Automatisierte, fluoreszierende Eindringprüfung an Serienkomponenten mit hohem Durchsatz und hoher Prozesssicherheit

Stephan ROBENS [1], Ralf WAGNER[1], Oliver GOERZ[1], Wolfram A. Karl DEUTSCH [1]
[1] KARL DEUTSCH Prüf- und Messgerätebau GmbH + Co KG, Wuppertal,
Tel: (+49 202) 7192-0, Fax: (+49 202) 714-932, info@karldeutsch.de, www.karldeutsch.de

Kurzfassung. Das erste Beispiel ist eine halbautomatische Anlage, die möglichst flexibel für ein breites Bauteilspektrum verwendet werden kann. Gussbauteile unterschiedlicher Größe und Geometrie für die Energieerzeugung waren Bestandteil des Pflichtenheftes. Es soll wahlweise mit zwei fluoreszierenden Eindringmitteln unterschiedlicher Empfindlichkeit geprüft werden können. Die Bauteile befinden sich während des gesamten Prüfablaufs in Körben und werden manuell von Station zu Station geschoben. Das Absenken und Anheben der Körbe pro Station wurde pneumatisch automatisiert. Über Taster werden die jeweiligen Prozessschritte gestartet, die dann automatisch ablaufen und so die Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse gewährleisten. In die Anlage integriert ist eine Vorreinigung der Prüfteile, bestehend aus einem Wäscher und einem Trockner. Wegen des breiten Teilespektrums und der oftmals geringen Stückzahlen sind die Prozessschritte Zwischenreinigung und Entwickleraufrag als manuelle Stationen ausgeführt, um die Flexibilität der Anlage auch im Hinblick auf zukünftige Bauteile zu erhöhen.

Das zweite Beispiel ist eine vollautomatische Anlage, ausgelegt auf maximalen Teiledurchsatz bei hohem Automatisierungsgrad und geringen Prüfkosten pro Bauteil. Edelstahlschmiedeteile aus dem Automobilbereich sollen mit hoher Reproduzierbarkeit auf Oberflächenrisse geprüft werden. Alle Prozessschritte laufen dabei vollautomatisch ab. Die Bauteile werden an der Beladestation der Anlage in speziell auf die Bauteilgeometrie optimierte Werkstückaufnahmen eingelegt. Nach Einschieben in eine Schleuse übernimmt die Anlage den Bauteiltransport bis zur Entwicklerstation. Nach Auftrag des Trockenentwicklers erfolgt die Ausgabe der Teile zur manuellen Betrachtung. Ein großer Vorteil der Anlage ist das neue Konzept, bei dem bis auf das Tauchbecken alle Stationen in einer Arbeitshöhe liegen. So können Hübe entfallen. Eine Schwierigkeit bei vollautomatischen Anlagen sind die unterschiedlichen Verweilzeiten innerhalb der einzelnen Stationen. Zudem dürfen auch Leertakte nicht den vorgegebenen Prüfablauf und damit die Prüfsicherheit gefährden. Dies wird durch eine optimierte Auslegung der einzelnen Stationen (Waschbereiche, Zonentrocknung) und eine komplexe Prozesssteuerung realisiert.

Einführung

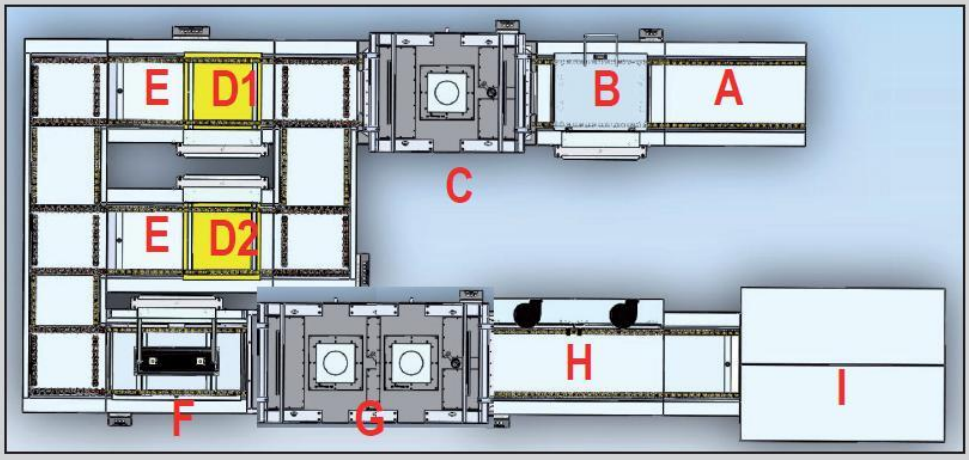
In diesem Beitrag sollen drei Anlagen zur fluoreszierenden Eindringprüfung vorgestellt werden. Alle drei Anlagen sind für einen hohen Durchsatz ausgelegt und weisen einen unterschiedlich hohen Automatisierungsgrad auf. Im Regelfall wird nach DIN EN ISO 3452 mit einem Prüfmittelsystem gemäß Typ I, Verfahren A, Form a geprüft.

