

Additive Fertigung mittels WAAM (Wire and Arc additive Manufacturing Technologie)

Unmittelbar vor dem Schweißen wurden ein Standarddraht sowie die selbst gefertigten Drähte (Bericht 1.1.2) mit Isopropanol und einer Fasermatte gereinigt. Die WAAM- Fertigung erfolgte mit dem Gas-Metall-Lichtbogen-Schweißverfahren Cold Metal Transfer (CMT) (Fronius, Pettenbach, Österreich), als Stromquelle diente ein Fronius CMT TPS.

Durch Parameterstudien konnten zufriedenstellende Ergebnisse mit folgenden Einstellungen erzielt werden: Schweißkurve KL 1904, Schweißgeschwindigkeit 12 mm/sec, Drahtvorschubgeschwindigkeit 3,5 m/min (Grundsicht) und 2,2 m/min (Aufbautagen), Stromstärke 51 A, Pulsfrequenz 80-120 Hz, Schichtdicke jeweils 2,5 mm und eine Wandstärke von ca. 5 mm. Der Abstand zwischen Werkstück und Spitze betrug 13 mm. Als Schutzgas wurde Ar mit 30 % He verwendet. Der Düsendurchmesser betrug 14 mm und der Gasfluss 14 l/min. Nachfolgende Bilder zeigen die AM-Schweißanlage am LKR (links) sowie ein Foto während der Verarbeitung. Während der Verarbeitung der Drähte kam es zu starker Schmauchbildung, was auf verdampfendes Material aufgrund der hohen Hitze zurückzuführen ist. Insgesamt sind die Drähte aber problemlos zu verarbeiten und es konnten zufriedenstellende Probenträger gefertigt werden.

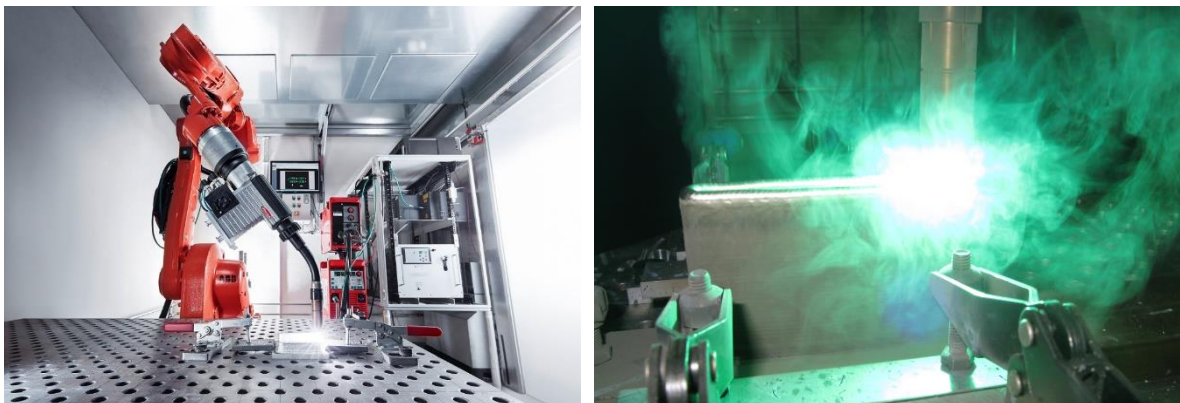


Abbildung 1: WAAM Anlage am LKR Ranshofen (links); Schmauchbildung während der WAAM Verarbeitung von Mg Draht (rechts)

