

inspire

Auch mit Covid immer erreichbar
Unterstützung im Spital

**Mit Cold Metal Transfer
eine markant höhere
Auftragsrate erreichen**

Additive Manufacturing mit hoher Aufbaurrate

Ersatzteilmontage mittels additiver Fertigung

Additive Manufacturing für Ersatzteile





inspire AG

Von der Idee zur Innovation –
Vom „Rohdiamanten“ zum „Juwel“ !



Vorwort

Liebe Leserin, lieber Leser

Das vergangene Jahr war für die inspire AG wiederum ein sehr erfolgreiches, in welchem sich das Unternehmen gemäss seines Auftrags über viele für die Industrie wichtige bilaterale oder von der öffentlichen Hand geförderter Projekte im Sinne des Wissens- und Technologietransfers zur Stärkung der Innovationskraft von Schweizer Industrieunternehmen einsetzte.

Im Jahr 2021 hat die Anzahl der bearbeiteten Industrieprojekte gegenüber dem Vorjahr erneut zugenommen und lag bei 106 grösseren Projekten:

- 51 bilaterale Projekte (> CHF 15'000)
- 49 Innosuisse-Projekte
- 6 EU-, BFE- und Interreg-Projekte



Dr. Ralf Gerdes
CEO inspire AG

Diese günstige Projektportfoliosituation ermöglichte die Anstellung zusätzlicher Mitarbeitender. Ende 2021 hatte inspire 108 Mitarbeitende.

Die im Rahmen der strategischen Partnerschaft mit der ETH Zürich etablierte, enge Forschungs Kooperation mit acht ETH-Instituten/-Professuren ist für die inspire-Fachbereiche Werkzeugmaschinen und Fertigung, Additive Manufacturing, faserverstärkte Kunststoffe, Umformtechnik, Produktdesign und Konstruktion, Automatisierung sowie Augmented und Virtual Reality sowie Robotik und Optimierung zentral, da dadurch inspire Zugang zu Studierenden, Studienabgängerinnen und -abgänger und zum Know-how und den neusten Entwicklungen an den jeweiligen ETH-Instituten hat.

Mitarbeitende von inspire erbringen im Gegenzug für die ETH-Institute erhebliche Lehrleistungen in Form von Vorlesungen und Betreuung von studentischen Arbeiten und in der Erstellung und im Review von wissenschaftlichen Publikationen. Sie führen darüber hinaus eine grosse Zahl vom Bund geförderter Projekte mit Schweizer KMU durch, die von den ETH-Instituten in der Anzahl und Ausrichtung nicht bewältigt werden könnten.

Die von inspire verfolgte und aktiv geförderte interdisziplinäre und gruppenübergreifende Zusammenarbeit in Projekten zwischen mehreren Gruppen oder ETH-Instituten hat weiter zugenommen und Früchte getragen.

Wir wünschen Ihnen eine erkenntnisreiche Lektüre!

Dr. Ralf Gerdes
8005 Zürich, Herbst 2022

Inhalt

- 5 Auch mit Covid immer erreichbar. Unterstützung im Spital.
- 7 Mit Cold Metal Transfer eine markant höhere Auftragsrate erreichen.
- 9 In-situ investigation of ceramic laser-based powder bed fusion via operando tomography.
- 11 Ersatzteilerfertigung mittels additiver Fertigung.
- 13 Thermisch stabile Maschinen durch optimierte Kühlkreisläufe und Latenspeicherdispersionen.
- 15 Optimierung von Riementrieben zur Leistungsübertragung durch Kopplung von Simulation und Experimenten.
- 17 Optimale Produktion bei stark schwankender Nachfrage und veränderlichem Mix.

Auch mit COVID immer erreichbar. Unterstützung im Spital.

Im Rahmen der HelpfuLETH-Initiative hat inspire zwei Projekte zur Unterstützung der Spitäler in der COVID 19 Pandemie initiiert.

Bei einem der beiden Projekten geht es darum, tragbare elektronische Geräte (wie Telefone oder Pager) durch eine transparente Hülle vor Keimen abzuschirmen und damit die Mitnahme dieser Geräte in einen Operationsaal zu ermöglichen. Dank des entwickelten PACID-System (Pathogen Containment for Interactive Devices) kann das medizinische Personal weiterhin auf Telefone und Pager zugreifen, ohne Oberflächenkontaminationen zu riskieren.

Das PACID-System besteht aus einem Beutelöffner und einer Schleuse, in der das elektronische Gerät aufbewahrt wird, bis es vom Benutzer entnommen wird. Ausgehend von einer dringenden Anfrage des Universitätsspitals Zürich wurde das System innerhalb von nur fünf Wochen in drei aufeinanderfolgenden kurzen Entwicklungszyklen (Sprints) in enger Zusammenarbeit mit medizinischen Fachleuten entwickelt. Nach 18 Tagen wurde eine erste Produktversion für den täglichen Einsatz ausgeliefert.

Die Arbeit entstand in Zusammenarbeit mit Prof. M. Meboldt, ETH Zürich.



Julian Ferchow
Leitung Konstruktion und Design



PACID Schleuse und Beutelöffner

PACID ermöglicht dem medizinischen Personal die keimfreie Mitnahme von elektronischen Geräten in Operationssäle. Oben befindet sich der Einwurf, darunter der Beutelöffner (Messer) und unten die Entnahmeöffnung.



