

Zeitgemäßer Umgang mit MT- und PT-Prüfmitteln – Auswahl und Anwendungstechnik

Dr. Ing. (USA) Wolfram A. Karl Deutsch, Dr. rer. nat. Ralf Wagner, Wuppertal

1 Einleitung

Neben den bekannten Volumenprüfverfahren der Zerstörungsfreien Werkstoffprüfung (ZfP) wie Ultraschall- (UT) (Lit. 1-4) und Röntgenprüfung (RT) (Lit. 8) werden ergänzend zur Erkennung von Oberflächenfehlern die Magnetpulver-Rissprüfung (MT) (Lit. 4-6) und die Eindringprüfung (PT) (Lit. 4, 7) angewendet. Sie dienen dazu, Oberflächenrisse auf Bauteilen für das menschliche Auge sichtbar zu machen. Angewendet werden beide Verfahren immer dann, wenn sicherheitsrelevante Bauteile auf Oberflächenrisse untersucht werden müssen, so z. B. in der Automobilindustrie, im Behälter- und Apparatebau (Schweißnähte) sowie in der Luftfahrtindustrie.

2 Aufgabenstellung

Sowohl bei der Magnetpulver-Rissprüfung (MT) als auch bei der Eindringprüfung (PT) werden Chemikalien (Prüfmittel) zur Auffindung der Oberflächenrisse eingesetzt. Es gibt eine große Vielfalt an Prüfmitteln und Methoden für beide Prüfverfahren. Die folgenden Ausführungen sollen eine Hilfestellung bei der Auswahl der für die jeweilige Prüfaufgabe geeigneten Prüfmittel geben.

3 Magnetpulver-Rissprüfung (MT)

Die Einteilung der unterschiedlichen Magnetpulver-Rissprüfmittel erfolgt zweckmäßigerweise nach den Kriterien Kontrasterzeugung, Applikationsverfahren, Korngröße und Lieferform. Bei der Kontrasterzeugung gibt es folgende Typen:

- Fluoreszierend (UV-Bestrahlung)
- Nicht-Fluoreszierend (Tageslicht) sowie
- Tageslicht und Fluoreszierend.

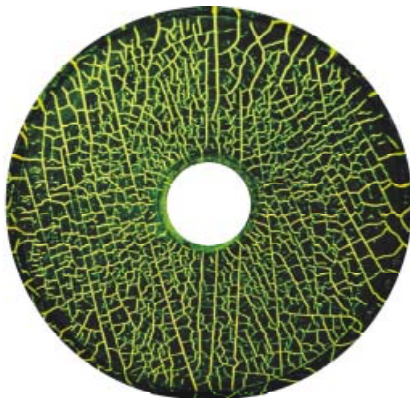


Abb. 1: Rissanzeigebild eines fluoreszierenden Magnetpulver-Rissprüfmittels.

Fluoreszierende Prüfmittel (Abb. 1) sind immer dann zu bevorzugen, wenn höchste Fehlererkennbarkeit gefordert ist. Mit diesen Prüfmitteln wird ein größtmöglicher Kontrast erzielt, weil die Rissanzeigen aktiv leuchten. Die Prüfergebnisse sind sehr gut reproduzierbar, deshalb ist die Verwendung fluoreszierender Prüfmittel Standard in

der stationären Serienprüfung von Schmiede- und Gussstücken. Nachteilig bei der Verwendung fluoreszierender Prüfmittel ist, dass eine Abdunklung der Prüfumgebung sowie eine UV-Lichtquelle notwendig ist.

Nicht-fluoreszierende (Tageslicht) Prüfmittel (Abb. 2) sind üblicherweise schwarz. Um einen guten Kontrast zur Bauteiloberfläche zu gewährleisten, wird zumeist vor der eigentlichen Prüfung noch eine weiße Untergrundfarbe auf die Bauteiloberfläche aufgetragen. Haupteinsatzgebiet der nicht-fluoreszierenden Prüfmittel ist die mobile Prüfung sowie die Prüfung sehr großer Bauteile. Die Beleuchtung der Rissanzeigen kann mit einer Tageslichtleuchte erfolgen. Die Kontrastverhältnisse sind als schwierig einzustufen, weil die Rissanzeigen nicht aktiv leuchten und störende Reflexionen von der Bauteiloberfläche her vermieden werden müssen. Der Auftrag der weißen Untergrundfarbe sollte in immer gleicher Schichtdicke ($< 50 \mu\text{m}$) erfolgen, da bei unterschiedlichen Schichtdicken die Prüfempfindlichkeit variiert. Da die Untergrundfarbe meist aus Sprühdosen aufgetragen wird, arbeitet man immer mit unterschiedlichen Schichtdicken und im Vergleich zur Verwendung von fluoreszierenden Prüfmitteln ist die Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse schlechter.