Lizenz: http://creativecommons.org/licenses/by-nd/3.0/de/

1. Halbautomatische Prüfung von Gussteilen

Das erste Beispiel, siehe Abb. 1 und Abb. 2, ist eine halbautomatische Anlage, die möglichst flexibel für ein breites Bauteilspektrum verwendet werden kann. Aufgrund des verfügbaren Hallenplatzes wurde eine u-förmige Anordnung der Prüfanlage realisiert. Gussteile unterschiedlichster Größe und Geometrie waren Bestandteil des Pflichtenheftes. Der Teiledurchsatz ist dabei abhängig vom Bauteil und den durchzuführenden manuellen Schritten. Die Bauteile befinden sich während des gesamten Prüfablaufs in Körben und werden manuell über Rollenbahnen von Station zu Station geschoben. Die Korb-Abmessungen betragen 0,5 m x 0,5 m x 0,12 m und die Körbe sind für jeweils 30 kg Gesamtgewicht der Prüfteile ausgelegt.

In die Anlage integriert ist eine Vorreinigung der Prüfteile, bestehend aus einem Wäscher und einem Trockner, um die Teile für die Eindringprüfung vorzubereiten. Das pneumatische Absenken und Anheben der Körbe pro Station wurde automatisiert. Die Prozesszeiten (z. B. die Eindringzeit und die Entwicklerzeit) sind in der SPS hinterlegt. Über Taster werden die jeweiligen Prozessschritte gestartet, die dann automatisch ablaufen und so die Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse gewährleisten.



Stationen der Prüfanlage:

A: Teile-Zuführung
B: Vorwäsche (Wasserbad mit zusätzlichen Düsen)
C: Trockner 1
D1: Tauchbecken für Prüfmittelauftrag (Level 2, mittlere Empfindlichkeit)
D2: Tauchbecken für Prüfmittelauftrag (Level 3, hohe Empfindlichkeit)
E: Abtropfen (ein Becken pro Weg, Rückführung in jeweiligen Prüfmitteltank)
F: Zwischenreinigung mit Wasser und Handpistole (nach Absenkung in Edelstahlbecken und Ausklappen der seitlichen Schutztüren)
G: Trockner 2
H: Entwickler-Auftrag (Elektrostatik mit rückwärtiger Absaugung, seitliche Schutztüren)
I: Auswertung unter UV (in Prüfkabine)

Abb. 1. Draufsicht einer halbautomatischen Prüfanlage für Gussteile

Es soll wahlweise mit zwei fluoreszierenden Eindringmitteln unterschiedlicher Empfindlichkeit geprüft werden können. Im Normalfall wird ein Prüfmittel mit mittlerer Empfindlichkeit (Level 2) verwendet. In ca. 10% der Fälle kommt ein hochempfindliches Prüfmittel (Level 3) zum Einsatz.

Wegen des breiten Teilespektrums und der manchmal auch geringen Stückzahlen, sind die Prozessschritte für Zwischenreinigung und Entwickleraufrag als manuelle Stationen

ausgeführt, um die Flexibilität der Anlage auch im Hinblick auf zukünftige Bauteile zu erhöhen. Die Zwischenreinigung erfolgt nach dem pneumatischen Absenken des Bauteil-Korbes in ein Edelstahlbecken mit Hilfe einer Wasser- / Druckluftpistole, wobei die Drücke mit Manometern überwacht werden. Danach erfolgen die Trocknung in einem Warmluft-Ofen und der elektrostatische Entwicklerauftrag. Überschüssige Sprühnebel werden mit Hilfe einer Absaugung entfernt. Aufgrund der modularen Bauweise der Anlage, kann diese leicht erweitert werden, um auch für alternative Prüfaufgaben gerüstet zu sein.

