

Hybride Fertigung für geschlossene Laufräder

Ein Teil, eine Maschine, zwei Fertigungsverfahren. Sulzer entwickelt ein hybrides Fertigungsverfahren für geschlossene Laufräder, das subtraktives Fräsen und additiven Materialauftrag miteinander kombiniert. Sulzer hat Patente für dieses Verfahren angemeldet. Die Hauptvorteile sind extrem verkürzte Lieferzeiten und die Möglichkeit zur Realisierung innovativer Teilegeometrien.



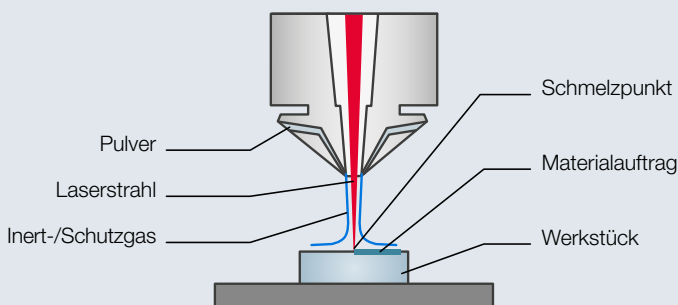
Unser Ziel ist es, hybride Laufräder in 48 Stunden zu produzieren.

Aufgrund ihrer einzigartigen Geometrie lassen sich geschlossene Pumpenlaufräder bislang am besten im Giessverfahren herstellen. Der grosse Umschlingungswinkel und die Krümmung der Schaufeln im Inneren des Laufrads ermöglichen eine optimale Leistung beim Pumpen von gewöhnlichen Medien wie Wasser oder Öl. Aufgrund dieser optimierten Geometrie können die inneren Laufradkomponenten nicht aus fertig bearbeiteten Werkstoffen hergestellt werden. Da der Innenbereich für Werkzeuge nur beschränkt erreichbar ist, kommen klassische subtraktive Fertigungstechnologien wie Fräsen oder Elektroerosion (Electric Discharge Machining, EDM) nicht in Frage, ohne die ursprüngliche Geometrie des Laufrads zu beeinträchtigen. Giessen war bis anhin der traditionelle Weg zur Herstellung dieser Laufräder.

Einschränkungen beim Giessen

Selbst bei modernsten Giessverfahren besteht die Gefahr kleinerer Fehler im Inneren und an der Oberfläche des Metalls, einer ausreichenden, aber nicht perfekten Oberflächenqualität und

Funktionsprinzip des Laserauftragschweissens (LMD)



Beim LMD-Verfahren (Laser Metal Deposition) erzeugt ein Laser ein Schmelzbad auf der Oberfläche der Komponente. Über eine Düse wird dabei automatisch Metallpulver zugeführt. Dadurch entstehen kleine Perlen, die miteinander verschweisst werden. So können feste Strukturen auf vorhandene Körper aufgetragen werden. Für LMD steht eine Vielzahl von Werkstoffen in Pulverform zur Verfügung. Generell können alle mit herkömmlichen Verfahren schweisbaren Materialien verwendet werden. Das LMD-Verfahren kommt bei Sulzer bereits seit seinen Anfängen, vornehmlich bei der Reparatur gebrauchter Komponenten, zum Einsatz.

Abb. 1 Prinzip des Laserauftragschweissens.

geringer geometrischer Abweichungen. Diese beeinträchtigen nicht nur die Leistungsfähigkeit des Gussteils, sondern bestimmen den Umfang der erforderlichen Nachbearbeitung z. B. in Form von Oberflächenbehandlungen und Auswuchten. Die durchschnittliche Vorlaufzeit beim Giessen beträgt 35 Tage. Selbst bei den sogenannten schnellen Giessverfahren ist die Vorlaufzeit zur Herstellung eines Fertigteils mit etwa 25 Tagen noch immer recht lang. Die Optimierung der Vorlaufzeit ist für Sulzer und seine Kunden von grosser Bedeutung und der Hauptgrund für die Suche nach einem neuen, zeitsparenden Fertigungsverfahren.

