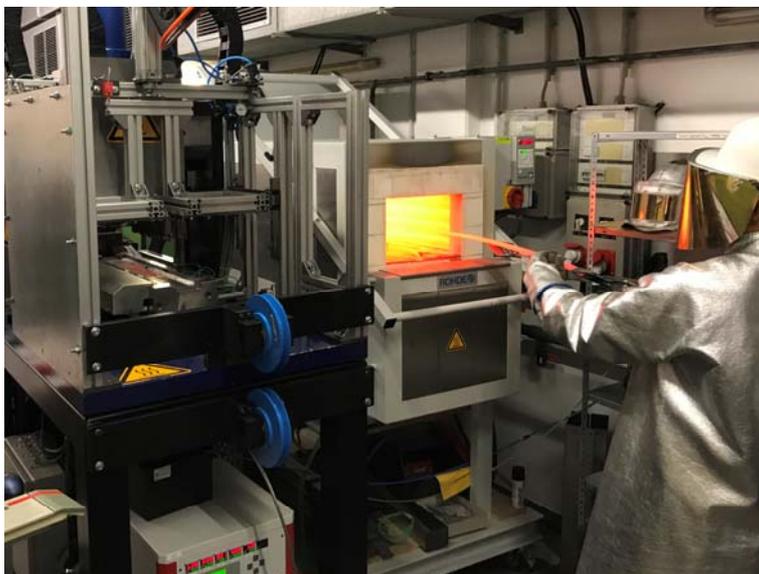




Neue Forschungsberichte

Charakterisierung der Reibverhältnisse beim Presshärten und partiellen Presshärten von höchstfesten Vergütungsstählen (P 871)

Im Zuge des Ansatzes, Leichtbau mit hoch- und höchstfesten Stahlwerkstoffen zu betreiben, hat sich Presshärten zu einem Standardverfahren für die Herstellung sicherheitsrelevanter Strukturbauteile etabliert. Die korrekte Prozessauslegung von Presshärteprozessen mit Hilfe der Finite-Elemente-Simulation (FE) erfordert genaue Kenntnisse der vorherrschenden tribologischen Bedingungen im Umformprozess. Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde eine Versuchsanlage zur Ermittlung der Reibverhältnisse unter Presshärtebedingungen entwickelt und aufgebaut. Das Ziel der Untersuchungen war, die Reibverhältnisse für das direkte und partielle Presshärten umfassend zu charakterisieren. Die Ergebnisse wurden mittels eines zeit- und ortsabhängigen numerischen Reibmodells in kommerzielle FE-Software integriert. Hierzu wurde im Projektzeitraum eine Warmstreifenziehmaschine konzipiert, aufgebaut und in Betrieb genommen. Durch einen beheizten Schlitten, der dem Transport des erwärmten Blechs dient, wird dabei sichergestellt, dass die Reibverhältnisse unter prozessnahen Bedingungen durch Messung der Ziehkraft am Blechstreifen und der Normalkraft an der Reibbacke ermittelt werden können. Anhand von Streifenziehversuchen wurden Reibzahlen in Abhängigkeit der Prozessparameter Werkzeug- und Werkstücktemperatur, Flächenpressung und Relativgeschwindigkeit ermittelt. Hierbei wurde nachgewiesen, dass ein Anstieg dieser Prozessparameter für AISi-beschichtete Bleche insgesamt zu einer Reduzierung der Reibzahl führt. Steigende Flächenpressungen und Relativgeschwindigkeiten resultieren für Bleche mit Zn-Beschichtung ebenfalls in einer reduzierten Reibung. Mit steigenden Temperaturen hingegen wurde eine erhöhte Reibung gemessen. Basierend auf den experimentellen Ergebnissen wurde ein Reibmodell entwickelt und in die FE-Software AutoForm implementiert. Das entwickelte Reibmodell wurde anschließend in einem ersten Schritt anhand einer Napfzuggeometrie im Laborversuch verifiziert. Im Anschluss an das Projekt soll das Modell von den Indust-



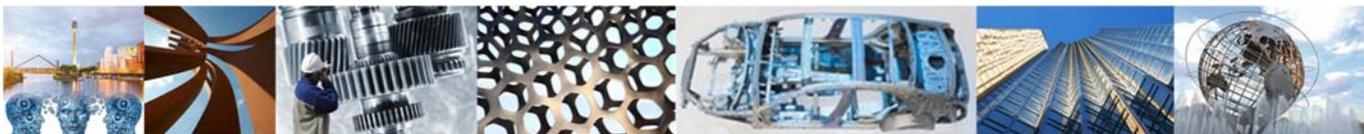
New Research Reports

Characterization and description of the tribological conditions within hot stamping and partial hot stamping of quenchenable ultra high strength Steels (P 871)

Due to the increasing importance of lightweight construction hot stamping has been established in the production of safety relevant components out of high strength steel. In order to enable an accurate process design of hot stamping processes by using finite-element-simulation (FE) a detailed knowledge of the prevailing tribological conditions is necessary. In this research project an experimental test rig was developed and built in order to analyze the frictional behavior in hot stamping processes. The aim of the project

was to characterize the tribological conditions for direct and partial hot stamping processes. The gained results were used for the development and the implementation of a time- and spatial dependent friction model in commercially used finite-element-software. For this purpose a strip drawing test rig for the determination of friction coefficients at elevated temperatures was designed, built and started up. A heatable slide for the transportation of the warm metal strip

ensures that the frictional behaviour can be investigated under close-to-process conditions. The friction coefficient is measured by the normal force at the friction jaw and the tension force at the metal strip. The relation between the friction coefficient and the process parameters tool and workpiece temperature as well as contact pressure and relative velocity have been investigated with strip drawing experiments. It has been shown that an increase of these process parameters leads to decreased friction coefficients for AISi-coated blanks. Rising contact pressures and relative velocities result in reduced friction for blanks with Zn coating, whereas higher temperatures cause increased friction. Based on the experimental results a friction model has been developed and implemented into the FE-Software AutoForm. The developed friction model has further been verified using a cup drawing geometry. In the future, the friction model shall be rated by the involved industry partners with the geometry of a serial component. The simulation of processes in hot forming and in particular partial hot stamping is clearly im-



riepartnern anhand der Geometrie eines Serienbauteils bewertet werden. Die Prozesssimulation in der Warmblechumformung, insbesondere beim partiellen Presshärten, wird durch das erweiterte Reibmodell deutlich verbessert. Dadurch kann die äußerst kosten- und zeitintensive Prozessauslegung einschließlich der Werkzeugeinarbeitung, insbesondere auch für KMUs, beschleunigt werden. Zudem kann eine gezielte Weiterentwicklung von Werkstoffen und Beschichtungen hinsichtlich tribologischer Eigenschaften durch die Stahlhersteller erfolgen.

Das Forschungsvorhaben wurde am Lehrstuhl für Fertigungstechnologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg mit fachlicher Begleitung und mit finanzieller Förderung durch die Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 100 Seiten.

Schutzgebühr: € 30,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-29-0

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

proved by the enhanced friction model. Thus, the extremely cost and time intensive process design including tool adjustment is accelerated especially for SMEs. Furthermore, a target-oriented development of materials and coatings concerning tribological conditions by steel producers is possible.



The research project was carried out at Lehrstuhl für Fertigungstechnologie, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg. FOSTA has accompanied funded the research project work.

The final report contains 100 pages.

Fee: € 30.00 incl. VAT plus mailing expenses

ISBN 978-3-946885-29-0.

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Komplementäres Konzept zur blasenfreien Nahtabdichtung von Falzklebungen (P 909)

Innen- und Außenteile automobiler Anbauteile wie Türen, Klappen und Hauben werden durch Falzkleben verbunden. Dabei können luftgefüllte Kavitäten innerhalb der Falzklebnaht entstehen, welche im weiteren Herstellungsprozess zu blasenförmigen Fehlstellen in der PVC-Nahtabdichtung führen. Die Nahtabdichtung befindet sich im Sichtbereich des Kunden, die Blasen stellen somit ein optisches Qualitätsproblem dar. Zusätzlich besteht die Gefahr, dass Fehlstellen im Laufe des Fahrzeuglebens durch mechanische Einflüsse zerstört werden. Hierdurch würde ein direkter Zugang von Elektrolyten in den Falz ermöglicht und es wäre kein zuverlässiger Korrosionsschutz für die Falznahtklebung gewährleistet. Daher müssen im Produktionsprozess entstandene Fehlstellen in der Nahtabdichtung aufwändig nachgearbeitet und beseitigt werden.

Um die Kosten für die Ausbesserungsarbeiten, die erhöhten Aufwendungen in der Qualitätssicherung sowie einen potentiellen Imageverlust im Falle eines schwerwiegenden Korrosionsproblems zu vermeiden, sind die Mechanismen der Fehlstellenentstehung und Maßnahmen zu deren Reduktion sowie die Erarbeitung einer blasenfreien Nahtabdichtung Forschungsgegenstand.

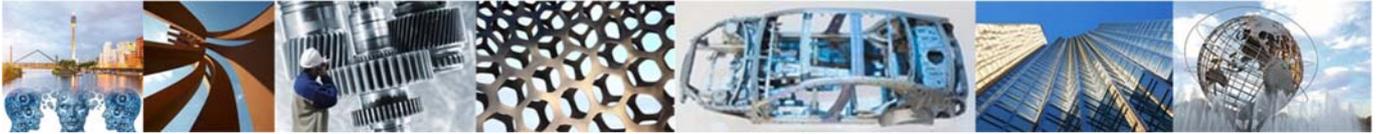
Ziel des Forschungsvorhabens war die Ausarbeitung technologischer Grundlagen zur industriellen Produktion blasenfreier Nahtabdichtungen auf Falzklebungen. Das Vorhaben beruht auf zwei komplementären Lö-

Complementary approach for the bubble-free seam sealing of bonded hem flanges (P 909)

Inner and outer panel of automobile doors, trunks and hoods are joined via hem flange bonding. Air-filled cavities can form within the bonded hem flange and this can lead to blisters forming in the PVC seam seal during the further manufacturing process. The seam seal is visible to customers and the blisters adversely affect the optical quality. There is also the risk that the defects are destroyed by mechanical effects during the vehicle lifetime. This would allow direct access of electrolytes into the flange, with effective corrosion protection for the bonded hem flange being no longer guaranteed. This is why any defects in the seam seal during the production process have to be repaired and this involves time-consuming and costly finishing work.

