

à propos du ressuage

penetrantonderzoek

über die Farbeindringprüfung

Le ressuage, procédé de contrôle non-destructif utilisé dans l'industrie depuis plus d'un siècle, vise à vérifier l'intégrité d'un objet au niveau de sa surface extérieure. Cette technique, largement utilisée dans nos entreprises, est assez méconnue du grand public. Cet article va brièvement présenter cette technique.

Het penetrantonderzoek, een niet-destructief controleproces dat al meer dan een eeuw wordt gebruikt in de industrie, dient om de integriteit van een object aan de buitenkant te controleren. Deze techniek, veel gebruikt in onze bedrijven, is vrij onbekend bij het grote publiek. Dit artikel zal kort deze techniek voorstellen.

La petite histoire

Vers la fin du XIXème siècle, dans un atelier de maintenance ferroviaire, une équipe de mécaniciens travaillant sur les bielles d'une locomotive, constatèrent, qu'après avoir complètement dégraissé les pièces, de l'huile réapparaissait sans cesse au même endroit. Ils eurent alors l'idée de saupoudrer la zone de craie après l'avoir soigneusement essuyée et une ligne nette de plusieurs centimètres se dessina, indiquant la présence d'une fissure de fatigue. Le ressuage était né.

Un peu de technique

Le ressuage est un procédé de contrôle non-destructif basé sur les phénomènes de capillarité au niveau des différentes discontinuités présentes à la surface d'une pièce. Depuis la graisse et la craie des débuts, le contrôle a bien évolué. En effet, les différentes étapes ont été codifiées et différents produits ont fait leur apparition. Néanmoins, le procédé de base reste identique à celui du siècle dernier.

La marche à suivre est la suivante: après avoir soigneusement débarrassé l'objet du contrôle de tout dépôt (graisse, calamine, ...), on applique sur la pièce un liquide, le pénétrant (voir figure 1). Après le temps d'imprégnation, c'est-à-dire le temps nécessaire pour que le liquide ait pu s'insinuer dans toutes les anfractuosités, l'excès de pénétrant (celui qui est resté à la surface) est éliminé. Enfin, une couche d'une fine poudre, appelée révélateur, est appliquée sur l'objet afin de faire ressortir, à la surface de la matière, le liquide prisonnier des cavités et donner une image de celles-ci.

Les produits ...

La mise en œuvre de ce contrôle de surface ne nécessite pas beaucoup de moyens et peut être appliquée dans la majorité des environnements de travail. Afin d'être le plus

Een korte historie

Op het einde van de negentiende eeuw, in een onderhoudswerkplaats van de spoorwegen, bemerkte een team van mechaniciens, die aan het werken waren aan de stangen van een locomotief dat, nadat alle onderdelen volledig ontvet waren, er steeds opnieuw olie op dezelfde plaats terug te vinden was. Ze kwamen op het idee om het gebied met krijt te bestrooien en het daarna voorzichtig af te vegen. Er bleef een krijtlijn van enkele centimeters zichtbaar die de aanwezigheid van een vermoelingsscheur aanduid. Het «zweten» was geboren.

Een beetje technische uitleg

Penetrantonderzoek is een methode van niet-destructieve tests, gebaseerd op het fenomeen capillariteit in de verschillende discontinuïteiten op het oppervlak van een stuk. Sinds de vroegere «vet en kalk» methode, is deze controle fel geëvolueerd. Sterker nog, verschillende stappen zijn gecodificeerd en verschillende producten hebben hun opstanding gemaakt. Niettegenstaande blijft het basis-proces hetzelfde als dat uit de vorige eeuw.

De procedure is als volgt: na het te controleren stuk zorgvuldige te ont-doen van elke aanslag (vet, oxide-afzetting (schaal), ...) wordt een vloeistof op het stuk gedaan, penetrant genoemd (zie figuur 1). Na de

Die Farbeindringprüfung ist ein Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung, das in der Industrie seit mehr als einem Jahrhundert verwendet wird und darauf abzielt, die Integrität der Außenfläche eines Gegenstandes zu überprüfen. Diese in unseren Unternehmen weitgehend eingesetzte Technik, ist in der breiten Öffentlichkeit relativ unbekannt. Dieser Artikel wird diese Technik kurz vorstellen.

