

Entwicklung Dioden basierte Überwachung Laser-Einstechen

Studiengang : BSc in Maschinentechnik

Betreuer : Prof. Dr. Sylvain David Le Coultré

Experte : Daniel Rutz (BFH)

Industriepartner : Bystronic Laser AG, Niederörs

Der Einstechvorgang ist ein essenzieller Prozess in Laserschneidemaschinen, um einen erfolgreichen und qualitativ hochwertigen Schneidprozess durchzuführen. Die vorhandenen Prozesse zur Einstech-Überwachung stossen in modernen Hochleistungsmaschinen jedoch an ihre Grenzen. Aus diesem Grund wurden in Zusammenarbeit mit der Bystronic Laser AG Maschine- und Deep-Learning Modelle entwickelt, um den Einstichprozess mit modernster Technologie zuverlässig zu überwachen.

Ausgangslage

Moderne Laserschneidemaschinen verfügen über immer mehr Leistung und ermöglichen das Schneiden von immer grösseren Blechdicken. Vor dem Schneiden jedes Einzelteiles muss der Einstechvorgang durchgeführt werden. Es ist wichtig, dass dieser Vorgang weder zu früh noch zu spät, insbesondere bei hohen Leistungen, abgeschlossen wird. Für die Einstichüberwachung wird das Signal einer im Schneidekopf verbauten Fotodiode eingesetzt. Die gegenwärtige Überwachungsmethode stützt sich auf die Generierung eines Durchschnittswerts aus dem niedrigauflösenden Signal der Fotodiode, kombiniert mit einem festgelegten Schwellenwert zur Detektion des Abschlusses des Prozesses. Diese Methode stösst bei grossen Blechdicken und Leistungen jedoch an ihre Grenzen. Für die Implementierung einer modernen Einstechüberwachung wird deshalb ein hochauflösendes Signal der Fotodiode implementiert um damit Klassifikatoren mit Maschine- und Deep-Learning Modellen zu trainieren.

Ziel

In dieser Bachelorthesis soll das neu implementierte, hochauflösende Signal der Fotodiode im Schneidekopf verarbeitet werden. Mit einer geeigneten Datenakquisitionsstrategie werden Messungen des Einstechvorgangs mit unterschiedlichen Materialien und Laserleistungen aufgezeichnet und zu Trainingsdaten für die Modellbildung vorverarbeitet. Die Trainingsdaten werden mithilfe einer zweiten Fotodiode, die im Maschinenbett montiert wird, mit den notwendigen Labels für das "Supervised Learning" versehen. Das Signal der Messungen wird durch Signalanalyse untersucht werden, und Signalcharakteristiken extrahiert werden, um damit Maschine-Learning Modelle zu trainieren. Darüber hinaus wird ein Deep-Learning Modell anhand des Signals der Fotodiode trainiert und die Ansätze miteinander verglichen. Das endgültige Ziel dieser Bachelorarbeit ist die Entwicklung einer robusten Einstechüberwachung welche in Echtzeit funktioniert und das Aufdecken von Erkenntnissen für

mögliche Verbesserungen für zukünftige weiterführende Arbeiten.

Vorgehen

In der Startphase der Thesis wurde eine Recherche zu den Themen des Lasereinstechens, der Signalanalyse und zu Maschine- und Deep-Learning Modellen für die Verwendung mit Zeitreihen durchgeführt. Es wurden wiederholt Messdurchläufe des Einstechvorgangs mit Stahl und Edelstahl in Blechstärken von 15 bis 40mm und Laserleistungen von 10 und 20kW durchgeführt. Die Messdaten wurden analysiert und daraus Trainingsdaten mit Labels erstellt. Die Erstellung der Labels wurde mehrfach weiterentwickelt und optimiert, um die Genauigkeit zu erhöhen. Die besten Maschine- und Deep-Learning Modelle, MiniRocket und InceptionTime, wurden trainiert, ausgewertet, optimiert und miteinander verglichen.

Ergebnisse

Die Analyse der trainierten MiniRocket und InceptionTime Modelle zeigt, dass sich beide Modelle grundsätzlich für die Einstechüberwachung eignen. Jedoch zeigt das MiniRocket Modell bessere Ergebnisse und Konsistenz der Klassifizierung sowie geringere Leistungsanforderungen. Die Ergebnisse des MiniRocket Modells zeigen, dass der Abschluss des Einstechvorgangs in 96% der Fälle zuverlässig mit einer maximalen Zeitabweichung von 70ms und einem absolute Mittelwert von 5ms für Stahl und Edelstahl erkannt wird. Eine weitere Verbesserung der Präzision und Zuverlässigkeit kann durch eine präzisere Bestimmung der Label-Position erreicht werden. Die Analyse des Fotodioden-Signals zeigt keine inhärenten Signalcharakteristiken zum Zeitpunkt des erfolgreichen Durchstichs. Dies ist auf die geringe Auflösung des zweiten Fotodioden-Signals zurückzuführen, wodurch das Label nicht ausreichend präzise platziert werden kann.



Michael Koller
m.koller89@gmail.com