In order to avoid the costs for this finishing work, the greater amount of quality assurance, and possibly loss of reputation should serious corrosion issues arise, this research project is investigating the mechanisms of defect formation and measures to minimize such defects and produce a blister-free seam seal.

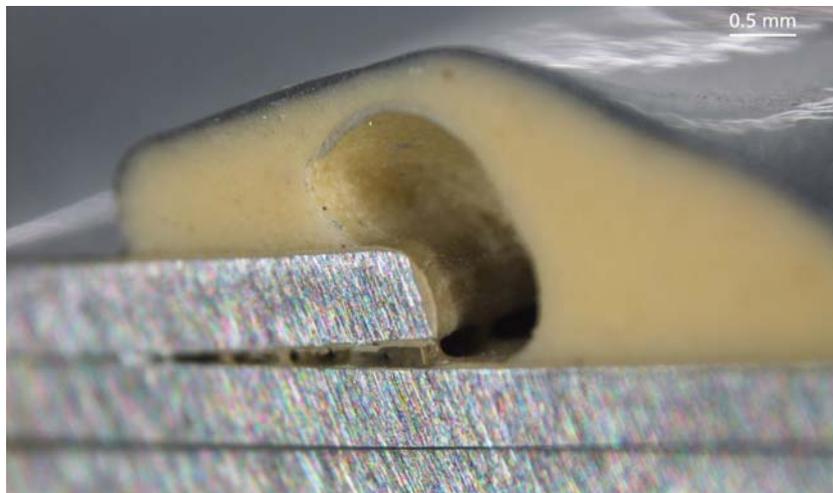
The objective of this project was to develop the technological basis for the industrial manufacture of blister-free bonded hem flanges. The project involved two complementary approaches: The minimization of cavities within the bonded hem flange, namely process optimization (minimization of the damage potential), and substitution of the defect-prone PVC plastisol by a blister-free seam sealant, namely material optimization



sungsansätzen: Der Reduzierung von Kavitäten innerhalb der Falznahtklebung auf dem Prozesspfad (Minimierung des Schädigungspotentials), sowie der Substitution des fehlstellenanfälligen PVC-Plastisols durch ein blasenfreies Nahtabdichtungs-Material auf dem Materialpfad (Erhöhung der Schädigungstoleranz).

Auf dem Materialpfad wurden vergleichende Tests alternativer NAD-Materialien durchgeführt, welche zur Qualifizierung eines MS-Polymers als potentielles PVC-Substitut führten. Im Rahmen des Prozesspfades wurden die Entstehung von Kavitäten sowie der Einfluss von Prozess- und Einzelteiltoleranzen auf den Füllgrad untersucht. Basierend auf diesen Erkenntnissen wurden detaillierte Handlungsempfehlungen zur Optimierung des Falzklebeprozesses und der Nahtabdichtung ausgearbeitet.

Das untersuchte Fügeverfahren Falzkleben wird sowohl in der Großserie, als auch bei der Produktion von Kleinserien und Einzelteilen eingesetzt. Mit der Integration der im Projekt erarbeiteten



Handlungsempfehlungen in die Serienprozesse wird die Prozesssicherheit beim Fügen von Stahlbauteilen mittels Falzkleben erhöht. Die Verhinderung der Blasen in der Nahtabdichtung bedeutet einen erheblichen wirtschaftlichen Nutzen für die Automobilindustrie und deren Zulieferer, da der Mehraufwand durch Nacharbeit sowie das Korrosionsrisiko verhindert werden.

Das IGF-Vorhaben 17266 BG der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, 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. Das Vorhaben wurde am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen und am Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Dresden, durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 218 Seiten. Schutzgebühr: € 40,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-37-5

Dipl.-Ing. Franz-Josef Heise

(enhancement of the damage tolerance).

Within the material optimization, comparative tests of alternative sealant materials were carried out, which led to the qualification of an MS polymer as a potential PVC substitute. Within the process optimization, the formation mechanism of cavities as well as the influence of process and component tolerances on the degree of filling of the hem flange were investigated. Based on these findings, detailed recommendations for the optimization of the hem flange bonding and seam sealing process were developed.

The investigated joining technique of hem flange bonding is used both in mass, as well as in the production of small batches and individual parts. With the integration of the recom-

mendations developed in the project in the series processes, the process increases security when joining steel components by means of hem flange bonding. The prevention of defects in the seam sealing means significant economic benefits for the automotive industry and its suppliers, as the higher costs

due to rework as well as the risk of corrosion can be prevented.



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

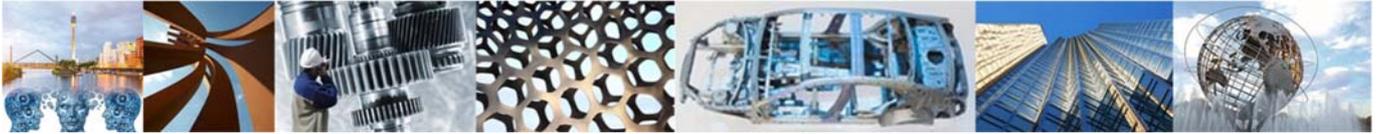


The research project (IGF-Nr. 17266 BG) was carried out at Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen and at Fraunhofer-Institut für

Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU), Dresden. FOSTA has accompanied the research project work and has organized the project funding from the Federal Ministry of Economics and Technology through the AiF as part of the programme for promoting industrial cooperation research (IGF) in accordance with a resolution of the German parliament.

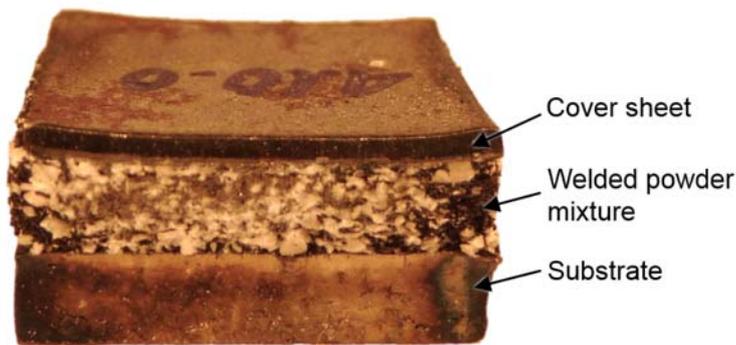
The final report contains 218 pages. Fee: € 40.00 incl. VAT plus mailing expenses ISBN 978-3-946885-37-5 .

Dipl.-Ing. Franz-Josef Heise



Aufbringen von Verschleißschuttschichten bis 5 mm Dicke aus Metall-Hartstoff-Pulvermischungen mittels Widerstandsschweißen (P 923)

Zum Schutz vor Verschleiß durch äußere Einflüsse werden Bauteile häufig mit schützenden Beschichtungen versehen. Bei metallischen Bauteilen, insbesondere bei starker mechanischer Belastung, geschieht dies häufig durch das Aufschweißen von Schichten mit entsprechend guten Verschleißseigenschaften, dem so genannten Panzern durch Auftragsschweißen. Üblicherweise kommen dabei lichtbogenbasierte Schweißprozesse, wie das Metall-Schutzgas-Schweißen (MSG) oder das Unterpulver-Schweißen (UP) zum Einsatz. Diese Verfahren besitzen den Nachteil einer relativ hohen Energieeinbringung und einer damit einhergehenden hohen thermischen Belastung für die verwendeten Werkstoffe. Im Bereich des zu schützenden Bauteils bedeutet das, dass der Einsatz von höherwertigen Stählen nicht unbedingt sinnvoll ist, da die z.T. aufwendig eingestellten Werkstoffeigenschaften durch die Wärmeeinbringung verschlechtert werden. Man greift somit auf einfachere Stahlsorten zurück, womit ein großes Leichtbaupotential verloren geht. Im Bereich der Beschichtungswerkstoffe können aufgrund der hohen Prozesstemperaturen lediglich die Hartstoffe zur Verbesserung der Verschleißbeständigkeit verwendet werden, die sich während des Auftragsschweißens nicht zersetzen. Solche Hartstoffe sind üblicherweise aber recht kostspielig. Im Rahmen dieses Vorhabens wurde das Verfahren des Auftragsschweißens mittels Widerstandsschweißen untersucht. Dabei wird mittels konduktiver Widerstandserwärmung eine Mischung aus Hartstoffpulver und einem Matrixpulver auf Eisenbasis zu einer geschlossenen Schicht verschweißt und gleichzeitig auf ein Substrat aufgetragen. Die im Vorhaben verwendeten preiswerten Hartstoffe sind neben Siliziumkarbid und Zirkonmullit hauptsächlich solche auf Basis von Aluminiumoxid. Als Matrixwerkstoffe kommen maßgeblich Eisenpulver sowie Gusseisenpulver zum Einsatz. Die erreichbaren Schichtdicken liegen bei ca. 3 mm und erreichen bei entsprechendem Verschleißmechanismus eine deutliche Erhöhung der Verschleißbeständigkeit. Durch einen mehrlagigen Aufbau der Auftragsschicht lassen sich größere Schichtdicken realisieren. Der Aufmischungsgrad liegt dabei weit unter denen von konventionellen Auftragsschweißverfahren, die Wärmeeinflusszone ist ebenfalls deutlich kleiner. In weiterführenden Untersuchungen sind die wei-



of this project, the method of surfacing by means of resistance welding has been investigated. Here, by means of conductive resistance heating, a mixture of hard materials powder and a matrix powder on iron basis were welded to a closed layer and, at the same time, applied to a substrate. The less expensive hard materials which have been used in the project are, besides silicon carbide and zirconia mullite, mainly materials based on aluminum oxide. The used matrix materials are mainly iron powder and also cast iron powder. The achievable layer thickness values are approximately 3 mm, with appropriate wear mechanisms they obtain a clear improvement of the wear resistance. With a multilayer build-up of the surfacing layer it is possible to obtain larger layer thickness. The degree of dilution is, here, far below that of conventional surfacing methods, the heat affected zone is also clearly smaller. In future research work, the further optimization of the wear properties, the development of continuous methods for the coating of larger areas and also the direct production of contoured areas are conceivable.