Abb. 2. Gesamtansicht einer Prüfanlage für Gussteile

2. Vollautomatische Prüfung von Schmiedeteilen

Das zweite Beispiel, siehe Abb. 3 und Abb. 4, ist eine vollautomatische Anlage, ausgelegt auf maximalen Teiledurchsatz bei hohem Automatisierungsgrad und geringen Prüfkosten pro Bauteil. Edelstahl-Schmiedeteile aus dem Automobilbereich sollen mit hoher Reproduzierbarkeit auf Oberflächenrisse geprüft werden. Alle Prozessschritte laufen dabei vollautomatisch ab. Die Bauteile werden mit Hilfe von Werkstückträgern transportiert, die für je 10 Teile ausgelegt sind. Ein großer Vorteil der Anlage ist das neue Konzept, bei dem bis auf das Tauchbecken alle Stationen in einer Arbeitshöhe liegen. Das ermöglicht den Wegfall vieler Hübe und die Realisierung eines relativ einfachen Transportkonzepts.

Eine Schwierigkeit bei vollautomatischen Anlagen sind die unterschiedlichen Verweilzeiten innerhalb der einzelnen Stationen, die mit einem gemeinsamen Takt vereinbart werden müssen. Zudem dürfen auch Leertakte nicht den vorgegebenen Prüfablauf und damit die Prüfsicherheit gefährden. Dies wird durch eine optimierte Auslegung der einzelnen Stationen (Waschbereiche, Zonentrocknung) und eine komplexe Prozesssteuerung realisiert. In diesem Beispiel werden die Werkstückträger im 3-Minuten-Takt von Station zu Station bewegt. Für länger andauernde Prozessschritte sind entsprechende Puffer verbaut.

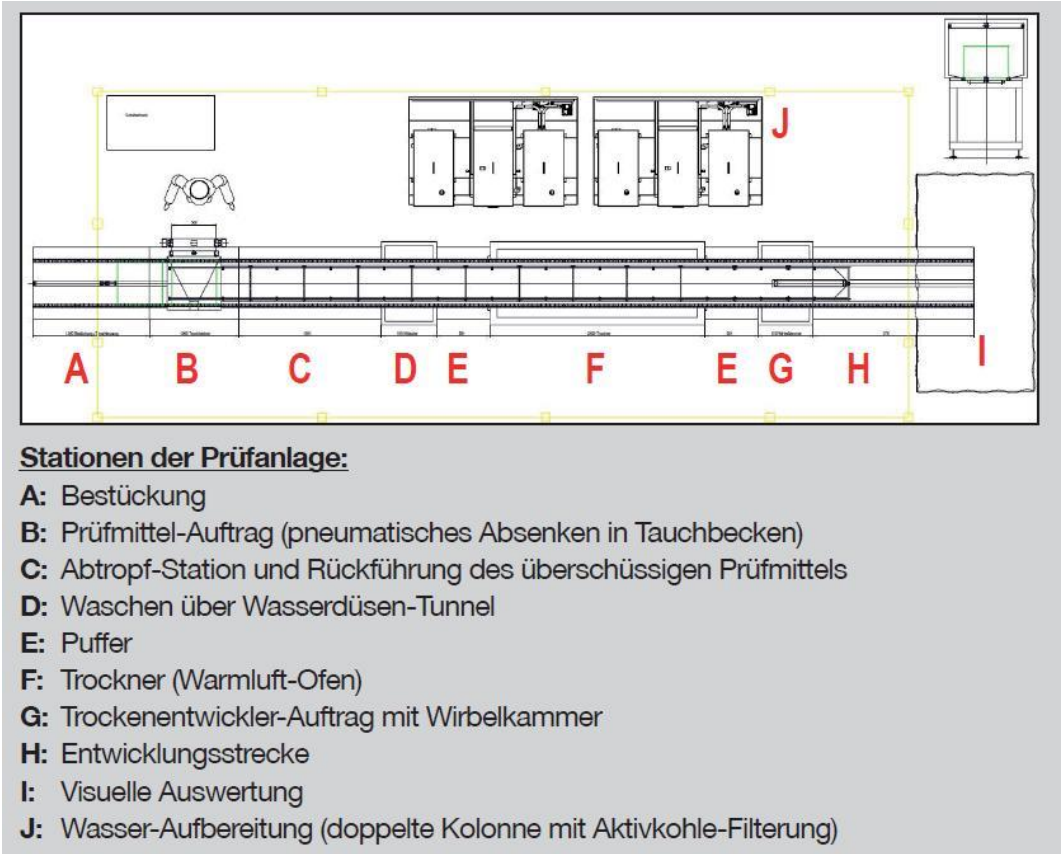


Abb. 3. Draufsicht einer vollautomatischen Prüfanlage für Schmiedeteile

Abb. 4. Gesamtansicht einer vollautomatischen Prüfanlage für Schmiedeteile (aus Gründen der Geheimhaltung sind die Original-Prüfteile nicht im Bild zu sehen)