Die kurze Geschichte

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts arbeitete ein Team von Mechanikern in einer Wartungswerkstatt für Eisenbahnen an den Pleuelstangen einer Lokomotive und stellten nach der vollständigen Entfettung der Teile fest, dass an derselben Stelle immer wieder Öl zum Vorschein kam. Sie hatten daher die Idee, den Bereich nach einer sorgfältigen Reinigung mit Kreide zu bestreuen und so zeichnete sich eine deutliche Linie von mehreren Zentimetern ab, die das Vorhandensein eines Ermüdungsriesses anzeigen. Die Farbeindringprüfung war geboren.

Etwas Technik

Die Farbeindringprüfung ist ein Verfahren der zerstörungsfreien Prüfung, die auf

Figure 1: Application d'un produit pénétrant sur une pièce
Figuur 1: Penetrant genoemd
Abb. 1: Auftragung eines Eindringmittels auf ein Bauteil



possible en phase avec les différents matières, applications et milieux, toute une gamme de produits a du être élaborée. En effet, on ne cherchera pas le même type de défauts dans une pièce d'un acier spécial pour de l'aéronautique, dans un laboratoire ou sur un objet décoratif en fonte.

Le premier paramètre entrant en ligne de compte dans le choix de produits adaptés est la technique de préparation de la pièce. En effet, chaque matériau nécessite des soins particuliers. Dans certains cas l'utilisation d'un simple dégraissant en spray et de chiffons sera suffisante tandis que d'autres nécessiteront le passage dans des bains successifs.

L'élément clé à prendre en compte est la sensibilité du pénétrant. Quel type d'indication et de quelle taille peut-on rechercher? Il existe cinq niveaux de sensibilité de produit pour couvrir une gamme des produits allant de la pièce massive de fonderie à usage statique (sensibilité S $\frac{1}{2}$) aux éléments de précision du domaine nucléaire ou aéronautique (sensibilité S4). La matière et l'environnement de travail ont aussi leur importance. L'élimination du pénétrant en excès peut se faire à l'eau ou à l'aide de solvants particuliers. De même, il existe des produits colorés (rouges ou rosés, voir figure 2) ou fluorescents (nécessitant l'obscurité et l'utilisation d'une lampe à ultra-violets, voir figure 3) permettant une lecture et une netteté des indications plus ou moins importantes. Toutes ces gammes de produits sont disponibles dans différents conditionnements (en spray, en vrac, ...).

Figure 2: Révélation d'une fissure avec l'utilisation d'un produit coloré

Figuur 2 : Controle met een gekleurde product

Abb. 2: Aufdeckung eines Risses durch die Verwendung eines gefärbten Mittels



periode van indringen, dat wil zeggen, de tijd die de vloeistof nodig heeft om in alle spleten te kruipen, zal de overtuigende penetrant (die aan de oppervlakte bleef) geëlimineerd worden. Tenslotte zal een laag van fijn poeder, ontwikkelaar genaamd, op het object toegepast worden om zo de gevangen vloeistof naar het oppervlak van het materiaal te halen, en zo een beeld van hiervan te kunnen geven.

De producten

De uitvoering van deze oppervlaktecontrole vraagt niet veel middelen en kan toegepast worden in de meeste werkomgevingen. Om zo veel mogelijk in de cyclus van de toepassingen op, en het milieu van, de verschillende materialen te blijven, moesten er een reeks producten ontwikkeld worden. Inderdaad, in een laboratorium zoeken we niet hetzelfde type van gebreken uit een stuk van speciaal staal voor de lucht- en ruimtevaart, als voor een decoratief stuk gietijzer.

De eerste parameter die in aanmerking komt bij het kiezen van de geschikte producten is de techniek die gebruikt wordt ter voorbereiding van het stuk. In feite vereist elk materiaal speciale zorgen. In sommige gevallen kan het gebruik van een eenvoudige ontvetter in sprayvorm en vodden al voldoende zijn, terwijl anderen de passage in opeenvolgende baden vereisen.

