

Neue Frästechnologie in Japan

Schienenfräsen hat sich neben dem Schleifen als Instandhaltungstechnologie nahezu weltweit etabliert. In der Anwendung kann die Frästechnologie einerseits komplementär gesehen werden, ist in gewissen Fällen aber auch in der Lage, das Schleifen zu ersetzen. In Japan wurden jüngst drei neuartige Fräsen vom Typ Romill in Betrieb genommen, die in beiden zuvor erwähnten Szenarien zur Anwendung kommen.



Um die komplementären bzw. disruptiven Einsatzszenarien der Frästechnologie besser zu verstehen, ist es nötig, gewisse Aspekte beim Schleifen und Fräsen genauer zu analysieren und zu vergleichen. Aufgrund der unterschiedlichen Charakteristika beider Technologien muss diese Analyse sehr genau und differenziert durchgeführt werden, damit ein Vergleich – auch für den Netzbetreiber – möglich wird.

Vergleichskriterien Kosten und Qualität

Wichtigster Faktor sind natürlich die Kosten pro fertig bearbeitetem Schienenmeter. Wenn Kosten in Form von Schichtpreisen vorliegen, lassen sich diese über die bearbeitete Länge in einer Schicht sehr einfach

auf Meterkosten umrechnen. Um jedoch eine tatsächliche Vergleichbarkeit zu schaffen, ist der Faktor „fertig bearbeiteter Meter“ genau zu definieren.

Das erste Kriterium ist das Querprofil bzw. Zielprofil. In wie vielen Überfahrten kann das Zielprofil erreicht werden und welche Toleranzwerte (+/-) sind zulässig. Hand in Hand geht damit auch die Entfernung von vorhandenen Oberflächenfehlern. Oft kann ein Zielprofil mit relativ geringem Materialabtrag erzielt werden, aber zur Entfernung aller Oberflächenfehler ist ein zusätzlicher Materialabtrag nötig. Neben dem Querprofil wird auch das Längsprofil betrachtet, wobei hier periodische Störungen (Schlupfwellen, Riffeln, Squats/Studs) und/oder singuläre Störungen



Dipl.-Ing. Dr. mont. Richard Stock

Global Head of Rail Solutions
Plasser American/Plasser & Theurer Vancouver, Kanada
rstock@plausa.com

(Schleuderstellen, Schweißstöße, Squats) entfernt werden müssen.

Um eine Vergleichbarkeit der Technologien zu erzielen, fließen nicht Durchschnitts- oder Maximalwerte in die Berechnung ein, sondern die tatsächlichen für den Materialabtrag erforderlichen



1: Fräsmaschine vom Typ Romill Mainline für den japanischen Markt

© ROBEL Bahnbaumaschinen GmbH

Überfahrten samt Überfahrtgeschwindigkeiten. Dabei spielt auch die zur Verfügung stehende Maschinengröße eine maßgebliche Rolle. Betrachtet man eine Anwendung für den U-Bahn Bereich, so kommen hier üblicherweise Schleifmaschinen mit 8 bis 16 Schleifsteinen und Fräsen mit 1-2 Fräseinheiten pro Schienenstrang zur Anwendung. Eine 16 Stein Schleifmaschine kann bei Materialabträgen zwischen 0.5-1.0 mm zwischen 500-200 m Schiene pro Stunde fertig bearbeiten. Eine U-Bahn Fräse mit einer Fräseinheit kann (bei Anwendung derselben Kriterien für Querprofil, Längsprofil und Fehlerentfernung) bei Materialabträgen von 0.5-1.5 mm zwischen 500-700 m/h fertig bearbeiten. Somit hat für höhere Materialabträge die Frästechnologie einen klaren Geschwindigkeits- und somit auch Kosten-Vorteil. Für geringere Materialabträge verschiebt sich dieser Vorteil zu Gunsten der Schleifmaschine. Es ist wichtig anzumerken, dass die oben genannten Werte beispielhaft sind und von Anwendungsfall zu Anwendungsfall sowie Maschinentyp-spezifisch variieren.

