

Vom Applikationslabor zum Prüfdienstleister - Erfahrungen bei der Ultraschallprüfung von Rundstabmaterial im Durchmesserbereich 5- 7mm (KSR 0,5)

Klaus DICKMANN¹, Kiran Prateek KANKANTI¹

¹ Slickers Technology GmbH & Co. KG, Geldern, Deutschland

Kontakt E-Mail: klaus.dickmann@slickers-technology.de

Kurzfassung. Slickers Technology versuchte in der Vergangenheit, seine Kunden stets mit Demonstrationsversuchen im hauseigenen Applikationslabor von der Leistungsfähigkeit seiner automatisierten Prüfanlagen zur Rohr- und Stabstahlprüfung zu überzeugen. Seit nunmehr einem Jahr werden zusätzlich Lohnprüfungen für Rundmaterial bis zu einem Durchmesser von 25mm angeboten und vom Markt nachgefragt.

Ein deutscher Hersteller hatte Probleme, seine Chromstahlstäbe von ca. 6mm Durchmesser auf Kernfehler (KSR 0,5) und Randzonenfehler zeitgerecht prüfen zu lassen und drohte in Lieferverzug zu geraten. Slickers überzeugte durch Vorversuche im Applikationslabor an einer Teststange. Der Kunde platzierte einen ersten Prüfauftrag und so dass innerhalb eines Monats aus dem Vorführaufbau eine Prüfanlage mit Auflagetisch, Einlaufrollgang, Prüfbank mit SliRo25 Rotationsprüfmechanik und Auslaufrollgang mit Sortierfunktion entstand.

Inzwischen werden regelmäßig Prüfaufträge abgewickelt, wobei die besonderen Anforderungen zum einen im Nachweis der Testbohrungen bei Durchlaufgeschwindigkeiten von bis zu 20m/min liegen und zum anderen in der Handhabung und der Wegverfolgung der zum Korrosionsschutz beölten Stangen. Zukünftig ließen sich auch noch höhere Durchlaufgeschwindigkeiten erzielen. Dazu ist jedoch eine Optimierung der Synchronisierung der Prüfköpfe notwendig, um die erforderliche Überdeckung der Prüfspuren sicherzustellen.

Im Vortrag werden die Anlagenbauteile ebenso vorgestellt wie typische Ergebnisse der US-Prüfung. Darüber hinaus werden die Anforderungen an die Wiederholgenauigkeit der Prüfung im Hinblick auf die Verfahrenseignung erläutert.

Einführung

Die Prüfanforderungen an die untersuchten Stahlstäbe im Durchmesserbereich 5-7mm ergeben sich aus der Applikation im Automotive-Bereich. Die geprüften Stäbe werden häufig zu Ventilbauteilen für die Kraftstoffeinspritzung von Verbrennermotoren weiterverarbeitet. Als Testfehler für die Kernfehlerprüfung mit Ultraschall in Senkrechteinschallung finden Kreisscheibenreflektoren (KSR) im Bereich von typischerweise 0,7-1,0 mm Durchmesser Verwendung. Durch Umrechnung und Anpassung der Verstärkung lassen sich Prüfempfindlichkeiten bis hinunter zu KSR 0,5mm bei noch ausreichendem Signal-Rausch-



Verhältnis erzielen. Zusätzlich wird der oberflächennahe Bereich mittels Schrägeinschallung von Transversalwellen in beide Umfangsrichtungen geprüft. Als Referenzreflektoren kommen Längsnuten mit einer Tiefe von 0,5mm und einer Länge von 5mm zum Einsatz.

Die Prüfung erfolgt automatisiert mit einer Rotationsultraschallprüfmechanik im Stangenlängstransport. Die besonderen Anforderungen liegen in der Materialbehandlung und -führung durch die Prüfanlage, sowie in der Sicherstellung der Ausrichtung der Prüfköpfe, deren Qualität und der Langzeitstabilität der Prüfeinrichtung.