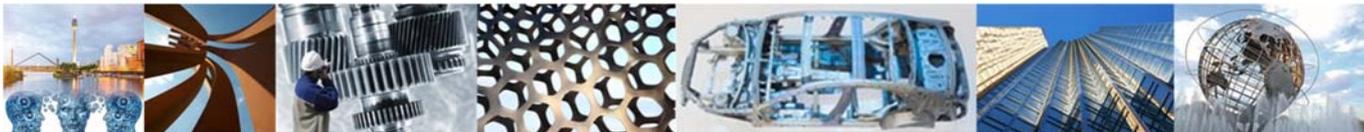
Disposition of wear protection layers with a thickness of up to 5 mm made of metal-ceramic powder mixture via resistance welding (P 923)

Components are often provided with protective coatings in order to protect them from wear caused by external influences. For metal parts, especially when they are subjected to strong mechanical loads, this is carried out by the welding-over of layers with respectively good wear properties, the so-called hard-surfacing by deposition welding. Normally, arc-based welding processes, as, for example, gas-metal arc welding (GMA) or submerged-arc welding (SA) are used. These methods have the disadvantage of a relatively high energy input and thus accompanying thermal load for the used materials. As far as the part which is to be protected is concerned this means that the use of higher-quality steels is not necessarily useful since the partially complex material properties will be deteriorated by the heat input. Therefore, it is referred to more simple steel qualities which, however, entail the loss of a high potential for lightweight construction. In the field of coating materials, only hard materials which do not disintegrate during surfacing are, due to the high process temperatures, used for the improvement of the wear resistance. These hard materials are, normally, very expensive.

Within the framework

of this project, the method of surfacing by means of resistance welding has been investigated. Here, by means of conductive resistance heating, a mixture of hard materials powder and a matrix powder on iron basis were welded to a closed layer and, at the same time, applied to a substrate. The less expensive hard materials which have been used in the project are, besides silicon carbide and zirconia mullite, mainly materials based on aluminum oxide. The used matrix materials are mainly iron powder and also cast iron powder. The achievable layer thickness values are approximately 3 mm, with appropriate wear mechanisms they obtain a clear improvement of the wear resistance. With a multilayer build-up of the surfacing layer it is possible to obtain larger layer thickness. The degree of dilution is, here, far below that of conventional surfacing methods, the heat affected zone is also clearly smaller. In future research work, the further optimization of the wear properties, the development of continuous methods for the coating of larger areas and also the direct production of contoured areas are conceivable.

The research project (IGF-Nr. 17421 N) was carried



Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. (FOSTA) / Berichte aus der Stahlanwendungsforschung
 Research Association for Steel Application (FOSTA) / Steel Application Research Reports

tere Optimierung der Verschleißigenschaften, die Entwicklung von kontinuierlichen Verfahren zum Beschichten größerer Flächen sowie die direkte Erzeugung konturierter Flächen denkbar.

Das IGF-Vorhaben 17421 N der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, 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. Das Vorhaben wurde vom Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der RWTH Aachen durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 163 Seiten.
 Schutzgebühr: € 30,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-15-3

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

IGF out at Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der RWTH Aachen. FOSTA has accompanied the research project work and has organized the project funding from

the Federal Ministry of Economics and Technology through the AiF as part of the programme for promoting industrial cooperation research (IGF) in accordance with a resolution of the German parliament.

The final report contains 163 pages.
 Fee: € 30.00 incl. VAT plus mailing expenses
 ISBN 978-3-946885-15-3.

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Herstellung innovativer Stahlhalbzeuge mit wanddicke- und festigkeitsveränderlichen Eigenschaften für den Leichtbau durch Innendruckwalzen (IDW) (P 948)

Leichtbaukonzepte sind bei Konstruktionen mit bewegten Massen wichtige Ansätze um die Bewegungsperformance und die Effizienz dieser Produkte zu optimieren. Insbesondere steigende Materialkosten und der (gesellschaftlich gewollte) verantwortungsvolle Umgang mit Ressourcen erfordern eine hohe Materialeffizienz bei der Konstruktion neuer Produkte. Beim Leichtbau basierend auf Stahllösungen, können diese Ziele nahezu ideal durch Verwendung von sog. „Tailored Produkten“ erreicht werden. Hier wird der Werkstoff im Bauteil durch definierte lokale Anpassung der mechanischen und geometrischen Eigenschaften an die Anforderungen optimal genutzt. Projiziert auf den Bereich der Stahlrohre und -profile begründet sich hiermit eine hohe Nachfrage hinsichtlich der Wanddickenkontur bzw. der lokalen Werkstoffeigenschaften angepasster Halbzeuge. Ziel des zugrundeliegenden Vorhabens war daher die Herstellung ebensolcher Rohre aus Stahlwerkstoffen mit Hilfe des Innendruckwalzens (IDW) technologisch zu untersuchen.

Im Vorhaben konnte nachgewiesen werden, dass mit dem IDW einzigartige und flexible Möglichkeiten zur Herstellung von wandstärkenveränderlichen (konturierten) Stahlrohren mit konstantem Außendurchmesser bzw. mit definiert konturierter Außenkontur bestehen. Wobei hervorzuheben ist, dass mit dem IDW hier beispielsweise lokale Wandstärkenreduktionen von bis zu 80% möglich sind. Dies macht den Einsatz von speziellen Prozessstrategien und Werkzeugsystemen erforderlich, die im Vorhaben - basierend auf entsprechenden grundlegenden Untersuchungen -

Internal Flow-Turning - An inovative process for the manufacture of semifinished steel products for lightweight design with avarying wall thickness and mechanical properties (P 948)

Lightweight construction concepts are key approaches to optimise the movement performance and efficiency of structures incorporating moved masses. Rising material costs and the responsible handling of resources (required by society) call for a high level of material efficiency when designing new products. In the case of lightweight construction based on steel solutions, these aims can be achieved in an almost ideal manner through the use of tailored products. Here, optimum use is made of the material in the part through defined local adaptation of the mechanical and geometric properties to the requirements. Projected onto the field of steel tubes and profiles, this gives rise to a high level of demand in respect of the wall thickness contour and the local material properties of adapted semi-finished products. The aim of the underlying research project was thus to investigate tubes of this kind in steel materials in technological terms with the aid of internal flow-turning (IFT).

It was proven in the project that IFT offers unique and flexible options for producing contoured steel tubes with a changing wall thickness together with a constant outside diameter or a specifically contoured outer contour. It should be stressed here that local reductions of up to 80% in wall thickness are possible with IFT. This makes it necessary to apply special process strategies and tool systems, and these were successfully developed in the project – on the basis of the corresponding fundamental investigations. The performance of IFT was also proven through the production of selected



erfolgreich entwickelt werden konnten. Die Leistungsfähigkeit des IDW konnte auch anhand der Fertigung von ausgesuchten Demonstratoren nachgewiesen werden. So konnte zum einen bei der Herstellung von IHU-Bauteilen für Abgasbehandlungsanlagen durch Einsatz spezieller wanddickenangepasster und durch das IDW gefertigter Halbzeuge ein großes Kosteneinsparpotenzial aufgezeigt werden. Damit konnte hier das erforderliche Halbzeuggewicht aus dem hochtemperaturfesten Edelstahl (1.4835) um 20 % im Vergleich zum Serienbauteil reduziert werden. Zum anderen konnten anhand der Fertigung von Lagersitzen an Rohren neben einer Materialersparnis durch die mit dem IDW mögliche Netshape Fertigung auch Zerspanungsprozesse und damit Kosten eingespart werden.

Das Ergebnis der Untersuchungen zeigt, dass das Innendrückwalzen ein besonderes Potential für die wirtschaftliche Herstellung von hochwertigen wandstärken- und eigenschaftsveränderlichen Halbzeugen bzw. bei der Bearbeitung von Bauteilen aus Stahl (mit ebensolchen Eigenschaften) als Basis für einen kosteneffizienten Leichtbau hat. Potentielle Anwendungsbereiche ergeben sich neben dem Fahrzeugbau insbesondere auch in der Luft- und Raumfahrttechnik, der Textilindustrie und natürlich dem allgemeinen Maschinenbau.

Das IGF-Vorhaben 17753 N der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, 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. Das Vorhaben wurde an der Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik der Universität Paderborn durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 150 Seiten.
 Schutzgebühr: € 30,00 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-25-2

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

demonstrators. Hence, it was possible to identify major cost-saving potential in the production of parts produced by internal high-pressure forming for exhaust gas treatment units through the use of specially produced semi-finished products with a suitably aligned wall thickness, manufactured by IFT. In this case, the necessary semi-finished product weight with high-temperature resistant stainless steel (1.4835) was reduced by 20% compared to the series produced part. In addition, through the production of bearing seats on tubes, it proved possible not only to save on material through net shape production with IFT but also to save on machining and thus achieve cost savings too.

The result of the investigations shows that internal flow-turning holds particular potential for the cost-efficient manufacture of high-quality semi-finished products with changeable wall thicknesses and properties, and also for processing parts in steel (with these same properties) as a basis for cost-efficient lightweight construction. Potential fields of application are to be found not only in automotive engineering but, in particular, in aerospace technology, the textile industry and, naturally, in general mechanical engineering.

