

Kostengünstige Materialprüfung von Kfz-Sicherheitsteilen durch Kombination von zerstörungsfreien Prüfverfahren

Georg Arnolds, Thomas Herkel, Ingolf Hertlin,
RTE Akustik + Prüftechnik GmbH, Pfinztal

1 Einleitung

Bei der automatischen Serienprüfung von Fahrzeugsicherheitsteilen wie Bremsenhalter und Bremssattel verlassen sich die Hersteller nicht alleine auf die Aussage eines Prüfverfahrens. Derartige Teile werden sowohl während der Fertigung als auch am Ende mehreren Tests unterzogen. Dabei werden z. B. voneinander unabhängige Verfahren für die gleiche Eigenschaft wie die Nodularität von Sphärogussteilen eingesetzt, um maximale Prüftiefe und –sicherheit zu gewährleisten. Dennoch müssen die Prüfkosten gering bleiben, um die Teilekosten niedrig zu halten.

In dem Beitrag wird anhand verschiedener Anwendungen die praktische Umsetzung dieser Aufgabenstellung dargestellt. Dabei wird auf die einzelnen Prüfaufgaben, die Kombination von klassischen ZfP-Verfahren (Ultraschall, Wirbelstrom, Endoskopie, Magnetpulverprüfung) mit der akustischen Resonanzanalyse und die prüfstandstechnische Realisierung eingegangen.

2 Zerstörungsfreie Prüfverfahren

Zu den zerstörungsfreien Prüfverfahren zählen u.a. Durchstrahlungsprüfung, Ultraschaffprüfung, Magnetpulverprüfung, Farbeindringprüfung, Endoskopie, sowie die nachfolgend erläuterten Verfahren der akustischen Resonanzanalyse, der Wirbelstromprüfung und der Ultraschallprüfung.

2.1 Die akustische Resonanzanalyse

Wenn man einen Körper anschlägt, dann schwingt er in seinen Resonanzfrequenzen. Bei der akustischen Materialprüfung nutzt man nun diesen Effekt, um auf den Zustand des Prüfobjektes zu schließen. Aus den Resonanzfrequenzen lassen sich werkstückspezifische akustische Kennwerte („finger print“) berechnen und damit Güteigenschaften zuordnen.



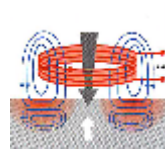
Die Resonanzanalyse ist eine volumenorientierte Prüfmethode, die das ganze Prüfobjekt betrachtet im Gegensatz zu oberflächenorientierten Verfahren wie Wirbelstromprüfung, Magnetpulverprüfung oder Endoskopie.

Das Prüfobjekt wird reproduzierbar erregt (angeschlagen) und der „Klang“ mit einem Mikrophon (Luftschall) oder Laservibrometer (Körperschall) aufgenommen. Die detaillierte und zuverlässige Beurteilung der Prüfobjekte (Klassifikation) erfolgt über eine Zeit- und Frequenzanalyse (FFT, Fast Fourier Transformation) durch Vergleich mit eingelernten Mustern. Die Messauflösung ist abhängig von der Messzeit und kann unter 1 Hz betragen.

Die Resonanzanalyse ermöglicht eine Aussage über den Zustand des *gesamten* Prüfobjektes, weitestgehend unabhängig des Fehlerortes. Die Prüfentscheidung erfolgt innerhalb von wenigen Sekunden – zerstörungsfrei und ohne Umweltbelastung! Dieses Verfahren erlaubt daher eine schnelle Beurteilung und ergänzt klassische, oberflächenbezogene zerstörungsfreie Prüfmethoden.