Aus den Drähten wurden kontinuierlich dünnwandige Strukturen („Probenträger“) mit einer Höhe von mindestens 80 mm, einer Länge von 130 mm und einer Breite von 30 mm auf einer AZ31-Grundplatte (Mg-3,0Al-0,6Zn) hergestellt. Eine kommerziell erhältliche Legierung (AZ61 - MgAl6Zn1) wurde als Referenzmaterial für die WAAM-Tests gewählt. Die AZ61-Proben wurden aus AZ61A-Zusatzdrähten gewonnen, welche von DRATEC Drahttechnik GmbH, Krefeld, Deutschland, bezogen wurden. Nachfolgende Abbildungen zeigen zwei der gefertigten Probenträger: AZ61 (kommerzieller Draht aus Standardlegierung, links) und AXZ111 (am LKR mittels direktem Strangpressen gefertigter Sonderdraht). Deutlich zu erkennen ist die leicht wellige Oberfläche, welche sich aus dem schichtweisen Lageraufbau im WAAM Prozess ergibt. Die Verarbeitung war trotz Schmauchbildung einwandfrei und der Lichtbogen während des gesamten Lageraufbaus sehr stabil. Der kommerzielle Draht war etwas einfacher zu verarbeiten als die im Projekt hergestellten Drähte, da für den kommerziellen Draht eine Schweißkennlinie verfügbar ist. Für den Sonderdraht musste die Kennlinie zuerst in Parameterstudien erarbeitet werden. Für weitere Schweißversuche kann die Kennlinie noch weiter optimiert werden, so dass mit dem Sonderdraht eine weiter verbesserte Verarbeitbarkeit erwartet werden kann. Der höhere Al-Gehalt in den Sonderdrähten zeigte keine nachteilige Wirkung

T1.1.3 „ Bericht über WAAM Verarbeitung“

– viel mehr verbesserte er das Fließverhalten während der WAAM-Fertigung, was zu einem sauberen Lagenaufbau geführt hat. Die Zugabe von Ca hatte keinen erkennbaren Effekt auf die Verarbeitungsfähigkeit der Sonderlegierungen.

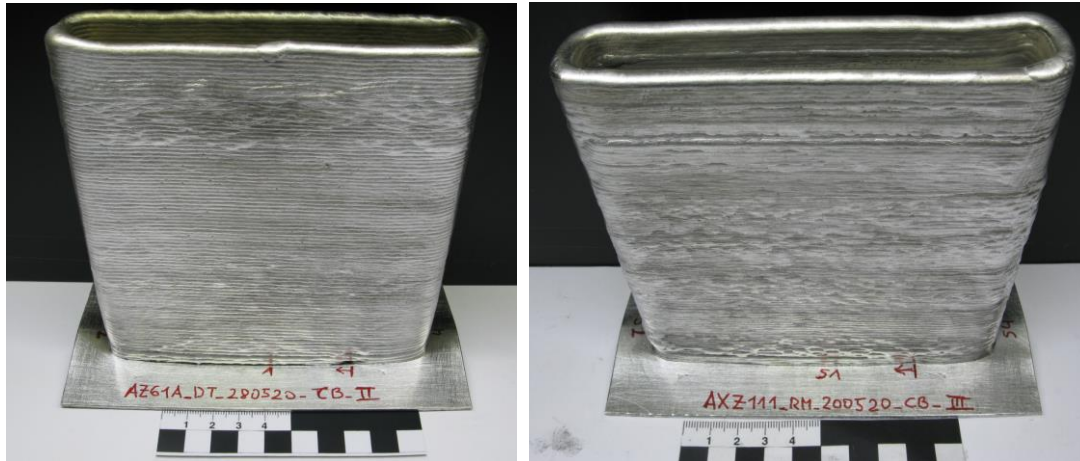


Abbildung 2: Mittels WAAM hergestellte Probenträger aus kommerziellem Draht (AZ61, links) und aus im Projekt hergestelltem Sonderdraht (AXZ111, rechts).

Aus den so hergestellten Probenträgern wurden im weiteren Verlauf entsprechend nachfolgendem Schnittplan Proben für metallografische Untersuchungen, Zugversuche und CT-Analysen entnommen.

Die CT-Proben mit der Bezeichnung „4“ wurden nach Abstimmung mit dem Projektpartner FH Wels verworfen, da die CT-Analyse direkt an den Zugproben durchgeführt werden kann. Dies bringt den erheblichen Vorteil, dass man im Anschluss an die Prüfungen einen Zusammenhang zwischen Defekten (Porositäten, Bindungsfehlern etc.) und den ermittelten mechanischen Kennwerten herstellen kann.