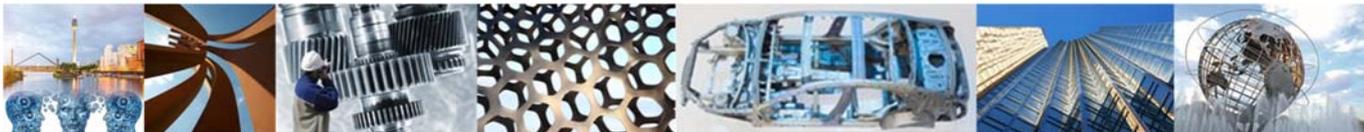


The research project (IGF -Nr. 17753 N) was carried out at der Fakultät für Maschinenbau, Lehrstuhl für Umformende und Spanende Fertigungstechnik at Universität Paderborn.

FOSTA has accompanied the research project work and has organized the project funding from the Federal Ministry of Economics and Technology through the AiF as part of the programme for promoting industrial cooperation research (IGF) in accordance with a resolution of the German parliament.

The final report contains 150 pages.
 Fee: € 30.00 incl. VAT plus mailing expenses
 ISBN 978-3-946885-25-2.

Dipl.-Ing. Rainer Salomon



Simulationsgestützte Optimierung des Scherschneidverfahrens zur Schädigungsminimierung an Schnittkanten von Feinblechen aus Dualphasen- und Complexphasenstählen (P 972)

Das Projektziel bestand darin, auf Basis numerischer Simulationen das konventionelle Scherschneidverfahren zur Erhöhung der Kantenumformbarkeit von Feinblechen aus hoch- und höherfesten DP- und CP-Stählen zu optimieren. Zur Erreichung des Ziels musste die durch das Scherschneiden hervorgerufene Schädigung im Schnittkantenbereich des Schnittteils minimiert werden. Basierend auf den Grundsätzen der Schädigungsmechanik sollte eine Schädigungsminimierung mithilfe folgender zweier Effekte erreicht werden: 1.) Durch eine Vorverfestigung des Schnittkantenbereichs des Schnittteils mittels einer Druckbeanspruchung vor dem Schneidvorgang, um eine Schädigung zu unterdrücken, 2.) durch eine Überlagerung von Druckspannungen im Schnittkantenbereich des Schnittteils während des Schneidvorgangs. Die im Projektantrag geplante Unterdrückung der im Raster-

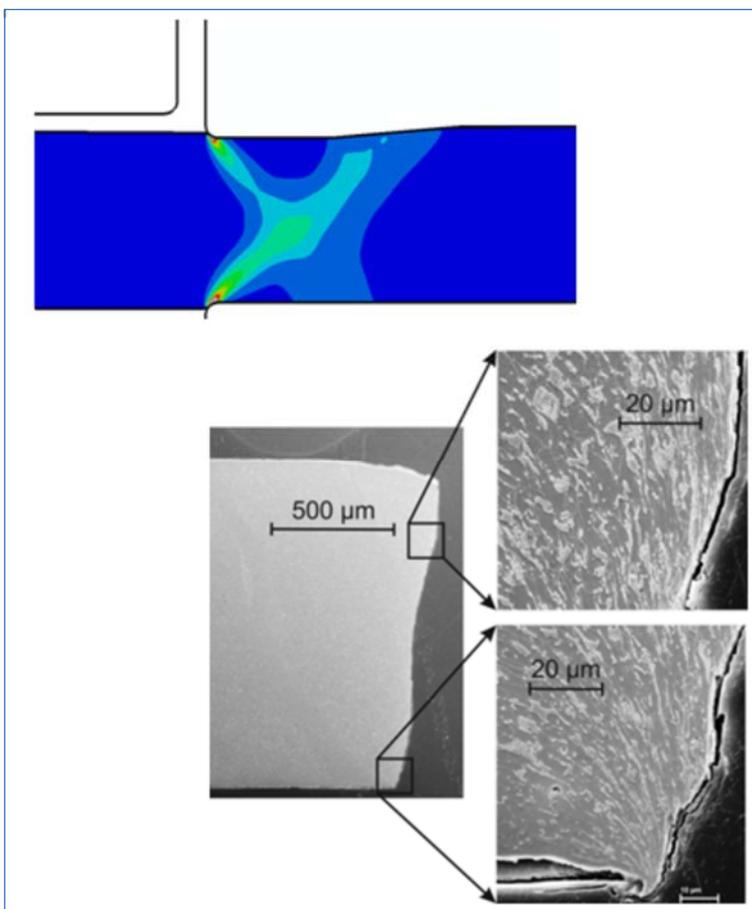
elektronenmikroskop sichtbaren Schädigung im Schnittkantenbereich in Form von Poren an Ferrit-Martensit-Grenzflächen wurde mithilfe des optimierten Scherschneidprozesses erreicht. Das Formänderungsvermögen der schergeschnittenen Kante scheint jedoch nicht ausschließlich durch das

Ausmaß dieser Schädigung bestimmt zu werden. Das Formänderungsvermögen der Scherschneidkante wird auch im optimierten Scherschneidprozess mit sehr geringen Niederhalterabsatzhöhen von nur 50 µm ausgeschöpft und fällt trotz der unterdrückten sichtbaren Schädigung im Vergleich zum konventionellen Scherschneidprozess um ca. 18 % geringer aus. Die deutliche Reduktion der Streuung der Kantenstreckung vom konventionellen Scherschneiden (Differenz zwischen der maximalen und minimalen technischen Kantenstreckung bis zum Versagen ca. 12 %) zum optimier-

FEA-assisted optimisation of blanking aimed at damage minimisation at cut edges of dual-phase and complex-phase steel sheets (P 972)

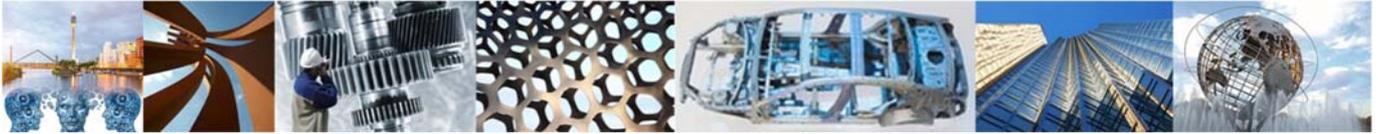
The objective of the project was an optimised blanking process, which leads to higher cut edge formability of thin DP and CP steel sheets in comparison to the conventional cutting process. To achieve the objective, the damage in the cut edge area induced by cutting had to be suppressed. The damage was to be suppressed based on the basic principles of damage mechanics with the help of the following two effects: 1) work-hardening of a small material volume at the future cut edge under compressive stresses prior to shearing, 2) maintaining of compressive stresses at the future cut edge during shearing. The planned suppression of

damage in the form of pores at ferrite-martensite interfaces, which is visible in the scanning electron microscope, was achieved with the help of the optimised process. However, the formability of the cut edge seems to be not exclusively defined by the degree of this damage. Even after the optimised cutting process with very low blank holder heel heights of only 50 µm, it is notably depleted and is approx. 18 % lower in comparison to the conventional cutting process despite the fact that the visible damage in the cutting edge area was suppressed. The clear reduction of scatter of the edge extension until fracture from the conventional cutting process (difference



between the maximum and minimum engineering edge extension until fracture of approx. 12%) to the optimised cutting process (the same parameter approx. 7%) can be considered as yet an advantage of the proposed optimised cutting processes.

In the future, it seems to be reasonable to investigate the influence of the punch velocity on pore initiation between ferrite and martensite at the cut edge, as in the frame of the project first indications were obtained, which hint to pore initiation in the dual-phase microstructure at high punch velocities only. Furthermore, it



ten Scherschneiden (Differenz zwischen der maximalen und minimalen technischen Kantenstreckung bis zum Versagen ca. 7 %) kann jedoch als Vorteil des optimierten Scherschneidprozesses betrachtet werden. In der Zukunft erscheint es sinnvoll, den Einfluss der Stempelgeschwindigkeit auf die Porenbildung zwischen Ferrit und Martensit im Schnittkantenbereich zu untersuchen. Sinnvoll wäre ebenfalls eine Untersuchung des Einflusses der Materialporosität im Schnittkantenbereich auf die Dauerfestigkeit der Scherschneidkante. Hierdurch könnte ein weiterer Vorteil des optimierten Scherschneidprozesses herausgestellt werden. In der Versagenscharakterisierung sollte die Natur der Schädigungsakkumulation bei negativen Spannungsdreihachsen untersucht werden, die mit ihrer höheren Rate im Bereich niedriger Umformgrade und niedriger Rate im Bereich hoher Umformgrade im Widerspruch zur aktuellen Vorstellung steht. Weiterhin sollte im Allgemeinen versucht werden, die Ausschöpfung des Formänderungsvermögens aufgrund plastischer Deformationen bei verschiedenen Spannungszuständen in Relation zu Materialveränderungen auf der Mikrostrukturebene zu bringen, um ein besseres Verständnis von Schädigungsmechanismen zu gewinnen, das die Voraussetzung für ihre genauere mathematische Modellierung ist. Zwecks einer besseren Abbildung des Scherschneidens mithilfe numerischer Simulationen bedarf es in der Zukunft einer genauen Ermittlung der Dehnraten- und Temperaturabhängigkeit des Materialverhaltens bei annähernd adiabatischen Bedingungen. Im Bereich der Versagensvorhersage in numerischen Simulationen auf der Mikrostrukturebene sind Verbesserungen bzgl. der Rechnungsstabilität bei hohen Umformgraden erforderlich.

Das IGF-Vorhaben 17587 N des FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, 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. Das Vorhaben wurde an der Gottfried Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover, Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 107 Seiten.

