



Fraunhofer

IPK

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PRODUKTIONSANLAGEN UND KONSTRUKTIONSTECHNIK IPK
FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PRODUCTION SYSTEMS AND DESIGN TECHNOLOGY IPK

FÜGE- UND BESCHICHTUNGSTECHNIK JOINING AND COATING TECHNOLOGY



INHALT CONTENTS

» *Automobile, Anlagen, Schiffe, Pipelines – Überall machen neue Materialien neue Wege in der Füge-technik erforderlich. Wir entwickeln innovative Verfahren, die die Sicherheit von Prozessketten ebenso garantieren wie die Sicherheit der gefügten Bauteile.*



» *In cars and plants, ships and pipelines – use of new materials everywhere calls for new methods in joining technology. We develop innovative techniques that guarantee safety both for process chains and joined components.*



- 3 **Editorial / Editorial**

- 4 **Kompetenzen / Expertise**
- 5 **– Verschleißschutz, Reparatur, Additiv /
Wear Protection, Repair, Additive Manufacturing**
 - Verschleißschutz durch Spezialbeschichtung / Wear Protection through Special Coating
 - Reparatur und Modifikation mit LPA / Repairs and Modifications through LMD
- 8 **– Dünnblech / Thin Sheets**
 - Widerstandspunktschweißen / Resistance Spot Welding
 - Schweißsimulation / Welding Simulation
- 12 **– Dickblech / Thick Sheets**
 - Laserstrahl- und Hybridschweißen / Laser Beam and Hybrid Welding
 - Lichtbogenschweißen / Arc Welding
 - Engspaltschweißen / Narrow Gap Welding
 - Unterpulverschweißen / Submerged Arc Welding

- 18 **Technische Einrichtungen / Technical Equipment**
- 20 **Ihre Partner / Your Partners**
 - Fraunhofer IPK / Fraunhofer IPK
 - Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) /
Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM)

- 22 **Leistungen: Beratung – Forschung – Entwicklung /
Our Services: Consulting – Research – Development**
- 24 **Kooperationen: Zusammenarbeit – Ihr Erfolg /
Cooperation: Working together for your success**

- 26 **Unsere Arbeitsfelder auf einen Blick / Our research areas at a glance**
- 27 **Kontakt, Impressum / Contact, Imprint**



Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier

Leiter des Geschäftsfeldes Füge- und Beschichtungstechnik

Head of the Joining and Coating Technology division

FÜGE- UND BESCHICHTUNGSTECHNIK JOINING AND COATING TECHNOLOGY

Das Geschäftsfeld Füge- und Beschichtungstechnik (FBT) des Fraunhofer IPK erweitert etablierte Bearbeitungsverfahren und entwickelt neue Methoden für innovative Werkstoffe und Prozesse.

Fast jedes Produkt besteht aus mehreren Teilen, daher zählen Fügen und Beschichten zu den wichtigsten Schritten im Produktionsprozess. Gleichzeitig erfordern komplexe Werkstoffe und heterogene Materialkombinationen, wie hoch- und höchstfeste Stähle oder Stahl-Aluminium-Mischverbindungen, bei steigenden Sicherheitsanforderungen eine ständige Weiterentwicklung des Fachs. Im Geschäftsfeld Füge- und Beschichtungstechnik entwickeln wir in Kooperation mit der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) neue Verfahren für Materialien, die bisher nur eingeschränkt verarbeitet werden konnten.

In interdisziplinären Teams erschließen wir sowohl für klassische Verfahren wie Widerstandspunktschweißen und Lichtbogenschweißen als auch für moderne Strahlschweißverfahren und Beschichtungstechnologien wie das Laser-Pulver-Auftragschweißen neue Anwendungsfelder. Durch die Simulation von Schweißprozessen sowie von Verzug und Eigenspannungen werden die schnelle Einführung wirtschaftlicher, energieeffizienter Verfahren in der Industrie unterstützt und eine Optimierung von bestehenden Prozessen und Bauteilen erreicht. Unsere Arbeit ist darauf ausgerichtet, das Fügen und Beschichten neuer Werkstoffe und Werkstoffkombinationen anforderungsgerecht zu gestalten, die Qualität und Zuverlässigkeit der Verbindungen und Beschichtungen zu erhöhen und Verfahren bezüglich Produktivität, Arbeitsschutz sowie Umwelt- und Ressourcenschonung zu verbessern.

The Joining and Coating Technology division (JCT) at Fraunhofer IPK extends established processing techniques and develops novel methods for cutting-edge materials and processes.

The fact that nearly all products consist of multiple parts makes joining and coating one of the key phases in the production process. At the same time, rising safety requirements for the use of complex materials and heterogeneous combinations of materials, such as high-strength and super-high-strength steel or composite steel-aluminum joints, constantly drive the development of the profession. At the Joining and Coating Technology division we work in close collaboration with the Federal Institute for Materials Research and Testing (BAM) to develop new techniques for materials where previously processing possibilities were limited.

Working in interdisciplinary teams we open up new fields of application for both traditional techniques like resistance spot welding and electric arc welding, as well as modern beam welding and coating technologies like laser metal deposition. Simulation of welding processes, distortion and residual stress facilitates the rapid introduction of cost-effective, energy-efficient techniques in industry, while also ensuring optimization of existing processes and components. Our work is focused on engineering the requirements-specific joining and coating of cutting-edge materials and combinations of materials, on raising the quality and reliability of joints and coatings, and on improving techniques, making them safer and more productive, more environmentally friendly and less resource-intensive.

KOMPETENZEN EXPERTISE

Das Geschäftsfeld FBT ist in drei anwendungsbezogene Kompetenzbereiche gegliedert: »**Verschleißschutz, Reparatur, Additiv**«, »**Dünublech**« und »**Dickblech**«. Sie alle eint eine Motivation: das Fügen und Beschichten wirtschaftlich und die Verbindungen sicher zu gestalten.

The JCT division is organized in three application-oriented fields of expertise: »**Wear Protection, Repair, Additive Manufacturing**«, »**Thin Sheets**« and »**Thick Sheets**«. They are united by one commitment: to make joining and coating economically effective and the joints safe and reliable.



**VERSCHLEISSSCHUTZ
REPARATUR, ADDITIV**
WEAR PROTECTION, REPAIR
ADDITIVE MANUFACTURING

LASER-PULVER-AUFTRAGSCHWEISSEN

LASER METAL DEPOSITION

Eine feine Schicht Werkstoffpulver per Laser aufgeschweißt verleiht herkömmlichen Bauteilen eine enorme Widerstandskraft und ist auch für MRO-Maßnahmen attraktiv.

Ein Verfahren, vielerlei Einsatzgebiete: Ob ein Werkstück widerstandsfähiger gemacht, Verschleiß- und Abriebstellen oder Schäden aufgefüllt, die Form eines Bauteils modifiziert oder gleich ein neues Teil angebaut werden soll – Laser-Pulver-Auftragschweißen (LPA) eignet sich für all diese Anwendungsfälle.

Im Vergleich zu konventionellen Verfahren zeichnet sich das Laser-Pulver-Auftragschweißen durch Eigenschaften wie einen geringen Wärmeeintrag und Verzug, hohe Präzision und hervorragende Reproduzierbarkeit aus. Gleichzeitig kann ein großes Spektrum an Grund- und Zusatzwerkstoffen eingesetzt werden. Von diesen Vorteilen profitieren insbesondere moderne Prozesse im Formen- und Werkzeugbau, im Automobilbau, der Luftfahrtindustrie oder der Energieerzeugung.

In den Forschungsarbeiten zum LPA befassen wir uns mit der Qualifikation neuer Werkstoffe für das Verfahren. Weiterhin betrachten wir Automatisierungslösungen und Techniken zur Prozessüberwachung. Damit entstehen Möglichkeiten, die Qualität des Materialauftrages zu erhöhen und durch Datenaufnahme während des laufenden Prozesses direkt nachzuweisen.

A fine layer of powdered material melted by a laser beam provides standard machine components a longer life and is also suitable for maintenance, repair and overhaul (MRO) applications.

One method, many applications: Laser metal deposition (LMD) is the solution, whether a workpiece needs to be made more durable, padded against wear and tear, its shape be modified, or have a new piece attached to it.

Compared to conventional methods, LMD distinguishes itself through its low heat input, decreased warpage, improved precision, and excellent reproducibility of the results. It can also be applied to a wide range of base and filler materials. These advantages are particularly beneficial to modern processes in mold and tool construction, in automobile manufacturing, the aviation industry, or power generation.

In LMD research, we focus on qualifying new materials for the method. We also examine automation solutions and process monitoring techniques. The results open up possibilities to improve the quality of material deposition and to verify it with monitoring data collection during the deposition process.