Slickers Technology verfügt über Erfahrung in der Fertigung von automatisierten Ultraschallprüfanlagen und hat inzwischen praktische Erfahrung durch die Prüfung von ca. 270km Stangen gesammelt.

1. Zugrundeliegende Erfahrung

Slickers Technology blickt auf eine jahrzehntelange Tradition im Sondermaschinenbau und insbesondere im Bau automatisierten Ultraschallrotationsprüflinien zurück. Die Themen wiederholbare hochgenaue Prüfkopfeinrichtung, präzise Materialführung, Synchronisation von Prüfspuren sowie Wasserbehandlung zur Ankopplung und Signalübertragung bilden die Kernkompetenzen. Seit 2014 bietet Slickers darüber hinaus komplette Prüfanlagen (auch mit der Einbindung von komplementären Prüfverfahren wie Wirbelstromprüfung und Laseraußendurchmessermessung) für Rundprodukte aus Metallen an. Im Bereich der Stangenprüfung für den Durchmesserbereich von 4-13mm wurde im Jahr 2021 eine Anlage bei einem Hersteller aus der DACH-Region in Betrieb genommen. Abb. 1 zeigt die Anlage vor der Auslieferung an den Kunden.



Abb. 1: Prüfanlage zur Stangenprüfung mit Wirbelstrom und Ultraschall vor der Auslieferung

Im Rahmen von Verkaufsaktivitäten nimmt Slickers immer wieder Machbarkeitsuntersuchungen an Materialproben von Kunden vor und führt diese mit zertifiziertem Prüfpersonal durch. Oftmals werden dabei auch automatisierte Prüfungen für die Verfahrenseignung an vorhandenen Prüflinien unternommen, sowie Untersuchungen zur Optimierung von Ultraschallprüfköpfen angestellt.

Einen weiteren Bereich der Aktivitäten stellen Demonstrationsversuche bei Kunden an bestehenden Prüflinien dar, bei denen es um den Ersatz veralteter Prüfelektroniken geht. Slickers führt dabei vergleichende Messungen mit einer eigenen Prüfelektronik durch.

2. Vorhandene Prüfausrüstung

Abbildung 2 gibt einen Überblick über die zum Zeitpunkt der Erstanfrage vorhandene Prüfausrüstung. Sie bestand aus einer Prüfbank mit vier Vorschubeinheiten, die garantierten, dass das Prüfgut unter Einhaltung einer stabilen Spitzenhöhe schonend durch die Ultraschallrotationseinheit vom Typ SliRo 25 transportiert wurde. Des Weiteren komplettierten ein geschlossenes Koppelwassersystem mit Temperierung des Wassers, eine achtkanalige Ultraschallelektronik und die SPS-Steuerung der Prüfbank den Umfang der Prüfausrüstung. Zusätzlich bestand für Ein- und Auslauf eine einfache Rollenlösung, wie sie z.B. Verwendung in der Paketverteilung findet (in der Abbildung nicht dargestellt).



Abb. 2: vorhandene Prüfausrüstung

3. Ausgangssituation und Aufgabenstellung

Zum Zeitpunkt der ersten Prüfanfrage für eine Lohnprüfung von Stangen stand weiter eine automatisierte Anlage für die Rohrprüfung auslieferungsbereit aufgebaut in der Produktionshalle in Geldern zur Verfügung. Die Auslieferung dieser Anlage verzögerte sich aufgrund der pandemiebedingten Einschränkungen absehbar um mehrere Wochen so dass schließlich nach Einbau von vorhandenen Ultraschallprüfköpfen die Anlage zur Prüfung von Stangenmaterial ertüchtigt werden konnte. Die Stangen konnten in Einzellage manuell auf den Auflagetisch aufgelegt werden, Einwurf, Einlauf, Prüfung, Auslauf mit Sortierung erfolgte dann automatisiert. Abbildung 3 zeigt die Anlage im Überblick.