2.2 Wirbelstromprüfung

Die zerstörungsfreie Werkstoffprüfung mittels Wirbelstrom ermöglicht die Erkennung von Materialungängen wie Risse und andere Inhomogenitäten an fast allen elektrisch leitfähigen Werkstoffen durch Detektierung der Änderung der magnetischen Leitfähigkeit (Permeabilität). In einer Spule wird ein Magnetfeld erzeugt, durch oder in das ein Prüfobjekt eingebracht wird. Im Prüfobjekt entstehen Wirbelströme, die sich in Abhängigkeit der Materialeigenschaften ausbilden. Über einen Sensor wird die Stärke detektiert und ausgewertet. Physikalisch bedingt ist dieses Verfahren auf die Oberfläche des Prüfobjektes beschränkt (Skinneffekt).



Das Wirbelstromprüfsystem erfasst Gefüge- und Legierungszustände, Leitfähigkeits-, Festigkeits- und Härteunterschiede durch Bewertung der elektro-magnetischen Eigenschaften ebenso wie Geometrieabweichungen. Zur Beurteilung der Prüfobjekte werden Ein- oder auch Mehrfrequenzsysteme eingesetzt.

Die Auswertung der Messergebnisse kann über Absolutgrößen erfolgen oder durch eine Vergleichsmessung, bei der sich ein Gutteil in einer Vergleichsspule befindet und der Unterschied zwischen diesem und dem Prüfobjekt beurteilt wird.

2.3 Ultraschallprüfung

Als Ultraschall bezeichnet man den Frequenzbereich, der über dem hörbaren Schall liegt, nämlich ab 20 kHz bis in den MHz-Bereich. Der Messbereich für die Ultraschallprüfung ist abhängig von den Prüfobjekteigenschaften, auch hier gibt es Messgeräte, die eine oder mehrere Frequenzen messen. Die optimale Messfrequenz ist abhängig von der Korngrößenweite des zu prüfenden Materials und der aus der Frequenzmessung resultierenden Wellenlänge, abhängig von der Nachweisgrenze des Reflektors.



Die Ultraschallmessung beruht auf der Messung der Schallgeschwindigkeit und ist eine punktuelle Messung. Es werden also nur die Bereiche des Prüfobjektes bewertet, an dem das Prüfgerät angekoppelt ist. Ein Spannungsimpuls erzeugt im Ultraschall-Prüfkopf (Wandler) den Ultraschall, der das Prüfobjekt durchläuft und an Materialbruchstellen oder an der Rückwand reflektiert wird. Die zurückkommende Welle trifft dann auf den Empfangsprüfkopf, wo er wieder in einen Spannungsimpuls umgewandelt wird.

Das Gerät berechnet aus der verstrichenen Zeit und der spezifischen Schallgeschwindigkeit den Schallweg und stellt diesen auf dem Monitor dar. Desgleichen wird die Amplitudenhöhe in Bezug zur Schallschwächung des Materials und die Reflektorgröße der Ungänge dargestellt.

3 Kombination der Prüfsysteme

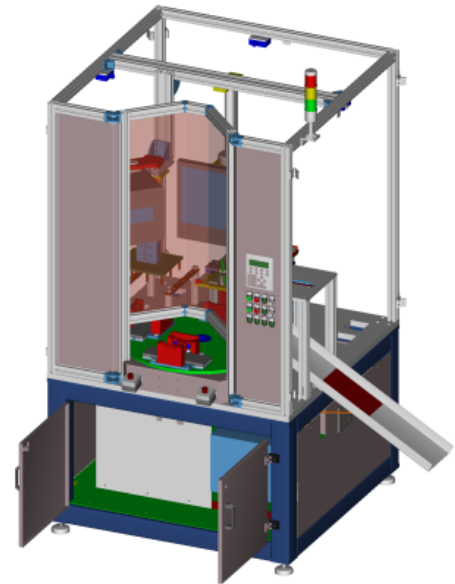
Jedes Prüfsystem hat seine physikalisch bedingten Stärken und Schwächen. Die bereits etablierten und spezifizierten Prüfverfahren, wie Wirbelstrom- oder Ultraschallprüfung, geben nur über Teile des Prüfobjektes eine Aussage. So bezieht sich die Wirbelstromprüfung auf die Oberfläche, da der Wirbelstrom in Abhängigkeit der Eindringtiefe (skin-Effekt) abgeschwächt wird. Die Ultraschallprüfung benötigt ebene Flächen, an die der Prüfkopf mittels einer Flüssigkeit angekoppelt werden kann. Die Prüfung erfolgt hier punktuell, sollte sich der Materialfehler nicht in diesem Bereich befinden, wird er nicht erkannt.