Die inspire AG verbindet Forschung und Praxis und betreibt einen hocheffektiven Wissens- und Technologietransfer zur Industrie, um Innovationen in Schweizer Industrieunternehmen anzustoßen.



Mit Cold Metal Transfer eine markant höhere Auftragsrate erreichen.

Durch die Anwendung des Cold Metal Transfer-Verfahrens für Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) können die bisherigen Grenzen des Verfahrens entscheidend verschoben werden.

Einer der Hauptkostentreiber in der additiven Fertigung ist die Aufbaurrate, mit der neues Material aufgetragen werden kann. Die maximal erreichbare Auftragsrate wird hauptsächlich durch die verfügbare Leistung und die Pulvereffizienz beim Auftragsprozess begrenzt. Je mehr Energie zur Verfügung steht und je weniger Material verlorengeht, desto grösser ist die Menge an Material, die pro Zeiteinheit aufgeschmolzen und aufgetragen werden kann.

Unter den möglichen Energiequellen, die für die additive Fertigung verwendet werden können, zeichnet sich der elektrische Lichtbogen durch hohe Effizienz und ein niedriges Kosten/Leistungs-Verhältnis aus. Wird dieser Prozess statt zum Zusammenschweissen von Teilen zum Auftragen von Material verwendet, spricht man heute von Wire Arc Additive Manufacturing, kurz WAAM. Unter den verschiedenen Lichtbogenschweissverfahren, die für WAAM eingesetzt werden können, sticht der Cold Metal Transfer (CMT) Prozess von Fronius speziell durch seine Fähigkeit eines vergleichsweise kühlen Materialauftrags hervor. Das resultiert in geringerem Materialverzug als bei konventionellen MIG- oder TIG-Aufschweisverfahren.

Im Gegensatz zu laserbasierten Systemen, kann das beim CMT-Verfahren erzielte Schmelzbad eine Breite über 10 mm erreichen, was eine sehr hohe Aufbaurrate erlaubt. Um den Einfluss der Prozessparameter auf die Spurengeometrie zu verstehen, wurden Wände mit verschiedenen Parameterkombinationen hergestellt und

die erreichte Dicke und Oberflächenwelligkeit gemessen. Zusätzlich wurden 3D-Strukturen erzeugt, um die Auswirkung von Prozessparametern, wie Wärmeeintrag und Überlappungsgrad der Spuren, auf die erreichbare Dichte und die Qualität (Risse, Poren) zu verstehen. Obwohl die Oberflächenwelligkeit im Vergleich zum

Herstellung / Reparatur von Turbinenbauteilen

Im hochkompetitiven Markt des Turbinenservice sind Lieferzeiten von Ersatzteilen oder Reparaturen von weniger als 72h gefragt. Nur mit additiven Fertigungsprozessen sind diese Anforderungen erfüllbar. Die Fertigung stationärer, also nicht rotierender Teile, wird heute in zunehmendem Mass durch additive Fertigungsmethoden, wie beispielsweise CMT-WAAM ausgeführt.



laserbasierten System schlechter ist, konnte mit der getesteten Konfiguration bei einer Auftragsrate von über 3.5 kg/h eine exzellente und mit anderen AM-Verfahren vergleichbare Dichte erreicht werden. Der verwendete Draht war Edelstahl 316L mit einem Durchmesser von 1.0 mm.

Die gewonnenen Erkenntnisse wurden im Rahmen eines internen Projekts in ein eigens entwickeltes CAM-Tool für WAAM mit CMT integriert.

Das CAM-Tool erlaubt die Verwendung von angepassten Prozessstrategien und die automatische Anpassung der Werkzeugbahn für verschiedene Prozessparameter, was eine einfache, aber dennoch effektive Bahnplanung ermöglicht. Schliesslich wurden Demonstrationsteile hergestellt und über diese die Methode unter Beweis gestellt. In weiterführenden Projekten soll diese Technologie verfeinert und industrialisiert werden.

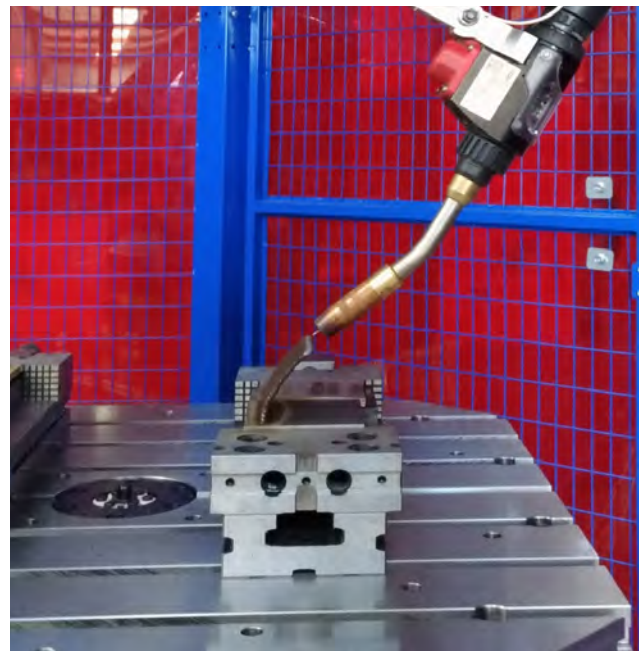
Die Arbeiten entstanden in der Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigung der ETH Zürich unter Leitung von Prof. K. Wegener.