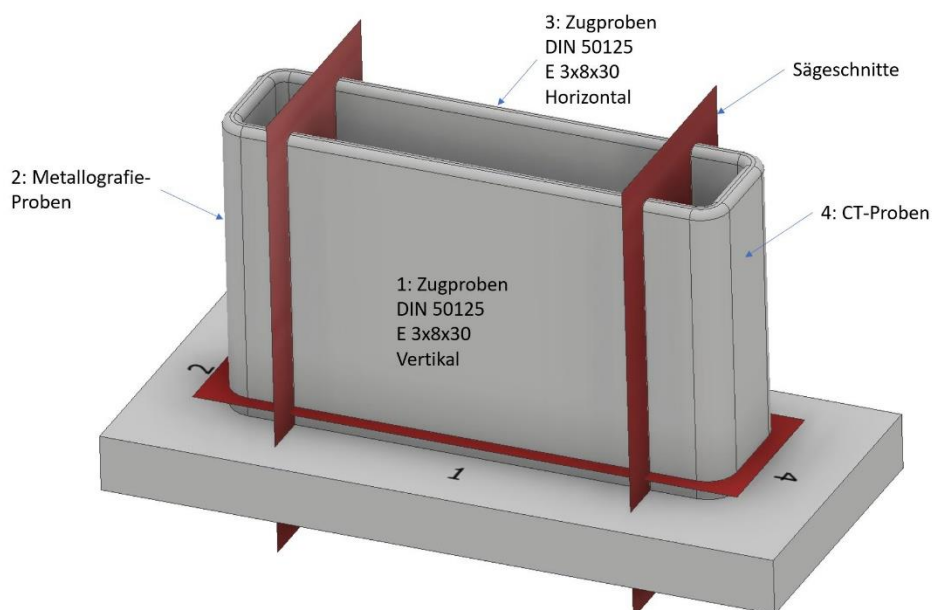


Abbildung 3: Probenentnahmeplan der gefertigten Probenträger

T1.1.3 „ Bericht über WAAM Verarbeitung“

Um eventuelle Materialfehler erkennen zu können und um die Mikrostruktur bewerten zu können wurden metallographische Schliffe der Proben angefertigt. Nachfolgend werden diese dargestellt und bewertet.

Im ersten Vergleich ist ein Überblick über die gefertigten Probenträger im Querschnitt (Schnittrichtung im rechten Winkel zur Schweißrichtung, Blickrichtung in Schweißrichtung). Wie zu erkennen ist, zeigt die Proben aus AZ61 eine sehr gleichmäßige Wandstärke, während die Proben aus den restlichen Legierungen stärker in der Wandstärke schwanken. Dies ist auf die fehlende Schweißkennlinie zurückzuführen und kann noch weiter optimiert werden. Weiters ist zu erkennen, dass die AXZ-Proben eine vermehrte Porosität zeigen. Ein Grund dafür konnte noch nicht gefunden werden, es wird aber vermutet, dass dies am Drahtherstellprozess liegen kann.