Abb. 2: Rissanzeigebild eines nicht-fluoreszierenden (schwarzen) Magnetpulver-Rissprüfmittels bei gleichzeitiger Verwendung von weißer Untergrundfarbe.

Tageslicht- und UV-fluoreszierende Prüfmittel (Abb. 3) sind meist rot-orange. Sie finden immer dann Verwendung, wenn subjektiv der Kontrast rot-orange (Signalwirkung) als optimal empfunden wird. Sie können bei der Serienprüfung (UV-Bestrahlung) in gleicher Weise eingesetzt werden wie die grün fluoreszierenden Prüfmittel. Bei der Auswertung im Tageslicht ist der Kontrast im Vergleich zur Auswertung unter UV-Licht etwas herabgesetzt. Im Vergleich zur nicht-fluoreszierenden Prüfung ist die Reproduzierbarkeit besser, da hier die Verwendung einer Untergrundfarbe nicht notwendig ist.



Abb. 3: Rissanzeigebild eines Tageslicht- und UV-fluoreszierenden Magnetpulver-Rissprüfmittels.

Bei den Applikationsverfahren unterscheidet man Prüfmittel für die

- Trockenprüfung oder
- Nassprüfung

Trockenprüfmittel (Abb. 4) bestehen aus fluoreszierend lackiertem Eisenpulver im Korngrößenbereich von 40 µm bis 300 µm. Sie werden im Trägermedium Luft appliziert. Wegen ihrer umständlichen Handhabung und des vergleichsweise groben Kornes der Partikel finden sie nur noch wenig Anwendung, zum Beispiel bei der Halbzeugprüfung, wo nur grobe Risse zur Anzeige gebracht werden sollen. Eine weitere Anwendung ist die Prüfung bei hohen Temperaturen (Bauteiloberfläche > 100 °C), bei denen die Verwendung der Trägermedien Wasser oder Öl nicht möglich ist.



Abb. 4: Trockenprüfmittel, fluoreszierend lackiertes Eisenpulver mit einer mittleren Korngröße von 100 µm.

Bei der *Nassprüfung* (Abb. 5) kommen die Trägermedien Wasser oder Öl zur Anwendung. Grundsätzlich können bei der Nassprüfung feinere Magnetpulverpartikel (bis ~ 1 µm) eingesetzt werden als bei der Trockenprüfung. Dadurch wird die Nachweisempfindlichkeit für feine Risse erhöht. Es können aber auch gröbere Magnetpulver (> 10 µm) verwendet werden, so dass auch bevorzugt grobe Risse mit der Nassprüfung nachweisbar sind. Gegenüber der Trockenprüfung ist bei der Nassprüfung der Auftrag des Prüfmittels einfacher, er kann durch Sprühen oder Übergießen, seltener durch Tauchen erfolgen. So wird eine gute Reproduzierbarkeit der Prüfergebnisse erreicht. Die Nassprüfung ist daher Standard bei der Serienprüfung.

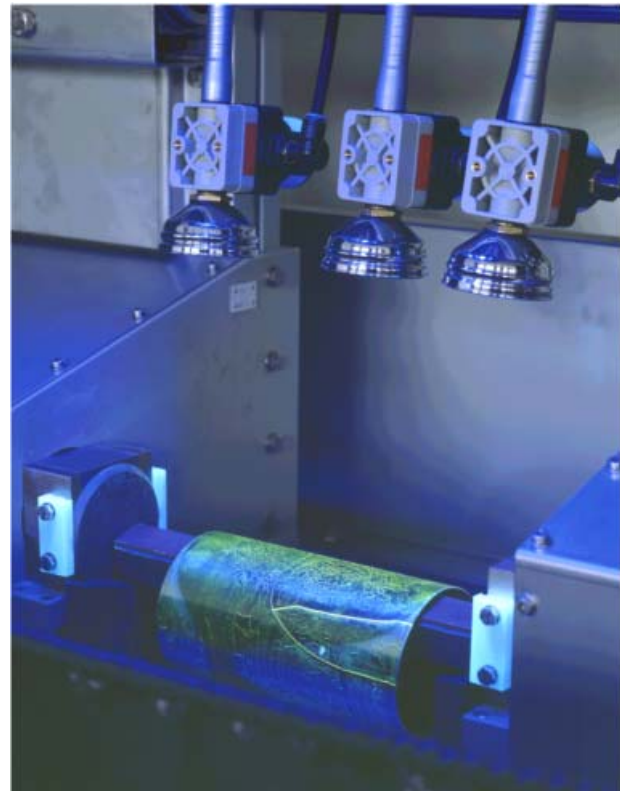


Abb. 5: Anwendung der Nassprüfung in der Serienprüfung.