Die Bauteile werden an der Beladestation der Anlage in speziell auf die Bauteilgeometrie optimierte Werkstückaufnahmen eingelegt. Nach Einschieben in eine Schleuse übernimmt die Anlage den gesamten Bauteiltransport bis zur Entwicklerstation. Der Prüfmittel-Auftrag erfolgt über ein pneumatisches Absenken des Werkstückträgers in das Prüfmittel-Becken. Nach einer Abtropfstation, in der das Prüfmittel weitere Zeit für den Eindringvorgang hat, durchfährt der Werkstückträger einen Tunnel mit vielen Wasserdüsen, in dem mit definiertem Druck die Zwischenreinigung durchgeführt wird, siehe Abb. 5.

Um auch den Umweltschutz zu berücksichtigen, wird das anfallende Waschwasser in einer Filterkolonne auf Aktiv-Kohle-Basis soweit regeneriert, dass es erneut für die Zwischenreinigung verwendet werden kann. Um einen möglichst kontinuierlichen Prüfbetrieb zu gewährleisten, wurde die Filterkolonne doppelt ausgelegt.

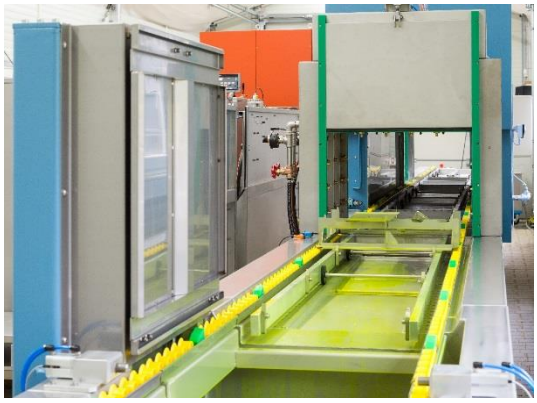


Abb. 5. Werkstückträger kurz vor Einfahrt in den Düsentunnel für die Zwischenreinigung

Abb. 6. Wirbelkammer für den Auftrag des Trockenentwicklers

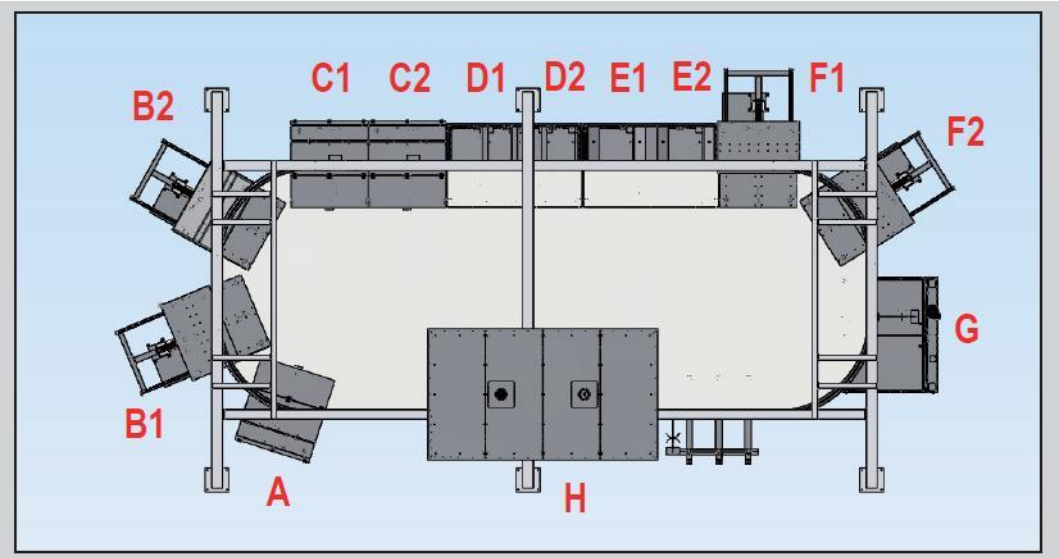
Nach einer Puffer-Station wird mit Warmluft getrocknet. Der Trockenentwickler wird mit Hilfe einer Wirbelkammer aufgebracht (Abb. 6), d. h. in einen gefüllten Prüfmitteltrichter unterhalb der Bauteile wird definiert Druckluft eingebracht, und die Prüfteile werden gleichmäßig bestäubt. Die allseits geschlossene Kammer verhindert einen Austrag des Trockenentwicklers. Im Anschluss erfolgt die Ausgabe der Teile zur manuellen Betrachtung unter UV-Licht.

