

# MATERIALOGRAPHISCHE PRÄPARATION VON PROBEN AUS 3D DRUCKVERFAHREN

Das additive Laser-Pulver-Auftragschweißen ist eines der zahlreichen 3D Druckverfahren. Bei dieser Technik werden mittels Laserschweißen pulverförmige Werkstoffe auf ein Bauteil aufgeschmolzen. Die gewünschte Form eines spezifischen Produktes bildet sich durch das Abfahren von vordefinierten Bahnen heraus. Der Laserstrahl schmilzt das Metallpulver kurzzeitig auf und es entsteht eine Schweißraupe. Die angestrebte Geometrie erhält die dreidimensionale Kontur durch das Überlagern der Bahnen bzw. der Schweißraupen. Das additive Laser-Pulver-Auftragschweißen möglichst wirtschaftlich zu betreiben und ein hohes Maß

an Präzision und Qualität zu gewährleisten sind die nächsten Entwicklungsschritte. Auch die Skalierung steht im Fokus: neben der Anwendung im großen Maßstab spielt auch die Implementierung von Mikrostrukturen  $<100 \mu\text{m}$  eine wichtige Rolle.<sup>1</sup>

**Folgende Materialien werden für das additive Laser-Pulver-Auftragschweißen eingesetzt:**

- | Leichtmetalle
- | Hochdotierte Nickellegierungen
- | Stahl
- | Intermetallische Werkstoffe

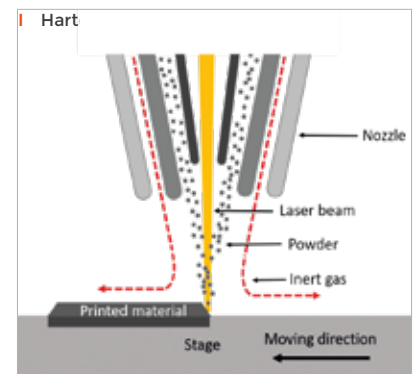


Abb. 1: Prozess des additiven Laser-Pulver-Auftragschweißens.

<sup>1</sup> Fraunhofer IWS, Additive Manufacturing, 2016, [www.isam.network](http://www.isam.network)

## MATERIALGRAPHISCHER PRÄPARATIONSPROZESS

Im Folgenden beschreiben wir den materialgraphischen Präparationsprozess für eine Probe, die additiv gefertigt wurde.

Eine typische materialgraphische Probenbehandlung beinhaltet folgende Schritte:

- I Trennen - z. B. mit einer Trennschleifmaschine
- I Einbetten - vorteilhaft für die weitere Bearbeitung
- I Schleifen/Polieren - zur Bearbeitung des Gefüges
- I Untersuchung mittels
  - Bildanalyse
  - Härteprüfung

Die Grundlage dieses Artikels bildet die Untersuchung eines Stahlbauteils (X6Cr17, Werkstoffnummer 1.4016), welches durch additives Laser-Pulver Auftragschweißen hergestellt wurde. Im ersten Schritt wurde mithilfe der QATM Qcut 200 A Präzisionstrennmaschine (Abb. 3) ein kleines Stück herausgetrennt, das repräsentativ für das komplette Bauteil ist.

Dabei kam eine CBN (Bornitrid) Trennscheibe mit einer Dicke von 0,65 mm und einem Durchmesser von 153 mm zum Einsatz.