Wasser als Trägermedium hat gegenüber Öl folgende anwendungstechnische Eigenschaften:

- preiswerte Anschaffung & Entsorgung
- nicht brennbar
- hautfreundlicher
- kürzere Abtropfzeit
- Additive erforderlich bzgl.
 - Rostschutz
 - Benetzung
 - Schaumunterdrückung

Wasser als Trägermedium ist daher zum Standard bei der Serienprüfung geworden.

Öl (Abb. 6) als Trägermedium bietet gegenüber Wasser einen guten Korrosionsschutz. Es sind auch ölige oder gesinterte Teile prüfbar, weil Öl auf solchen Oberflächen eine bessere Benetzung aufweist. Manche Luftfahrt- und / oder US-Normen fordern explizit den Einsatz von Öl als Trägermedium. Es sollten nur solche Prüföle eingesetzt werden, die keine Eigenfluoreszenz aufweisen, da sonst bei der fluoreszierenden Prüfung die Anzeigenerkennbarkeit empfindlich gestört wird. Weiterhin sollte die Viskosität des Prüföls möglichst niedrig sein, damit ein optimales Abtropfverhalten erreicht wird. Nachteilig bei der Verwendung von Öl als Trägermedium ist sicherlich der hohe Anschaffungspreis und die anfallenden Entsorgungskosten. Es muss auch beachtet werden, dass Öl im Gegensatz zu Wasser brennbar ist und dass es beim Einsatz von Öl vermehrt zu Hautirritationen beim Prüfpersonal kommt. Bei der Verwendung von Öl als Trägermedium darf vor der Betrachtung der Rissanzeigen

Sonderdruck 9/3

keine Entmagnetisierung erfolgen. Ansonsten besteht die Gefahr, dass durch die bei der Entmagnetisierung auftretenden Erschütterungen die noch nasse Rissraupe verwischt und deren Erkennbarkeit beeinträchtigt wird.

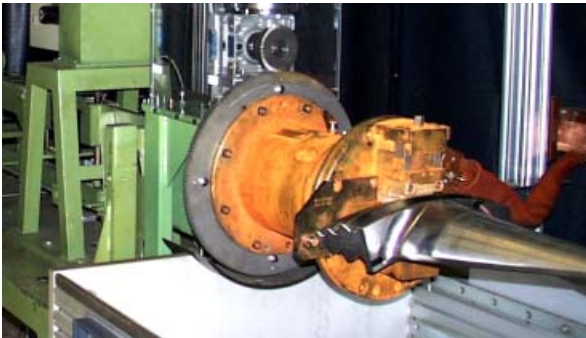


Abb. 6: Bei der Prüfung von Turbinenschaufeln wird oft Öl als Trägermedium eingesetzt.

Die Korngröße (Abb. 7) des Magnetpulvers hat Einfluss auf die Nachweisempfindlichkeit. In erster Näherung kann gesagt werden, dass die Korngröße im Bereich der aufzufindenden Rissbreiten liegen soll. Sollen ganz feine Risse gefunden werden, wählt man ein Magnetpulver für die Nassprüfung im Korngrößenbereich von ~ 1 – 7 µm. Bei der Halbzeugprüfung in einem Stahlwerk wird man ein Magnetpulver für die Trockenprüfung mit einer Korngrößenverteilung um die 100 µm bevorzugen, weil hier nur grobe, nicht aber sehr feine Risse nachgewiesen werden sollen. Die EN ISO 9934-2:2002 gibt folgende Anhaltspunkte für den Korngrößenbereich: Nassprüfmittel sollen im Bereich von 1,5 µm bis 40 µm liegen, Prüfmittel für die Trockenprüfung sollen im Allgemeinen über 40 µm liegen.