Schutzgebühr: € 30,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-28-3

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

would be also reasonable to study the influence of material porosity in the cut edge area on the fatigue life of the cut edge. With that, another advantage of the optimised cutting process could be determined. In the area of material characterisation, the nature of damage accumulation at negative stress triaxialities could be looked at, which goes against the currently common assumption with its higher rate at low plastic strains and lower rate at higher plastic strains. Furthermore, the depletion of the material formability due to plastic deformation at various stress states should be more closely related to material changes on the microstructure level, for a better understanding of damage mechanisms be obtained, which is a prerequisite for their accurate mathematical modelling. For a more accurate numerical simulation of sheet metal cutting, an accurate determination of the strain rate and temperature dependence of material behaviour is required at approximately adiabatic conditions. With this data taken from the literature, the quality of the numerical analysis of cutting still remains insufficient. For fracture prediction in numerical simulations of multiphase materials on the microstructure level, improvements regarding computation stability at high plastic strains are necessary.



IGF The research project (IGF-Nr. 17587 N) was carried out at Gottfried Wilhelm-Leibniz-Universität Hannover, Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen. FOSTA has accompanied the research project work and has organized the project funding from the Federal Ministry of Economics and Technology through the AiF as part of the programme for promoting industrial cooperation research (IGF) in accordance with a resolution of the German parliament.

The final report contains 107 pages.
 Fee: € 30.00 incl. VAT plus mailing expenses
 ISBN 978-3-946885-28-3.

Dipl.-Ing. Rainer Salomon



**19. FOSTA - Studierenden Wettbewerb
 Stahl fliegt! 2019**
25. und 26. Juni 2019, Messe Düsseldorf
<https://www.stahlforschung.de/informationen/veranstaltungen.html>





Verbesserung der Umformbarkeit schergeschnittener Schnittflächen von Eisen-Mangan-Blechen durch optimierte Schneidparameter (P 1072)

Steigende Kundenanforderungen und erschwerte globale Wettbewerbsbedingungen stellen Fertigungsunternehmen vor immer größere Herausforderungen. Um diese zu lösen, müssen bekannte und neue Fertigungsverfahren mit unterschiedlichsten Werkstoffen kombiniert werden. Um Gewichts- und Volumeneinsparungen im Endprodukt erreichen zu können, werden unter anderem hoch- und höchstfeste Stähle eingesetzt. Der vermehrte Einsatz moderner Werkstoffe wie z. B. hochfeste Stahlblechwerkstoffe stellt neue Herausforderungen an einen stabilen Verarbeitungsprozess der Halbzeuge. Eine dieser Herausforderungen ist dabei die Kantenrissempfindlichkeit.

Durch den Trennprozess beim Scherschneiden wird das Gefüge des Materials in der Schereinflusszone als Folge lokaler Umformungen erheblich beeinflusst (Lange 1990; Doege und Behrens 2010). Die deformierte Schereinflusszone erstreckt sich je nach Blechwerkstoff und Schneidparameter bis einige Zehntel-Millimeter ausgehend von der geschnittenen Oberfläche in das Grundmaterial hinein. Dies hat eine Reduzierung des Restumformvermögens der Schereinflusszone zur Folge (Gläsner et al. 2013).

In der Regel werden schergeschnittene Kanten in den folgenden Prozessschritten weiter beansprucht, wenn Platinen umgeformt oder beispielsweise Flansche abgestellt oder geschnittene Löcher aufgeweitet werden. Schnittflächen werden dabei mit einem ebenen Dehnungs- und annähernd einachsigem Spannungszustand beaufschlagt. Vor allem beim Einsatz von mehrphasigen hoch- und höherfesten Stahlwerkstoffen ist zu beobachten, dass vermehrt bei Abstell- bzw. Aufweitvorgängen Risse ausgehend von schergeschnittenen Kanten, auftreten (Held et al. 2010; Kardes und Altan 2008). Diese werden als sogenannte Kantenrisse (Abbildung 1-1) bezeichnet. Die Rissentstehung wird dabei von einer Vielzahl von Faktoren beeinflusst. Zur Bestimmung der Kantenrissempfindlichkeit eines

Formability improvement of shear cut surfaces of iron-manganese sheet metal by optimized cutting parameters (P 1072)

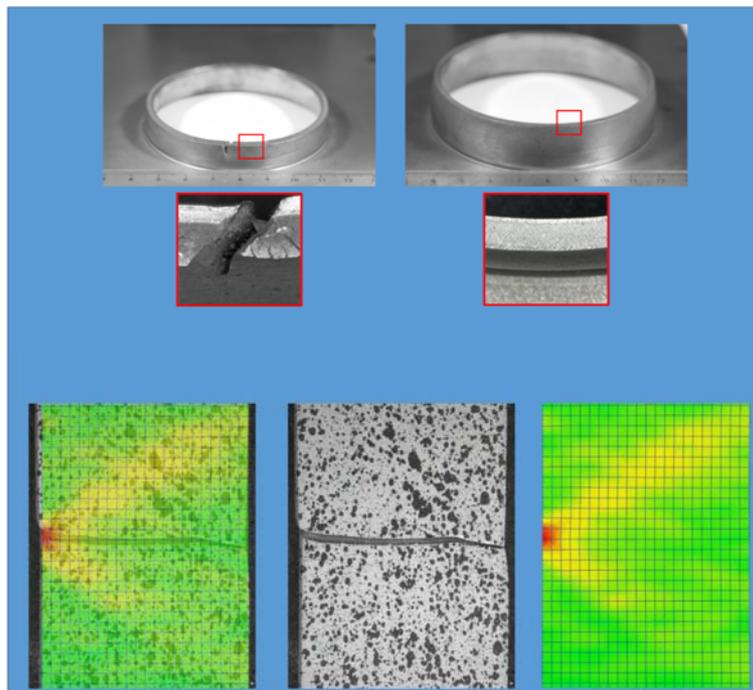
Increasing customer requirements and harsher global competition have created ever-growing challenges for manufacturing companies. In order to approach these problems, it is necessary to combine established and new manufacturing processes with a wide variety of materials. High-tech materials, such as high-strength and ultra-high-strength steels, are used to achieve weight and volume reduction in the final product. But these high-strength materials also present new challenges to the stable manufacturing process of pre-products, such as a rising edge-crack sensitivity.

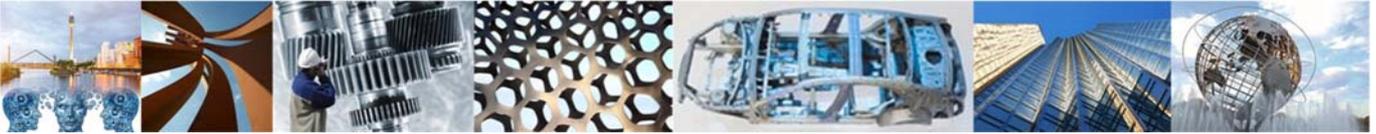
During the shear cutting process, the structure of the material in the shear cutting zone is significantly influenced as a result of local deformations (Lange 1990; Doege und Behrens 2010). The deformed shear zone extends to several tenths of a millimeter from the cut surface into the base material, depending on the sheet material and cutting parameters.

This results in a reduction in the residual forming capacity of the shear influence zone (Gläsner et al. 2013).

Shear cut edges are generally further stressed in subsequent processing steps, such as the formation of flanges and the expansion of cut holes. Here, the cut surfaces are subjected to two-dimensional strain and approximately uniaxial stress. Particularly during the forming and expansion processes of multi-phase high-strength and ultra-high-strength steel materials, cracks originating from shear cut edges occur more frequently (Held et al. 2010; Kardes und Altan 2008). The formation of those so-called edge cracks (Figure 1-1) is influenced by many factors. Various test methods can be used to determine the edge crack sensitivity of a material.

In addition to the only standardized test procedure, the hole expansion test according to ISO 16630, the following methods were used to characterize the edge crack sensitivity of high-manganese steels as well as dual-phase steels in the research project:





Werkstoffe können verschiedene Prüfverfahren herangezogen werden.

Neben dem einzigen genormten Prüfverfahren dem sog. Lochaufweitungsversuch nach ISO 16630, wurden nachfolgende Verfahren zur Charakterisierung der Kantennachgiebigkeit hochmanganhaltiger Stähle sowie eines Dualphasenstahls im Forschungsprojekt herangezogen:

- Lochaufweitungsversuch mit Nakajimastempel
- Kragenzugversuch
- Diaboloversuch
- Edge-Fracture-Tensile-Test

Durch eine regelmäßige Abstimmung des Vorgehens mit dem projektbegleitenden Ausschuss konnten die Forschungsziele erreicht und ein neuartiges Kantennachgiebigkeitsprüfverfahren verifiziert und validiert werden. Das Ziel des Forschungsvorhabens wurde somit erreicht.

Das Forschungsvorhaben wurde am Lehrstuhl für Umformtechnik und Gießereiwesen der Technischen Universität München mit fachlicher Begleitung und mit finanzieller Förderung durch die Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, aus Mitteln der Stiftung Stahlanwendungsforschung, Essen, durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 231 Seiten.
 Schutzgebühr: € 40,00 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-35-1

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

- Hole expansion test with Nakajima die
- Collar forming test
- Diabolo test
- Edge-Fracture-Tensile-Test

Close coordination with the committee accompanying the project not only allowed for achieving the research objectives, but also verifying and validating a novel edge crack test method. The goal of the research project was fulfilled.



The research project was carried out at Umformtechnik und Gießereiwesen der Technischen Universität München. FOSTA has accompanied the research work and has organized the project funding from the Foundation of Steel Application Research, Essen.

The final report contains 231 pages.

Fee: € 40.00 incl. VAT plus mailing expenses
 ISBN 978-3-946885-35-1.