Beschichtungsprozess: Pulver wird per Laser aufgeschmolzen
Coating: powder is melted by a laser beam



1

VERSCHLEISSSCHUTZ, REPARATUR, ADDITIV

VERSCHLEISSSCHUTZ DURCH SPEZIALBESCHICHTUNG WEAR PROTECTION THROUGH SPECIAL COATING

Verschleiß lässt sich bremsen: Wo Druck und Reibung auf Werkzeuge und Bauteile einwirken, sorgen aufgeschweißte Spezialbeschichtungen für Widerstandskraft und eine längere Lebensdauer.

Der technologische Fortschritt verlangt von Bauteilen eine enorme Belastbarkeit: Hohe Temperaturen, gewaltiger Druck und permanente Reibung sind in vielen Produkten die Regel – Tendenz steigend. Wenn bisherige Werkstückeigenschaften dem nicht standhalten, bietet sich eine Überarbeitung mittels Laser-Pulver-Auftragschweißen an. Dabei wird das Werkstück mit einer Beschichtung aus einem Zusatzwerkstoff versehen. So werden die Werkstückeigenschaften gezielt an neue Anforderungen angepasst, ohne dass das Werkstück neu entwickelt werden muss.

Die widerstandsfähige Außenschicht steigert die Lebensdauer des Werkstücks erheblich und ist ein wichtiger Faktor in der nachhaltigen Produktion. So lässt sich etwa mit hartstoffhaltigen Beschichtungen die Standzeit von Werkzeugen steigern. Durch eine geeignete Werkstoffauswahl werden die Beschichtungseigenschaften gezielt an die jeweiligen Umgebungsbedingungen angepasst. Bei komplexer abrasiver und korrosiver Beeinflussung, wie sie beispielsweise bei Offshore-Bohrwerkzeugen auftritt, werden mehrlagige Beschichtungen eingesetzt. Dadurch wird sichergestellt, dass das Bohrwerkzeug auch dann noch vor Korrosion geschützt ist, wenn korrosive Medien in die stark beanspruchte obere Abrasions-Schutzschicht eindringen.

Slow down wear: A welded coating protects tools and components against pressure and friction for better resistance and a longer life.

Technological advancement requires components to be extremely resilient: Many products have to resist high temperatures, extreme pressure, and constant friction – and this trend will only continue. If standard parts do not live up to these requirements, they can be improved by laser metal deposition. In this case, LMD provides a special powder coating that enhances component properties. This allows workpieces to be adapted to new requirements without having to re-design them.

The resistant outer layer increases the durability of the component and is an important element of sustainable production. With a hard material coating, tools have a longer service life. And with the right material selection, coating properties can be specifically adapted to environmental conditions. In complex abrasive and corrosive conditions, such as those experienced in offshore drilling, multiple layers are applied. This ensures that the drill is protected against deterioration, even if a corrosive material penetrates the outer protective layers.

- 1 | *Ein Ventil wird beschichtet*
A valve is being coated
- 2 | *Additiv aufgebaute Turbinenschaufel*
Additive-built turbine blade



WEAR PROTECTION, REPAIR, ADDITIVE MANUFACTURING

REPARATUR UND MODIFIKATION MIT LPA REPAIRS AND MODIFICATIONS THROUGH LMD

Reparieren statt Austauschen wird dank Laser-Pulver-Auftragschweißen rentabel. Verschlissene Teile können damit zeitsparend erneuert, Schadstellen aufgefüllt und Formen modifiziert werden.

LPA zählt zu den additiven Verfahren. Als solches eignet es sich auch zum ressourcenschonenden und zeitsparenden Ausbessern verschlissener Bauteile. Durch additiven Materialauftrag können zum Beispiel Abrieb ausgeglichen, Kavitäten aufgefüllt und abgebrochene Stücke wieder angesetzt werden. Dabei reduziert ein endformnaher Materialauftrag die erforderlichen Nachbearbeitungsschritte.

Durch den geringen Wärmeeintrag werden Schweißverzüge minimiert und so selbst die Reparatur hochpräziser Bauteile ermöglicht. Ein derart überarbeitetes Bauteil steht einem neuen in nichts nach. Im Gegenteil: Durch Auswahl passender Reparaturwerkstoffe kann es sogar mit verbesserten Eigenschaften versehen werden. Das ist etwa bei Turbinenschaufeln äußerst wirtschaftlich.

In der additiven Fertigung kann das Verfahren zur Modifikation von Formen oder Werkzeugen und zum Aufbau von Bauteilen genutzt werden. So können diese zeitnah aktuellen Entwicklungsanforderungen angepasst werden. Wird das Verfahren in einer additiven Prozesskette mit pulverbettbasierten Verfahren kombiniert, ermöglicht Laser-Pulver-Auftragschweißen die Erhöhung der Aufbaurate.

Don't replace: LMD makes repair a viable alternative. It can be used to quickly renew worn out components, pad damaged areas, and make modifications to existing components.

LMD is an additive manufacturing technology. As such, it can be applied to make resource- and time-saving repairs to worn components. The material deposition can be used to balance abrasion, fill cavities, and reattach broken pieces. In doing so, if the material is applied in a near net-shaped manner, post-production finishing work is reduced.

The low heat input minimizes warpage from welding and allows reparations to be made even to high-precision components. Components renewed in this way are in no way inferior to new parts. When choosing the right repair materials, LMD can even improve a component's properties. Applying this method to, e.g., turbine blades makes solid economic sense.

In additive manufacturing, the treatment can be used to modify forms or tools, as well as to build up components. This allows new requirements to be addressed quickly. In an additive process chain, laser metal deposition can be used together with powderbed-based methods to achieve a high build-up rate.

KOMPETENZEN
EXPERTISE



DÜNNBLECH
THIN SHEETS

DÜNNBLECH

THIN SHEETS

Das Kompetenzfeld Dünoblech befasst sich mit den fūgetechnischen Herausforderungen beim thermischen Fūgen dūnner Bleche.

Der Bereich umfasst die Themengebiete Widerstandspunktschweißen und Simulation. »Dūnoblech« bezeichnet klassischerweise Blechdicken bis zu einer Stärke von circa drei Millimetern. Fūr diese Materialstärke adressiert unsere Forschung in erster Linie den Automobilbau und dessen Zulieferer. Mit dem Karosserie- und Rahmenbau existieren aber auch Anwender im kleinen und mittelstāndischen Bereich.

Wegen der geringen Eigensteifigkeit beeinflussen hohe Aufheiz- und Abkūhrraten sowie Prozesskräfte die Verarbeitung von Dūnoblech besonders stark. Bei komplexen Bauteilen mit vielen Fūgestellen treten hāufig Eigenspannungen und Verzug auf. Geschwāchte Korngrenzen kōnnen leicht aufreißen – Fehler in der Schweiβverbindung entstehen. Hieraus ergeben sich Forschungsaufgaben bezūglich Schweiβprozessgestaltung und -steuerung sowie Verarbeitungssicherheit.

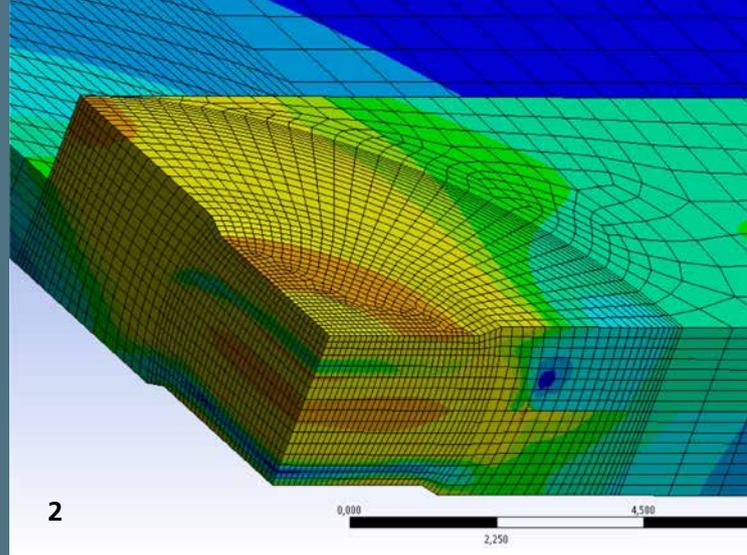
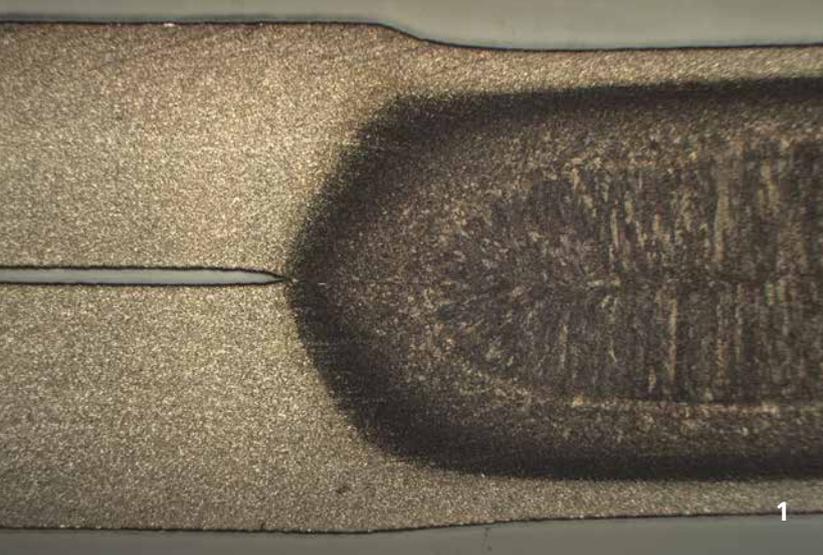
Die numerische Simulation besitzt groβes Potential, in diesen Bereichen kostenintensive experimentelle Versuche zu sparen. Die Automobilindustrie setzt sie seit geraumer Zeit zur Beurteilung der Crashesicherheit, aber auch zur Planung von Schweiβprozessen ein. So kōnnen bereits in der Konzeptphase die Eigenschaften der vorgesehenen Werkstoffe berūcksichtigt werden.

