RATGEBER

Trennverfahren führt zu komplexen Brüchen

Herstellverfahren können die Funktion metallischer Bauteile stark beeinträchtigen. Brüche, deren Ursachen tiefer gingen als auf den ersten Blick erkennbar war, hat das Institut für Werkstoffsystemtechnik Thurgau (WITg) im vorliegenden Fall analysiert. Die Herstellerin des Werkstücks konnte früh genug reagieren, Ersatz produzieren und einem Imageschaden vorbeugen.

Text: Martin Sinzig, Bilder: WITg

Bei den schadhaften Werkstücken handelt es sich um Maschinenbauteile mit aufwändiger Geometrie, die während des Betriebs brachen. Zwei je circa 20 Kilogramm schwere Traversen sollten einer dynamischen Belastung von 160 kN widerstehen. Sie vermochten aber ihre Stützwirkung nicht auf Dauer zu erfüllen. Die Brüche traten nach zwei Millionen Zyklen auf, obwohl die Bauteile viel länger halten sollten.

Bei einer ersten Untersuchung wurden neben den Brüchen Risserscheinungen festgestellt, die wegen der Lackierung des Werkstücks nicht sofort erkennbar gewesen waren. Die Maschinenherstellerin ging von zwei Einzelfällen aus und beauftragte das WITg mit der Schadenanalyse. Bald sollte sich herausstellen, dass die Schadenursache tiefer ging als erwartet.

Spurensuche in Schritten

In einem ersten Schritt nahm das WITg eine optische Untersuchung vor, ohne die Werkstücke in irgendeiner Art zu verändern. Damit sollten möglichst viele Informationen gewonnen werden, die bei der fortlaufenden Analyse unter Umständen wertvolle Hinweise geben können. Optisch wurden zwei Erscheinungen festgehalten: Die Brüche verliefen senkrecht zur Oberfläche. Im Bruchbereich zeigten sich sehr raue Bauteiloberflächen. Die Spuren des Heraustrennens der Traverse aus einer Metallplatte waren deutlich sichtbar; ein Befund, der die Forscher am WITg neugierig machte.

Der zweite Untersuchungsschritt sollte sie weiterbringen. Die Anrisse wurden mechanisch geöffnet. Dabei zeigte sich am Rand ein Saum, der rote Flecken aufwies. Diese verfärbten Bereiche waren vor Auge erkennbar und traten innerhalb der wärmebeeinflussten Zone auf. Das Rasterelektronenmikroskop bestätigte diese Diagnose: Es waren typische Anzeichen einer Wasserstoffversprödung in Form von klaffenden Korngrenzen und sogenannten «Krähenfüssen» feststellbar. Damit wurde das Schadenbild komplexer als erwartet.

Trennverfahren als Übeltäter

Die Erkenntnis des Untersuchungsberichts war klar: Das Trennverfahren, mit dem die komplex geformten Traversen aus einer Stahlplatte herausgeschnitten worden waren, brachte in erheblichem Mass Wärme ein. So entstand einerseits eine sehr raue Oberfläche mit zahlreichen

CONSEILS

Le procédé de découpage provoque des ruptures complexes

Les procédés de fabrication peuvent entraver fortement la fonction des composants métalliques. Dans le cas présent, l'Institut für Werkstoffsystemtechnik Thurgau (WITg) a analysé des ruptures dont les causes étaient plus complexes que ce qui était perceptible au départ. Le fabricant de la pièce a réagi à temps. Il a pu réaliser une pièce de rechange et préserver son image.

Les pièces défectueuses, des composants de machines de forme complexe, se brisaient pendant l'exploitation. Deux traverses pesant chacune quelque 20 kg devaient résister à une charge dynamique de 160 kN. Mais elles ne fournissaient le soutien nécessaire que sur une courte durée. Ces ruptures sont survenues après 2 millions de cycles, alors que les composants étaient prévus pour durer beaucoup plus longtemps. En plus des ruptures, un premier examen a révélé des fissures qui étaient restées invisibles en raison du vernis apposé sur la pièce. Le fabricant de la machine s'est basé sur deux cas et a demandé au WITg de réaliser des analyses. Il s'est rapidement avéré que la cause des dégâts était plus profonde qu'attendu.