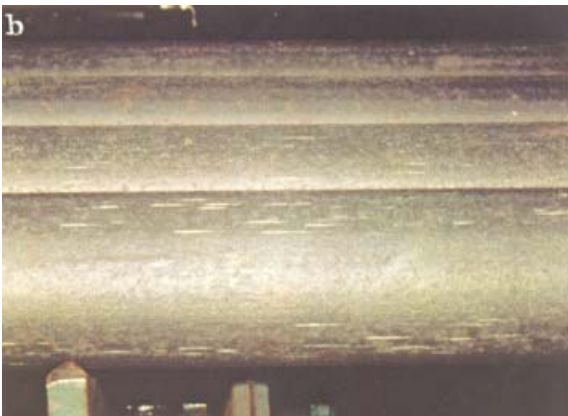


Abb. 7: Prüfung von Halbzeug mit fluoreszierendem Trockenpulver, Korngröße ~ 80 µm.

Die (Liefer-) Form der Magnetpulver-Rissprüfmittel für die Nassprüfung ist je nach Aufgabenstellung unterschiedlich. Es gibt

- gebrauchsfertige Prüfmittelsuspensionen
- Fertig-Konzentrate
- Mittel-Konzentrate
- Hoch-Konzentrate
- und Magnetpulver als solches

Gebrauchsfertige Prüfmittelsuspensionen (Abb. 8) werden meist bei der mobilen Prüfung eingesetzt und in

Sprühdosen geliefert. Der Anwender kann sofort mit der Prüfung beginnen ohne sich um die Zusammensetzung der Prüfmittelsuspension kümmern zu müssen. Dies ist die bequemste, aber auch die teuerste Lösung.

Fertig- und Mittel-Konzentrate bieten die einfachste Art der Prüfmittelzubereitung. Sie benötigen nur Wasser oder Öl zum Ansetzen der Prüflüssigkeit. Wasserbasierende Fertigmittel enthalten bereits die notwendigen Additive wie Korrosionsschutz, Netzmittel und Entschäumer. Mittel-Konzentrate enthalten meist einen geringeren Anteil an Korrosionsschutz, der für viele Anwendungen aber bereits ausreichend ist (Schweißnähte, Schmiedestahl). Bei Bedarf kann problemlos zusätzlicher Korrosionsschutz dem Prüfmittelbad zugesetzt werden. Weil die Fehlermöglichkeiten bei der Ansetzprozedur der Fertig- und Mittel-Konzentrate denkbar gering sind, stellen Fertigmittel den günstigsten Kompromiss zwischen Preis und Ansetzaufwand dar. Sie haben sich bei der Serienprüfung als Standard durchgesetzt.



Abb. 8: Gebrauchsfertige Prüfmittelsuspensionen werden bei der mobilen Prüfung und in Form von Aerosolen eingesetzt.

Hoch-Konzentrate bestehen aus Magnetpulver, Wasser und einem begrenzten Anteil an Netzmitteln. Der Anwender muss zum Ansetzen der gebrauchsfertigen Prüfmittelsuspension noch Korrosionsschutz, Netzmittel und gegebenenfalls Entschäumer selbst ergänzen. Der Vorteil bei Verwendung der Hoch-Konzentrate liegt in ihrem günstigen Preis und der Möglichkeit sowohl die Magnetpulverkonzentration als auch den Korrosionsschutz genau auf die Anforderungen der jeweiligen Prüfungsaufgabe anzupassen. Der Nachteil ist in der fehleranfälligen, vergleichsweise umständlichen Ansetzprozedur zu sehen. Hoch-Konzentrate werden meist von Großverbrauchern eingesetzt. Statt eines Hoch-Konzentrats kann auch nur das Magnetpulver bezogen werden. Die Vor- und Nachteile ergeben sich wie bei Verwendung der Hoch-Konzentrate aus dem Abwägen zwischen dem Mehraufwand bei der Ansetzprozedur und dem erzielten Kostenvorteil.

Zusammenfassung Magnetpulver-Rissprüfung: Die Magnetpulver-Rissprüfung ist ein Oberflächenprüfverfahren und dient der Auffindung von Oberflächenrissen. Es findet Anwendung sowohl bei der mobilen Prüfung als auch in der Serienprüfung. Das Verfahren ist sehr empfindlich, die Durchführung ist einfach und kann sehr reproduzierbar ausgeführt werden. Der Oberflächenzustand der Bauteile ist vergleichsweise unkritisch und es können auch sehr komplex geformte Komponenten geprüft werden. Nachteilig ist zu erwähnen, dass zur Durchführung der Prüfung immer ein Stromanschluss erforderlich ist und dass die Auswertung zumeist manuell erfolgen muss. Die Anwendung der Magnetpulver-Rissprüfung ist auf ferromagnetische Werkstoffe beschränkt.