The Thin Sheets field of expertise is concerned with the technical challenges of thermally joining thin sheet metal.

The field of expertise focuses on resistance spot welding and simulation. »Thin sheet« traditionally includes sheet thicknesses up to three millimeters. In this area, our research primarily addresses applications in the automotive industry and its suppliers. However, there are also users in small- and medium-sized companies that include car body and frame construction.

Due to its low inherent rigidity, high heating and cooling rates have a particularly strong effect on thin sheet metals. Complex components with several joints often display residual stresses and distortion. Weakened grain boundaries can easily tear, creating defects in the welded joints. This opens up research tasks concerning welding process design and control, as well as processing safety.

Numeric simulation has great potential to save costly experimental trials. Already the automotive industry has been utilizing the technology to gauge crash safety, but also to plan welding processes. This allows material properties to be evaluated as early as in the concept phase.



DÜNNBLECH

WIDERSTANDSPUNKTSCHWEISSEN RESISTANCE SPOT WELDING

Punkt für Punkt werden Bleche verschiedener Materialien wie Stahl oder Aluminium beim Widerstandspunktschweißen gefügt. Wir verhelfen einem »klassischen« Schweißverfahren zu neuem Glanz.

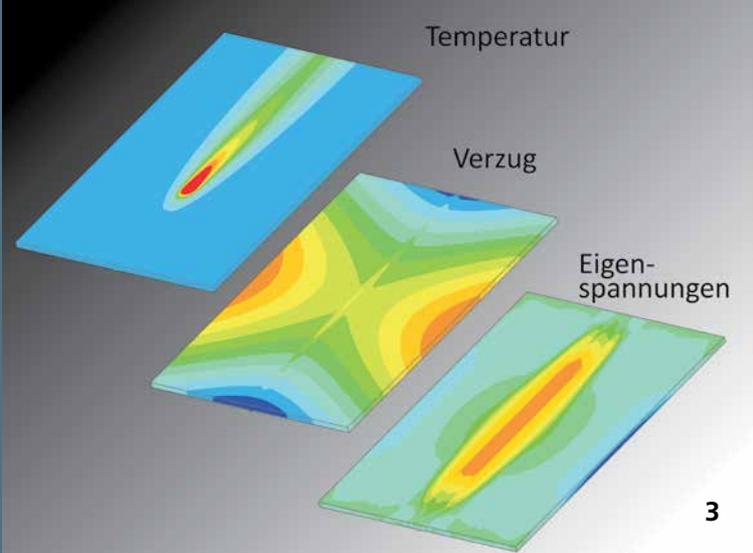
Different materials such as steel or aluminum are joined spot by spot with resistance spot welding. We are bringing a new sheen to this »classical« welding process.

Bis heute werden Autokarosserien mit dem vor über hundert Jahren entwickelten Verfahren aus einzelnen Blechen gefügt. Hochleistungswerkstoffe oder neuartige Werkstoffverbindungen stellen das Widerstandspunktschweißen jedoch vor immer neue Herausforderungen. Besaßen die typischen Automobil-Stähle ehemals eine Festigkeit von rund 300 Megapascal – geringer als die der entsprechenden Schweißpunkte – ist die Festigkeit von modernen Hochleistungsstahlwerkstoffen auf über 1800 Megapascal angestiegen. Auch wenn diese Werkstoffe eine grundsätzliche Schweißbeignung aufweisen, können sie an den in der Fügezone eingebrachten Schweißpunkten ihre besonderen Eigenschaften verlieren oder diverse Imperfektionen ausbilden.

Even today, car bodies are assembled from sheet metal using this technique developed more than a century ago. But high-performance materials or novel material combinations create new challenges for resistance spot welding. While a typical sheet of automotive steel once had a strength of 300 megapascals – lower than the corresponding weld points – today the strength of modern high-performance steel has increased to more than 1800 megapascals. Although these materials can generally be welded, they can lose their special features or form diverse imperfections at the welding spots.

Ein Fokus unserer Arbeit liegt auf der Untersuchung rissbehalteter Punktschweißverbindungen hoch- bis ultrahochfester Stähle. Hier entwickeln wir u.a. entsprechende Prüfprozesse, die sowohl das Auftreten der Risse als auch deren Einfluss auf die Eigenschaften des Schweißpunktes untersuchen. Berücksichtigt werden verschiedene Einflussfaktoren – von im Bauteil vorliegenden prozesseitigen Spannungen bis hin zu unterschiedlichen Oberflächenbehandlungen. Unsere Prüfmethode unterstützen bei der Wahl von Werkstoffen und Schweißparametern, um auch in Zukunft einen effektiven und sicheren Einsatz des Widerstandspunktschweißens in der Industrie zu sichern.

One focus of our work is on examining cracked spot welds in high- to ultra high-strength steels. In this context, we develop, among other things, appropriate testing processes that analyze both the occurrence of the cracks, as well as their influences on the properties of the weld point. Various factors are taken into consideration, from tension caused by the process within the component to different surface treatments. Our testing methods support the selection of materials and welding parameters to assure effective and safe operating conditions for resistance spot welding in industry in the future.



- 1 | *Querschliff einer Widerstandspunktschweißverbindung*
Cross section of a resistance spot weld
- 2 | *Spannungsverteilung in thermo-mechanisch simulierter Punktschweißverbindung*
Stress distribution in a thermo-mechanically simulated spot weld
- 3 | *Ergebnisgrößen einer Schweißsimulation*
Results of a welding simulation

SCHWEISSSIMULATION WELDING SIMULATION

Mit modernster Simulationssoftware blicken wir in Werkstücke hinein und erkennen im Voraus auch kleinste Veränderungen, die später schwere Folgen haben können.

Hatte ein Blech nach dem Stanzen noch seine Idealform, hat es sie nach dem Schweißen üblicherweise nicht mehr. Hersteller kennen die Folgen von Verzug und Eigenspannungen, doch wann sie wo und unter welchen Umständen auftreten und wie sie sich beheben lassen, das herauszufinden erfordert detektivischen Spürsinn – oder aber ein ausgetüfteltes Computerprogramm zur Schweißsimulation. Eben solche Programme entwickeln wir zusammen mit der BAM seit vielen Jahren kontinuierlich weiter.

Doch nicht nur die Industrie, auch die Forschung hat ein Interesse an zuverlässiger Simulationssoftware für Schweißprozesse. Fragen, die sich experimentell nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand durchführen lassen, können mit einer solchen Software deutlich kostensparender und schneller beantwortet werden.

Inzwischen verfügen wir über detailliertes Simulationswissen und können Schweißprozesse virtuell nahezu uneingeschränkt variieren. Damit helfen wir unseren Kunden, kritische Bereiche ihrer Fertigung zu identifizieren und finden erfolgversprechende Alternativen.

We use state-of-the-art simulation software to examine the inner life of workpieces and detect the smallest changes before they can lead to serious consequences.

A sheet of metal comes from the press in perfect shape which it generally loses once welded. Manufacturers are only too well aware of the drastic consequences caused by distortion and residual stresses. Yet finding their source, the point in time and circumstances in which they occur and how they may be avoided requires either powers of detection to rival those of Sherlock Holmes – or a sophisticated welding simulation computer program. Fraunhofer IPK and BAM have a long and distinguished track record in the advanced development of such programs.

Yet reliable software simulation of welding processes is of great interest to research as well as to industry. With such software, issues which otherwise would involve excessive outlay to recreate on the experimental level can now be resolved with significant cost and time savings.

We now hold a pool of in-depth simulation expertise and a high unlimited variation range of virtual welding processes which we put at the disposal of our customers to pinpoint critical areas in their production processes and identify promising alternatives for them.