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Erweiterung des Werkstoff- und Verarbeitungsspektrums im Windenergieanlagenbau durch konsistente Bauteilsicherheitsnachweise und schweißtechnische Prozessoptimierung (P 1080)

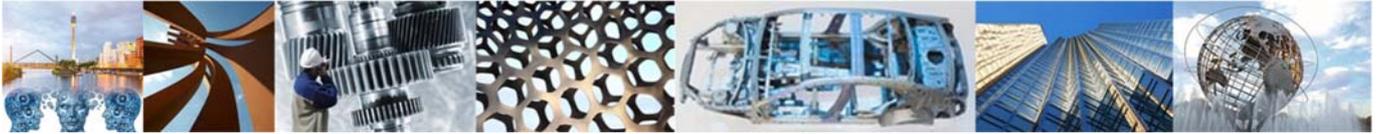
Die Motivation des Projekts entsprang der Tatsache, dass Schweißnähte für Windenergieanlagen derzeit überwiegend im Unterpulververfahren hergestellt werden, obwohl das Elektronenstrahlschweißen für große Blechdicken, wie sie in solchen Anlagen auftreten, wesentlich besser geeignet ist.

Das Ziel des vorgestellten Projekts war daher, die notwendigen Maßnahmen zu erarbeiten, damit das EB-Schweißen in Zukunft in Offshore-Windenergieanlagen eingesetzt werden kann. Um dies zu erreichen wurden drei Forschungsschwerpunkte verfolgt. Untersucht wurde, wie durch metallurgische und prozesstechnische Maßnahmen ein verbessertes Zähigkeitsangebot von EB-Schweißnähten bereitgestellt werden kann. Um die notwendigen Zähigkeitsanforderungen besser

Enhancement of material and processing spectrum in wind energy plant construction by applying consistent safety assessment and weld technology optimization (P 1080)

The motivation of the project originates from the fact that weld seams for wind turbines are currently mainly produced in the submerged arc welding process, although electron beam welding (EB) is considerably more suitable for large wall thicknesses, which are typical for these constructions.

The presented project therefore aimed at developing the required measures to ensure that EB welding could be used in offshore wind turbines in the future. To achieve this, three main aspects were considered. It was investigated how the toughness of EB welds could be improved by an optimised metallurgy or a better process design. Additionally, new damage mechanics models were developed to better define the necessary toughness requirements. This might be achieved by simulating Charpy impact tests as well as components



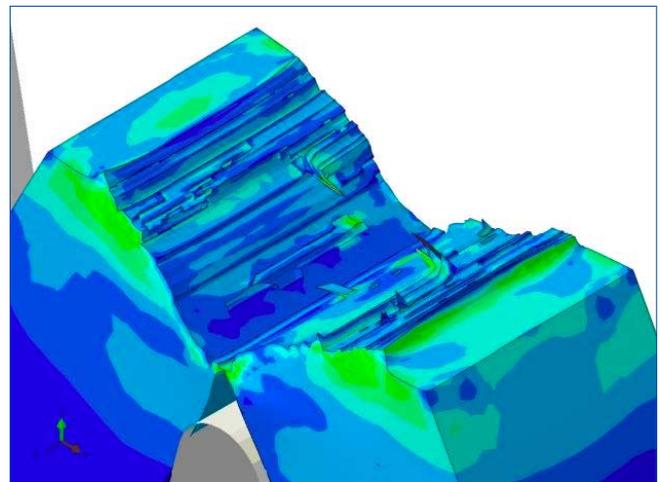
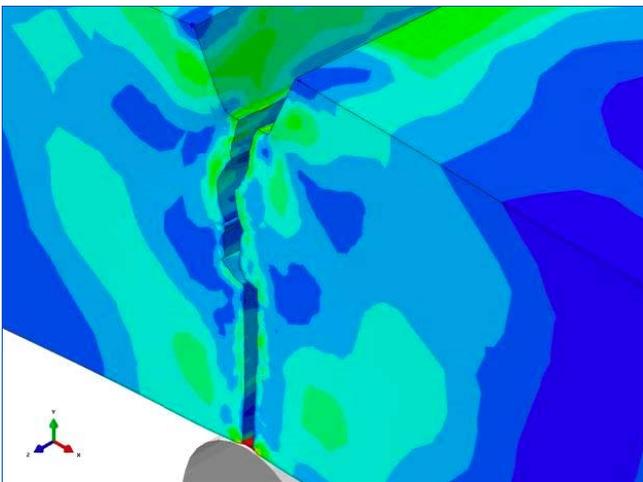
definieren zu können, wurden außerdem schädigungsmechanische Modelle weiterentwickelt, um durch die Simulationen von Kerbschlagbiegeversuchen und Bauteile gezielt die benötigte Zähigkeit ableiten zu können. Der dritte Untersuchungsschwerpunkt resultierte aus der Motivation, die Zähigkeitsanforderungen nicht für die gesamte Lebensdauer einer Windenergieanlage zu definieren, sondern durch die Definition gezielter Inspektions- und Reparaturintervalle eine gesteigerte Materialausnutzung mit dem sicheren Betrieb zu verbinden. Dies stellt insbesondere für schwer zugängliche Offshore-Windenergieanlagen einen attraktiven innovativen Ansatz dar, um die Herstellung und den Betrieb der Anlagen effizienter zu gestalten.

Die Untersuchungen zur Verbesserung der Zähigkeitseigenschaften verdeutlichten, dass die chemische Zusammensetzung der Grundwerkstoffe für die Nahther-

with the help of damage mechanics.

The third research aspect resulted from the motivation to define the toughness requirements not for the entire service life of a wind turbine, but to combine increased material utilisation with safe operation by defining tailored inspection and repair intervals. This is an attractive, innovative approach to make the production and operation of wind turbines more efficient, especially for offshore wind turbines that are difficult to access.

Investigations to improve the toughness properties showed that the chemical composition of the base materials is irrelevant for seam production during welding when using sufficient energy. Yet, that it has a significant influence on the mechanical properties of the joint. A positive influence on the toughness properties was achieved by adding aluminium oxide or aluminium strip as filler materials.



stellung beim Schweißen mit Leistungsüberschuss irrelevant ist, jedoch die mechanischen Eigenschaften der Verbindung deutlich beeinflusst. Ein deutlich positiver Einfluss auf die Zähigkeitseigenschaften wurde durch die Zugabe von Aluminiumoxid oder Aluminiumband als Zusatzwerkstoff erreicht.

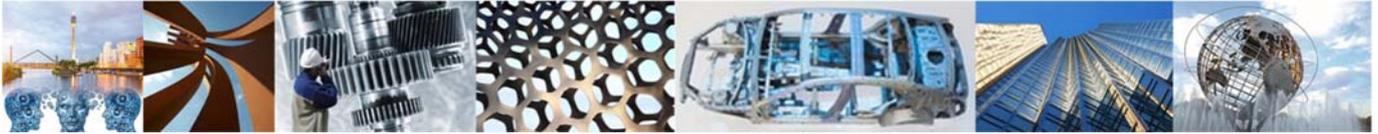
Die schädigungsmechanischen Untersuchungen konnten erfolgreich ein lokales, probabilistisches, spannungszustandsabhängiges Spaltbruchkriterium etablieren. Die probabilistische Beschreibung des Versagensverhaltens beruht hierbei auf Weibull-Verteilungen. Das Modell wurde an Kerbschlagbiegeversuchen im unteren Übergangsbereich validiert. Es kann in Kombination mit duktilen Versagenskriterien zur Ableitung von Zähigkeitsanforderungen eingesetzt werden.

Die bruchmechanischen Betrachtungen erfolgten anhand der simulierten Belastung einer 3-MW Onshore WEA unter verschiedensten Situationen im Lebenszyklus der Anlage. FE-Berechnungen zur Quantifizierung des durch die Flanschgeometrie entstehenden Krepelmoments führten zu plausiblen Ergebnissen der Spannungsverteilung im Nahtquerschnitt. Die Rissfortschrittseigenschaften der EB-Schweißnaht wurden

The damage mechanics investigations have successfully established a local, probabilistic, stress condition-dependent cleavage fracture criterion. The probabilistic description of failure behaviour is based on Weibull distributions. The model was validated on notched bar impact tests in the lower transition area. It can be used in combination with ductile failure criteria to derive toughness requirements.

The fracture mechanics investigations were carried out based on the simulated load of a 3 MW onshore wind turbine considering various situations in the life cycle of the plant. FE calculations to quantify the moment caused by the flange geometry led to plausible results of the stress distribution in the weld cross-section. The crack propagation properties of the EB weld seam were defined based on the properties investigated in large-scale tensile tests. It was shown that the chosen approach is suitable for defining inspection intervals. Initial results indicate good properties of the EB welds for these applications.

The three aspects of investigation have provided the necessary knowledge and methodologies to promote the use of EB-welded joints in wind turbines. However,



dabei anhand der in Großzugversuchen untersuchten Eigenschaften definiert. Es konnte gezeigt werden, dass der gewählte Ansatz geeignet ist, um Inspektionsintervalle zu definieren. Erste Ergebnisse deuten auf gute Eigenschaften der EB-Schweißnähte für diese Anwendungen hin.

Die drei Forschungsschwerpunkte haben das notwendige Wissen sowie die notwendigen Methodiken bereitgestellt, um den Einsatz von EB-Schweißverbindungen in Windenergieanlagen zu befördern. Aufgrund nicht öffentlicher zugänglicher Daten über die Betriebslasten von Offshore-Windenergieanlagen konnte keine Ableitung konkreter Zähigkeitsanforderungen und Inspektionsintervalle erfolgen. Diese sollten in Zusammenarbeit mit Herstellern, Auslegern und Betreibern solcher Anlagen erarbeitet werden.

Das IGF-Projekt Nr. 18460 N, der Forschungsvereinigung Stahlanwendung 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. Das Vorhaben wurde gemeinschaftlich vom Institut für Eisenhüttenkunde, vom Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik und vom Institut für Stahlbau der RWTH Aachen, durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 249 Seiten.

Schutzgebühr: € 40,00 inkl. MwSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-38-2 .

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

it was not possible to derive specific toughness requirements and inspection intervals due to a lack of publicly available data on the operating loads of offshore wind turbines.