Abb. 3: Zur Stangenprüfung verwendete modifizierte Rohrprüfanlage (Durchlaufrichtung von hinten nach vorne)

Die für die Prüfung relevanten Kriterien lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Prüfung auf Kernfehler mit Einstellung auf Kreisscheibenreflektoren (KSR) als Ersatzfehler in unterschiedlichen Tiefen, startend ab 1,5 mm unterhalb der Oberfläche. Die Prüfung erfolgt mit Senkrechteinschallung axial in Richtung Mittelpunkt der Stabachse (siehe Abbildungen 4 und 5)
- Zusätzliche Prüfung auf Randzonenfehler mit Längsnuten. Die Prüfung erfolgt durch Winkeleinschallung mit Transversalwellen bei Einschallung in beiden Umfangsrichtungen (siehe Abbildung 5 für Einschallung in einer Umfangsrichtung)

Abbildung 4 zeigt exemplarisch eine typische Anordnung und typische Geometrien der Referenzreflektoren. Abbildung 5 stellt schematisch die Prüfkopfarrangements für die beiden Prüfaufgaben dar. KSR mit einem Durchmesser von unter 0,7mm lassen sich fertigungstechnisch nicht darstellen. Für alle Anforderungen Prüfanforderungen mit $KSR < 0,7\text{mm}$ werden daher nach Einstellung an KSR 0,7mm Verstärkungszuschläge in den Prüfanweisungen festgelegt.

Die Einstellung der Prüfempfindlichkeit erfolgt für die Kernzonenprüfung unter Zuhilfenahme der eingebrachten KSR und Anwendung einer abstandsbezogenen Verstärkungsanpassung. Dazu werden die Amplituden der KSR in den verschiedenen Tiefen erst im Stillstand des Rotierkopfes auf eine Höhe eingestellt, danach dann bei stationärem Verharren des Fehlers unter dem rotierende Prüfkopf angepasst und schließlich durch drei Durchläufe der Referenzstange bei Prüfgeschwindigkeit die Prüfleistung verifiziert.

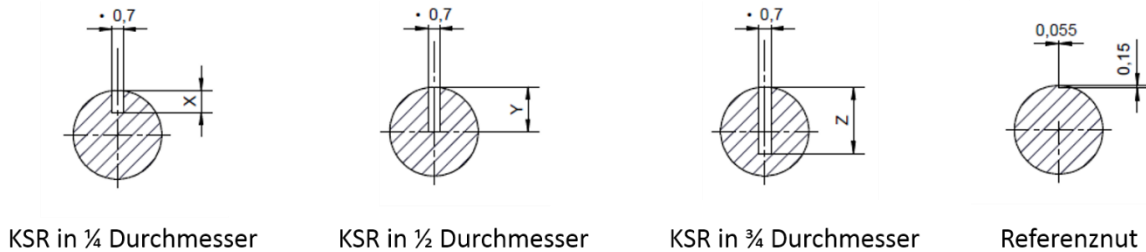


Abb. 4: Referenzreflektoren (schematisch) für Kernzonenprüfung (KSR) und Randzonenprüfung (Nut) dargestellt im Schnitt quer zur Stablängsachse

Die erzielbare Durchlaufgeschwindigkeit an der Prüfanlage liegt bei ca. 18m/min geprüften Materials; der Abstand zwischen zwei Stangen beim Einwurf in den Einlaufrollgang beträgt weniger als einen Meter. Die ungeprüften Endbereiche sind auf 10mm eingestellt. Vor Einsatz der Prüfanlage für die Lohnprüfung verlangte der Kunde einen Verfahrensnachweis, bei dem bei 25 aufeinanderfolgenden Prüfdurchläufen einer Referenzstange alle Referenzreflektoren stets oberhalb der Fehlerschwelle zur Anzeige kommen mussten, sowie die automatische Sortierung, die eine fehlerhafte Stange simulierende Referenzstange, als Ausschuss auswerfen. Die Anforderungen an die Wegverfolgung sind mit einer maximalen Abweichung von 10% der per Messung mit Maßband ermittelten Stangenlänge spezifiziert. Die Sortierung muss laut Vorgabe automatisch erfolgen.