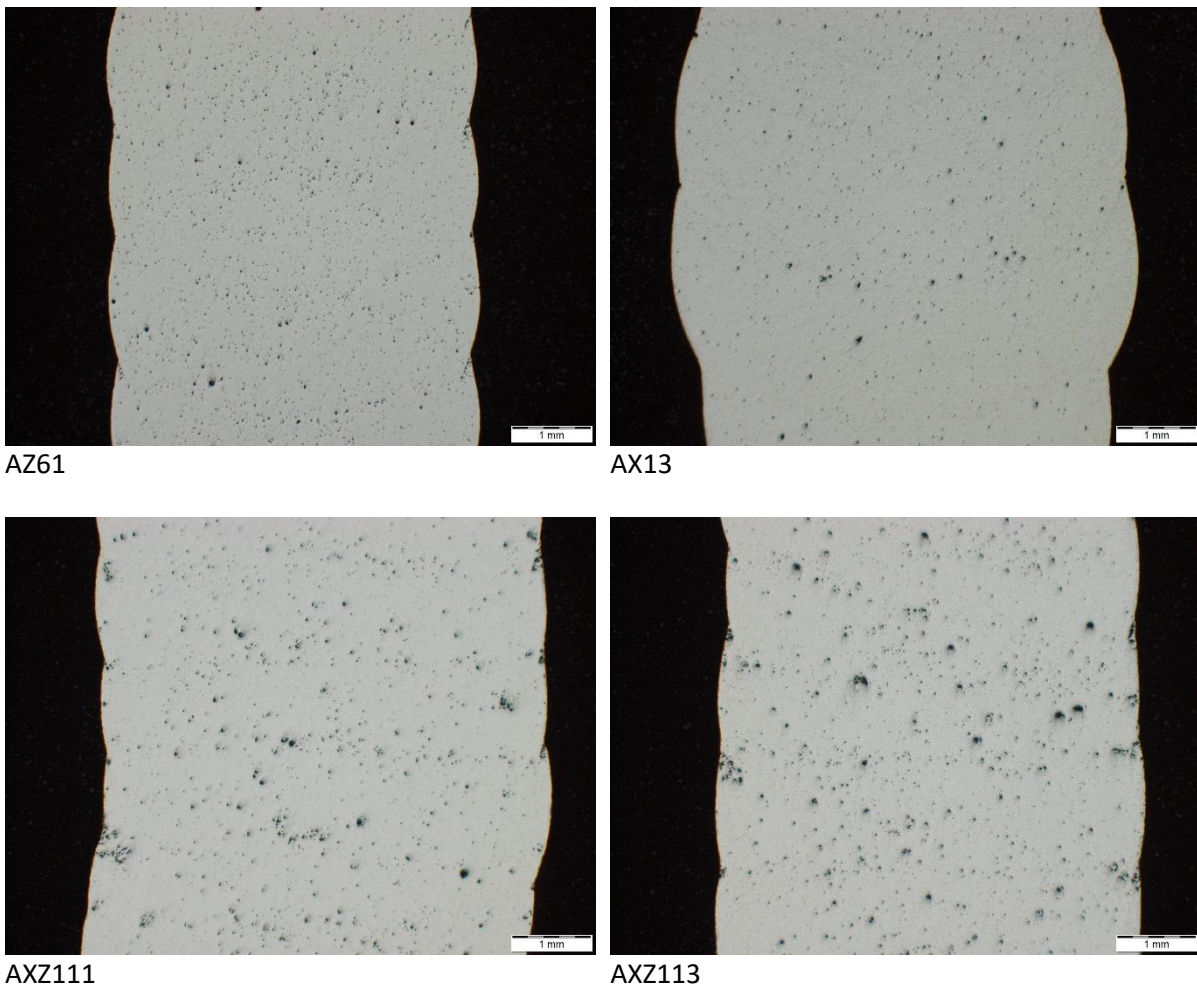


Abbildung 4: Überblick über die Mikrostruktur der WAAM gefertigten Probenträger

Vereinzelt wurden bei den Probenträgern Bindungsfehler zwischen den Lagen festgestellt, wobei dies bei den Proben aus dem kommerziellen Draht am stärksten vertreten waren. Nachfolgende Abbildung zeigt einen dieser Bindungsfehler im Detail.