Het belangrijkste element waar rekening mee moet gehouden worden is de gevoeligheid van de penetrant. Welk type indicator en in welke hoeveelheid moet worden gezocht. Er zijn vijf gevoelighedsniveaus in het gamma van producten, variërend van een massief stuk metaal voor statisch gebruik (gevoelighed S $\frac{1}{2}$) tot precisieelementen in het nucleaire- en luchtvaartdomein (gevoelighed S 4). De materie en het milieu zijn ook belangrijk. Het verwijderen van overtuigende penetrant kan

Kapillarphänomenen basiert, welche im Bereich der verschiedenen auf der Oberfläche eines Bauteils vorhandenen Unregelmäßigkeiten auftreten. Seit dem ursprünglichen Fett und der Kreide wurde die Prüfung deutlich weiterentwickelt. Dabei sind die unterschiedlichen Schritte kodifiziert worden und verschiedene Produkte sind hinzugekommen. Das grundlegende Verfahren bleibt aber trotzdem das gleiche wie jenes aus dem vergangenen Jahrhundert.

Die Vorgehensweise ist die folgende: nachdem alle Ablagerungen (Fett, Ruß usw.) sorgfältig vom zu prüfenden Gegenstand entfernt worden sind, wird eine Flüssigkeit, das Eindringmittel, auf das Bauteil aufgetragen (siehe Abb. 1). Nach der Imprägnierzeit, d. h. die Zeit, die erforderlich ist, damit die Flüssigkeit in alle Vertiefungen eindringen kann, wird der Überschuss des Eindringmittels (die auf der Oberfläche verbliebene Menge) entfernt. Schließlich wird eine Pulverschicht namens Entwickler auf das Objekt aufgebracht, um die in den Hohlräumen festgehaltene Flüssigkeit an der Oberfläche des Materials hervorzuheben und so ein Bild dieser Hohlräume zu erhalten.

Die Mittel ...

Zur Durchführung dieser Oberflächenprüfung sind nur wenige Mittel erforderlich und sie kann in den meisten Arbeitsumgebungen eingesetzt werden. Um so weit wie möglich den verschiedenen Materialien, Anwendungen und Umgebungen zu entsprechen, war es erforderlich, ein breites Produktsortiment zu entwickeln. Man wird schließlich nicht dieselbe Art von Fehlern in einem Bauteil aus Spezialstahl für die Luftfahrt, in einem Labor oder auf einem Dekorationsgegenstand aus Gusseisen suchen.

Der erste Parameter, der bei der Auswahl geeigneter Mittel Berücksichtigung findet, ist die Herstellungstechnik des Bauteils. Jedes Material bedarf nämlich einer speziellen Behandlung. In bestimmten Fällen wird die Verwendung eines einfachen Fettlösesprays und Lappens ausreichen, während andere das Durchlaufen aufeinanderfolgender Bäder erforderlich machen.

Das zu berücksichtigende Schlüsselement ist die Empfindlichkeit des Eindringmittels. Welche Art von Anzeigen und nach welcher Größe kann man



**Pièces types - Préséries
Outilage de précision
Fraises et porte outils spéciaux à plaquettes**

Rue Neuville, 17 - 4690 BOIRS • Tél. 04/286 14 70 • Fax 04/286 48 89

... et leur application

Vu l'étendue des possibilités et la diversité des pièces contrôlables, seuls des techniciens spécialisés sont à même d'effectuer le contrôle dans des conditions optimales et de réaliser une interprétation des résultats suivant les normes en vigueur. La pluralité, l'adaptabilité et la polyvalence sont des qualités essentielles d'un bon «ressieur». Au CEWAC, tous les opérateurs sont qualifiés suivant les standards européens (EN473). En plus de leurs prestations sur site dans des domaines aussi variés que la fonderie, l'aéronautique ou la mécanique; ils sont rompus à l'utilisation d'une ligne automatisée (voir figure 4), acquise dans le cadre du projet MICROSOUD financé par le fonds FEDER (Fonds Européen de Développement Régional) et la Région Wallonne, et destinée au contrôle de précision de séries de petites pièces.