KOMPETENZEN
EXPERTISE



DICKBLECH
THICK SHEETS

DICKBLECH

THICK SHEETS

Unter Dickblech versteht man in der Schweißtechnik Material mit Wanddicken von drei bis hin zu 450 Millimetern. Bauteile mit solchen Blechdicken finden sich in einer Vielzahl industrieller Anwendungen.

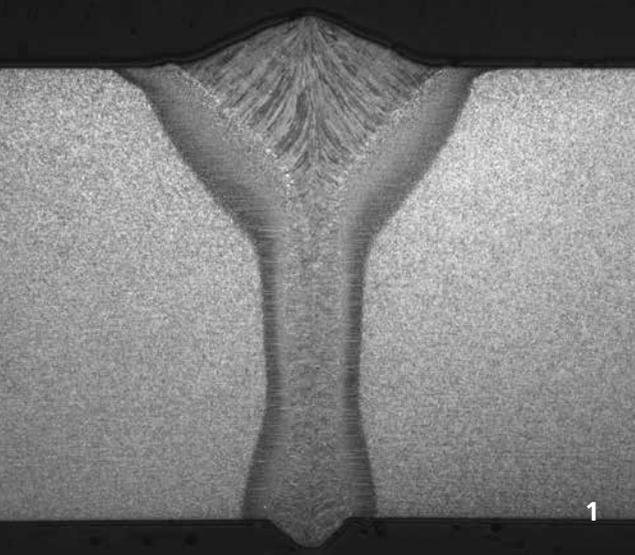
Hohe Arbeitsdrücke sowie extreme statische und dynamische Belastungen beim Betrieb von Rohrleitungen oder Komponenten in der gas- und petrochemischen Industrie sowie dem Schiff- und Offshore-Bau erfordern den Einsatz hochfester Stahlwerkstoffe. Da diese an ihren Festigkeitsgrenzen eingesetzt werden, müssen die Wanddicken der Bauteile entsprechend ausgelegt werden, damit ein sicherer Betrieb gewährleistet ist. Solche Wanddicken sind mit konventionellen Schweißverfahren nicht mehr in einem Durchgang schweißbar. Sie werden darum in Mehrlagentechnik geschweißt – ein zeit- und kostenintensives Verfahren. Die eingesetzten Schweißzusätze sind üblicherweise teurer als die zu verschweißenden Grundwerkstoffe und bei konventioneller Kantenvorbereitung braucht man davon große Mengen, um die Schweißnaht komplett aufzufüllen. Zudem reagieren moderne hochfeste Werkstoffe äußerst empfindlich auf während des Schweißens zugeführte Prozesswärme.

Im Kompetenzfeld Dickblech befassen wir uns mit Hochleistungsfügeverfahren, die beim Fügen dickwandiger Großkonstruktionen sowohl wirtschaftlichen Nutzen – wie hohe Füllgeschwindigkeiten und kleinere Schweißnahtvolumen durch geänderte Kantenvorbereitung – als auch technologische Vorteile – etwa einen geringeren Wärmeeintrag ins Bauteil – mit sich bringen.

In welding material terms, thick sheet metal is anything from three to 450 millimeters. Components made from materials of this thickness are found in a multitude of industrial uses.

High work pressures and extreme static and dynamic strains in pipelines or components in the gas- and petrochemical industry, as well as shipbuilding and offshore drilling, require the use of highly-durable steel materials. As these are often pushed to their breaking point, the wall thickness of the components has to be dimensioned accordingly to ensure safe operation. Such wall strengths are unsuitable for being welded in one pass with conventional welding processes. That's why they are welded using multi-pass techniques, which is expensive and time-consuming. Filler materials are usually more expensive than the base materials to be welded and conventional edge preparation requires large quantities to completely fill a seam. Additionally, the latest high-durability materials are extremely sensitive to the heat produced in the welding process.

We specialize in high-performance joining processes, which provide economic benefits in joining thick sheet metal, such as higher fill speeds and smaller weld seams achieved by a change in edge preparation, and technological advantages, such as lower heat exposure to components.



- 1 | *Laserstrahl-Hybrid-Schweißnaht an 12 mm dickem Blech*
Hybrid weld on a 12 mm thick sheet
- 2 | *Lichtbogenschweißen*
Arc welding

DICKBLECH

LASERSTRAHL- UND HYBRIDSCHWEISSEN LASER BEAM AND HYBRID WELDING

Schnell, präzise und materialsparend ist das zukunfts-trächtige Laserstrahlschweißen. In Kombination mit anderen Schweißverfahren wird es zum Allrounder.

Hohe Geschwindigkeit, große Nahttiefe, geringe Wärmebelastung und äußerste Präzision machen das Laserstrahlschweißen zur Technologie der Zukunft. Seine Vorteile lassen sich durch Kombination mit anderen Verfahren sogar noch erweitern. Wird etwa Laserstrahlschweißen durch Lichtbogenschweißen ergänzt, entsteht ein hybrides Schweißverfahren, das sowohl schnell ist als auch Spalte zwischen Fügestücken überbrücken kann.

Von diesen Technologien profitiert der Dickblechbereich besonders, denn hier bringt ein geringer Nahtquerschnitt massive wirtschaftliche Vorteile. So können bis zu 20 Millimeter dicke Stahlbleche mit dem Laserstrahl in einer Lage verschweißt werden. Bei höheren Blechdicken bietet sich mehrlagiges Schweißen an. Mit spezieller Kantenvorbereitung kann dabei etwa für eine Schweißnaht an 37 Millimeter dicken Bauteilen eine Ersparnis an Zusatzwerkstoff um den Faktor 3 erzielt werden.

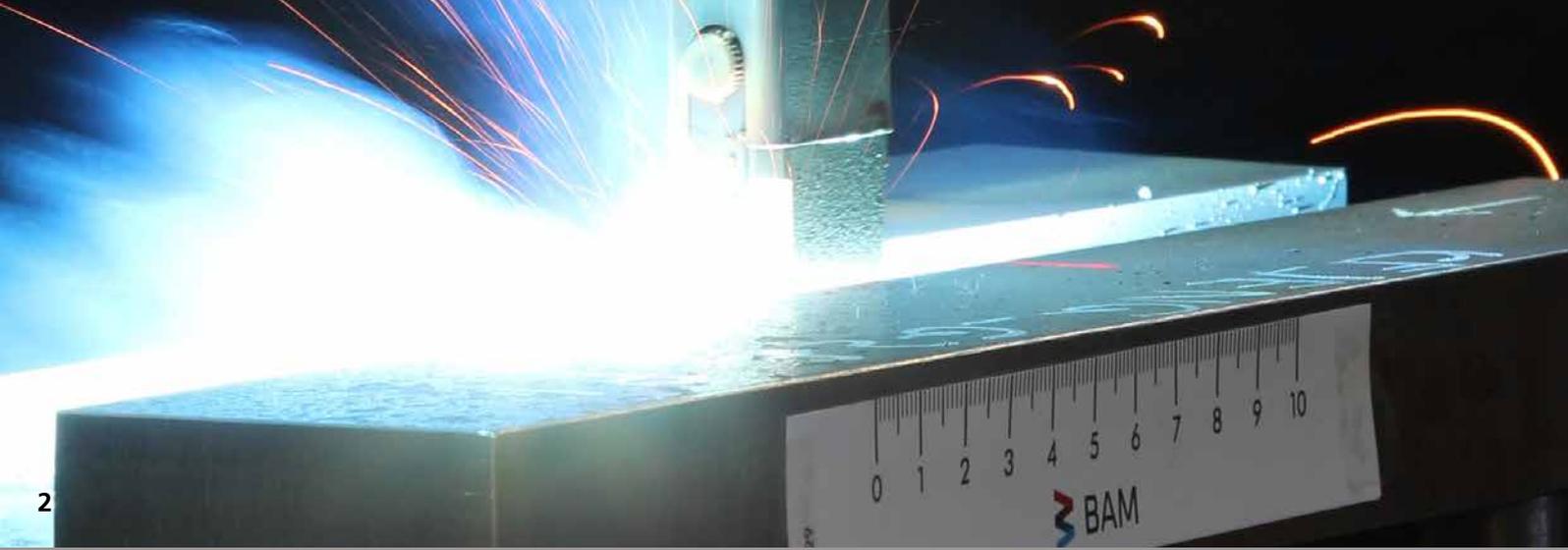
Der Laserstrahl-Hybrid-Schweißprozess kann in verschiedenen räumlichen Positionen geführt werden und ist dadurch besonders für das Schweißen von Rundnähten bei der Verlegung von Rohrleitungen interessant. Hier wird der Schweißprozess voll automatisiert um ein Rohr geführt. Aber auch der Bau von Schiffen, Apparaten, Turbinen und Offshore-Windkraftanlagen profitiert von den Vorteilen des Laserstrahl- und Hybrid-Schweißens. Gegenstand unserer Forschung ist vor allem die Schweißbeugung von höher- und hochlegierten Stählen, Nickelbasislegierungen und Leichtmetallen sowie von rissempfindlichen Werkstoffen.