4 Eindringprüfung (PT)

Die Eindringprüfung wird immer dann angewendet, wenn Risse, Falten, Poren oder ähnliche Materialfehler nachgewiesen werden sollen. Voraussetzung für die Anwendbarkeit des Verfahrens ist lediglich, dass der nachzuweisende Fehler zur Oberfläche hin eine Öffnung hat. Geprüft werden hauptsächlich metallische Werkstoffe, aber auch Kunststoffe oder Keramikwerkstoffe können mit dem Eindringverfahren untersucht werden. Die Methode ist sehr empfindlich. Typische, mit dem Eindringverfahren nachweisbare Risse haben eine Breite von 0,5 µm bis 10 µm und eine Tiefe von 20 µm bis 200 µm.

Die Einteilung der unterschiedlichen Riss-Prüfmittel für die Eindringprüfung (Penetrierverfahren) ist in DIN EN ISO 571-1 genormt. Es gibt Eindringmittel, Reiniger und Entwickler. Die Eindringmittel werden nach Typen unterschieden:

- Typ I: Fluoreszierende Eindringmittel
- Typ II: Farbeindringmittel
- Typ III: Fluoreszierende Farbeindringmittel

Die Zwischenreiniger werden nach Verfahren unterschieden:

- Verfahren A: Wasser
- Verfahren B: Lipophiler Emulgator
- Verfahren C: Lösemittel
- Verfahren D: Hydrophiler Emulgator
- Verfahren E: Wasser und Lösemittel

Die Entwickler sind in verschiedene Arten eingeteilt:

- Art a: Trockenentwickler
- Art b: Nassentwickler, Wasserbasis in Lösung
- Art c: Nassentwickler, Wasserbasis in Suspension
- Art d: Nassentwickler, Lösemittelbasis
- Art e: Nassentwickler für spezielle Anwendungen

Die Durchführung der einzelnen Verfahrensschritte (Abb. 9) ist wie folgt:

An eine Vorreinigung schließt sich der Auftrag des Eindringmittels an. Nach einer angemessenen Eindringzeit (5 – 30 Minuten) wird bei der Zwischenreinigung der

Überschuss an Eindringmittel entfernt und es schließt sich der Entwicklungsvorgang an. Nach Abschluss des Entwicklungsvorgangs erfolgt die Auswertung.

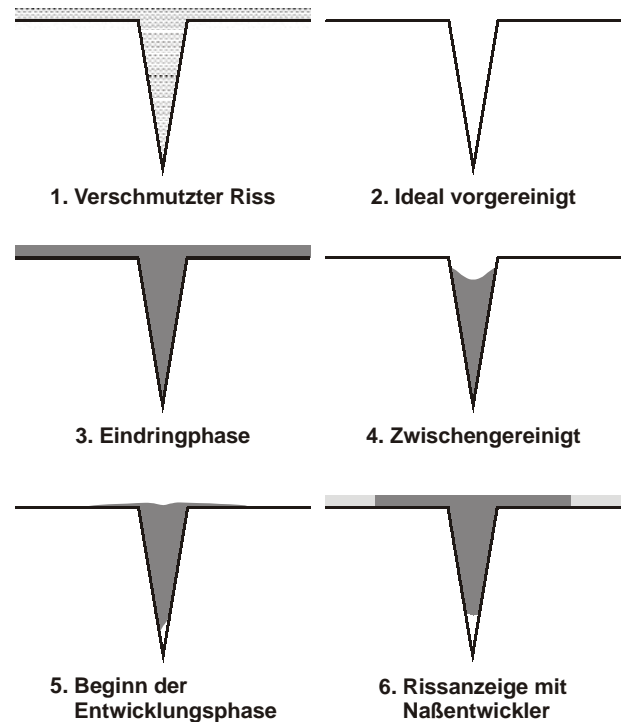


Abb. 9: Durchführung der Eindringprüfung.

Nachfolgend sollen nur die wichtigsten der oben aufgeführten Prüfmittelsysteme und Verfahren diskutiert werden.