T1.1.3 „ Bericht über WAAM Verarbeitung“

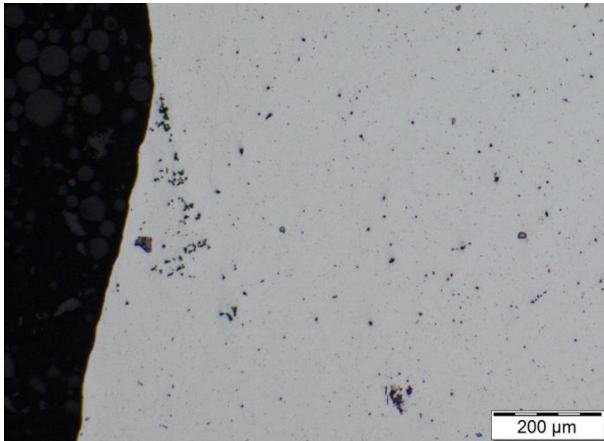
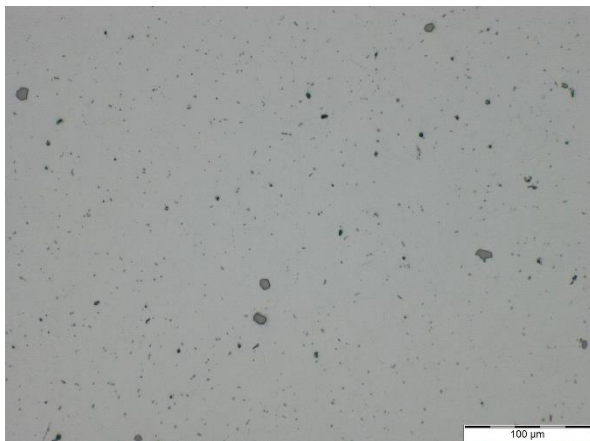
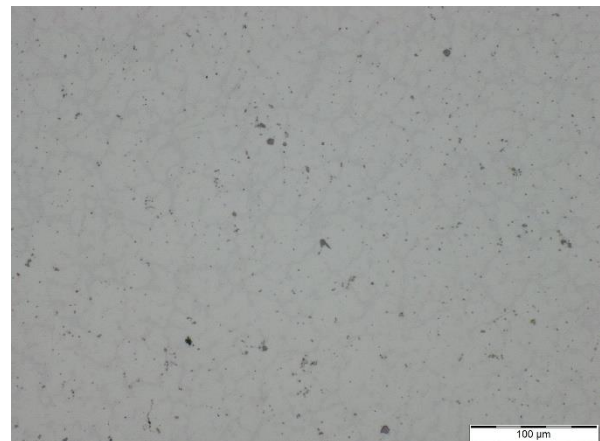


Abbildung 5: Bindungsfehler zwischen zwei Einzellagen bei einem mittels WAAM gefertigten Probenträger aus AZ61

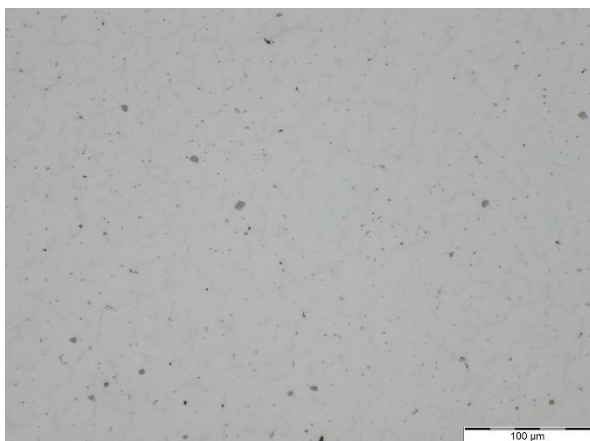
Betrachtet man die Mikrostruktur der WAAM gefertigten Teile im Detail, so fällt sofort die stärkere Ausprägung der eutektischen Strukturen an den Korngrenzen in den Teilen aus den selbst gefertigten Drähten auf. Dies kann auf den höheren Al-Gehalt zurückgeführt werden und ist so gewünscht (vgl. Bericht 1.1.1). Dies ermöglicht die Festigkeitssteigerung durch eine Wärmebehandlung, was bei den Teilen aus AZ61 nicht der Fall ist.