Laser beam welding is fast, precise, and material efficient – a technology with an eye to the future. When combined with other welding methods, it transforms into an all-purpose application.

High speed, great weld depth, low heat exposure, and exceptional precision make laser beam welding the technology of the future. Plus: Its benefits increase when combined with other methods. For example, if laser beam welding is combined with arc welding, it creates a hybrid welding process that is extremely fast and able to bridge gaps between joints.

These technologies are especially beneficial for thick sheet metal applications where a small seam can produce massive economic advantages. A laser beam can weld steel sheets as thick as 20 millimeters in one pass. Multi-pass welding can be applied to anything thicker. By also applying a special edge preparation, the amount of filler material needed can be reduced by the factor of 3 when joining materials as thick as 37 millimeters.

Hybrid welding can be performed in different spatial positions, making it especially applicable to circumferential welds in pipeline assembling. The welding process can be fully automated to go around a pipe. Construction of ships, machines, turbines, and offshore wind power plants can also benefit from using laser beam and hybrid welding techniques. Our research focusses on the weldability of high strength and high alloy steels, nickel-based alloys, light alloys, and materials susceptible to cracking.



LICHTBOGENSCHWEISSEN ARC WELDING

Große Abschmelzleistungen und höhere Schweißgeschwindigkeit bei größeren Waddicken – technologische Innovationen ermöglichen eine Erweiterung des Einsatzgebietes für ein altbekanntes Verfahren.

Stahl-, Container- und Apparatebau sind ebenso auf das Lichtbogenschweißen angewiesen wie die moderne Offshore-Technik. Charakteristisch für das Verfahren ist der Lichtbogen zwischen abschmelzender Elektrode und Werkstück. Gemeinsam mit den Ansprüchen der Industrie hat sich auch das Verfahren ständig weiterentwickelt – und erobert dabei immer neue Einsatzgebiete.

Für die Verarbeitung von Dickblechen besteht ein vielversprechender Ansatz darin, die Energie des Lichtbogens durch Einsatz moderner Regelungstechniken zu bündeln. Der neue Prozess zeichnet sich durch einen sehr richtungsstabilen Lichtbogen mit hohem Plasmadruck auf das Schmelzbad aus. Die Folge ist ein gutes Einbrandverhalten bei vergleichsweise hohen Schweißgeschwindigkeiten.

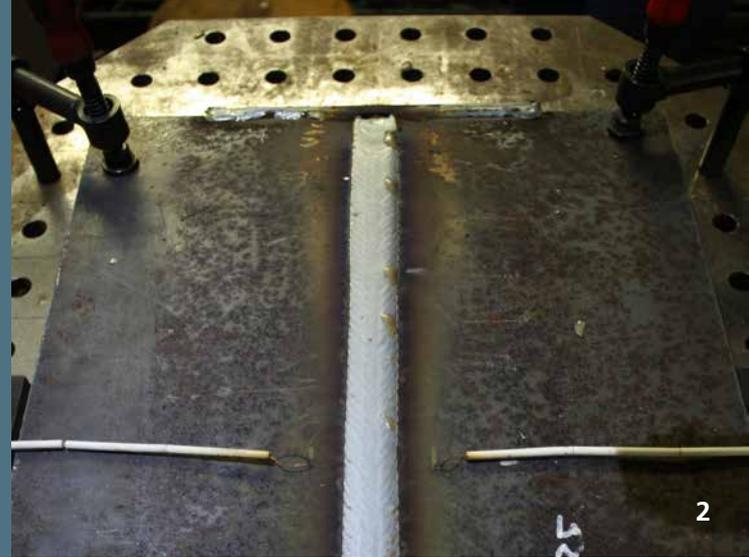
Analysen des Werkstoffübergangs im Schweißprozess sind ein weiteres zentrales Forschungsfeld mit großer Relevanz für die fertigende Industrie. Mit Untersuchungen zu Prozessführung und deren Auswirkungen auf die Metallurgie wärmeempfindlicher Werkstoffe helfen wir, die perfekten Fertigungsparameter für die Produkte unserer Kunden zu ermitteln.

High deposition rates and increasing welding speeds for thicker sheets – technological innovations are extending a classic method's range of application.

Steel, container, and appliance construction are just as dependent on arc welding as modern offshore technology. Arc welding is characterized by the arc between the consumable electrode and the material being welded. Changing industrial demands have forced the process to evolve, which has created new possibilities for this welding type.

A promising approach for fusing thick sheet metal is to bundle the arc's energy with modern control technology. This results in a new process characterized by a directionally stable arc that applies high plasma pressure to the molten bath. The result is a higher rate fusion penetration at relatively quick welding speeds.

Analysis of material transfer in the welding process is another key research field with major importance for the manufacturing industry. By investigating process management and its impact on the metallurgy of heat-sensitive materials, we can aid our clients in determining the perfect production parameters for their products.



DICKBLECH

ENGSPALTSCHWEISSEN NARROW GAP WELDING

Dickste Bleche ohne aufwändige Nahtvorbereitung verbinden gelingt mit dem Engspaltschweißen. Wir entwickeln das Verfahren für den Einsatz bei variierenden Spaltbreiten weiter.

Je größer die Dicke zweier Bleche, desto schwieriger wird es beim Schweißen, über die gesamte Nahttiefe die Nahtflanken mit der Schweißelektrode zu erreichen. Klassischerweise behilft man sich in diesem Fall mit spezieller Nahtvorbereitung: Die Nahtflanken werden V-förmig angeschrägt. Dieses Vorgehen verliert allerdings mit zunehmender Blechdicke an Wirtschaftlichkeit, denn je größer der Abstand zwischen den Flanken, desto mehr Material, Energie, Arbeitszeit und Lohnkosten müssen für die Überbrückung des Spalts eingesetzt werden.

Eine Alternative stellt das Engspaltschweißen dar. Unter diesem Oberbegriff werden eine Reihe von Verfahren zusammengefasst, bei denen die Schweißelektrode mithilfe spezieller Vorrichtungen in einem engen Zwischenraum geführt und dabei gleichmäßig zwischen den Nahtflanken hin und her bewegt wird. Dieses Vorgehen birgt großes Potenzial zum Beispiel für die Fertigung von großen Gehäusen. Einzelne Bauelemente aus warmfesten Stählen haben hier einen Durchmesser von über vier Metern.

Unsere aktuellen Forschungsarbeiten beschäftigen sich damit, der Industrie für diesen Anwendungsfall ein mechanisiertes, sensorgestütztes Engspaltschweißsystem zur Verfügung zu stellen. Es soll Schweißparameter, Schweißgeschwindigkeit und die Pendelfrequenz der Elektrode automatisch an variierende Spaltbreiten anpassen können.

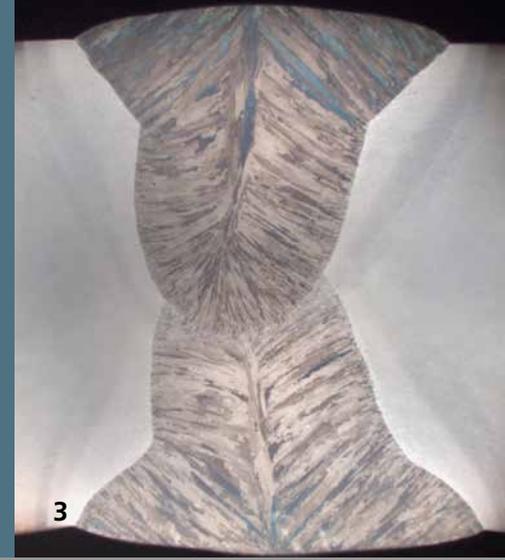
Connecting extremely thick plate metal without intense seam preparation can be done with narrow gap welding. We subject this method to further development for being applied on varying gap widths.

The thicker the sheets, the more difficult it is to penetrate the entire seam with the welding electrode in the welding process. Traditionally, edges are specially prepared to form a V-shaped bevel. However, the thicker the sheets, the more uneconomical this method becomes, since a greater distance between edges also increases the amount of material, energy, labor and wage costs necessary to bridge that gap.

Narrow gap welding offers an alternative. This term includes any application that uses a special device to move the welding electrode back and forth through a narrow space to evenly join edges. This approach has great potential for the construction of components such as large housings. In this case, components made of heat-resistant steel have a diameter of more than four meters.

Our current research focusses on providing a mechanized, sensor-based narrow gap welding system. This system will automatically adjust welding parameters, speed, and pendulum frequency to varying gap widths.