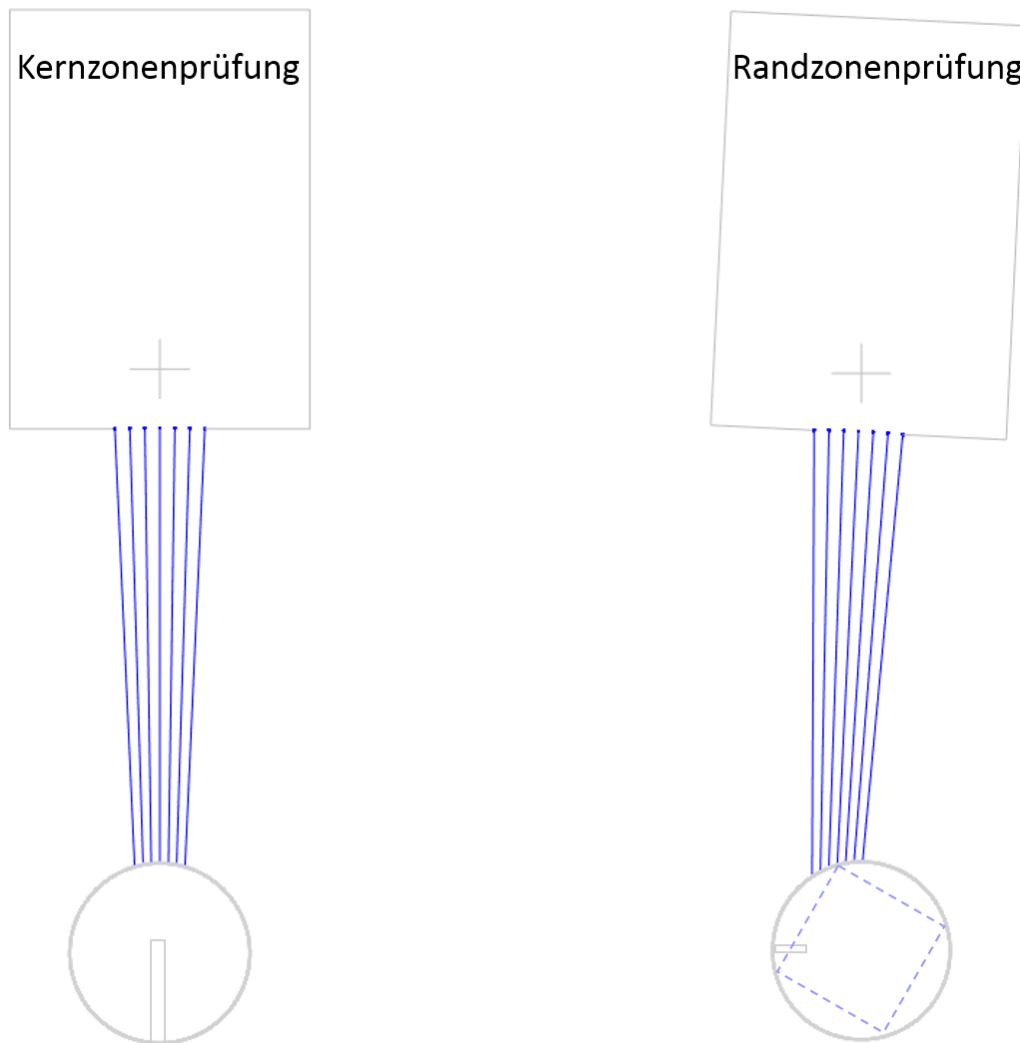


Abb. 5: Anordnung der Prüfköpfe (schematisch) für Kernzonenprüfung und Randzonenprüfung dargestellt im Schnitt quer zur Stablängsachse

