

Hohe Druckeigenspannungen reduzieren Anlagenausfälle

Unter Pneumatic Impact Treatment (PIT) versteht man eine mit Druckluft betriebene Form des höherfrequenten Hämmerns. Durch gezieltes Einbringen hoher Druckeigenspannungen können damit schadensbedingte Anlagenausfälle auch bei nachträglicher oder präventiver Anwendung reduziert werden.

FRANK SCHÄFERS

Dass man mittels Hämmern Druckeigenspannungen erzeugt, die sich positiv auf die Schwingfestigkeit auswirken, ist schon sehr lange bekannt. Jedoch war die Wirkung der dazu verwendeten herkömmlichen Luftmeißel oder auch Nadelhämmer so ungleichmäßig und oft auch oberfläch-

Frank Schäfers ist Sales Manager & Technical Consultant bei der Pitec GmbH in 50171 Kerpen, Tel. (0 22 75) 93 77 66, f.schaefers@pitec-gmbh.com

lich, dass dieses Hämmern wegen der mangelnden Reproduzierbarkeit nie anerkannt wurde.

Ultrasonic Impact Treatment sorgte für maximierte Wirkung

In den Siebzigerjahren hat Dr. Efim Statnikov für die russische Marine mit dem Ultrasonic Impact Treatment, kurz UIT, das erste höherfrequente Hämmerverfahren entwi-

ckelt, welches durch die optimierte sowie gleichmäßige Intensität die Wirkung maximierte sowie reproduzierbar machte.

Das heutige Team der Pitec GmbH, welches die UIT-Technik in Deutschland bekannt machte, unterstützte später die Entwicklung des Pneumatic Impact Treatment, kurz PIT, welches mit moderner Drucklufttechnik betrieben wird und daher deutlich kompakter, leichter und auch wesentlich