Les avantages et les inconvénients

En plus d'une grande flexibilité en termes de conditions d'application, la rapidité (environ 45 minutes pour une surface d'1 m²) et le faible coût sont les avantages indéniables de cette technique de contrôle non-destructif. Néanmoins, celle-ci n'est pas toujours applicable. En effet, des surfaces brutes ne permettent pas un nettoyage et une élimination efficace de l'excès de pénétrant, produisant un bruit de fond rendant l'interprétation impossible.

De plus, comme pour toutes les techniques d'inspection de surface, le ressuage n'est à même de révéler que des indications débouchantes (qui ont une interface directe avec les faces extérieures). Pour s'assurer

Figure 4: Ligne de ressuage automatisée installée au Cewac

Figuur 4 : Geautomatiseerde lijn in het CEWAC
Abb. 4: Im CEWAC installierte, automatisierte Anlage zur Farbeindringprüfung

gedaan worden met water of met behulp van oplosmiddelen. Zo zijn er ook gekleurde (rood of roze, zie figuur 2) of fluorescerende producten (gebruikt in een donkere kamer met een UV-lamp, zie figuur 3) voor een precieze aflezing van meer of minder belangrijke informatie. Al deze producten zijn verkrijgbaar in verschillende verpakkingen (spray, bulk, ...).

... en hun toepassingen

Gezien de breedte van mogelijkheden en de diversiteit van de te controleren onderdelen, kunnen alleen geschoolde technici in staat zijn om deze controle in optimale condities uit te voeren en een interpretatie van de resultaten te maken volgens de standaardwaarden. Gevarieerdheid, aanpassingsvermogen en flexibiliteit zijn essentiële eigenschappen van een goede «penetrantonderzoeker». In het CEWAC, zijn alle operatoren opgeleid volgens de Europese normen (EN473). Naast de prestaties ter plaatse in uiteenlopende sectoren zoals gietterijen, ruimtevaart of machinebouw zijn ze tevens ook ervaren in het gebruik van een geautomatiseerde lijn (zie figuur 4). Verworven in het kader van het project MICROSOUD en gefinancierd door het fonds EFRO (Europese Fonds voor Regionale Ontwikkeling) en het Waals Gewest, en aangeduid voor de precisiecontrole van een reeks kleine onderdelen.



Figure 3: Révélation d'indications à l'aide d'un produit fluorescent

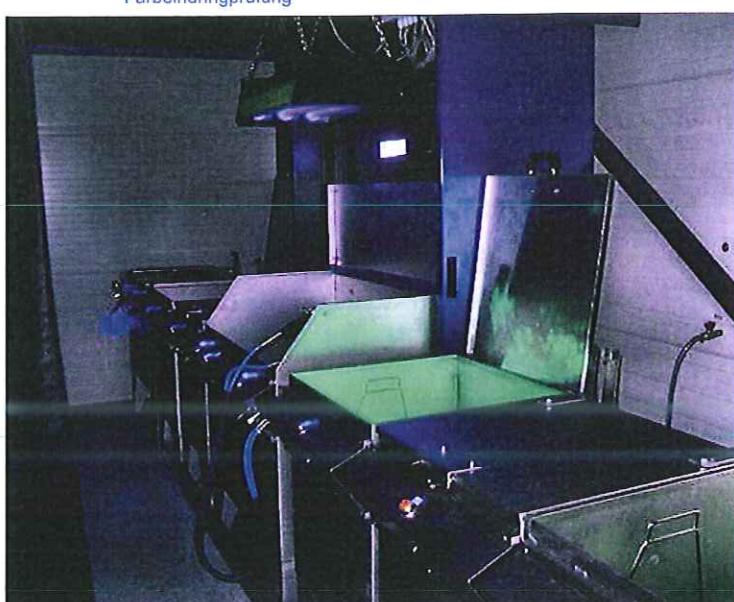
Figuur 3 : Controle met een fluorescerende product