LMD-Parameter

Beim LMD-Verfahren spielen viele Produktionsaspekte eine Rolle: Werkstoffspezifikation, Produktionsparameter, Qualitätskontrolle und Leistungsprüfungen. Zu den Produktionsparametern gehören Metallpulverdosierung, Verarbeitungsgeschwindigkeit, Laserenergie, Fokussierung, Materialauftragshöhe usw. Die Optimierung dieser Parameter ist äusserst wichtig und wird kontinuierlich durch Sensoren an der LMD-Maschine überwacht, um einen fehlerfreien Materialauftrag zu gewährleisten. Nur eine ständige Qualitätskontrolle und die anfänglichen Leistungsprüfungen ermöglichen es Sulzer, eine hohe Qualität der Komponenten, die über ihre Lebensdauer in der Pumpe hinweg hohen Belastungen standhalten müssen, zu garantieren.

Sulzer als Pionier der hybriden Fertigung

Den Schlüssel zu einer viel schnelleren und besseren Laufradfertigung liefert die Kombination von zwei Fertigungstechnologien: der Materialauftrag per LMD und die anschliessende Bearbeitung mit einer 5-Achsen-Fräse zur Herstellung einer qualitativ hochwertigen Oberfläche und genauer Abmessungen. Als Pionier auf dem Gebiet der innovativen Fertigungsverfahren arbeitet Sulzer bereits jetzt mit einem solchen hybriden Fertigungsprozess.

Laserauftragschweissen plus 5-Achsen-Fräsen

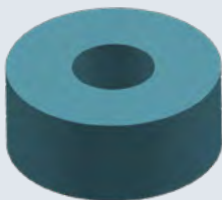
Das Potenzial für hybride Fertigungsverfahren ist riesig. Mittlerweile bieten alle grossen Hersteller von 5-Achsen-Werkzeugmaschinen hybride Maschinen an. Mit einem hybriden Verfahren kann die Menge des additiven Materialauftrags beschränkt werden, was die Kosten des

Arbeitsschritte bei der hybriden Fertigung

Bei der hybriden Fertigung werden additive und subtraktive Verfahren in einer Maschine kombiniert. Das zum Patent angemeldete Verfahren für ein geschlossenes Laufrad beginnt mit einem kleinen Stangenabschnitt (Schritt 1), der seine endgültige Geometrie durch Bearbeitung auf einer 5-Achsen-Fräse erhält (Schritt 2). Dieser Bearbeitungsschritt ist nur möglich, weil die radiale Abmessung des Kernstücks kleiner ist als der Radius des fertigen Laufrads. Somit sind alle Kanäle für die Fräswerkzeuge frei zugänglich. Ist das Laufrad-Kernstück fertiggestellt, wird die übrige Geometrie des Laufrads durch Laserauftragschweissen (LMD) radial aufgebaut. Das hinzugefügte Material wird dann auf seine endgültige Geometrie und Oberflächengüte gefräst. Je nach Zugänglichkeit für das Werkzeug kann dieser additive Schritt mit anschliessendem Fräsen mehrfach wiederholt werden, um das Laufrad bis zu seinem endgültigen Durchmesser aufzubauen (Schritt 3).

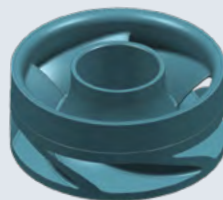
Schritt 1

Der Stangenabschnitt wird in die hybride Maschine gespannt.



Schritt 2

Subtraktive Fertigung (5-Achsen-Fräsen) des Laufrad-Kernstücks.



Schritt 3

Fertiges Laufrad. Der gelbe Teil wird durch LMD hinzugefügt und anschliessend gefräst.

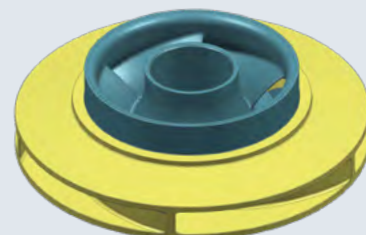


Abb. 2 Hauptschritte zur Herstellung eines geschlossenen Laufrads durch hybride Fertigung.

Verfahrens im Rahmen hält. Beim additiven Materialauftrag sind oft Stützkonstruktionen erforderlich, auf die bei der hybriden Fertigung aufgrund der variablen Auftragsrichtung häufig verzichtet werden kann. Mit der abschliessenden Bearbeitung auf der 5-Achsen-Fräse erfüllt die Oberflächenqualität des Materials die anerkannten Industriestandards. Dank der hohen geometrischen Präzision ist der Nachbearbeitungsaufwand bei den mit dem hybriden Verfahren gefertigten Komponenten geringer.