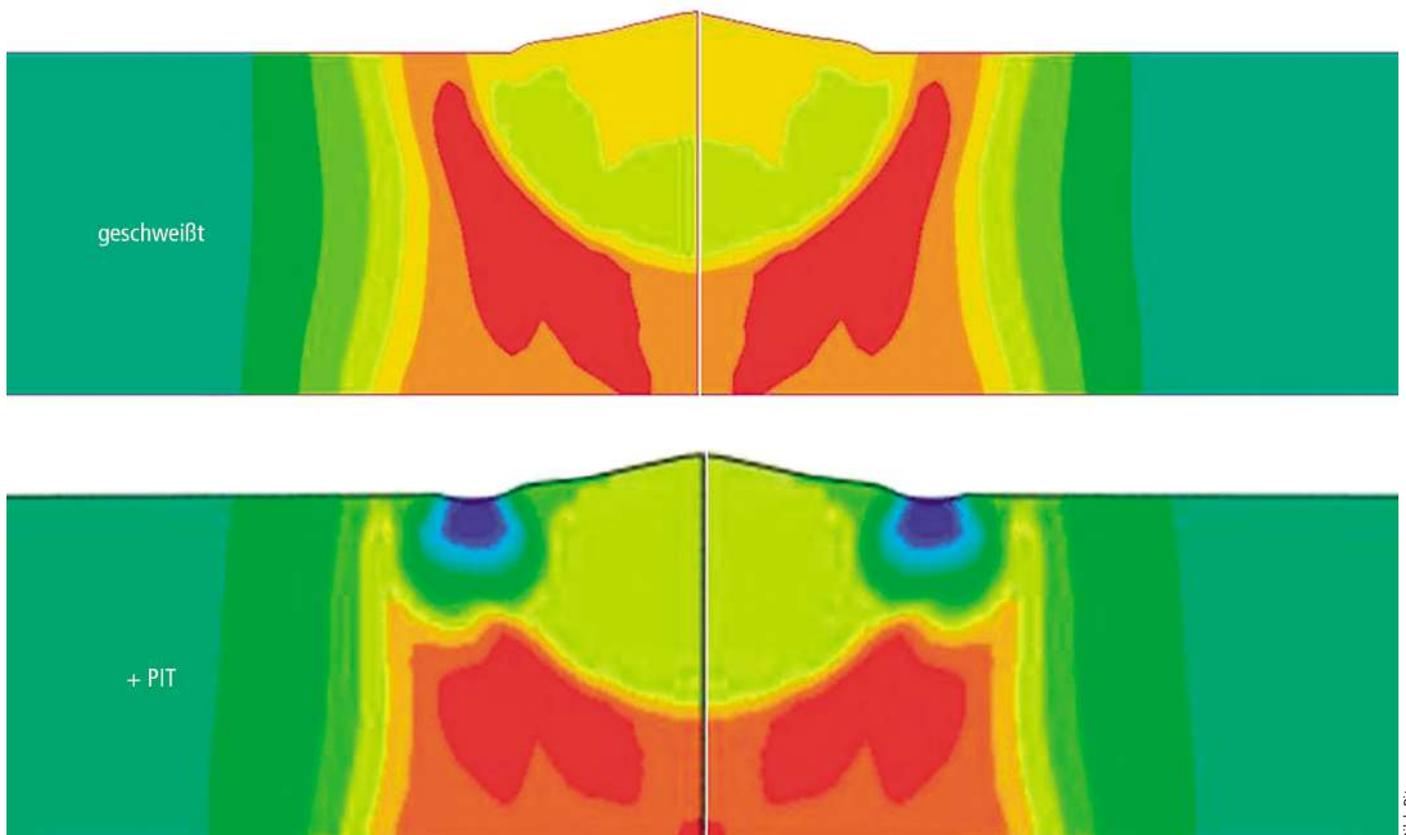


Bild 1: Die FEM-Darstellung einer Schweißnaht, oben im geschweißten Zustand mit hohen Zugeigenspannungen in rot und unten PIT-behandelt mit hohen Druckeigenspannungen in blau.

Bild: Pitec

günstiger als sein Vorgänger ist. Durch die hohe Reproduzierbarkeit sowie die wirklich guten Ergebnisse gewinnt die PIT-Technik immer mehr zufriedene Kunden auf den unterschiedlichen Märkten wie dem Schienenfahrzeugbau, dem Maschinenbau, den Herstellern und Betreibern von Industrieanlagen, der Forschung und Entwicklung, dem Automotivbereich, dem Stahl- und Brückenbau, dem Anlagen- oder dem Behälterbau. Beim höherfrequenten Hämmern werden lokal sehr hohe Druckeigenspannungen in die Oberfläche von Bauteilen eingebracht, die auch bei höherfesten Stählen deren Streckgrenze erreichen (siehe Bild 1).

Aufgrund der Bolzenform wird gleichzeitig die Kerbwirkung an zum Beispiel Nahtübergängen von Schweißnähten oder auch Zapfenübergängen von Wellen geometrisch entsprechend entschärft (siehe Bild 2). Das Ergebnis ist die deutliche Verbesserung der Ermüdungslebensdauer und -festigkeit.

In den Wöhlerversuchen (siehe Bild 4) an einer Kreuzprobe aus S355 zeigt sich eine Verbesserung von unbehandelt rund 70.000 Lastwechseln (LW) auf PIT-behandelt rund 700.000 LW, was einer Erhöhung der Lebensdauer auf das Zehnfache entspricht. Von unbehandelt rund 600.000 LW auf PIT-behandelt „dauerfest“ entspricht in diesem Fall 5 Mio. LW ohne Anriss. Außerdem steigt die mögliche Belastbarkeit bei gleicher Ermüdungslebensdauer von unbehandelt zu PIT-behandelt um mehr als das Doppelte.