Die Vorreinigung: Die Wahl der geeigneten Vorreinigung richtet sich sowohl nach den bekannten oder zu erwartenden Verunreinigungen im Riss als auch nach den vor Ort zur Verfügung stehenden Möglichkeiten. Da Fett oder Öl die häufigsten Verunreinigungen bei Metallen sind, wird meist mit Lösungsmittel oder per Dampfentfettung vorgereinigt. Bei der Verwendung von Lösungsmitteln ist zu beachten, dass es sich heutzutage hierbei fast ausnahmslos um brennbare Flüssigkeiten handelt. Die Verwendung der früher üblichen halogenierten, nicht brennbaren Vorreiniger ist in Deutschland nicht mehr erlaubt. Nach der Vorreinigung muss das Teil unbedingt getrocknet werden, damit der Riss vor dem Eindringmittelauftrag zur Oberfläche hin offen und mit Luft gefüllt ist. Beispiele für übliche Vorreinigungsverfahren sind:

- Vorreinigen mit Lösungsmittel
- Vorreinigen mit Tensiden
- Dampfentfettung
- Alkalisches oder saures Ätzen
- Elektroreinigung
- Ultraschallreinigung
- Kombination der genannten Methoden

Eindringphase, Penetrieren: Der Auftrag des Eindringmittels kann z.B. durch Sprühen, Tauchen, Übergießen oder Pinseln erfolgen. Die Eindringdauer beträgt in der Regel 5 Minuten, in Ausnahmefällen bis zu 30 Minuten.

Sonderdruck 9/3

Wichtig ist, dass die Oberfläche vollständig benetzt wird und das Eindringmittel während der Eindringzeit nicht antrocknet. Je nach Prüfaufgabe werden Farbeindringmittel oder fluoreszierende Eindringmittel angewendet. Bei der Durchführung der Farbeindringprüfung mit roten Farbeindringmitteln ist in Deutschland darauf zu achten, dass diese keine AZO-Farbstoffe enthalten. Die Verwendung von Eindringmitteln mit AZO-Farbstoffen ist in Deutschland nicht mehr erlaubt, da diese Farbstoffe in stark krebserzeugende Substanzen gespalten werden können.

Fluoreszierende Eindringmittel: (Abb. 10) Typ I nach DIN EN 571-1 : Anzuwenden, wenn eine hohe Nachweisempfindlichkeit in guter Reproduzierbarkeit (Serienprüfung) gefordert ist.



Abb. 10: Rissige Schweißnaht, mit fluoreszierendem Eindringmittel geprüft.

Farbeindringmittel: (Abb. 11) Typ II nach DIN EN 571-1. Die Farbeindringprüfung (im Gegensatz zur Eindringprüfung mit fluoreszierenden Prüfmitteln) ist immer dann anzuwenden, wenn keine extrem hohe Nachweisempfindlichkeit gefordert ist oder aber keine weitere Infrastruktur wie z. B. Strom- oder Wasseranschluss vorhanden ist („Baustellenprüfung“). Der Vorteil des Farbeindringverfahrens ist gerade in der einfachen Durchführung und der Unabhängigkeit von jeder Infrastruktur zu sehen. Es werden lediglich drei Aerosoldosen (Eindringmittel, Reiniger und Entwickler) benötigt, um einen Riss nachweisen zu können.



Abb. 11: Rissige Schweißnaht, mit Farbeindringmittel geprüft.

Zwischenreinigung: Die Wahl der geeigneten Zwischenreinigung richtet sich sowohl nach dem eingesetzten Eindringmittel als auch nach den vor Ort zur Verfügung stehenden Möglichkeiten. Ziel der Zwischenreinigung ist es, das Eindringmittel möglichst vollständig von der Oberfläche, nicht aber aus dem Fehler zu entfernen. Nach der Zwischenreinigung muss die Oberfläche visuell auf Eindringmittlrückstände geprüft werden. Bei Verwendung fluoreszierender Eindringmittel muss dies unter UV-Licht geschehen. Anschließend muss die Oberfläche getrocknet werden, damit der anschließende Entwicklungsvorgang nicht gestört wird.

Zwischenreinigen mit Lösungsmittel: Verfahren C nach DIN EN 571-1: Zuerst wird das überschüssige Eindringmittel mit einem trockenen Lappen abgewischt. Dann wischt man das restliche Eindringmittel von der Oberfläche mit einem leicht mit Reiniger angefeuchteten Lappen ab. Niemals den Reiniger aufsprühen, weil sonst das Eindringmittel wieder aus dem Fehler herausgewaschen wird. Die Methode ist nur für die Handprüfung, nicht aber

für die Serienprüfung geeignet. Sie wird zumeist bei der Farbeindringprüfung angewendet.