Das hybride Fertigungsverfahren bietet Sulzer die Möglichkeit, Produktentwicklungszyklen zu beschleunigen. Prototypen können schneller gefertigt und Kundenrückmeldungen von

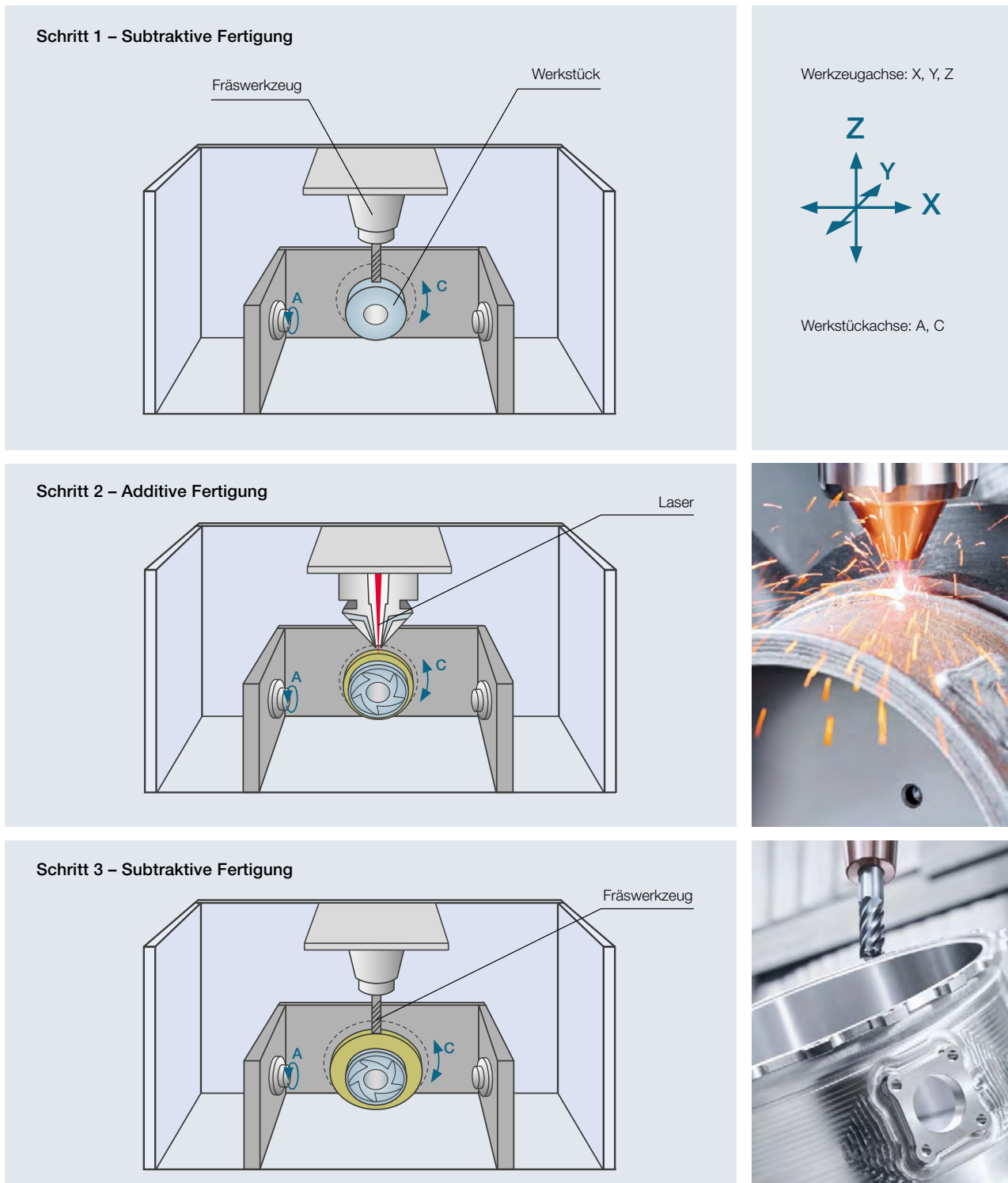


Abb. 3 Arbeitsschritte bei der hybriden Fertigung.