Vergleichskriterium Lärmreduktion

Ein weiteres Kriterium, das zur Anwendung gebracht werden kann, ist die Reduzierung von Lärm. Lärm wird oft subjektiv sehr unterschiedlich wahrgenommen und neben den „gewohnten“ Roll- und Windgeräuschen können verschiedene Effekte wie Kurvenquietschen, Spurkranzzischen, Lärm von Schlupfwellen oder singuläre Störstellen zu signifikanten Lärmbelastigungen in unterschiedlichen Frequenzbereichen führen. Alle diese Effekte sind zumeist auf Abweichungen im Quer- oder Längsprofil zurückzuführen und können durch Instandhaltungsmaßnahmen behoben oder zumindest reduziert werden. Prinzipiell gelten dieselben Kriterien wie zuvor angeführt, um Schleifen und Fräsen zu vergleichen, aber zusätzlich muss auch gewährleistet sein, dass durch die Instandhaltungsmaßnahme nicht eine zusätzliche Lärmquelle entsteht.

Beim Schleifen können Periodizitäten in den Schleifriefen (quer zur Schienenlängsachse) temporäre Lärmeffekte (singen) verursachen. Dies kann durch einen bzw. mehrere zusätzliche Polierüberfahrten (veränderte Schleifparameter, evtl. weichere Schleifsteine) behoben werden. Das Schienenfräsen hinterlässt eine periodische, wabenartige Oberflächenstruktur, die zu temporären ähnlichen Lärmeffekten führen würde. Jedoch haben alle mo-

Zuverlässige Technologie sowie nahtlose After-Sales-Betreuung sind wichtig für die japanischen Kunden.



dernen Fräsmaschinen eine Poliereinheit (üblicherweise auch eine spezielle Schleifvorrichtung) integriert, die diese Waben glättet und eine längs gerichtete Oberflächenstruktur hinterlässt, die selbst strengen Lärmnormen wie der EN ISO 3095:2013 genügt. Zusätzlich muss auch noch der Lärm berücksichtigt werden, der während der Schieneninstandhaltung, meistens zu Nachtzeiten, entsteht. Hier haben Fräsmaschinen aufgrund der geringeren Lautstärke des Fräsprozesses gegenüber dem Schleifen einen Vorteil.

Vergleichskriterium Funkenbildung

Beim Kriterium der Funkenbildung zeigen sich deutlich identifizierbare Unterschiede zwischen Schleifen und Fräsen. Beim abrasiven Prozess des Schienenschleifens entstehen immer Funken. Um eine Feuergefahr zu vermindern, müssen verschiedene aufwendige Maßnahmen getroffen werden. Durch entsprechende Abdeckungen wird versucht, den Funkenflug möglichst auf den Bereich zwischen den beiden Schienen zu konzentrieren. Zusätzlich wird das Gleis und auch teilweise seine nähere Umgebung mit Wasser besprüht (vor und nach dem Schleifzug). Dafür sind entsprechende Wassertankkapazitäten auf der Maschine nötig. In Zeiten der Klimaveränderung bedeutet das einen sehr verschwenderischen Umgang mit der Ressource Wasser.

Der Fräsprozess ist dagegen ein trockener Schneidvorgang, bei dem keine Funken entstehen. Beim nachfolgenden Polieren (siehe oben) kann je nach verwendeter Technologie ein geringer, gerichteter Funkenstrahl entstehen. Dieser wird aber nahezu gänzlich durch eine Absaugeinrichtung aufgefangen. Das Kriterium der Funkenbildung ist ein hartes und sehr eindeutiges Unterscheidungskriterium und es hängt vom Einsatzfall und den Rahmenbedingungen ab, ob es zur Anwendung gebracht wird oder nicht. Das Thema rund um die Verwendung/Verschwendung der Ressource Wasser wurde bisher noch nicht

in Ausschreibungen bzw. Anwendungsszenarien berücksichtigt.