Such requirements should be developed in cooperation with manufacturers, booms and operators of such systems.

The research project (IGF-Nr. 18460 N) was carried out at Institut für Eisenhüttenkunde, vom Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik und vom Institut für Stahlbau der RWTH Aachen. FOSTA has accompanied the research project work and has organized the project funding from the Federal Ministry of Economics and Technology through the AiF as part of the programme for promoting industrial cooperation research (IGF) in accordance with a resolution of the German parliament.

The final report contains 249 pages.

Fee: € 40.00 incl. VAT plus mailing expenses
 ISBN 978-3-946885-38-2 .

Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Numerische Modellierung und Kennwertermittlung für das Versagensverhalten hyperelastischer Klebverbindungen (P 1086)

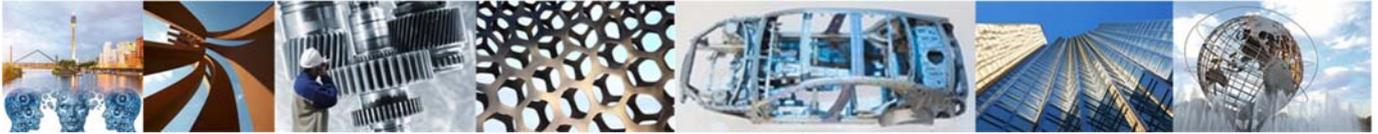
Im Bereich der Mobilität spielt die Mischbau-Modulbauweise eine große Rolle. Die Verwendung innovativer Werkstoffkombinationen, wie z. B. Stahl-Aluminium, Stahl-FVK etc. ermöglicht eine Gewichtersparnis gegenüber bisherigen Konstruktionen und damit eine Verbrauchs- und Emissionsreduzierung der Fahrzeuge. Die einzelnen Module, die zunehmend aus Leichtmetallen und/ oder FVK hergestellt werden, werden an die Fahrzeugstruktur aus Stahl im Rahmen des Montageprozesses mit kalt härtenden elastischen und semistrukturellen Klebstoffen angebunden.

Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Entwicklung einer robusten numerischen Simulations- und Prüfmethode zur Auswahl geeigneter Klebstoffe für die optimale Auslegung von Montageklebverbindungen. Zur

Numerical modeling and parameter identification for failure behaviour of hyperelastic adhesive bonds (P 1086)

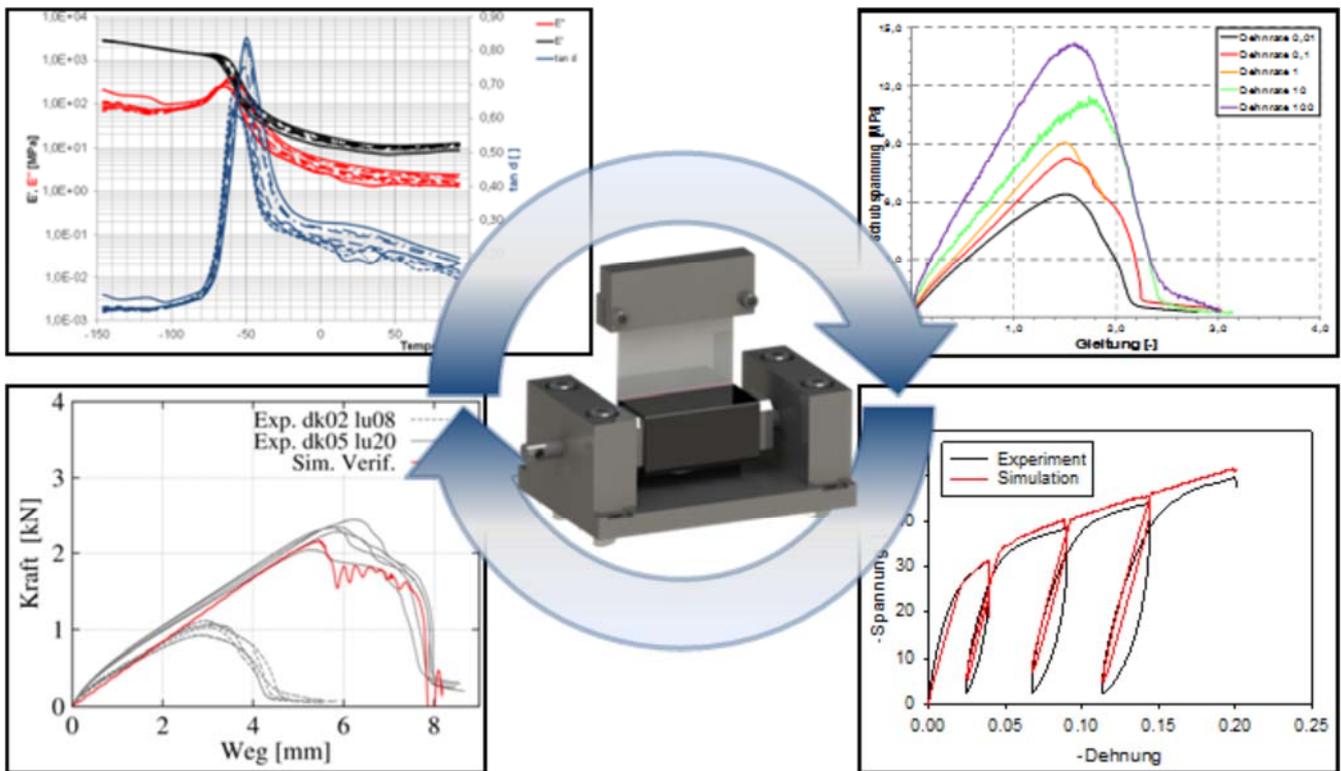
In the field of mobility, the modular construction method plays a major role. The use of innovative material combinations, such as steel-aluminium, steel-FRP etc. enables a weight saving over previous designs and thus a reduction in fuel consumption and emissions of the vehicles. To bond the individual modules, which are increasingly made of light alloys and/ or FRP, to the vehicle structure from steel, cold-curing elastic and semi-structural adhesives are used in the assembly process.

The aim of the research project is the development of a robust numerical simulation and test method for the selection of suitable adhesives for the optimal design of assembly adhesive joints. To calculate the mechanical behaviour of bonded joints, the hyperelasticity the-



Berechnung des mechanischen Verhaltens von Montageklebverbindungen wurde die Hyperelastizitätstheorie mit drei unterschiedlichen Berechnungsverfahren für das Versagen kombiniert. Am experimentellen Befund des elastischen und des postkritischen Verhaltens zeigte sich, dass das elastische Verhalten mit dem MOONEY-RIVLIN-Modell beschrieben werden kann. Das Versagen wurde mit einem bruchmechanischen und einem schädigungsmechanischen Ansatz sowie mit einem Ansatz, der auf der Begrenzung der Formänderungsenergie basierte, beschrieben. Alle

ory was combined with three different calculation methods for failure. The experimental findings of elastic and postcritical behaviour exhibited that the elastic behavior can be described with the MOONEY-RIVLIN model. Failure was described using a fracture mechanics approach and a damage mechanical approach as well as the energy limiter method. All model parameters were identified by basic tests under simple tensile, simple shear, and constraint tension loading. Finally, all three approaches were validated by calculating two technological and a component-like specimen and



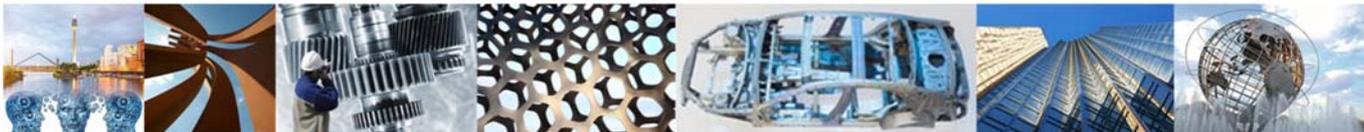
Modellparameter wurden an einfachen Grundversuchen identifiziert, bei denen der Klebstoff einfachem Zug, einfachem Schub sowie querdehnungsbehindertem Zug ausgesetzt wurde. Abschließend wurden alle drei Ansätze validiert, indem zwei technologische und eine bauteilähnliche Probe berechnet und die Ergebnisse mit Versuchsdaten verglichen wurden. Der Fortschritt der entwickelten Berechnungsmethoden gegenüber dem Stand der Technik wurde gezeigt, indem alle Berechnungen nicht nur mit Versuchen, sondern auch mit Berechnungsergebnissen verglichen wurden, die mit dem kommerziell verfügbaren *MAT181 erzielt wurden.

Proben aus dem Klebstoff mit einer hohen Glasübergangstemperatur wurden in Zug- und Druckversuchen bei verschiedenen Dehnraten sowie statischer und zyklischer Belastung untersucht, um das stark ratenabhängige Verhalten nahe dem Glasübergang zu erfassen. Zwei neue Modelle wurden aufgestellt, die Viskoelastizität und Viskoplastizität berücksichtigen

comparing the results with according experimental data. The progress of the developed calculation methods regarding the state of the art was shown by comparing all computed results not only with experiments but also with calculation results that can be achieved with the commercially available *MAT181.

The adhesive with a high glass transition temperature was observed in tensile and compressive tests at various strain rates and under static and cyclic loads in order to investigate the rate dependend behavior in the vicinity of the glass transition. Two models have been developed which consider viscoelasticity and viscoplasticity. They describe the material behavior under monotonous as well as cyclic loads.

The characterization of the adhesive with a low glass transition temperature used tests on tensile, compressive, thick adherend lap shear, angle, trouser, and butt joint specimens. A new hyperelastic material model was developed and combined with viscoelasticity which yielded a significant improvement compared to



und das Materialverhalten sowohl unter monotoner Belastung als auch unter zyklischer Be-/Entlastung beschreiben.