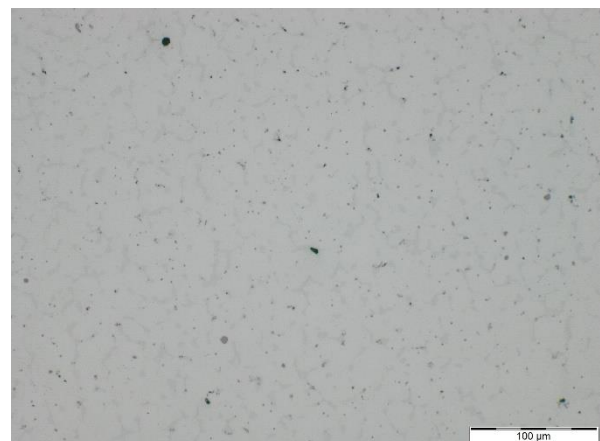
AZ61



AX13



AXZ111



AXZ113

Abbildung 6: Detailaufnahmen der Mikrostruktur der WAAM gefertigten Probenträger

T1.1.3 „ Bericht über WAAM Verarbeitung“

Die aus den Zugproben ermittelten mechanischen Kennwerte sind in nachfolgendem Diagramm zusammengefasst. Wie aus der Mikrostrukturanalyse zu erwarten war, zeigen die Proben aus den im Projekt hergestellten Drähten die höchste Streckgrenze aber die geringsten Dehnungen. Dies kann auf die relativ spröde Korngrenzphase zurückgeführt werden, welche durch den hohen Al-Gehalt entsteht und welche auch in der Mikrostruktur zu sehen ist.

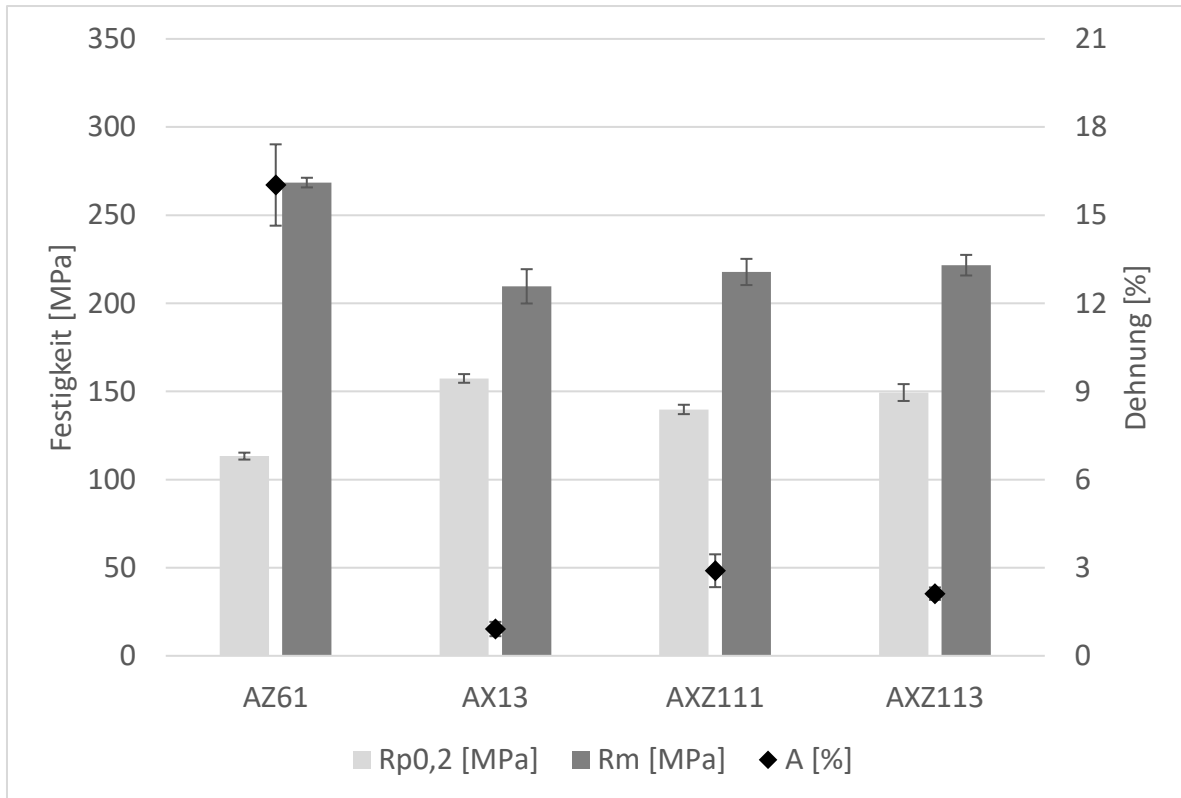


Abbildung 7: Mechanische Kennwerte (Zug, Raumtemperatur) der gefertigten Proben im Zustand „as build“

Im nächsten Schritt sollen die Proben einer Wärmebehandlung unterzogen werden, um die Korngrenzphase aufzulösen und anschließend fein verteilt über die gesamte Fläche wieder auszuscheiden.