Abb. 2: Trennmaschine Qcut 200 A

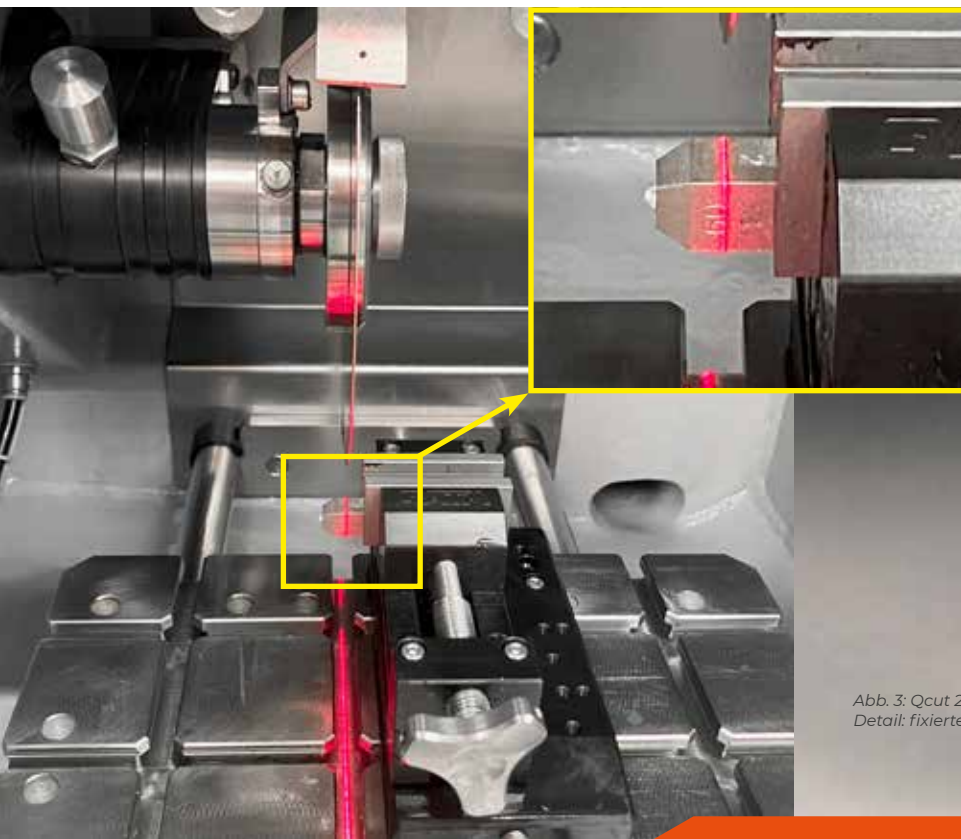


Abb. 3: Qcut 200 A Trennmaschine.  
Detail: fixierte Probe (Spannwerkzeug: Qtool 40 S)

Das Trennen erfolgte durch einen getakteten Fahrschnitt (0,2 mm vor und 0,2 mm zurück) mit einem Vorschub von 1 mm/s und einer Drehzahl von 4500 min<sup>-1</sup>.

Nach dem Trennen wurde die Probe in der **QATM Qpress 50 Warmeinbettpresse** mit Epo schwarz eingebettet, was die weitere materialographische Bearbeitung erleichtert. Das Einbetten erfolgte für 6 Minuten bei einem Druck von 200 bar und 180 °C, gefolgt von einer 6-minütigen Abkühlung. Ein weiterer Vorteil ist der hohe Grad an Parallelität von 51 µm ± 1 µm der eingebetteten Proben (Toleranzen basieren auf dem Messschieber der zur Messung der Probenhöhe verwendet wurde). Die eingebetteten Proben wurden anschließend geschliffen (Einzelandruck) und mit dem **halbautomatischen Schleif- und Poliergerät Saphir 550** poliert (Einzelandruck). Der Schleifprozess wurde in zwei Schritten durchgeführt. Zunächst Planschleifen mit einem Siliziumkarbid (SiC) Schleifpapier Körnung P240, um alle Deformationen, die durch den Trennprozess verursacht wurden, zu entfernen. Im zweiten Schritt Schleifen mit einem Siliziumkarbid Schleifpapier Körnung P600, um die Oberfläche für die weiteren Bearbeitungsschritte zu glätten. Danach wurde die Probe mit dem harten **Galaxy BETA Poliertuch** und einer 9 µm polykristallinen Diamantsuspension vorpoliert, gefolgt von einem **mittelharten Seidenpoliertuch GAMMA** mit einer 3 µm polykristallinen Diamantsuspension. Das finale Polieren wurde mit einem **weichen Synthetikpoliertuch OMEGA** und Eposil M durchgeführt. Die genauen Präparationsdaten sind in Tabelle 1 ersichtlich.