Vergleichskriterium Staubentwicklung

Auch in diesem Bereich unterscheiden sich Schleif- und Frästechnologie sehr deutlich. Durch den abrasiven Prozess entsteht beim Schleifen einerseits Staub/Abrieb von den Schleifsteinen, zusätzlich wird auch das abgetragene Schienenmaterial in Form von Staub in der Umgebung des Gleiskörpers verteilt. Moderne Schleifmaschinen verfügen über Staub-Absaugungsanlagen, deren Effektivität aber aufgrund des notwendigerweise offenen Designs einer Schleifmaschine begrenzt ist. Beim Fräsen entsteht kein Staub, dafür aber Frässpäne. Da die Fräseinheit komplett eingehaust ist, können die Frässpäne mit >99,5 % Effektivität abgesaugt, auf der Maschine im Spänebunker gelagert und im Anschluss wieder dem Stoffkreislauf zugefügt werden. So wird aus einem Abfallprodukt eine wertvolle Recycling-Ressource.

Neben dem Recyclinggedanken spielt aber auch die Verschmutzung der Umgebung eine Rolle. Dies ist besonders in geschlossenen Umgebungen wie Tunneln oder Bahnstationen von Bedeutung. Die Staubentwicklung einer Schleifmaschine beeinträchtigt natürlich auch die Funktionalität der Maschine und ihrer Komponenten (vorzeitiges Versagen/Fehlfunktionen). Weitaus wichtiger ist aber die potentielle Gesundheitsbeeinträchtigung für das Bedienpersonal durch Schleifstaub. Darüber hinaus sinkt durch den Staub und der damit einhergehenden Verschmutzung auch die Attraktivität des Arbeitsplatzes.

Der Anwendungsfall Japan

In Japan wird seit Beginn des Shinkansen-Betriebes auf den meisten Hochgeschwindigkeitsstrecken das Schienenschleifen zur Verlängerung der Schienenlebensdauer durchgeführt, mit einer präventiven Anwendung der Schleiftechnologie ab den 1980er-Jahren. Dennoch reicht die präventive Bearbeitung nicht in allen Bereichen aus, um Schädigungen unter Kontrolle zu halten. Zudem gibt es Nebenstrecken, wo bisher nie Schienen bearbeitet wurden. Aus diesem Grund beschlossen zwei japanische Betreiber, sich mit der Thematik des Schienenfräsens zu befassen. Neben der Möglichkeit, mittlere bis tiefe Fehler in einer Überfahrt effizient zu beseitigen, waren die Oberflächenqualität, die Staub- und



2: Fräseinheit auf dem Schienenbearbeitungssystem Romill Mainline – Ansicht von unten
© ROBEL Bahnbaumaschinen GmbH



3: Roboter unterstützte Indexierung der Wendeschneidplatten in der maschinenintegrierten Werkstatt
© ROBEL Bahnbaumaschinen GmbH



4: Finishing-Einheit mit oszillierender Rutschersteintechnologie zur funkenfreien Nachbearbeitung
© ROBEL Bahnbaumaschinen GmbH

Funkenfreiheit sowie die oben genannten Umweltaspekte wichtige Entscheidungskriterien. Erste Versuche in der Vergangenheit, die Frästechnologie in Japan zur Anwendung zu bringen, waren aufgrund der Fehleranfälligkeit der verwendeten Technologie nicht erfolgreich. Daher waren auch die Zuverlässigkeit der Technologie sowie die nahtlose After-Sales-Betreuung wichtige Themen für die beiden japanischen Kunden.

Robel lieferte zwischen 2021 und 2022 drei Fräsmaschinen vom Typ Romill Mainline (Spurweite 1067 mm) nach Japan, die in Kooperation mit Schwebbau International (SBI) gebaut wurden. Im Gegensatz zu herkömmlicher Frästechnologie verwenden diese Maschinen Messerköpfe mit einem Durchmesser von 1445 mm (Bild 2). Aufgrund des höheren Durchmessers und der speziellen Anordnung der Fräsplättchen erfolgt ein wesentlich ruhigerer Schnitt, wodurch die Lebensdauer der Fräsplättchen steigt und Fräsgeschwindigkeiten bis 3 km/h prinzipiell möglich sind (high speed milling). Über den Umfang des Messerkopfes sind die Fräsplättchen in mehreren Kassetten zusammengefasst, wodurch nicht mehr der ganze Messerkopf getauscht, sondern nur die Kassetten gewechselt werden müssen. Der Tausch bzw. das Wenden erfolgt teilautomatisiert und Roboter gestützt im Inneren der Maschine (Bild 3); das Gleis muss für diese Maßnahme nicht betreten werden: Ein wesentlicher Sicherheitsgewinn für die Bediener.