Abb. 3: Aufdeckung von Anzeigen mithilfe eines fluoreszierenden Mittels

suchen? Es gibt fünf Ebenen der Mittelempfindlichkeit, um ein Produkt sortiment abzudecken, das von einem massiven Gusseisenteil für den statischen Einsatz (Empfindlichkeit S½) bis zu Präzisionselementen des Nuklear- oder Luftfahrtsektors (Empfindlichkeit S4) reicht. Das Material und die Arbeitsumgebung haben ebenfalls ihre Bedeutung. Die Entfernung des überschüssigen Eindringmittels kann mithilfe von Wasser oder speziellen Lösungsmitteln erfolgen. Ebenso gibt es gefärbte (rot oder rosa, siehe Abb. 2) oder fluoreszierende Mittel, (erfordert Dunkelheit und die Verwendung einer UV-Lampe, siehe Abb. 3), die ein Ablesen und eine Genauigkeit der mehr oder weniger wichtigen Anzeigen erlauben. Das gesamte Produktsortiment ist in verschiedenen Konditionierungen erhältlich (als Spray, lose usw.).

... und ihre Anwendung

Angesichts der umfangreichen der Möglichkeiten und der Vielfalt der kontrollierbaren Teile sind nur spezialisierte Techniker in der Lage, die Prüfung unter optimalen Bedingungen durchzuführen und eine Interpretation der Ergebnisse nach den geltenden Normen vorzunehmen. Vielseitigkeit, Anpassungsfähigkeit und Flexibilität sind wesentliche Eigenschaften eines guten «Farbeindringprüfers». Bei CEWAC ist das gesamte Bedienungs personal nach den europäischen Normen (EN473) ausgebildet. Neben ihren Dienstleistungen vor Ort in derart vielseitigen Bereichen wie Gießerei, Luftfahrt oder Maschinenbau sind sie mit der Bedienung einer automatisierten Anlage vertraut (siehe Abbildung 4), die im Rahmen des vom EFRE (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) und der Wallonischen Region finanzierten Projekts MICROSOUD erworben wurde und der präzisen Kontrolle von Serien kleiner Teile dient.



De voor- en nadelen

Te meer een flexibiliteit in termen van toepassingscondities, zijn de snelheid (ongeveer 45 minuten voor een oppervlakte van 1 M²) en de lage kosten de onbetwistbare voordeelen van deze techniek voor niet-destructieve testen. Het is echter niet altijd toepasbaar. Inderdaad, te ruwe oppervlakken laten het reinigen en het efficiënt verwijderen van het overtuigend penetrant niet altijd toe en produceren een

de l'intégrité d'une matière, le contrôle de surface doit être combiné avec un contrôle volumique (par exemple: la radiographie ou les ultra-sous) qui lui, révèlera les discontinuités internes.

Equipe CND du CEWAC

geluid waardoor een interpretatie onmogelijk gemaakt wordt.

Bovendien, zoals voor alle oppervlakte inspectietechnieken, is het penetratieproces in staat om informatie te onthullen (die een directe interface met de buitenzijdes hebben). Om de integriteit van een materiaal te verzekeren, moet de controle van het oppervlak worden gecombineerd met een volumecontrole (bijvoorbeeld, radiografie of echografie) zodoende dat deze de interne discontinuïteiten kan onthullen.

Team CND van CEWAC

Die Vor- und Nachteile

Neben ihrer großen Flexibilität hinsichtlich der Einsatzbedingungen sind die Schnelligkeit (ca. 45 Minuten für eine Fläche von 1 m²) und die niedrigen Kosten die unbestreitbaren Vorteile dieser Technik der zerstörungsfreien Prüfung. Sie ist jedoch nicht immer anwendbar. Unbearbeitete Oberflächen erlauben in der Tat keine effiziente Reinigung und Entfernung des überschüssigen Eindringmittels, was zu einem Hintergrundrauschen führt, das jegliche Interpretation unmöglich macht.

Das ZfP-Team des CEWAC



TRADUCTIONS PROFESSIONNELLES
SUR MESURE

AKIRA Translations

Rue de la Loi 26/bte11 - 1040 Bruxelles
tél. 02/739 45 25 - fax 02/217 37 77

Boulevard E. de Laveleye 191 - 4020 Liège
tél. 04/340 30 70 - fax 04/340 30 71