Abb. 4: Warmeinbettpresse Qpress 50



Abb. 5: Automatische Schleif- und Poliermaschine Qpol 300 AI ECO+



**TABELLE 1: SCHLEIF- UND POLIERPARAMETER**

Schritt	Medium	Schmiermittel/ Suspension	Drehzahl [U/min]	Drehrichtung Probenhalter	Einzelndruck [N]	Zeit [min]
Schleifen	SiC, P240	Wasser	150	im Uhrzeigersinn	30	1:00
Schleifen	SiC P600	Wasser	150	im Uhrzeigersinn	30	1:00
Polieren	BETA	Alkohol, Diamant 9 µm (poly)	150	gegen den Uhrzeigersinn	35	4:30
Polieren	GAMMA	Alkohol, Diamant 3 µm (poly)	150	gegen den Uhrzeigersinn	35	4:00
Polieren	OMEGA	Wasser, Eposil M	100	im Uhrzeigersinn	30	1:30



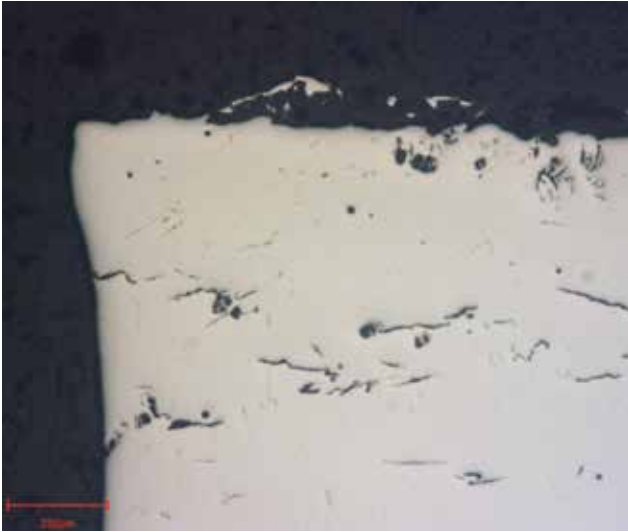


Abb. 6: Bild der bearbeiteten Probenoberfläche. Die polierte Oberfläche reflektiert das Licht fast gleichmäßig, das Gefüge ist nicht erkennbar.

Das Ergebnis dieser Präparationssequenz war eine feinpolierte Probenoberfläche. Abb. 6 zeigt die Aufnahme eines Auflichtmikroskops mit 100-facher Vergrößerung.

Da das Licht über der gesamten Probenoberfläche sehr gleichmäßig reflektiert wird bleibt die Mikrostruktur unsichtbar. Das menschliche Auge benötigt einen Kontrast von mindestens 10%, um diesen auf einer beliebigen Oberfläche zu erkennen. Dieser Kontrast wird durch Ätzen erzielt. In unserem Beispiel wurde das Ätzmittel „V2A-Beize“ zum Beizen verwendet, um durch selektives Ätzen der verschiedenen Phasen der X6Cr17 Stahlprobe den Kontrast zu erhöhen. Das Ätzen erfolgte für 45 Sekunden und in Abbildung 7 lässt sich die Mikrostruktur der Probe sehr gut erkennen.

Ein deutlicher Kontrast im Gefüge lässt sich auch in der Mitte der Probe ausmachen (Abb. 8).

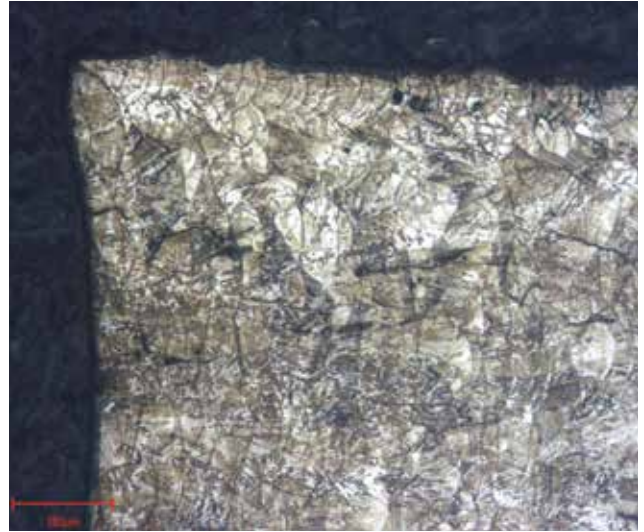


Abb. 7: Probe nach Ätzung mit „V2A Beize“ (45 Sek.). Probenrand. Das Gefüge ist deutlich erkennbar.