Bei der akustische Resonanzanalyse wird das Prüfobjekt über einen Anschlag zum Schwingen angeregt. Das Schallereignis wird über einen Sensor, im Allgemeinen ein Messmikrofon, aufgenommen und ausgewertet. Daher lässt diese Prüfweise eine Aussage über das gesamte Objekt zu und ist damit ideal geeignet, die Messunsicherheit der räumlich begrenzten Prüfverfahren auszugleichen. Somit ist es möglich, besonders fehlerträchtige Stellen mit einem speziellen Prüfverfahren zu untersuchen und dennoch eine Beurteilung des gesamten Prüfobjektes zu erhalten.

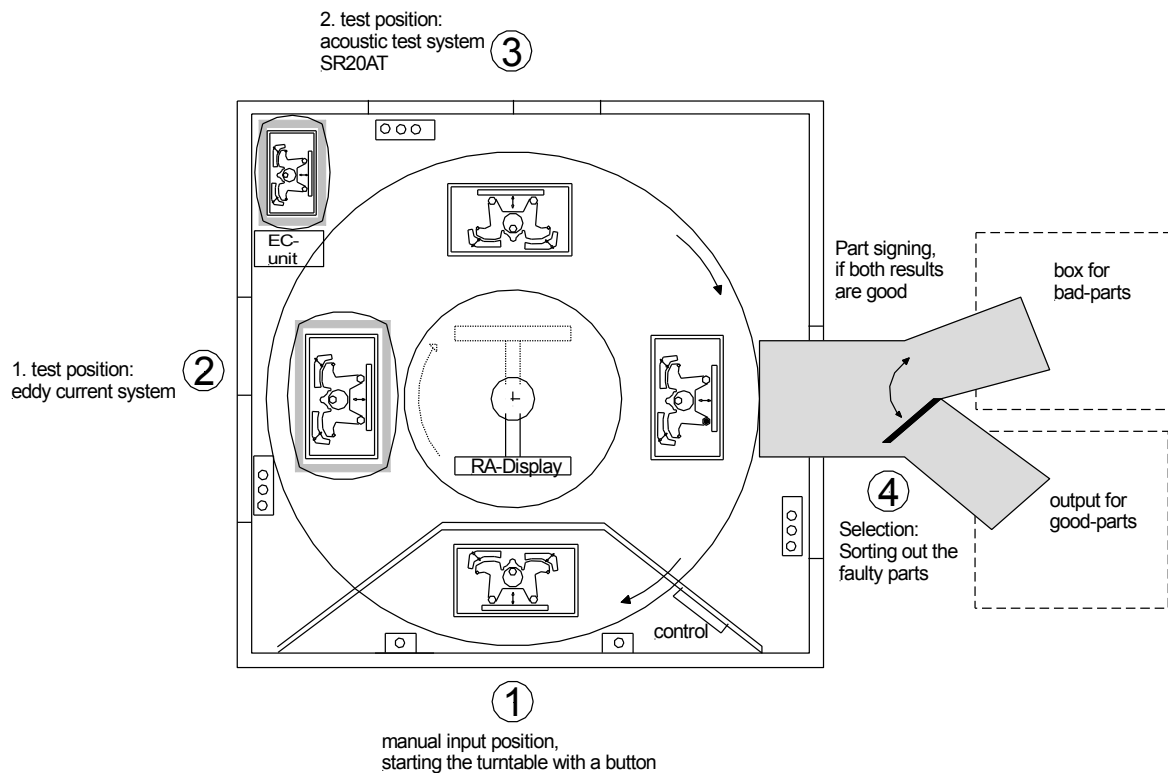
3.1 Automatisierung

Entscheidend für die Umsetzbarkeit der Prüfverfahren in den Herstellungs- und Fertigungsprozess ist die Schnelligkeit der Prüfung. Im Allgemeinen ist man mit der Taktzeit an die Serienproduktion gebunden, wodurch nur eine teil- oder vollautomatische Anlage diese Anforderungen erfüllen kann. Dabei ist auf eine einfache Bedienung und Administration der Anlage zu achten, die eine Fehlbedienung ausschließt. Gewöhnlich wird die Administration der Anlage durch den Einrichter erfolgen, die weitere Bedienung allerdings durch den Werker. Ein wichtiger Gesichtspunkt ist die Dokumentation der Prüfergebnisse. Nicht nur eine statistische Auswertung über die Anzahl von Gut- und