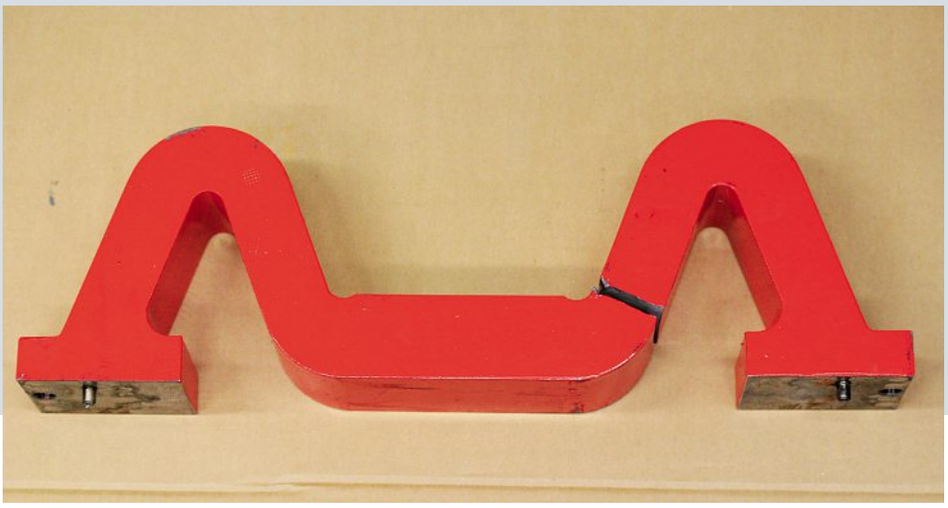
Une recherche d'indices par étapes

Dans un premier temps, le WITg a procédé à une analyse optique sans modifier les pièces de quelque manière que ce soit, le but étant de collecter un maximum d'informations en vue d'obtenir éventuellement des renseignements précieux pour la suite de l'analyse. L'examen optique a révélé deux choses : les ruptures évoluaient perpendiculairement à la surface. Au niveau de la zone de rupture, les surfaces des composants étaient très irrégulières. Les traces de la découpe de la traverse à partir d'une plaque de métal étaient clairement visibles et cette découverte a intrigué les chercheurs du WITg. La deuxième étape de l'analyse leur a permis de progresser. Les amorces de fissures ont été ouvertes mécaniquement. Leurs bords présentaient des bourrelets découvrants des taches rouges. Ces zones décolorées étaient visibles à l'œil nu et apparaissaient à l'intérieur de la zone influencée thermiquement. Le microscope électronique à balayage a confirmé ce diagnostic : il a mis en évidence des signes typiques d'une fragilisation par l'hydrogène sous la forme de joints de grains béants et de « pattes de poule ». Les dégâts se sont donc avérés plus complexes qu'attendu.

Des dégâts dus au procédé de découpage

Les enseignements du rapport d'analyse étaient clairs : le procédé de découpage utilisé pour découper les traverses de formes complexes dans la plaque d'acier a généré une chaleur considérable. Cela a engendré, d'une part, une surface très irrégulière avec de nombreuses entailles profondes et, d'autre part, un durcissement au niveau des bords à une profondeur de 1 à 2 mm. Le grossissement du grain qui s'en est suivi a permis la fragilisation par l'hydrogène en dessous de la couche de vernis en raison de la corrosion. Les trois conséquences du procédé de découpage (entailles, durcissement, grossissement du grain suivi d'une fragilisation par l'hydrogène) ont eu un impact négatif sur la résistance à la fatigue de la pièce. Pour éviter de telles dégradations, un autre procédé de découpage aurait dû être choisi, par ex. un découpage au jet d'eau suivi d'un fraisage de la surface. Un découpage par électroérosion à l'aide d'un fil aurait également été envisageable.