3. Halbautomatische Prüfung von Schmiedeteilen und Transport mit Kranbahn

Die dritte vorgestellte Eindring-Prüfanlage, siehe Abb. 7 und Abb. 8, weist einen besonders hohen Durchsatz von 4500 Bauteilen pro Tag auf. Fast alle Stationen der Prüfanlage sind daher doppelt ausgelegt. Zu prüfen sind geschmiedete Automobil-Teile aus Aluminium.

Zuerst werden die gereinigten Bauteile in Werkstückträger für je 24 Teile eingehängt, worin sie während der gesamten Prüfung bis hin zur Auswertung verbleiben. Die Werkstückträger werden an Laufkatzen hängend entlang einer ovalen Kranbahn gefahren. Neun Laufkatzen sind insgesamt an der Kranbahn montiert, die über der gesamten Anlage verläuft.

Um die Arbeitsschritte zu starten, werden die Werkstückträger einfach in die Aufnahmen der jeweiligen Stationen eingehängt. Über einen Näherungs-Sensor erkennt die Anlage, dass die Station beladen ist und startet den Arbeitsschritt. Für die richtige Reihenfolge der Prozessschritte sind die Bediener zuständig, da die Steuerung der Anlage nicht die Einhaltung der Reihenfolge überwacht.



Stationen der Prüfanlage:

A: Vorwäscher
B: Trockner
C: Prüfmittel-Auftrag
D: Abtropfen
E: Zwischen-Reinigung
F: Trockner
G: elektrostatischer Auftrag des Trockenentwicklers
H: Visuelle Auswertung unter UV-Licht in Prüfkabine

Abb. 7. Draufsicht einer halbautomatischen Prüfanlage mit ovaler Kranbahn

Abb. 8. Gesamtansicht einer halbautomatischen Prüfanlage mit ovaler Kranbahn

Nach einer Vorwäsche mit anschließender Trocknung erfolgt das Eintauchen in eines der Prüfmittelbecken, siehe Abb. 9. Nach der Tauchzeit von 2 Minuten tropfen die Teile noch 9 Minuten in der Abtropfstation ab, um überschüssiges Eindringmittel vor dem Waschen von den Bauteilen zu entfernen. Somit ergibt sich insgesamt eine Eindringzeit von 11 Minuten. Die Prüfmittelbecken werden hinsichtlich des Füllstandes und der Prüfmittel-Temperatur überwacht.

Abb. 9. Einfahren des Werkstückträgers in den Prüfmitteltank (Originalteile können aus Geheimhaltungsgründen nicht gezeigt werden)

Abb. 10. Zwischenreinigung über Wasserdüsen

Abb. 11. Doppelte Filterkolonne auf Aktivkohle-Basis für Waschwasser

Abb. 12. Elektrostatischer Auftrag des Trockenentwicklers

Abb. 13. Kabine zur visuellen Auswertung. Der Werkstückträger mit bis zu 24 Bauteilen hängt an einer der 9 Laufkatzen.

Abb. 14. Signalleuchten zeigen den Status der Stationen an (grün: Station bereit, gelb: Station in Betrieb, gelb blinkend: Station fertig)

Die Zwischenreinigung mit Wasser erfolgt in der automatischen Waschstation, siehe Abb. 10. Über die elektrische Steuerung werden Wassermengen und Drücke automatisch geregelt. Anfallendes Waschwasser wird in einer doppelt ausgelegten Filterkolonne, siehe Abb. 11, soweit regeneriert, dass es erneut für die Zwischenreinigung verwendet werden kann. Anschließend werden die Bauteile in den Trockenofen eingelegt. Ein Thermoelement

misst und die Steuerung regelt die korrekte und maximal zulässige Temperatur. Der Auftrag des Trockenentwicklers mit Hilfe einer elektrostatischen Sprühpistole erfolgt in der Entwicklerstation, siehe Abb. 12. Die Entwicklungszeit beträgt wie die Eindringzeit 11 Minuten.

Nach dem Auftrag des Entwicklers wird das Gestell in die Auswertekabine gefahren, siehe Abb. 13, wo dann die Auswertung unter UV-Licht sowie die Sortierung in IO und NIO erfolgt. Alle Stationen verfügen über je eine Signalleuchte, siehe Abb. 14, die den aktuellen Betriebszustand der Station anzeigt.