Schaut man sich einmal den Verlauf der Wöhlerlinien an, wird deutlich, dass die Linien der unbehandelten und die der behandelten Proben zur statischen Belastung hin zusammenlaufen beziehungsweise mit steigender dynamischer Belastung auseinanderlaufen. Von daher ist der Effekt bei hohen Mittelspannungen und niedrigen Lastwechselzahlen geringer, wird jedoch mit zunehmender Schwingspielzahl immer größer.

Ermüdungsfestigkeit höherfester Stähle zu gewissen Teilen von der Streckgrenze abhängig

Bereits im Jahre 2006 hat die Uni Stuttgart mit dem AIF-geförderten Projekt P620 „Effizienter Einsatz höherfester Stähle unter Ermüdungsbeanspruchung“ bewiesen, dass die Ermüdungsfestigkeit nicht wirklich unabhängig von der Streckgrenze ist, weil dabei die nachbehandelten Proben mit steigender Streckgrenze auch steigende Ergebnisse erzielten. Ab einem S690 traten die Risse nicht einmal mehr im Nahtbereich, sondern vermehrt im Grundmaterial auf. Auch wenn für andere Werkstoffe wie Aluminium, Edelmetalle oder Gusswerkstoffe bisher noch nicht so viele Ergebnisse vorliegen und diese meist auch noch durch Vertraulichkeitsvereinbarungen geschützt sind, so kann man jedoch bereits sagen, dass sich diese Effekte auch an solchen Werkstoffen erzielen lassen.

Aufgrund der stets guten Ergebnisse aus der Forschung sowie der Industrie wird der Effekt von der Fachwelt nicht mehr infrage gestellt. Lediglich die Quantifizierung für eine rechnerische Berücksichtigung innerhalb der Konstruktion bedarf noch weiterer Untersuchungen beziehungsweise individueller Bauteilversuche. Bisher wurden bereits Materialeinsparpotenziale von 40% ermittelt und dadurch bedingt natürlich auch Folgeinsparungen durch ein geringeres Schweißnahtvolumen.

Diese Aussichten motivieren die Industrie und die Forschung gleichermaßen, ständig weitere Untersuchungen durchzuführen, um den weiten Weg in die Regelwerke zu ebnen. Moderne Unternehmen, die mit ihren Innovationen nicht auf die Regelwerke warten wollen oder können, führen eigene Versuche durch,

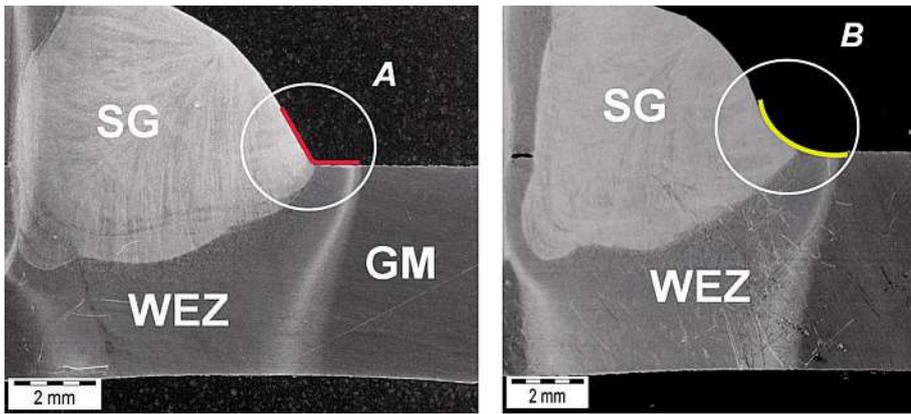


Bild 2: Links ist ein typischer Nahtübergang abgebildet, rechts ist die verbesserte Geometrie nach einer PIT-Behandlung zu erkennen.