Dr. Timo Schudeleit
Leitung Gruppe Laserbearbeitung
(ab März 2022)



Josef Stirnimann
Leitung Gruppe Laser- und Mikrobearbeitung
(bis Feb. 2022)



Beschleunigung der Produktion durch CMT-WAAM

Stark überlappende Bauteilkomponenten wie z.B. Impellerschaufeln können nur mit additiven Prozessen hergestellt werden. Zerspanungsprozesse kommen dazu nicht mehr in Frage. Spielt auch die Herstellzeit eine gewichtige Rolle, fallen auch die Feingussprozesse ausser Betracht.

Führungsschiene für Vorflügel- oder Landeklappen an Flugzeugflügeln

Üblicherweise werden diese Führungsschienen zerspanend aus dem Vollen gefertigt. Das CMT-WAAM Verfahren erlaubt dafür eine wesentlich schnellere Herstellzeit. Der Anteil der Zerspanung und Verbrauch an Rohmaterial werden dadurch massiv gesenkt.

In-situ investigation of ceramic laser-based powder bed fusion via operando tomography.

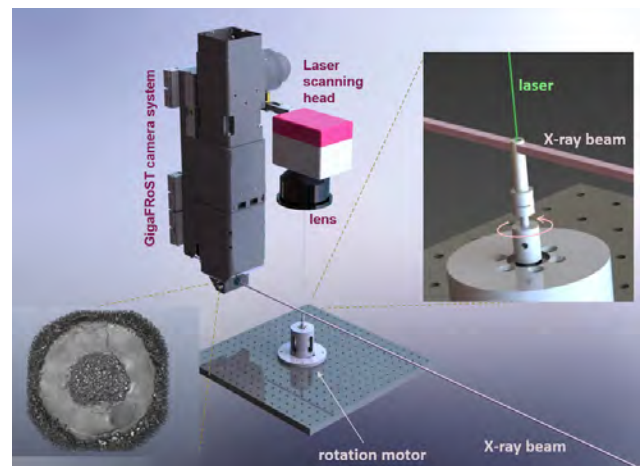
Insights into the complex process of ceramic laser melting like never before.

Compared to metals, ceramics have unique properties that make laser-based powder bed fusion (PBF-LB) very complex. Their dielectric properties make laser interaction with YAG lasers difficult, ionic bonding makes them stiff and hard but also brittle, and their tolerance to thermal shock is low. However, because of their chemical resistance and high melting point, ceramics can be used in extreme environmental situations. These properties make ceramics one of the most difficult materials to manufacture, but also one of the best engineering choices when harsh application conditions make compromise impossible.

PBF-LB could increase the use of ceramics in industry due to design freedom and ease of fabrication. Compared to other additive manufacturing solutions for the production of ceramic components, PBF-LB is a one-step process that avoids the complex and lengthy debinding and sintering process. Inspire AG started researching ceramic PBF-LB back in 2015 and created a fundamental understanding of this complex process in several research projects.

In a recent collaboration, the Paul Scherrer Institute (PSI) and inspire AG developed a setup to allow for the first time ever operando tomography of the PBF-LB process. The operando tomography studies were conducted at the PSI Tomcat beamline of the Swiss Light Source (SLS) and were led by M. Makowska (PSI) and F. Verga (inspire AG).

The experiment featured the monitoring of the additive manufacturing of a cylinder of 2 mm in diameter made from alumina. The alumina powder was consolidated using a pulsed laser operating at 532 nm. The acquisition rate was up to 100 tomograms per second.

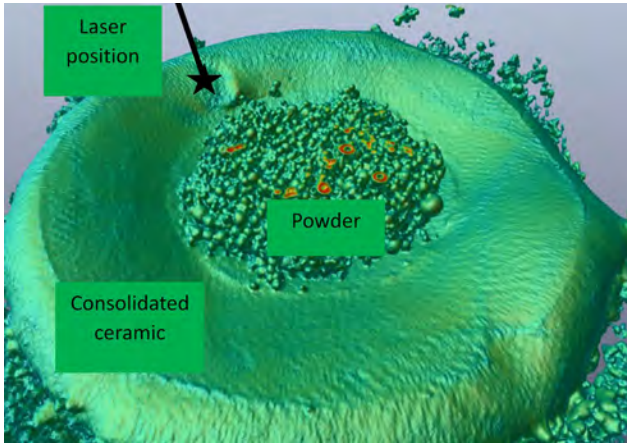


Monitoring set-up

Set-up for in-situ monitoring of PBF-LB for ceramic. The system is composed by a high speed camera arrangement (Gigabit fast read out system for tomography) and a rotating powder bed to allow tomographic acquisition.

The depicted monitoring set-up represent the configuration used during the beam time. The ceramic substrate and the powder bed is position inside a boron nitride tube. The X-ray beam is perpendicular to the rotational axis of the sample. The laser employed was a 20 W green pulsed laser. By varying the laser scanning parameters defects where purposely produced. Similarly optimal parameters where selected to compare the results with sub optimal trials.

The experiment enabled for the first time the visualization in 3D of the PBF-LB process providing unknown up to know, but invaluable details on the process, e.g. direct insight into porosity and crack formation during the PBF-LB, as well as the melt-pool dynamics.