Zwischenreinigen mit Wasser: Verfahren A nach DIN EN 571-1. Die Vorgehensweise erfolgt hier entweder analog zur Zwischenreinigung mit Lösungsmittel (wischen mit Lappen) oder aber besser durch Aufsprühen des Wassers. Dies kann bei der Handprüfung aus einer Hand-sprühflasche erfolgen, bei der Serienprüfung wird das Wasser über Sprühdüsen aus etwa 20 cm Entfernung mit definiertem Druck aufgesprüht. Das Verfahren liefert gut reproduzierbare Prüfergebnisse wenn Wasserdruck und Sprühzeit konstant gehalten werden.

Nachemulgieren des Eindringmittels und anschließende Reinigung mit Wasser: Verfahren D nach DIN EN 571-1. Nachdem der Penetriervorgang abgeschlossen ist, wird zunächst der Hauptanteil an überschüssigem Eindringmittel grob mit Wasser abgespült. Dann wird das zunächst nicht mit Wasser abwaschbare Eindringmittel durch Tauchen in Emulgator in ein wasserabwaschbares Eindringmittel umgewandelt. Im Idealfall diffundiert der Emulgator nur in das auf der Prüflingsoberfläche haftende Eindringmittel ein, nicht aber in das im Fehler befindliche Eindringmittel. Beim anschließenden Waschvorgang mit Wasser kann dann nur emulgiertes Eindringmittel (von der Oberfläche) abgewaschen werden. Das nicht emulgierte Eindringmittel im Fehler wird vom Waschwasser nur sehr geringfügig (mechanisch) ausgespült. Bei sorgfältiger Durchführung werden sehr hohe Nachweisempfindlichkeiten und ausgezeichnete Kontrastverhältnisse erreicht.

Entwickeln: Neben einigen Spezialverfahren gibt es hauptsächlich drei Methoden, die in der Praxis angewendet werden:

Nassentwickler auf Lösemittelbasis: Art d nach DIN EN 571-1: Diese Entwickler (Abb. 12) bestehen aus einem leicht flüchtigen Lösungsmittel in das ein weißes Pigment eindispersiert ist. Der Auftrag erfolgt aus der Aerosoldose oder Spritzpistole. Einerseits wird hierbei durch das Weißpigment ein weißer Hintergrund auf der Prüffläche erzeugt und so der Kontrast für die Farbeindringprüfung wesentlich verbessert. Andererseits wird durch das Lösungsmittel das im Fehler befindliche Eindringmittel angelöst und durch die Gegenkapillarwirkung aus dem Riss in die Entwicklerschicht befördert. Hier ist darauf zu achten, dass die Fehleranzeige nicht durch eine zu dicke Entwicklerschicht wieder verdeckt wird. Ferner kann das Eindringmittel durch das im Nassentwickler enthaltene Lösungsmittel bei zu starkem Entwicklerauftrag wieder aus dem Riss ausgewaschen werden.

Sonderdruck 9/3



Abb. 12: Der Nassentwickler auf Lösemittelbasis muss gesprüht werden.

Trockenentwickler: Art a nach DIN EN 571-1, nur für fluoreszierende Eindringmittel, nicht geeignet für alle Farbeindringmittel. Trockenentwickler bestehen aus Weißpigmenten mit einem mittleren Korndurchmesser, der in etwa der Rissbreite entspricht. Der Auftrag erfolgt elektrostatisch oder durch Aufstäuben. Dabei bleibt der Trockenentwickler auf der Prüfteiloberfläche nur an den Stellen haften, an denen das Eindringmittel wieder aus dem Fehler „ausblutet“ und es bildet sich eine regelrechte Rissraupe aus Trockenentwickler. Durch die Hohlräume, die sich zwischen benachbarten Pigmentkörnern bilden, wird ein Kapillarsystem aufgebaut, das das Eindringmittel wieder aus dem Fehler herauszieht und so eine Verbreiterung der Rissanzeige bewirkt. Das Verfahren liefert sehr gut reproduzierbare Ergebnisse und eine ausgezeichnete Auflösung auch sehr eng nebeneinander liegender Fehlstellen. Der Einsatz erfolgt hauptsächlich bei der Serienprüfung, seltener bei der Handprüfung.

Selbstentwicklung: Es wird kein Entwickler eingesetzt, viele fluoreszierenden Eindringmittel zeigen auch ohne Entwickler deutlich erkennbare Anzeigen.