Schlechtteilen, sondern auch die Speicherung der Einzelergebnisse je Messung in einer Datei oder Datenbank, wird gefordert. Damit können Abweichungen im Fertigungsprozess eindeutig nachverfolgt und falls nötig einzelne Parameter verändert werden, um den Fertigungsstandard wieder herzustellen. Durch die Verwendung von Windows konformen Funktionen ist die Administration der Prüfsoftware einfach und schnell erlernbar. Selbstverständlich ist auch die Einbindung in ein Netzwerk vorbereitet, wodurch die Daten auch von einem Büro aus ausgewertet werden können. Über Fernwartung lässt sich auch von außen auf die Prüfanlage zugreifen.



3.2 Konzept Rundschalttisch

Zur Einhaltung der Taktzeiten werden die benötigten Arbeitsgänge in einzelne Schritte unterteilt, die parallel abgearbeitet werden. Dazu wird in diesem Konzept ein Rundschalttisch mit 4 Arbeitsstationen eingesetzt.



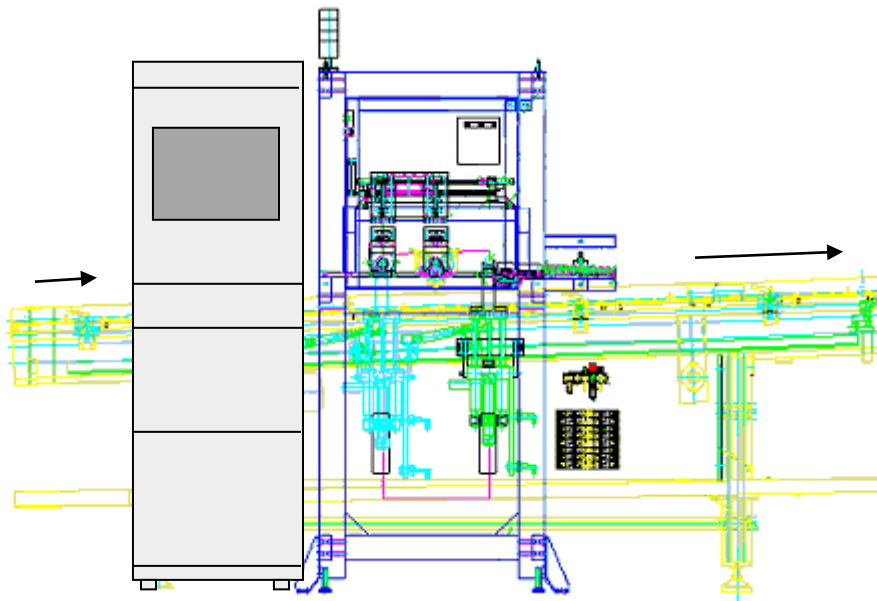
Die Werkstücke werden nach einer manuellen optischen Inspektion durch den Werker in die Werkstückaufnahme (Station 1) eingelegt. Das Einlegen kann auch automatisch aus dem Fertigungsprozess heraus erfolgen. Der weitere automatische Prüfablauf besteht aus der Wirbelstromprüfung (Station 2), der Resonanzprüfung (Station 3) und der Kennzeichnung mit Ablage (Station 4).