- 1 | *Engspaltschweißen: Geometrische Bauteilvermessung...*
Narrow gap welding: Geometric component measuring...
- 2 | *... und fertiges Bauteil*
...and the finished component
- 3 | *UP-geschweißte Naht an einer 39 mm dicken Rohrwand*
SAW seam on a 39 mm-thick pipe wall



THICK SHEET METAL

UNTERPULVERSCHWEISSEN SUBMERGED ARC WELDING

Das Unterpulverschweißen (kurz UP-Schweißen) ist ein ausgereiftes, sehr stabiles Schweißverfahren. Neuartige Stromquellen und die richtige Regelung machen es fit für neue Werkstoffe.

Der Name sagt es: Beim UP-Schweißen ist die Schweißzone mit einem körnigen Pulver abgedeckt. Das Pulver schützt das flüssige Schmelzbad vor atmosphärischen Störeinflüssen. Zudem bildet es eine Schlacke, die einen guten thermischen Wirkungsgrad und eine hohe Abschmelzleistung bewirkt. Während des Schweißens findet eine intensive Schlackenreaktion mit der Schmelze statt, wodurch die Schweißnähte qualitativ hochwertige mechanisch-technologische Eigenschaften erhalten.

Das UP-Schweißen zeichnet sich durch eine hohe Einschaltdauer aus. Damit können mehrere Meter lange Schweißnähte ohne Unterbrechung geschweißt werden. Derzeit werden leistungsfähige Mehrdraht-UP-Schweißtechniken eingesetzt, um den UP-Schweißprozess noch effizienter zu gestalten. Allerdings stellen neue Werkstoffe das Verfahren vor Herausforderungen: Bei ultrahochfesten Stählen kann zu hohe Prozesswärme die Materialeigenschaften zerstören. Daher loten wir mit neuen Stromquellentechnologien Regelungsmöglichkeiten aus, die diesen Effekt vermindern. Dabei erlaubt unsere UP-Schweißanlage, gleichzeitig fünf einzeln angesteuerte Schweißdrähte der Schweißzone zuzuführen. Es wird untersucht, wie die Prozesseinstellungen die Faktoren Einbrand, Abschmelzleistung, Nahtform, Wirkungsgrad und Metallurgie beeinflussen. Ziel sind die Identifikation geeigneter Kombinationen aus Pulver, Draht und Werkstoff sowie der Aufbau eines umfassenden Prozessverständnisses in metallurgischer, chemischer und physikalischer Hinsicht.

Submerged Arc Welding (abbreviated SAW) is a fully developed and stable welding process, but new power sources and proper control technology are opening it up to new materials.

Just as the name suggests, SAW methods see the weld and arc zone submerged in a granular powder, which protects the molten material from atmospheric interference. The resulting slag has a good thermal efficiency and a high deposition rate. During the welding process, the slag reacts with the molten materials to provide the weld with high-quality mechanical and technological properties.

SAW is known for its high duty cycle, which allows multiple meters of seams to be welded without interruption. This technique has already been made more efficient by using multi-wire SAW techniques. However, new materials still pose a challenge: The excessive process heat is known to destroy the material properties of highly durable steel. Our research looks at using different power sources to identify control options that would lower this effect. Our SAW system allows five individually controlled welding wires to be maneuvered in the welding zone simultaneously. We study how the process settings influence the penetration, deposition, weld shape, efficiency and metallurgy. The aim is to identify the right combinations of powder, wire, and material, as well as the development of a comprehensive metallurgical, chemical, and physical understanding of the process.

TECHNISCHE EINRICHTUNGEN TECHNICAL EQUIPMENT

Für unsere Arbeiten steht eine Reihe von Laseranlagen zur Verfügung, die dem neusten Stand der Technik entsprechen. Dabei profitieren wir auch von der Kooperation mit der BAM, die es ermöglicht, große Anlagen gemeinsam zu nutzen.

We have a series of state-of-the-art laser systems at our disposal. We also benefit from a cooperation with BAM, which makes it possible to share large equipment.

TRUMPF TRULASER CELL 7020 TRUMPF TRULASER CELL 7020

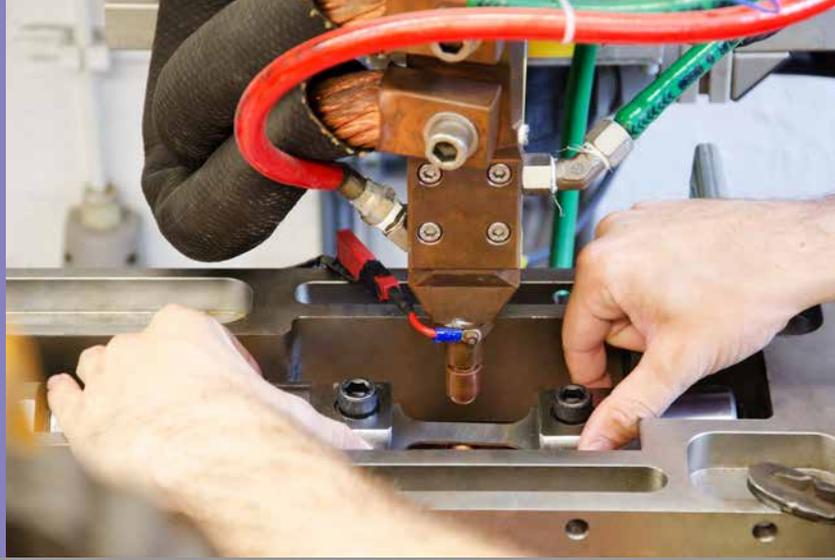
Seit 2011 ist sie unser ganzer Stolz: die TruLaser Cell 7020 der Firma Trumpf. Ausgestattet mit einem 2 kW TruDisk-Scheibenlaser und einem Dreh-Kipp-Tisch können darin Bauteile bis zu zwei Metern Länge, 1,6 Metern Breite und 600 Millimetern Höhe bearbeitet werden. Die Anlage wird vor allem für FuE-Arbeiten zum Laser-Pulver-Auftragschweißen genutzt. Ziel des Verfahrens ist es, angegriffene Oberflächen zu regenerieren oder von vornherein deren Widerstandsfähigkeit zu erhöhen. Anwendungsgebiete sind beispielsweise Turbinenschaufeln oder Kolben in Schiffsmotoren. In der TruLaser Cell können bei einer Auftragsrate von bis zu 250 cm³/h Schichtdicken von 0,1 bis 1,5 Millimetern erreicht werden.

Our pride and joy since 2011: The TruLaser Cell 7020 made by Trumpf. Equipped with a 2 kW TruDisk disk laser and a tilt-turn table, this machine can work on components up to two meters long, 1.6 meters wide, and 600 millimeters high. The system is mainly used in R&D work in laser metal deposition to regenerate damaged surfaces or increase surface resilience. The field of applications includes turbine blades or marine engine pistons. The TruLaser Cell can reach layer thicknesses of 0.1 to 1.5 millimeters at a deposition rate of up to 250 cm³/h.

FÜNFDRAHT-UNTERPULVER-SCHWEISSANLAGE FIVE-WIRE SUBMERGED ARC WELDING SYSTEM

Unsere Mehrdraht-Unterpulver-Schweißanlage kann Schweißprozesse mit fünf Schweißdrähten führen. Fünf modernste elektronisch geregelte Stromquellen mit einer addierten Leistung von bis zu 7500 A versorgen die Lichtbögen mit Strom. Dadurch ergeben sich nicht nur große Abschmelzleistungen und Füllgeschwindigkeiten. Eine programmierbare Kurvenform für Strom und Spannung ermöglicht es, das Schweißergebnis zu modellieren, zum Beispiel hinsichtlich der Schweißnahtgeometrie. Unsere Unterpulver-Schweißanlage ist eine voll-maßstäbliche industrielle Schweißanlage für das Längsnahtschweißen an Großrohren. Für Forschungszwecke können sowohl Flachproben mit einer Länge von zwei Metern als auch Großrohre mit bis zu sechs Metern Länge geschweißt werden.

Our multi-wire SAW system can manage welding processes with five welding wires. Five of the latest electronically-controlled energy sources with an aggregate supply of up to 7500 A provide the arcs with power. This not only results in high deposition rates and fill speeds. A programmable waveform for electricity and voltage allows to model the welding results, which is relevant to areas such as weld geometry. Our SAW system is a full-scale industrial welding system for longitudinal seam welding of large-diameter pipes. For research purposes, flat test pieces up to two meters long and pipes as long as six meters can be welded.



LASERSTRAHL- UND HYBRIDSCHWEISSANLAGEN LASER BEAM AND HYBRID WELDING SYSTEMS

Für Forschungsarbeiten zum Laserstrahl- und Laserstrahl-Hybrid-Schweißen stehen an der BAM Laserstrahlquellen mit einer Leistung von bis zu 20 kW zur Verfügung. Die vorhandenen Anlagen – zwei Arbeitsstationen mit 6-Achs-Industrierobotern und externen Zusatzachsen sowie ein 5-Achs-Portal – bieten ein breites Anwendungsfeld für 3D-Bearbeitung. Ergänzt wird die Anlagentechnik durch modernes, mikroprozessorgesteuertes Schweißequipment und verschiedene Vorwärmtechniken sowie Techniken der Prozesskontrolle. Das Laserstrahl- und Laserstrahl-Hybrid-Schweißverfahren kann hier flexibel für die Bearbeitung von Bauteilen mit einer Länge bis zu 1,5 Metern eingesetzt werden.