Auswertung: Die Auswertung erfolgt in der Regel 5 min. nach dem Entwicklerauftrag. Bei Nassentwicklern 5 min. nachdem der Entwickler auf der Oberfläche getrocknet ist. Je nach Prüfaufgabe werden auch Entwicklungszeiten von bis zu 30 min oder mehr angewendet. Als Faustregel gilt, dass die Entwicklungsdauer gleich der Eindringdauer ist. Es empfiehlt sich, während der gesamten Dauer den Entwicklungsvorgang zu beobachten.

Bei der Farbeindringprüfung erfolgt die Auswertung im Tageslicht. Die Betrachtungsbedingungen sind teilweise in Regelwerken festgelegt. Typischerweise wird eine Beleuchtungsstärke von mindestens 500 lx gefordert.

Die Auswertung bei fluoreszierenden Eindringmitteln erfolgt mit UV-Beleuchtung unter Abdunklung des Prüfbereichs. Die mindestens erforderliche UV - Bestrahlungsstärke ist teilweise in Regelwerken festgelegt. Typischerweise wird eine UV-Bestrahlungsstärke von mindestens 10 W/m² gefordert, wobei der Anteil des sichtbaren Lichts 20 Lux nicht überschreiten darf.

Zusammenfassung Eindringprüfung: Die Eindringprüfung ist ein Oberflächenverfahren und dient der Auffindung von Rissen und Poren die zur Oberfläche hin offen sind. Es findet Anwendung sowohl bei der mobilen Prüfung als

auch in der Serienprüfung. Bei der mobilen Prüfung ist von Vorteil, dass keine Geräte benötigt werden, im einfachsten Fall kann mit 2 Sprühdosen (Eindringmittel und Entwickler) ein Riss nachgewiesen werden. Das Verfahren ist sehr empfindlich und auch für komplexe Bauteilgeometrien geeignet. Es können alle Werkstoffe geprüft werden, die von den verwendeten Chemikalien nicht angegriffen werden. Nachteilig ist, dass der Oberflächenzustand vor Beginn der Prüfung kritisch ist, die Auswertung kann zumeist nur manuell erfolgen und unterliegt subjektiven Einflüssen.

5 Literaturhinweise

Lit. 1: Deutsch, V, M. Platte, M. Vogt, W.A.K. Deutsch, V. Schuster: „Informationsschriften zur zerstörungsfreien Prüfung - ZfP kompakt und Verständlich: Band 1 - Die Ultraschallprüfung“, CASTELL Verlag, Wuppertal, ISBN 3-934255-01-9, 1999 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 2: Deutsch, V. und M. Vogt: „Ultraschallprüfung von Schweißverbindungen“, Die Schweißtechnische Praxis Band 28, DVS-Verlag Düsseldorf, ISBN 3-87155-534-7, 1995 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 3: Deutsch, V, M. Platte und M. Vogt: „Ultraschallprüfung, Grundlagen und industrielle Anwendungen“, Springer-Verlag Berlin, ISBN 3-540-62072-9, 1997 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 4: Deutsch, V.: „Zerstörungsfreie Prüfung in der Schweißtechnik“, Die Schweißtechnische Praxis Band 26, DVS-Verlag Düsseldorf, ISBN 3-87155-535-5, 2001 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 5: Deutsch, V, M. Platte, M. Vogt, W.A.K. Deutsch, V. Schuster: „Informationsschriften zur zerstörungsfreien Prüfung - ZfP kompakt und Verständlich: Band 3 - Die Magnetpulver-Rißprüfung“, CASTELL Verlag, Wuppertal, ISBN 3-934255-03-5, 1999 (nur noch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 6: Deutsch, V, W. Morgner, M. Vogt: „Magnetpulver-Rissprüfung – Grundlagen und Praxis“, VDI Verlag, Düsseldorf, ISBN 3-18-401163-1, 1999 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 7: Deutsch, V, R. Wagner: „Informationsschriften zur zerstörungsfreien Prüfung - ZfP kompakt und Verständlich: Band 9 – Prüfung auf Oberflächenrisse nach dem Eindring-Verfahren“, CASTELL Verlag, Wuppertal, ISBN 3-934255-02-7, 1999 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)

Lit. 8: Purschke, M.: „Informationsschriften zur zerstörungsfreien Prüfung - ZfP kompakt und Verständlich: Band 7 – Die Röntgen-(RT/RS)-Prüfung“, CASTELL Verlag, Wuppertal, ISBN 3-934255-07-8, 2001 (auch über Fa. Karl Deutsch zu beziehen)