Von der Einlegeposition aus sind die beiden Bedien- und Beobachtungseinheiten der voneinander unabhängig arbeitenden Prüfsysteme für Wirbelstrom und Resonanzanalyse gut sicht- und erreichbar angebracht. Die beiden Prüfnester können in einem manuellen Modus auch als Einzelprüfplätze verwendet werden.

Die Steuerung der Gesamtanlage erfolgt über die SPS, die auch die Einzelergebnisse der beiden Prüfsysteme auswertet. Die Gutteile werden in Station 4 gekennzeichnet und in die IO - Ablage geschleust. Ist das Ergebnis von einer der beiden Prüfung NIO, erfolgt auch die Gesamtbewertung mit NIO und das Teil wird ausgeschleust. Die Visualisierung und Datenarchivierung erfolgt mittels der SR20AT-Software.

3.3 Konzept Fördertechnik

Neben dem Rundschalttisch werden für segmentierte Arbeitsschritte auch Anlagen mit linearer Verarbeitungsrichtung eingesetzt. Dies hat den Vorteil, dass die Anlage in den Fertigungsprozess direkt integriert werden kann. In diesem Fall werden die Prüfobjekte von einem Förderband entnommen, durch die Prüfanlage geschleust und anschließend die Teile mit dem Prüfergebnis „Gut“ auf das Förderband abgelegt, womit sie automatisch wieder direkt in den Fertigungsprozess eingefügt werden. An diesen Prüfstand können sich dann neben Bearbeitungsanlagen auch weitere Prüfsysteme anschließen, wie z.B. eine Fluxprüfung. Damit kann auf die speziellen bei den Bearbeitungsprozessen entstehenden Fehlermöglichkeiten eingegangen werden und es wird verhindert, dass beschädigte Teile z.B. die Werkzeuge der nächsten Maschine beschädigen.



In der ersten Station werden die Prüfobjekte dem Band entnommen und auf die Höhe der Prüfanlage angehoben. Während dieser Bewegung wird auch die Ausrichtung detektiert und die Drehlage ausgerichtet. Damit werden alle Prüfobjekte in der gleichen Weise in das Prüfnest der akustischen Resonanzanalyse abgelegt. Bei dieser Anlage erfolgt eine Mehrfachmessung, wobei das Prüfobjekt radial aus mehreren Richtung angeregt wird. Die Kombination der Ergebnisse wird zu einem Gesamtergebnis zusammengefasst. Nach der Prüfung wird das Teil über einen zweiten Greifarm abgeholt und an die Ausgabestelle verbracht. Als NIO (nicht in Ordnung) klassifizierte Teile werden über eine Ablage überwacht ausgeschleust. Die als IO (in Ordnung) klassifizierten Prüfobjekte werden über einen zweiten Greifarm auf das Transportband abgelegt.

4 Zusammenfassung und Aussicht

Die 100%-Prüfung von Sicherheitsteilen aus der KFZ - Zulieferindustrie wird immer wichtiger. Entscheidend dabei sind Faktoren wie Kosten und Taktzeiten, wobei eine gleichbleibende, objektive Beurteilung der Teile gefordert wird. Es werden verschiedene Prüfkonzepte auf dem Markt angeboten, die einzeln betrachtet für verschiedene Fehlerarten ihre Stärken und Schwächen aufweisen. In der Kombination erreicht man die Ausnutzung der Vorteile und hebt die Nachteile auf. Daher bietet die RTE Akustik + Prüftechnik GmbH neben der akustischen Prüfung auch schlüsselfertige Systeme, die voll- oder teilautomatisch die KFZ - Sicherheitsteile prüft und verlässlich beurteilt.