For our research on laser beam and laser-hybrid welding, we use laser sources with an output of up to 20 kW made available through our cooperation with BAM. The systems – two work stations with 6-axis industrial robots and external auxiliary axes plus a 5-axis portal – offer a wide range of applications for 3D processing. The technology is supplemented by modern microprocessor-controlled welding equipment, warm-up technology, and process control techniques. These laser beam and laser-hybrid welding technologies can flexibly handle components up to 1.5 meters long.

WIDERSTAND-PUNKTSCHWEISSANLAGE RESISTANCE SPOT WELDING SYSTEM

Experimentelle Untersuchungen im Bereich WPS führen wir in Kooperation mit der BAM an einer modernen Widerstandspunktschweißanlage durch. Die Krafterzeugung des C-Zangentyps der Firma SWAC erfolgt servoelektrisch. Der Fügeprozess wird durch das Herz der Anlage, eine Schweißstromsteuerung PSI 6300 mit 1000 Hz-Mittelfrequenz-Inverter der Firma Bosch Rexroth gesteuert. Zudem verfügen wir über diverse Messinstrumente zur Aufzeichnung relevanter Parameter während des Schweißvorgangs sowie Vorrichtungen zur weiteren Untersuchung der widerstandspunktgeschweißten Proben. Speziell für die industrierelevante Prüfung der Rissanfälligkeit widerstandspunktgeschweißter Verbindungen können fremdbeanspruchte Tests mit Hilfe einer speziellen Spannvorrichtung durchgeführt werden.

Experiments in resistance spot welding are carried out in cooperation with BAM on a modern spot welding system. SWAC-made C-tongs generate power servo-electrically. The joining process is controlled by the heart of the system, a modern welding current control with a 1000Hz medium frequency inverter from Bosch Rexroth. We also have various measuring instruments for recording relevant parameters during the welding process, and devices which allow us to conduct further investigations on the specimens. In the case of industry-specific investigations on joints' susceptibility to cracking, a special jig is used to conduct welding trials under external loading conditions.

IHRE PARTNER YOUR PARTNERS

Profitieren Sie von den breit gefächerten Kompetenzen des Fraunhofer IPK sowie von der engen Verbindung des Geschäftsfeldes Füge- und Beschichtungstechnik mit der BAM.



FRAUNHOFER IPK

Das Fraunhofer IPK in Berlin steht seit über dreißig Jahren für Exzellenz in der Produktionswissenschaft. Es unterstützt die gesamte Prozesskette produzierender Unternehmen.

Das Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK betreibt angewandte Forschung und Entwicklung für die gesamte Bandbreite industrieller Aufgaben – von der Produktentwicklung über den Produktionsprozess und die Wiederverwertung von Produkten bis hin zu Gestaltung und Management von Fabrikbetrieben. Analog dazu gliedert sich das Institut in die Geschäftsfelder Unternehmensmanagement, Virtuelle Produktentstehung, Produktionssysteme, Füge- und Beschichtungstechnik, Automatisierungstechnik sowie Qualitätsmanagement. Eine enge Zusammenarbeit der Geschäftsfelder ermöglicht eine ganzheitliche Bearbeitung auch sehr komplexer Forschungsthemen.

Im Mittelpunkt unserer Arbeit stehen Verfahren zur Produktivitätssteigerung bei der Entwicklung und Herstellung von Produkten und deren Umsetzung in Systemlösungen. Darüber hinaus erschließen wir neue Anwendungen in zukunftssträchtigen Gebieten wie der Sicherheits-, Verkehrs- und Medizintechnik. Unsere Basisinnovationen überführen wir gemeinsam mit Partnern in funktionsfähige Anwendungen. Von der Innovationskraft des Fraunhofer IPK profitieren Wirtschaftsunternehmen ebenso wie Verbände und Institutionen der öffentlichen Hand. Kunden und Partner des Instituts können bei jedem Entwicklungsschritt auf Expertise zählen. Machbarkeitsstudien, Projektierung und Management von Forschungsprojekten gehören ebenso zum Leistungsspektrum des Hauses wie konkrete Entwicklungstätigkeiten und Schulungsangebote.

For over 30 years Fraunhofer IPK in Berlin has been a by-word for excellence in production science, offering support across the whole production chain of manufacturing companies.

The Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology IPK undertakes applied research and development for the whole spectrum of industrial usage – from product development, production processes and product recycling to the design and management of production plants. Fraunhofer IPK is structured in six divisions: Corporate Management, Virtual Product Creation, Production Systems, Joining and Coating Technology, Automation Technology, and Quality Management. Close collaboration between the different divisions enables even complex research themes to be handled and developed in a holistic way.

The joint focus of our work is on methods for increasing productivity in the development and fabrication of products and their realization as systems solutions. On top of this, we also develop novel applications in promising fields such as security, traffic and transportation, and medical technology. We work closely with our industry partners in translating our basic innovations into viable functional applications. Enterprises, industry associations and public institutions all draw immense benefit from Fraunhofer IPK's proven proficiency in cutting-edge technology. Customers and partners of the Institute know that they can count on solid expertise in each and every stage of the development cycle. Fraunhofer IPK's range of services includes feasibility studies, project planning and research project management, as well as specific development assignments and training courses.



You too can benefit from the wide range of expertise covered by Fraunhofer IPK and from the close bonds its Joining and Coating Technology division maintains with the BAM.

BUNDESANSTALT FÜR MATERIALFORSCHUNG UND -PRÜFUNG (BAM)

Die BAM fördert die Entwicklung der deutschen Wirtschaft durch Forschung, Prüfung und Beratung zur Sicherheit in Technik und Chemie. Sie zählt europaweit zu den wichtigsten Instituten ihres Fachgebiets.

Die BAM integriert Forschung, Bewertung und Beratung in Technik und Chemie unter einem Dach. Im Rahmen ihrer gesetzlichen und gesellschaftspolitischen Aufgaben identifiziert die BAM Anforderungen an die Sicherheit in Technik und Chemie für die Gesellschaft von morgen. Dabei liegt der Fokus ihrer Arbeit auf den fünf abteilungsübergreifenden Themenfeldern Energie, Infrastruktur, Umwelt, Material und Analytical Sciences. Durch ihre Kooperationen mit Universitäten, anderen Forschungseinrichtungen und der Industrie ist die BAM in die deutsche Forschungslandschaft eingebunden und international eng mit anderen Staatsinstituten vergleichbaren Auftrags vernetzt.

Das Fraunhofer IPK steht seit 2009 in enger Kooperation mit der Fachgruppe 9.3 »Schweißtechnische Fertigungsverfahren« der BAM. Professor Michael Rethmeier leitet in Personalunion die Fachgruppe 9.3 sowie das Geschäftsfeld Füge- und Beschichtungstechnik des Fraunhofer IPK. Gegenstand der gemeinsamen Forschung sind Fragen der Sicherheit und Zuverlässigkeit gefügter Bauteile und Systeme während der Fertigung und des Betriebs. Dabei kommt der Bewertung der Interaktion zwischen Werkstoff, Prozess und Konstruktion die entscheidende Rolle zu. Zur Bewertung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der gefügten Bauteile kommen neben Laborproben vor allem Bauteilversuche und Full-Scale-Tests zum Einsatz. Hierzu werden bestehende Prüfverfahren adaptiert sowie neue Methoden vorangetrieben.

BAM promotes industrial development in Germany through research, testing and advice concerning safety in technology and chemistry. It is one of Europe's leading research institutes in its chosen fields.

BAM incorporates research, assessment and consultation in technology and chemical engineering under one umbrella. BAM identifies requirements for safety in technology and chemistry for tomorrow's society as part of its legal and political responsibilities. The work of BAM is directed at five interdepartmental focus areas Energy, Infrastructure, Environment, Materials and Analytical Sciences. Through its cooperation with universities, other research institutions and industry, BAM is an integral part of the German scientific landscape and closely connected worldwide with other public institutions of similar mandate.

Fraunhofer IPK has been closely collaborating with BAM's 9.3 specialist division for »Joining Technology« since 2009. Professor Michael Rethmeier is both head of the 9.3 specialist division at BAM and head of the Joining and Coating Technology division at Fraunhofer IPK. The common focus of research at both institutes is on issues of the safety and reliability of joined components and systems during production and actual operations in which a leading role is played by evaluation of interactions between materials, processes and structure. Laboratory trials, component experiments and full scale testing are all used to assess the safety and reliability of joined components with adaptation of existing testing methods and development of new ones.