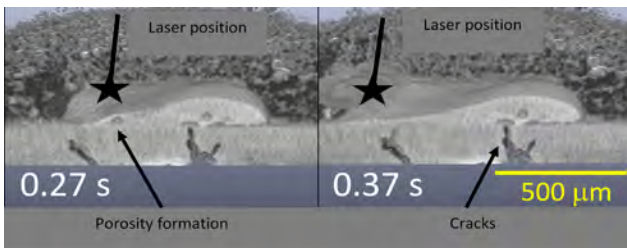
Dr. Manfred Schmid
Leitung Gruppe Selective Laser Sintering



Fabrizio Verga
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Bereich Keramik

Ceramic Laser Melting

Volume rendering of a PBF-LB ceramic sample observed during the melting. An upward ridge is produced by the interaction between the molten ceramic and the laser recoil pressure. The powder particle can be appreciated into minimal details.



Defect Detection

The cross section of the sample during laser melting in time frames with a 0.1 s temporal offset, from left to right. Development of defects as crack and pores can be clearly seen. It is interesting to notice that during the process many gas bubbles are formed and escape from the molten ceramic.

The obtained results allowed to confirm or reject previously speculated phenomena, deepening the understanding on the laser-based powder bed fusion. Detailed results will be soon made public through a journal publication.

The project was funded by the Swiss National Science Foundation (SNSF) within the frame of the SPARK funding scheme (CRSK-2_196085). The results have been achieved in cooperation with Dr. M. Makowska (PSI). The inspire research group is scientifically supervised by Prof. K. Wegener and Prof. M. Bambach (ETH).

Ersatzteilerfertigung mittels additiver Fertigung.

Additive Fertigungsverfahren können nicht nur genutzt werden, um Leichtbaustrukturen und komplexe Geometrien zu fertigen, sondern erlangen auch eine wachsende Bedeutung in der Ersatzteilversorgung.

Additive Fertigungsverfahren bieten erhebliche Vorteile wie Kosten- und Platzeinsparungen in der Lagerhaltung, einfaches Daten- und Produktehandling. Sie ermöglichen auch eine raschere Verfügbarkeit von Ersatzteilen insbesondere bei nicht mehr erhältlichen Komponenten, sowie die Möglichkeit der Anpassungen von Bauteilgeometrien an geänderte Anforderungen.

Als grösster Schweizer Stromversorger unterhält Axpo ein ausgedehntes, wartungsintensives Stromnetz. Zur Sicherstellung einer ausfalllosen Stromversorgung ist eine wesentliche Hauptanforderung an das Stromnetz die sogenannte „n+1“-Redundanz. Kommt es zu einem Ausfall von Schlüsselkomponenten, ist eine kurze Reaktionszeit zur Wiederherstellung der Redundanz aus wirtschaftlicher und sozialer Sicht entscheidend. Da etliche Komponenten bereits seit Jahren oder gar Jahrzehnten

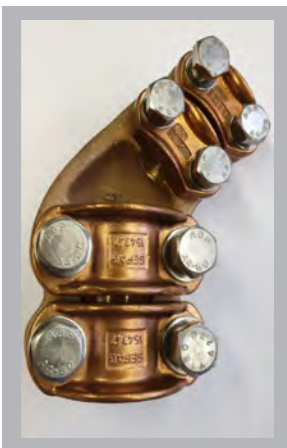
im Einsatz stehen, kann deren Ersatz unter Umständen nicht über die Ersatzteilerhaltung erfolgen und auch die Beschaffung über Lieferanten kann problematisch oder gar unmöglich sein.

Eine zu diesem Thema lancierte Studie untersuchte, in wie weit die additive Reproduktion einer kritischen Komponente ablaufen kann und ob die geforderten Qualitätsmerkmale erreicht werden können.

Als Referenzkomponente wurde eine Hochspannungstromklemme gewählt. In einem ersten Schritt wurde die Serienklemme mittels 3D-Scanner erfasst und digital aufbereitet, um anschliessend additiv in Aluminium reproduziert zu werden. Der gesamte Prozessablauf inklusive Nacharbeit dauerte weniger als drei Tage.

Hochspannungsklemme

Foto der Original-Hochspannungstromklemme.