Es ist wichtig zu erwähnen, dass gerade Wendeschneidplatten 8 Schneidkanten aufweisen, wodurch sie bis zu 7-mal indiziert werden können, bevor sie recycelt werden. Für die Schneidplatten mit Radius stehen 4 Schneidkanten pro Wendeschneidplatte zur Verfügung. Diese Teilautomatisierung des Kassettenwechsels und des Tauschs der Wendeschneidplatten erhöht nicht nur die Prozesssicherheit, sondern auch die Ergonomie und Qualität des Vorgangs. Durch diesen auf der Fräsmaschine integrierten Werkstattbereich werden keine externe Werkstatt oder Werkstattcontainer benötigt, was die Einsatzflexibilität der Fräsmaschine signifikant erhöht. Eine weitere Besonderheit der in Japan eingesetzten Frästechnologie von SBI besteht in der Möglichkeit, Schienen unabhängig von der Gleislage zu bearbeiten, was mit konventioneller Frästechnologie bisher nicht möglich war.

Zum Polieren der Schienenoberfläche werden oszillierende Rutschersteine ein-

gesetzt (Bild 4). Diese funkenfreie Finishing-Technologie erzeugt eine längsgerichtete Oberflächenstruktur von geringster Rauheit. Zur Dokumentation und Qualitätsprüfung wurden Querprofil- und Längsprofilmesstechnik von Vogel & Plötscher gemäß Kundenspezifikation in die Fräsmaschinen verbaut. Eine Wirbelstromprüfung, so wie sie in Europäischen Normen vorgeschrieben ist, wurde von den Kunden in Japan nicht gefordert.

Zwei der drei Fräsen werden seit der Inbetriebnahme Ende 2021 vom Betreiber JR-East hauptsächlich auf der Tohoku Mainline zum Einsatz gebracht. Mittels regenerativer Instandhaltung wird hier das teilweise stark verquetschte Zielprofil wiederhergestellt und etwaige Oberflächenfehler wie Schlupfwellen, Squats und Head Checks entfernt. Je nach Zustand der Schienen erfordert dies teilweise mehr als eine Überfahrt. Für eine in Folge präventiv-zyklische Instandhaltungsstrategie werden im Moment bei den Kunden entsprechende, an das Fräsen angepasste Vorgaben und Prozeduren entwickelt.

Die Zukunft der Frästechnologie

Das zweiteilige Fahrzeugkonzept der Romill Mainline ist erst der Anfang einer Reihe von Technologiesprüngen beim Schienenfräsen. Die Entwicklungen bewegen sich klar weg von Antrieben, die auf fossilen Brennstoffen beruhen in Richtung Stromabnehmer-, Batterie- und H2-Technologien: Erst kürzlich wurde der erste Romill Urban E³ Fräszug nach Nordamerika ausgeliefert, der ein hybrides Antriebskonzept (Batterie/Diesel) verwendet. Dieses Konzept erlaubt es, drei Stunden lang aus den Batterien zu arbeiten, bevor sie wieder über den Diesel-Generator oder über eine externe Stromquelle geladen werden. Durch das vollelektrische Maschinen-Design ist eine Variante mit Brennstoffzelle statt Dieselgenerator genauso möglich. Da Romill Urban für den Einsatz in engen Tunneln konzipiert ist, wurde dafür auch die Frästechnologie entsprechend kompakt ausgeführt, wobei die oben angeführten Vorteile beibehalten werden konnten. Darüber hinaus kommt eine neue, patentierte Finishing-Technologie zum Einsatz, das so genannte High Performance Polishing, das wesentlich höhere Bearbeitungsgeschwindigkeiten erlaubt. Mit diesen Entwicklungen wird die Frästechnologie auch in Zukunft für effiziente und umweltfreundliche Schieneninstandhaltung von höchster Qualität sorgen. ●

Summary

New milling technology in Japan

Rail milling has been established as maintenance technology alongside grinding. A precise analysis of both technologies shows, that milling can be used either complementary or disruptive to grinding depending on the individual case. Three rail millings, type Romill, were recently delivered to two network operators in Japan. This innovative milling technology is used both regeneratively and as a cyclical preventive measure to increase the service-life of main and branch lines.