4. Ausbau der Aktivitäten

Nach erfolgreichem Abschluss der ersten beiden Prüfaufträge für zwei Kunden auf der im Abschnitt 3 dargestellten Prüfanlage erfolgten weitere Anfragen, jedoch war in der Zwischenzeit die Anlage an den asiatischen Endkunden ausgeliefert worden, so dass eine neue Lösung um die in Abschnitt 2 dokumentierte Prüfausrüstung innerhalb von sechs Wochen komplettiert werden musste. In Zeiten gestörter Lieferketten erwies sich dies als eine Aufgabe, die viel Kreativität und Improvisationstalent erforderte, da viele Standardsteuerungskomponenten nicht schnell genug verfügbar waren. Am Ende wurden vorhandene Betriebsmittel um einige verfügbare Standardbauteile ergänzt, so dass die in Abbildung 6 dokumentierte Prüflinie zeitgerecht inklusive Inbetriebnahme und Tests zur Verfahrenseignung entstand.



Abb. 6: flexibel aufgebaute Stangenprüflinie zur automatisierten Ultraschallprüfung von Stangen im Durchmesserbereich 4-25,4 mm Durchmesser

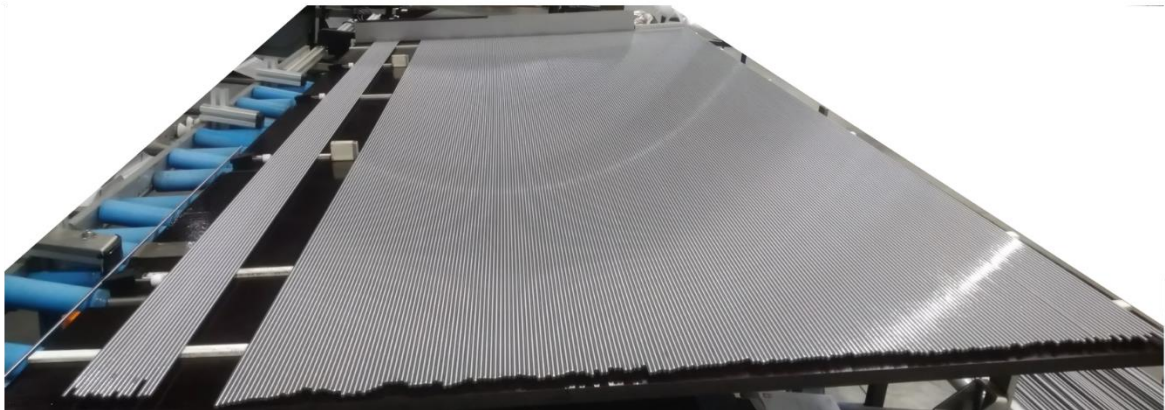


Abb. 7: Auflagetisch



Abb. 8: Detail, pneumatischer Vorschub im Stangeneinlauf

5. Einbettung in Gesamtgeschäft und Fazit

Die Lohnprüfung rundet das Anlagengeschäft bei Slickers Technology in dem Sinne ab, als dass die gesammelten praktischen Erfahrungen im Umgang mit den Stangen kleinen Durchmessers eine wertvolle Quelle für zukünftige Innovationen darstellen. Dabei sind sowohl die Erfahrungen im Bereich Materialbehandlung (Vereinzelung, Umgang mit zum Korrosionsschutz beöhlten Stangenoberflächen, herausfordernde Transportbedingungen durch die Prüflinie bei sicherer Wegverfolgung) als auch im Bereich Beherrschen der Prüfaufgabe (Auswahl und Fertigung geeigneter Prüfköpfe, Justierung der Prüfköpfe, Langzeitstabilität der Einzelkomponenten) zu nennen. Ein weiterer Aspekt ist das Ertüchtigen von neuen Bauteilkomponenten für die Rotationsmechanik im produktionsnahen Betrieb.

Darüber hinaus bietet die Anlage ein hohes Maß an Flexibilität und dient neben der Lohnprüfung und dem Abfedern von Produktionsspitzen bei Kunden auch weiterhin für Demonstrationsversuche zur Neukundengewinnung. Darüber hinaus lassen sich an der Anlage alle wesentlichen Anlagenkomponenten vorführen, das Zusammenspiel der Anlagenteile testen und neue Softwareversionen gründlich prüfen.