3D-Modell, Simulation

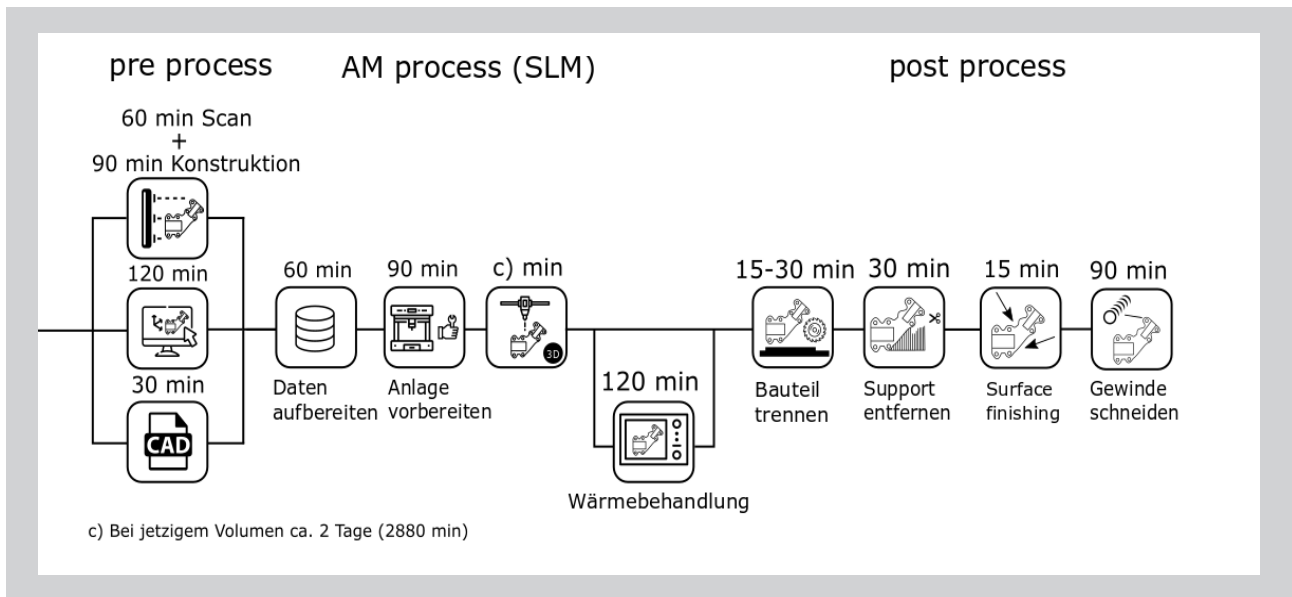
Mittels CAD wird ein 3D-Modell erstellt und die Belastungen simuliert.



Hochspannungsklemme (Ersatzteil)

Mittels Selective Laser Melting (SLM) additiv hergestellte Hochspannungstromklemme.





Herstellprozess

Prozess zur additiven Herstellung der Hochspannungsklemme in AlSi10Mg. Die SLM-Prozesszeit ist abhängig von der Anlagenkonfiguration und vom verarbeiteten Pulvermaterial.

Die Ergebnisse im Rahmen von Feldversuchen sowie zusätzlichen Materialtests haben gezeigt, dass die Funktionstauglichkeit additiv hergestellter Komponenten im Vergleich zu Serienkomponenten in allen Aspekten gegeben ist. Damit ist das Potential additiver Fertigung für die Ersatzteilproduktion bestätigt.



Dr. Adriaan Spierings
Leitung Gruppe Selective Laser Melting

Die Arbeiten entstanden in Zusammenarbeit mit Prof. K. Wegener, ETH Zürich.

Thermisch stabile Maschinen durch optimierte Kühlkreisläufe und Latentspeicherdispersionen.

Bei Fertigungsprozessen in Werkzeugmaschinen sind die thermischen Verlagerungen der wichtigste schlecht beherrschte Einfluss auf die Qualität der Werkstücke. Mit verbesserter Konstruktion dank Simulation und optimierten Kühlmedien sind substantielle Verbesserungen möglich.

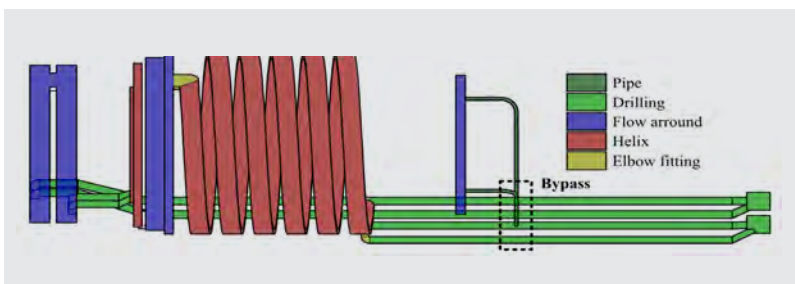
In der zerspanenden Fertigung wie Fräsen, Drehen oder Schleifen wird die zugeführte mechanische Leistung vollständig in Wärme umgewandelt. Um die Prozesse stabil und die Reibung zwischen Werkzeug und Werkstück gering zu halten, wird in der Regel ein Kühlschmiermittel zugeführt. Doch auch die aktiven Maschinenelemente wie Frässpindeln und Achsantriebe sind reibungsbehaftet und produzieren im Betrieb Abwärme, die mit Vorteil an der Quelle mit einem Kühlkreislauf abgeführt wird.

In der Praxis führt dies zu komplizierten und viele Meter langen Kühlkreisläufen mit einer Temperaturdifferenz von mehreren Grad zwischen Vor- und Rücklauf. Diese Differenz führt zu systematischen und leistungsabhängigen Temperaturgradienten innerhalb der Maschinenstruktur, die schlecht vorhersehbare Auswirkungen auf die Geometrie haben.

Da in der Fertigung der Mikrometer zunehmend zum Maßstab wird, sind auch Unterschiede von weniger als einem Grad Celsius relevant.

Mit CFD (Computational Fluid Dynamics) stehen zwar leistungsfähige Plattformen zur Berechnung von Kühlkreisläufen zur Verfügung. Der Rechenaufwand ist jedoch beträchtlich, so dass Optimierungen durch Parametervariation kaum möglich sind.