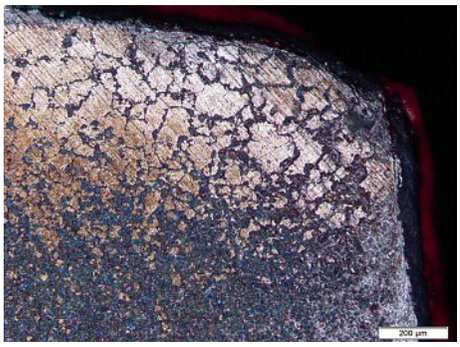
Les causes profondes du problème ont stupéfait le fabricant. En effet, l'entreprise a toujours fait preuve de proactivité et analysé ses pièces sur son propre banc d'essai. Elle a produit une pièce de rechange et préservé son image. Ce cas montre clairement que les constructeurs de machines dépendent de plus en plus des analystes des matériaux et des laboratoires d'essai. ■



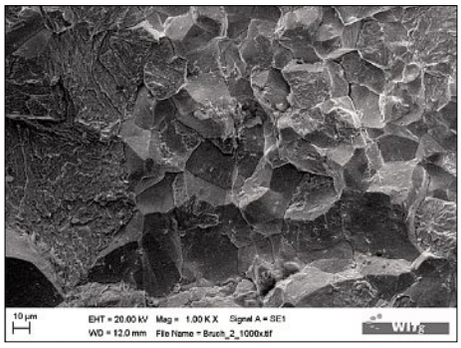
Die ca. 20 Kilogramm schwere Traverse hielt der dynamischen Belastung nicht stand und brach im rechten Winkel.
La traverse de quelque 20 kg n'a pas résisté pas à la charge dynamique et s'est rompue à angle droit

Das WITg hilft

Das Institut für Werkstoffsystemtechnik Thurgau (WITg) will KMU für die Herausforderungen im Alltag sensibilisieren und praktische Antworten vermitteln. Seit seiner Gründung im Jahr 2002 unterstützt das WITg die Wirtschaft und bietet nicht nur Werkstoffprüfungen und Schadensanalysen an, sondern erschliesst auch weitergehende Leistungen, zum Beispiel den Zugang zu einem Knowhow-Pool von über 100 Wissenschaftlern oder zu Projekten im Rahmen der Technologieförderung des Bundes, bekannt unter dem Namen KTI.
www.witg.ch



In der 100fachen Vergrösserung des Lichtmikroskops zeigt sich eine Bruchkante mit grobkörnigen Veränderungen, die die Dauerfestigkeit eines Werkstücks beeinträchtigen.
Agrandie 100 fois au microscope optique, la pièce présente une arête de rupture avec des modifications à gros grains, ce qui compromet la durabilité de la pièce.



Das Rasterelektronenmikroskop offenbart eine zerklüftete Bruchstruktur, die von einer Wasserstoffversprödung zeugt.
Le microscope électronique à balayage révèle une structure de rupture déchiquetée qui témoigne d'une fragilisation par l'hydrogène.

tiefen Kerben, andererseits eine Aufhärtung der Randzone in einer Tiefe von 1 bis 2 Millimetern. Die damit verbundene Grobkornbildung sorgte dafür, dass sich unter der Lackschicht durch Korrosion eine Wasserstoffversprödung bilden konnte.

Alle drei Folgen des Trennverfahrens (Kerben, Aufhärtung, Grobkorn mit anschliessender Wasserstoffversprödung) wirkten sich negativ auf die Dauerfestigkeit des Werkstücks aus. Um einen solchen Schaden zu vermeiden, sollte ein anderes Trennverfahren gewählt werden, zum Beispiel das Wasserstrahlschneiden mit anschliessendem Überfräsen der Oberfläche. Denkbar wäre auch das Drahterodieren.

Die tiefgehenden Ursachen lösten bei der Herstellerin ziemliche Betroffenheit aus. Immerhin handelte das Unternehmen proaktiv und untersuchte die Werkstücke auf dem eigenen Prüfstand. Ersatz wurde produziert, ein Imageschaden verhindert. Dennoch wird am vorliegenden Fall deutlich: Maschinenbauer sind vermehrt auf Werkstoffanalytiker und Prüflabore angewiesen. ■