Bei der Charakterisierung mit einer niedrigen Glasübergangstemperatur wurden neben Zug- und Druckversuchen Experimente an dicken Zugscher-, Planarzug-, Winkel-, Streifen- und Kopfzugproben eingesetzt. Zur Beschreibung seines Materialverhaltens wurde ein hyperelastisches Modell entwickelt und mit Viskoelastizität kombiniert, durch das eine deutliche Verbesserung gegenüber herkömmlichen Modellen erzielt wurde. Zur Parameteridentifikation genühten vier Experimente. Die Vorhersagen des Modells wurden in vielfältigen Versuchen mit unterschiedlichen Dehnraten validiert.

Das IGF-Vorhaben 18716 N der FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf, 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. Das Vorhaben wurde am Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik der Universität Paderborn, dem Institut für Mechanik, Fachgebiet Numerische Mechanik der Universität Kassel und am Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen, durchgeführt.

Der Abschlussbericht umfasst 324 Seiten.
 Schutzgebühr: € 50,00 inkl. MWSt. zzgl. Versandkosten, ISBN 978-3-946885-36-8.

Dipl.-Ing. Franz-Josef Heise

established hyperelastic models. Four experiments are sufficient for parameter identification. The model was validated using various experiments at different test velocities.



IGF The research project (IGF-Nr. 18716 N) was carried out at Laboratorium für Werkstoff- und Fügetechnik der Universität Paderborn, at Institut für Mechanik, Fachgebiet Numerische Mechanik, der Universität Kassel and at Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM), Bremen. FOSTA has accompanied the research project work and has organized the project funding from the Federal Ministry of Economics and Technology through the AiF as part of the programme for promoting industrial cooperation research (IGF) in accordance with a resolution of the German parliament.

The final report contains 324 pages.
 Fee: € 50.00 incl. VAT plus mailing expenses
 ISBN 978-3-946885-36-8

Dipl.-Ing. Franz-Josef Heise

Werden Sie Mitglied im FOSTA e.V.

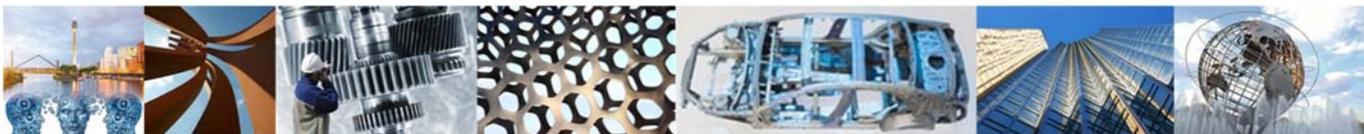
Wir unterstützen Sie bei vielen Aktionen in Zusammenhang mit vorwettbewerblicher und gemeinnütziger Forschung:

- Projektierung von Forschungsvorhaben
- Vermittlung von Fördermitteln
- Beratung bei der formalen Gestaltung von Anträgen auf Forschungsförderung
- Zusammenführung von Experten aus der Industrie und Forschungseinrichtungen zu interdisziplinären projektbegleitenden Ausschüssen
- Neutrale Koordination der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Sinne des angestrebten Forschungsziels
- Transfermaßnahmen zur Verbreitung der Forschungsergebnisse
- Informationen über anstehende Forschungsanträge, bewilligte und abgeschlossene Projekte

Ihr Ansprechpartner: Dipl.-Ing. Rainer Salomon

Tel.: +49 211 6707 -5853 • rainer.salomon@stahlforschung.de





Abschlussveranstaltung des IGF-Forschungsverbundes

„Massiver Leichtbau - Innovationsnetzwerk für Technologiefortschritt in Bauteil-, Prozess- und Werkstoff-Design für massivumgeformte Bauteile der Automobiltechnik“

Nach mehr als drei Jahren intensiver Forschungsarbeit wurden am 11.10.2018 in Düsseldorf bei der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA) die Ergebnisse des IGF-Forschungsverbundes „Massiver Leichtbau“ in einer eintägigen Abschlussveranstaltung unter Beteiligung von Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF), Köln, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), Berlin, und Vertretern aus Industrie und Wissenschaft sowie den eingebundenen Forschungsvereinigungen präsentiert. In sechs Teilprojekten haben Forscherinnen und Forscher aus zehn Instituten neue Stahl- und Stahlhybridlösungen für den Leichtbau im Fahrwerks- und Antriebsstrang erarbeitet. Werkstoffkonzepte und Fertigungstechniken für Hochleistungszahnräder, gebaute Zahnräder aus Schmiedeteilen mit unterschiedlichen Stählen sowie aus tiefgezogenen Blechen und Blechpaketen, neuartig konzipierte Kolbenbolzen, geschmiedete Radnaben in Hybridbauweise waren Themen der Projekte. Wichtige Bestandteile der Arbeiten waren zudem die Betrachtung des Lebenszyklus unter den Gesichtspunkten Ressourceneffizienz und CO₂-Bilanz sowie die Ermittlung von Innovationshemmnissen bei der Umsetzung neuer Technologien in die wirtschaftliche Praxis.

In enger Zusammenarbeit von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit Unternehmen aus den Projekt begleitenden Ausschüssen wurden die Untersuchungen in vorwettbewerblichen Projekten, gefördert im Programm der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) des BMWi, durchgeführt. Organisiert und getragen wurde der Forschungsverbund durch vier Forschungsvereinigungen der AiF: Arbeitsgemeinschaft Wärmebehandlung und Werkstofftechnik e. V., Bremen (AWT), Forschungsvereinigung Antriebstechnik e.V.,

Frankfurt (FVA), Forschungsgesellschaft Stahlverformung e.V., Hagen (FSV) und federführend FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Düsseldorf.

Gefördert durch:

 aufgrund eines Beschlusses
 des Deutschen Bundestages

Die wesentlichen Ergebnisse wurden in der Abschlussveranstaltung rund 100 Teilnehmern aus Industrie und Wissenschaft präsentiert, und die Forscherinnen und Forscher standen für Diskussionen zur Verfügung. Eröffnet wurde die Veranstaltung nach der Begrüßung durch Herrn Dr. Wieland, Geschäftsführer des FOSTA e. V. und durch Professor Zoch, IWT Bremen als Sprecher des Forschungsverbundes mit Grußworten durch die Herren Ministerialrat Loscheider, Referatsleiter Bauwirtschaft, Ressourceneffizienz und Leichtbau des BMWi, und Dr. Kathöfer, Hauptgeschäftsführer der AiF e. V. Die Vorstellung der Ergebnisse erfolgte, moderiert durch Prof. Zoch, durch die Bearbeiterinnen und Bearbeiter der einzelnen Teilprojekte, orientiert an den untersuchten Bauteilen.

IGF

Mit der Veranstaltung und den Anfang 2019 zur Verfügung stehenden Berichten zu den Teilprojekten wird die Umsetzung der Ergebnisse in die Industrie gefördert, um den Standort Deutschland der Unternehmen der Massivumformung und deren Kunden zu stärken.

Die IGF-Vorhaben 24 LN, 25 LN, 18189 N, 18225 N, 18229 N, 19040 N der FOSTA zusammen mit AWT, FVA und FSV wurden 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.



Von Links: Dr. Thomas Kathöfer, Werner Loscheider, Prof. Hans-Werner Zoch, Dr. Hans-Joachim Wieland bei der Abschlussveranstaltung des IGF-Forschungsverbundes „Massiver Leichtbau“

Veranstaltungsort:

FOSTA – Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V., Sohnstr. 65, 40237 Düsseldorf

Weitere Informationen:

<https://www.stahlforschung.de/informationen/veranstaltungen/programm-abschluss-massiver-leichtbau.html>

<https://www.massiverleichtbau.de/forschungsverbund/>



Veranstaltungen mit Unterstützung durch FOSTA; Termine Events supported by FOSTA; Dates

2019

12. und 13. Februar 2019
 19. Kolloquium: Gemeinsame Forschung in der Klebtechnik, Köln

www.dechema.de/GFKT2019



2019

May 12 to 16, 2019
 11th TOOLing Conference and Exhibition, Aachen

www.tooling2019.com



2019

03. und 04. Dezember 2019
 9. Kolloquium: Gemeinsame Forschung in der Mechanischen Füge-technik, Braunschweig

Gemeinsame Forschung
 in der Mechanischen Füge-technik



2019

02. bis 04. April 2019
 Wissensreihe
 „Werkstofftechnik Stahl“
 TU Dortmund, Institut für Spanende
 Fertigung

www.stahl-akademie.de



2019

June 24 to 28, 2019
 4th European Steel Technology and
 Application Days, Düsseldorf

www.metec-estad2019.com



2020

June 14 to 17, 2019
 6th International Conference on Steels
 in Cars and Trucks
 Milano, Italy

www.sct-2020.com



weitere Informationen / *further information:*
www.stahlforschung.de/informationen/veranstaltungen.html

Alle Forschungsberichte können gegen Entrichtung einer Schutzgebühr bezogen werden von / *All final reports could be ordered for a nominal charge at:* Verlag und Vertriebsgesellschaft mbH, Postfach 10 51 27, D-40042 Düsseldorf, Germany
 Fax +49 211 6707-129, E-Mail: verlagvertrieb@stahl-zentrum.de (valid until 28.02.19 / see page 2)

Forschungsberichte als PDF-Version über / *Research reports as PDF-version via*
<https://shop.stahldaten.de/produkt-kategorie/fostaberichte>

Impressum:

FOSTA - Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. / *FOSTA - Research Association for Steel Application*
 Sohnstraße 65, 40237 Düsseldorf, Germany; Tel. +49 211 6707-856; Fax +49 211 6707-840,
 E-Mail: fosta@stahlforschung.de, Internet: www.stahlforschung.de

Dr.-Ing. Hans-Joachim Wieland (-426), Dipl.-Ing. Rainer Salomon (-853),
 Dipl.-Ing. Franz-Josef Heise (-837); Dr. Christoph Keul (-424); Dr. Gregor Nüsse M.Sc. (-839)