Für die technisch üblichen Kühlkanalgeometrien ist es jedoch gelungen, mit stark vereinfachten Methoden den Wärmefluss und den Druckabfall in Sekundenbruchteilen zu berechnen. Somit können in wenigen Stunden Tausende von Varianten berechnet werden, um eine optimale Kühlwirkung zu erzielen.



Optimierung des Kühlkreislaufs

Zerlegung eines Kühlkreislaufs in einfache geometrische Grundformen, für die der Wärmefluss und der Druckablauf in Sekundenbruchteilen berechnet werden kann. Dadurch wird es möglich, mittels Parametervariation Tausende von Varianten zu berechnen, um die optimale Dimensionierung der Kühlkanäle unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen zu ermitteln.

Für geschlossene Kühlkreisläufe ist Wasser dank seiner hohen Wärmekapazität in der Regel die Basis eines Kühlmittels. Eine noch höhere Wärmekapazität kann erreicht werden, indem dem Wasser ein Anteil an Latentspeichermaterial beigegeben wird, das bei der gewünschten Betriebstemperatur von beispielweise 23°C aufschmilzt. Während des Aufschmelzens ist die Wärmekapazität theoretisch unendlich; als Dispersion ist sie mehr als drei Mal so hoch wie jene von reinem Wasser.

Geeignete Zusätze sorgen dafür, dass diese Dispersion keine Korrosion verursacht und biokompatibel ist. Limitiert wird der Anteil an Latentspeichermaterialien durch deren schlechte Wärmeleitfähigkeit, welche die Wärmeaufnahme behindert. In der Praxis muss deshalb ein Optimum zwischen Wärmekapazität und Wärmeleitfähigkeit gefunden werden; es liegt bei etwa 20% Latentspeichermaterial.

Für die Anwendung in Frässpindeln hat sich gezeigt, dass ein grosses Potenzial in der Optimierung der Kühlkreisläufe durch simulative Variation der Kühlkanalgeometrie liegt. Die Erhöhung der Wärmekapazität dank Latentspeicherdispersionen kann eine zusätzliche Verbesserung durch Reduktion des erwähnten Temperaturgradienten zwischen Vor- und Rücklauf bewirken. Da die Hauptschwierigkeit in Werkzeugmaschinen darin liegt, die Abwärme durch die Kühlflüssigkeit an der Quelle aufzunehmen, führt kein Weg an der simulationsgestützten, optimierten Konstruktion vorbei.

Die hier beschriebenen Forschungsergebnisse entstanden im Rahmen mehrerer Innosuisse-Projekte in Zusammenarbeit mit der Prof. L. Fischer (HSLU), Prof. K. Wegener (ETH) und mehreren Industriepartnern.

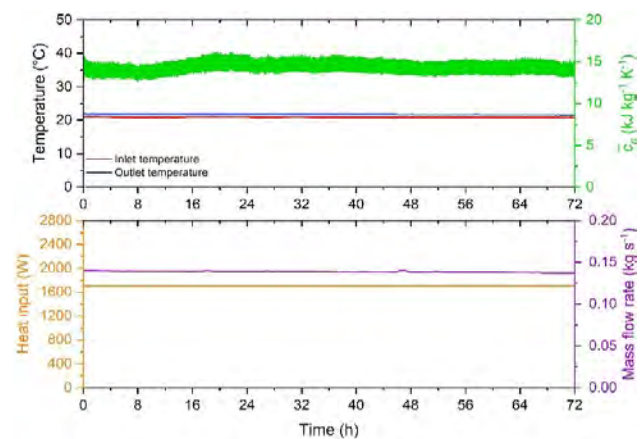


Lukas Weiss
Leitung Maschinenkonzepte



Frässpindel einer Werkzeugmaschine

Die dichtgepackten Anschlüsse für Strom, Druckluft, Kühlschmiermittel und Kühlwasserkreislauf am hinteren Ende lassen erahnen, wie eng die Rahmenbedingung für die Optimierung der Kühlkanalgeometrie sind.



Validierung der Wärmekapazität

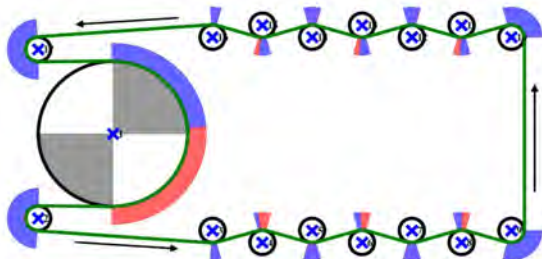
Validierung der Wärmekapazität einer Latentspeicherdispersion bei der optimalen Betriebstemperatur im Prüfstand. Trotz eines Wärmeintrags von 1.7 kW besteht nur eine minimale Differenz zwischen Vor- und Rücklauf-temperatur. Die grüne Linie zeigt die berechnete scheinbare Wärmekapazität bei der Betriebstemperatur von 23°C von beinahe 15 [kJ kg⁻¹ K⁻¹], mehr als das Dreifache von reinem Wasser.

Optimierung von Riementrieben zur Leistungsübertragung durch Kopplung von Simulation und Experimenten.

Flachriemen sind ein effizientes Maschinenelement, um rotative Leistung zu übertragen und zu verteilen. Die reibschlüssige Leistungsübertragung hat eine hohe Energieeffizienz von bis zu 98%.