Weitere Untersuchungen, wie zum Beispiel die **Härteprüfung**, erfordern eine plane und glatte Oberfläche, um zuverlässige Ergebnisse zu gewährleisten. Der hier beschriebene materialographische Präparationsprozess stellt sicher, dass die Probe bestmöglich für die Härteprüfung vorbereitet ist. Für diese Anwendung hat QATM den **Qness 60 M EVO** im Angebot, ein leistungsstarkes Gerät für die Mikrohärtprüfung und optische Evaluierung.

Die polierte Oberfläche in Abb. 6 weist mehrere Risse auf. Die gerade Kante auf der linken Seite wurde durch das Trennen erzielt. Die Kontur der Schweißnaht ist unsichtbar. Für eine genauere Untersuchung wurde der Kontrast durch Ätzen erhöht (siehe Abb. 7). Die Oberfläche hat mehrere Risse, in deren Nähe farbige Flecken auf Reste des Ätzmittels hinweisen. Die Schweißnähte sind deutlich erkennbar. Die Schicht-für-Schicht Auftragstechnik bewirkt eine Wärmebehandlung der unterliegenden Schicht. Eine Wärmeeinflusszone wird gebildet,

## QATM – LÖSUNGEN FÜR DIE MATERIALOGRAPHIE

QATM ist führend in der Entwicklung und Fertigung von Maschinen für die Materialographie (Metallographie). Die Geräte werden erfolgreich in Bereichen wie Qualitätskontrolle, Schadensanalyse, Produktionskontrolle sowie in der Forschung & Entwicklung eingesetzt.

- |                                      |                    |
|--------------------------------------|--------------------|
| Nasstrennschleifmaschine             | Mikroskope         |
| Warmeinbettpressen                   | Systemlabors       |
| Schleif- und Poliergeräte, Ätzgeräte | Verbrauchsmaterial |

ATM Qness GmbH  
Emil-Reinert-Str. 2  
57636 Mammelzen  
Deutschland

Tel.: +49 2681 9539 0  
Fax: +49 2681 9539 27  
info@qatm.com  
www.qatm.com



Abb. 8: Kontrastierte Probe. Die geschweißte Mikrostruktur des Bauteils ist deutlich erkennbar.

welche eine Veränderung der Mikrostruktur verursacht und Auswirkungen auf die Probeneigenschaften hat. So kann zum Beispiel die Härte verringert werden. Wenn Schichten von unterschiedlicher Härte übereinandergelegt werden, erhöht dies kontinuierlich die mechanische Beanspruchung und kann am Ende zu sogenannten sekundären Rissen führen. Ein Grund für die Bildung primärer Risse sind Abkühlgradienten während des Auftragens.

Abbildung 8 zeigt eine Vergrößerung einzelner Schweißraupen und die entsprechenden Wärmeinflusszonen. Eine Härteprüfung macht die Härteunterschiede der aufgetragenen Schichten deutlich.

## LÖSUNGEN FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG



### Trennmaschine Qcut 200 A

- | Präzisionstrennmaschine
- | Hocheffizientes Kühlsystem
- | Vollautomatische Präzisionsachsen

### Warmeinbettpresse Qpress 50



- | Leicht zu bedienendes Verschlussystem
- | Vollautomatisch, elektronisch gesteuert
- | Komfortable Bedienung über großes LC Display und optimierte Benutzeroberfläche

### Automatische Schleif- und Poliermaschine Qpol 300 A1 ECO+

- | Einspindliges Schleif-/Poliergerät
- | Einzel- und Zentraldruck
- | Variable Drehzahlregelung der Arbeitsscheibe und des Polierkopfes



Erfahren Sie mehr auf [www.qatm.de](http://www.qatm.de)