Feldversuchen können früher eingeholt werden. Die anschliessende Produktoptimierung erhöht die Qualität der Sulzer-Produkte. Für die computergestützte Fertigung (Computer-Aided Manufacturing, CAM) nutzt Sulzer angepasste Softwaretools zur Optimierung hybrider Fertigungsverfahren. Der schichtweise Materialauftrag erfordert eine Definition des Schichtaufbaus. Mit anderen Worten: Nach der Konstruktion einer Komponente muss das Programm die Geometrie in mehrere Schnitte zerlegen, die je nach Geometrie der Komponente eine dreidimensionale Form haben können. Der Materialauftrag erfolgt schichtweise in den definierten Bereichen, wodurch die Komponente entsteht.

Geschlossene Pumpenlaufräder in 48 Stunden

Um die Parameter zu optimieren und die Programmierung des Werkzeugpfads zu automatisieren, hat sich Sulzer mit einem Unternehmen zusammengeschlossen, das sehr ähnliche geschlossene Laufräder für Turbokompressoren herstellt. Die beiden Unternehmen arbeiten in Zürich gemeinsam an Vor- und Machbarkeitsstudien und haben bereits die ersten Laufräder mit dem neuen Verfahren hergestellt.

Angesichts des Engagements und der Erfahrung beider Unternehmen ist Sulzer überzeugt, das ehrgeizige Ziel zu erreichen, zukünftig qualitativ hochwertige geschlossene Laufräder aus Edelstahl in 48 Stunden produzieren zu können. Dies ermöglicht eine radikale Verkürzung der Lieferzeit gegenüber den üblichen 25 bis 35 Tagen bei herkömmlichen Giessverfahren.

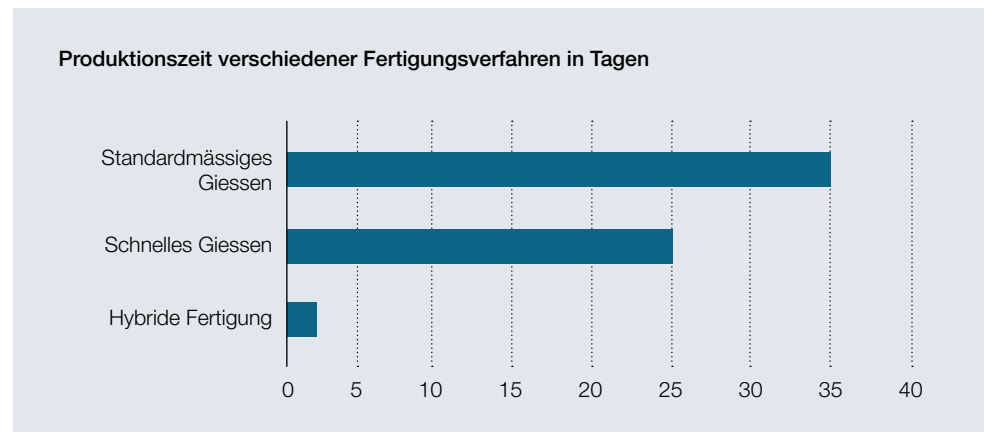


Abb. 4 Vergleich der Vorlaufzeiten zur Produktion geschlossener Laufräder mit verschiedenen Fertigungsverfahren.



Robin Rettberg,
Winterthur, Schweiz

Natürlich ist die hybride Fertigung weder auf Laufräder noch auf einzelne Werkstoffe beschränkt. Daher zielen zukünftige Entwicklungen auf den Einsatz des Verfahrens für weitere Pumpenkomponenten bzw. die Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe für ein einziges Teil ab.

Ein Beispiel für die Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe ist der Auftrag einer verschleissfesten Beschichtung per LMD während des Fertigungsprozesses. Diese Beschichtung kann z. B. in einem Laufrad eingesetzt werden, um einen Schleissring zu ersetzen. Das hybride Fertigungsverfahren bietet grosses Potenzial für eine kostengünstige Produktion in unserer Branche und wird in Zukunft in vielen Fabriken von Sulzer zu finden sein.