Unter den Zugmittelgetrieben ist der Flachriemen die geräuschärmste Variante und hat auch gute schlag- und vibrationsdämpfende Eigenschaften. Ein Flachriementrieb ist kosteneffektiv in der Realisation und verursacht keine grossen Instandhaltungskosten. Da aber die Leistung über Reibung übertragen wird, ist die Lebenszeit der Flachriemen in Hochleistungsanwendungen typischerweise auf wenige Jahre limitiert.

Obschon Flachriemen seit über einem Jahrhundert erfolgreich eingesetzt werden, basiert die Auslegung von Zugmittelgetrieben mit mehr als 2 Riemenscheiben heute noch auf sehr stark vereinfachten Modellen. Um mit dadurch entstandenen Unsicherheiten umzugehen, erfolgt die Auslegung konservativ mit grossen Sicherheitsfaktoren.



Modell eines Riementriebs

Beispiel der Ausgabe des mathematischen Modells für einen Riementrieb mit einer zentralen antriebenscheibe und 6 angetriebenen Riemenscheiben. Die weiteren 10 Riemenscheiben, lenken den Flachriemen lediglich um. Das rote Segment des Kontaktes zwischen Riemen und Scheibe repräsentiert den Bereich in welchem die Leistungsübertragung stattfindet und ist somit ein Indikator für die Ausnützung des Riemens.

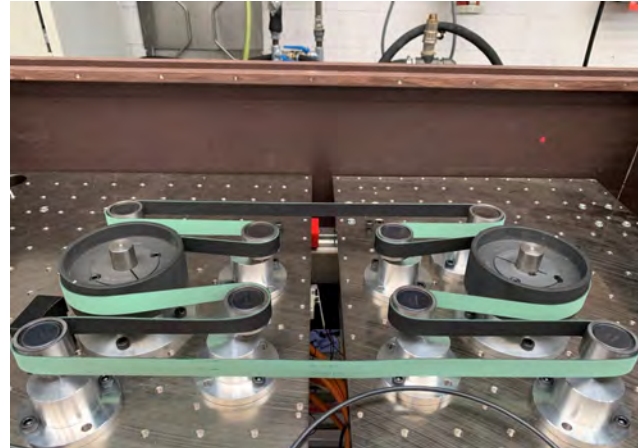
Bei inspire wurde ein neues mathematisches Modell entwickelt, welches einen Flachriementrieb und die auf den Flachriemen wirkenden Kräfte im Detail beschreiben kann. Der Flachriemen als Ganzes wird mit einem einfachen Materialmodell beschrieben. Die dafür benötigten Eingabegrößen werden heute bereits grösstenteils von den Herstellern erhoben.

Das Modell berücksichtigt auch die Trägheitseffekte des Riemens. Die Interaktion zwischen Riemen und Riemenscheibe wird, wie heute üblich, mit der Eytelweinschen Beziehung beschrieben. Dazu werden lediglich die Geometrie des Riementriebs und der Reibkoeffizient benötigt. Für einen beliebigen Riementrieb ohne Überkreuzung und Winkeltrieb in Kombination mit einem ausgewählten Flachriemen und bei bekanntem Leistungsfluss können mit diesem neuen Simulationsmodell die Leistungsmerkmale berechnet werden. Diese Leistungsmerkmale sagen aus, wie stark der Riementrieb ausgelastet ist, d.h., wieviel mehr Leistung vom Riemen übertragen werden könnte, bevor die Leistungsübertragung mittels Reibung nicht mehr stattfinden kann.

Für die Validierung des neuen Simulationsmodells und für die Entwicklung und Optimierung von neuen Flachriemen sind repräsentative Experimente bei hohen Betriebslasten und hohen Geschwindigkeiten notwendig. Dazu wurde ein neuer massgeschneiderter Laborprüfstand entwickelt welcher das geforderte breite Spektrum bezüglich Geschwindigkeit und übertragener Leistung abdecken kann. Zwei Riemenscheiben, welche von Elektromotoren angetrieben sind, wurden fix verbaut. Die Antriebsscheibe wird vom Elektromotor angetrieben, während bei der Abtriebsscheibe der Elektromotor als Generator betrieben wird. Die Motoren werden unabhängig gesteuert, womit sowohl ein realer Riementrieb nachgestellt werden kann, als auch im Normalbetrieb unrealistische Lastzustände angesteuert werden können, welche den Antriebsriemen über seine Grenzen hinweg belasten.

Zusätzliche Umlenkscheiben können auf dem Prüfstand montiert werden, um verschiedene Riementriebe und Belastungsszenarien nachzustellen. Der Aufbau des Prüfstands ermöglicht, dass ein Riemen sowohl kraftgesteuert, als auch weggesteuert gespannt werden kann. Mit der implementierten Steuerung können neben den fix verbauten Temperatur-, Kraft- und Drehmomentensensoren auch weitere Sensoren angeschlossen und zentral ausgewertet werden.

Mit diesen neu entwickelten Werkzeugen ist es möglich, das Funktionsprinzip eines Flachriementriebs und die daraus resultierenden lokalen Belastungen des Antriebsriemens besser zu verstehen. Dies unterstützt



Riementrieb auf Prüfstand

Beispielhaft realisierter Riementrieb auf dem neu entwickelten Prüfstand. Der Riemen überträgt wie im realen Einsatz viel Leistung und wird durch die 8 Umlenkscheiben zusätzlich stark auf Biegung belastet.

nicht nur die Entwicklung von neuen Riemen, sondern ermöglicht auch die Abschätzung der Lebenszeitdauer von Riemen im industriellen Betrieb.