LEISTUNGEN
OUR SERVICES



BERATUNG – FORSCHUNG – ENTWICKLUNG

CONSULTING – RESEARCH – DEVELOPMENT

Wir bieten unseren Kunden ein breites und bedarfsgerechtes Leistungsspektrum von der Beratung über die Planung bis hin zur Implementierung neuer Füge- und Beschichtungstechnologien.

We offer our customers a broad range of needs-oriented services from advisory services and planning through to implementation of new joining and coating technologies.

Technologie- und Methodenberatung

Mit gezielter Technologieberatung unterstützen wir Sie bei der Identifizierung und Auswahl von Zukunftstechnologien sowie bei der Entwicklung, Einführung und Anwendung neuer Füge- und Beschichtungstechnologien.

Technology and methods consulting

Our focused technology consulting services help you identify and make the right choice of future technologies. What's more, we also support you in the development, introduction and application of novel joining and coating technologies.

Potenzialanalysen und Studien

Durch produkt- und technologieorientierte Machbarkeitsstudien, Marktbeobachtungen und Trendanalysen untersuchen und evaluieren wir die Potenziale von Technologien und Produkten.

Potential analyses and surveys

We use product- and technology-oriented feasibility studies, market monitoring and trend analyses to investigate and evaluate the inherent potential of technologies and products.

Optimierung von Füge- und Beschichtungsprozessen

Wir untersuchen die technologische Machbarkeit und führen gezielte Prozess- und Technologieoptimierungen durch, um Ihre Prozesse wirtschaftlich effizienter zu gestalten.

Optimizing joining and coating processes

We investigate technological feasibility and implement on-track process and technology optimization that gives greater economic efficiency to your own processes.

Implementierung neuer Technologien

Durch kontinuierliche und zukunftsorientierte Forschung und Entwicklung bieten wir umfangreiches technologisches Know-how und unterstützen Sie bei der Planung, Umsetzung und Implementierung von neuartigen Technologien.

Implementing new technologies

Our on-going, forward-looking research and development puts us in an excellent position to offer you fully comprehensive technological expertise and support you in the planning, realization and roll-out of novel technologies.

Nationale und internationale FuE-Projekte

Wir beraten Sie im Vorfeld einer Forschungskoooperation und unterstützen Sie bei der Beantragung von Fördermitteln.

National and international R&D projects

We advise project carriers in the run-in phase to research alliances and support you throughout the application for funding.

KOOPERATION
COOPERATION



ZUSAMMENARBEIT – IHR ERFOLG

WORKING TOGETHER FOR YOUR SUCCESS

Unsere innovativen Technologien und Verfahren unterstützen Sie dabei, die unternehmerischen Herausforderungen von morgen zu bewältigen. Wir bieten Ihnen verschiedene Kooperationsformen:

Industrieprojekte

Forschung und Entwicklung bieten eine effektive Möglichkeit, den Innovationsprozess im Betrieb voranzutreiben. Wir entwickeln in Ihrem Auftrag wirtschaftlich umsetzbare Lösungen.

Kompetenznetzwerke

Um Ihnen ein umfassendes Know-how für anwendungsbezogene Problemlösungen bieten zu können, kooperieren wir mit weiteren Instituten und Verbänden. Wir sind Mitglied:

- im Fraunhofer-Verbund Produktion
- in der Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion
- im International Institute of Welding (IIW)
- im DVS – Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren e.V.

Clusterinitiative

Der Fraunhofer-Innovationscluster »Maintenance, Repair and Overhaul (MRO)« ist ein etabliertes Netzwerk von Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft in der Hauptstadtregion.

Strategische Vorlaufforschung

Die Neu- und Weiterentwicklung zukunftsrelevanter Technologien und Märkte ist Ziel der öffentlich finanzierten auftragsunabhängigen Vorlaufforschung. Davon profitieren auch unsere Kooperationspartner aus der Wirtschaft.

Our innovative technologies and methods help you meet the business challenges of tomorrow's world. To benefit from our know-how you can choose from a range of partnerships:

Industry projects

Research and development projects are an effective means of driving forward innovation in a company. We develop economically viable solutions on your behalf.

Competence networks

To ensure that you get fully comprehensive expertise for finding solutions to application-related problems, we cooperate with various institutes and associations. We are affiliated to:

- the Fraunhofer Group for Production
- the Fraunhofer AutoMOBILE Production Alliance
- the International Institute of Welding (IIW)
- the DVS – German Welding Society

Cluster initiative

The Fraunhofer innovation cluster »Life Cycle Engineering for Turbomachines« (LCE) aims at ensuring long-term knowledge transfer in the Berlin/Brandenburg metropolitan area.

Strategic preliminary research

New and further development of technologies and markets for the future is what independent, publicly financed preliminary research is all about. Our business partners benefit from the insights gained in such preliminary research.



UNSERE ARBEITSFELDER AUF EINEN BLICK OUR RESEARCH AREAS AT A GLANCE

Das Geschäftsfeld FBT berät und unterstützt Sie in einer breiten Palette von Technologiefeldern. Unsere Tätigkeitsbereiche im Überblick:

Verschleißschutz, Reparatur, Additiv

- **Laser-Pulver-Auftragschweißen:** Anwendung des Verfahrens zur Reparatur und Modifikation von Bauteilen. Beschichtung von Oberflächen zum Schutz vor Verschleiß.

Dünnblech

- **Widerstandspunktschweißen:** Herstellung und Prüfung homogener wie auch heterogener Fügeverbindungen aus Stahl- und Leichtbauwerkstoffen in Hinblick auf die Qualitätssicherung unter fertigungsnahen Bedingungen.
- **Schweißsimulation:** Von der Optimierung der Strukturtemperaturfelder und Verzüge bis hin zur Ermittlung der Eigenspannungsbeeinflussung durch Geometrievariation.

Dickblech

- **Laserstrahl- und Hybridschweißen:** dickwandiger Bauteile mit hoher Geschwindigkeit und guter Spaltüberbrückbarkeit.
- **Lichtbogenschweißen:** Verfahrensentwicklung und -prüfung, Demonstratorbau und Prototypenfertigung beim Einsatz von modernen Hochleistungs-Lichtbogentechniken.
- **Engspaltschweißen:** Weiterentwicklung des Verfahrens für den Einsatz bei variierenden Spaltbreiten.
- **UP-Schweißen:** Untersuchungen zu Regelungsmöglichkeiten bei der Bearbeitung neuer Werkstoffe. Identifikation geeigneter Kombinationen aus Pulver, Draht und Werkstoff.

The Joining and Coating Technology division advises and supports you in a broad range of technologies. Below is a brief outline of our areas of expertise:

Wear Protection, Repair, Additive Manufacturing

- **Laser Metal Deposition:** From application of the technique for modification and repair of components to surface cladding to protect against service degradation.

Thin Sheets

- **Resistance Spot Welding:** Production and evaluation of homogeneous and heterogeneous welding seams in steel and lightweight materials in terms of quality assurance under production-oriented conditions.
- **Welding Simulation:** From optimization of structure temperature fields and distortion to assessment of the impact of geometric variations on residual stress.

Thick Sheets

- **Laser Beam and Hybrid Welding:** High-speed welding of thick-walled components with excellent gap-bridging capability. Evaluation of welding properties of the material and the production safety of the seam.
- **Arc Welding:** From development and evaluation of techniques to construction of demonstrators and prototypes.
- **Narrow-Gap Welding:** Further development so that the process can be applied to a variety of gap widths.
- **Submerged Arc Welding:** Research on control possibilities to process new materials. Identification of the best combination of powder, wire, and materials.

KONTAKT
CONTACT

Prof. Dr.-Ing. Michael Rethmeier
Telefon: +49 30 39006-220
Mobil: +49 173 2716078
michael.rethmeier@ipk.fraunhofer.de

IMPRESSUM
IMPRINT

Fraunhofer-Institut für
Produktionsanlagen und
Konstruktionstechnik IPK

Pascalstr. 8-9
10587 Berlin

Telefon: +49 30 39006-0
Fax: +49 30 39110-17
info@ipk.fraunhofer.de
www.ipk.fraunhofer.de

Herausgeber – Issuer

Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann

Redaktion – Editor

Katharina Strohmeier

Gestaltung – Layout

Konstantin Heß
Ismaël Sanou

Fotos – Photography

Bundesanstalt für Materialforschung
und -prüfung (BAM) (21);
Fotolia: Pictures4you (15);
Fraunhofer IPK: Sergej Gook (12);
Konstantin Heß (26);
Angela Salvo-Gonzalez (7, 22);
Katharina Strohmeier (8, 19-2);
Institut (1, 4, 6, 9, 10, 11, 14, 16, 17,
19-1, 20);
Hedrich Mattescheck GBR (3);
iStockphoto: Mark Rose (24)