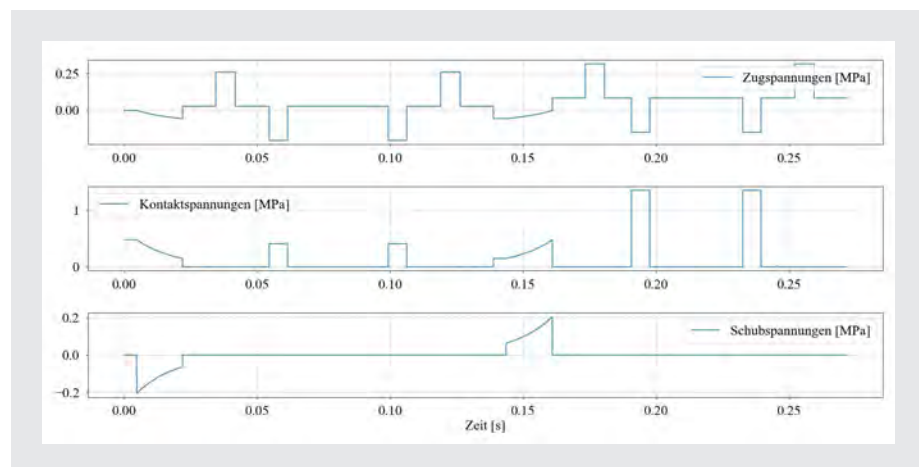


Dr. Markus Zogg
Leitung Composite Structures

Diese Arbeit entstanden im Rahmen eines Innosuisse-Projekts und in Zusammenarbeit mit Prof. K. Wegener, ETH Zürich.

Mathematisches Modell

Ergebnis des mathematischen Modells, welches den Riementrieb auf dem Prüfstand nachstellt. Auf den drei Kurven sind jeweils die Zug-, Kontakt- und Schubspannungen zu sehen, welche die schwarze Reibfläche des Flachriemens in einem Umlauf erfährt.



Optimale Produktion bei stark schwankender Nachfrage und veränderlichem Mix.

Ein Buchhinweis.

Weiterentwicklung der Produktionstheorie als Erweiterung der Lean Six Sigma Methodologie – Voraussetzungen für on-time-delivery (OTD) und „Stückzahl 1“-Produktion.

Neben Kursen und Trainings auf dem Gebiet Lean Production und Six Sigma, kurz „Lean Six Sigma“ (LSS), die inspire seit 2009 sehr erfolgreich durchführt, wird von inspire auch die zugrundeliegende Theorie, die auf dem Toyota Production System (TPS) und der Six Sigma Qualitätstheorie basiert, weiterentwickelt. Die inspire Academy, bei welcher diese Trainings laufen, versteht sich nicht nur als reiner Trainings-/Kursveranstalter, sondern auch als Partner der Industrie, der die Mitarbeitenden persönlich weiterbringen will und damit die Industriefirmen zu nachhaltigen Produktivitätssteigerungen führen will. Das erfordert vertieftes Wissen und kontinuierliche Weiterentwicklungen der LSS-Methodologie beispielsweise hinsichtlich neuer Trends wie Digitalisierung und Agile Development.

In diesem Zusammenhang entstanden bereits vierzehn Publikationen, zwei Studien sowie etliche Presseartikel.

Die jüngsten Arbeiten befassten sich mit den theoretischen Grundlagen der Produktionsvoraussetzungen zur Einhaltung von OTD bei stark schwankender und sich im Mix verändernder Nachfrage. Dazu erschienen 2021-2022 insgesamt drei Publikationen. Sie richten sich an Produktionsexperten, die sich grundsätzlich darüber Gedanken machen, wie ihr Produktionssystem idealerweise aussehen sollten.

In einem im Springer-Verlag kürzlich erschienen Buch mit dem Titel „Elements of Advanced Manufacturing Theory“ sind die erwähnten Publikationen zusammengefasst und in einen Gesamtkontext eingebettet.



ISBN: 987-3-031-02046-9
Springer, 2022
Bruno G. Rüttimann, Martin T. Stöckli



Dr. Bruno Rüttimann
Senior Consultant Lean Six Sigma / OPEX



Dr. Martin Stöckli
COO/CFO inspire



Die inspire AG hat ihren Hauptsitz im Zürcher Technopark und ist damit Teil des dynamischen Umfelds von Forschungsinstitutionen, jungen Start-ups und erfolgreichen ETH Spin-off Unternehmen.

Impressum

Herausgeberin: inspire AG, Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich
www.inspire.ethz.ch, info@inspire.ethz.ch

Redaktion: inspire AG (M. Stöckli und andere)

Konzept & Layout: tonicmoon GmbH, Winterthur (L. Zellweger und Team)

Druck: copytrend AG, Zürich

in der Schweiz auf FSC-Papier gedruckt

inspire

**Wir machen aus Forschung Produkte.
Für morgen und übermorgen.**

www.inspire.ethz.ch



inspire AG Technoparkstrasse 1, CH-8005 Zürich
info@inspire.ethz.ch www.inspire.ethz.ch