um den Einfluss auf ihr individuelles Produkt zu quantifizieren und gegebenenfalls eine Zustimmung im Einzelfall oder eine Typenstatik zu erlangen. Denn zieht man auch nur eine teilweise Berücksichtigung der bisherigen Ergebnisse in Betracht, wird deutlich, wie schnell sich eine individuelle Untersuchung des eigenen Produktes rechnen kann. Aber auch zur Schaffung zusätzlicher Sicherheit bei ermüdungstechnisch ausgeprägten Konstruktionen findet die PIT-Technik zunehmend ihre Anwendung. Bis zum Einzug in die Regelwerke findet die PIT-Technik ihren Einsatz in erster Linie innerhalb der Instandhaltung, dies besonders, weil

der Effekt auch noch an bereits bestehenden Anlagen durch eine nachträgliche Behandlung erzielt wird. So halten reparierte Bauteile, an denen sowohl die Reparaturnaht als auch die noch nicht geschädigten Hotspots behandelt wurden, häufig länger als die neuen Bauteile selbst.

Außer den Reparaturnähten auch gefährdete Bereiche behandeln

Dies erlaubt erstmals ein präventives Vorgehen gegen Ermüdungsschäden. So hat zum Beispiel ein weitsichtiger Chemiekunde bei einem Ermüdungsschaden an einer von vier Kugelmöhlen nicht nur die Reparaturnähte

der beschädigten Mühle, sondern auch gleich die gefährdeten Bereiche an allen vier Mühlen behandeln lassen und somit einem Ausfall seiner Anlage entsprechend vorgebeugt. Eine für die Produktion sowie die Instandhaltung gleichermaßen interessante Anwendung ist das von der Pitec sogenannte Zwischenlagenhämmern. Dabei wird durch das Einbringen der Druckeigenstressungen in jede Lage einer Schweißnaht, welches das Aufbauen der Zugeigenstressungen deutlich reduziert, der Verzug vermindert und die Belastbarkeit gesteigert.

Ein großer deutscher Behälter- und Anlagenbauer untersuchte gerade erst in einem einfachen Praxistest den Einfluss auf die Nahtschrumpfung eines P265GH mit folgendem Ergebnis: „Bei den durchgeführten Versuchen wurde beim Hämmern im eingespannten Prüfstückzustand eine Verminderung des Querschrumpfmaßes von etwa 40% im Vergleich zum Nichthämmern festgestellt.“

Die P+S Werften machten sich diesen Effekt zum Jahreswechsel beim Einschweißen von großen Stahlgusscharnieren in ein Spezialbaggerschiff zunutze, um den Verzug während des Schweißens, aber auch beim ursprünglich geplanten Spannungsarmglühen, zu vermeiden. Weil nach Abschluss der Arbeiten nahezu kein Verzug festgestellt wurde, hat man nicht nur auf das Spannungsarmglühen verzichtet, sondern auch gleich eigene Systeme mit entsprechender Anwenderschulung erworben.

Die Schweißexperten des Max-Planck-Institutes in Greifswald, dort wird der Kernfusionsreaktor „Wendelstein 7“ gebaut, nutzen ebenfalls diesen Vorteil, um beim Einschweißen der Stützen in das Plasmagefäß aus 1.4429 den Verzug weitgehend zu kontrollieren. Im Bereich der Edelmetalle findet PIT zum Beispiel auch eine Verwendung zur Reduzierung oder Vermeidung von Spannungsrissskorrosion. Weil beim Schleifen der Nahtübergänge von austenitischen Stählen zur Optimierung der Kerbsituation die Gefahr eines möglichen „Schleifbrandes“ besteht, sieht ein Mitarbeiter von TÜV Süd Kraftwerke dort einen weiteren Vorteil durch die Kerboptimierung mittels PIT.

Viele Produktionsunternehmen führen zu selten Rissprüfungen durch

Die kompakte Bauform sowie der geringe Luftverbrauch des pneumatischen Systems ermöglichen einen Einsatz direkt vor Ort (siehe Bild 3), ob nun an einer Brückenkonstruktion, einer Windenergieanlage oder im Behälter einer Industrieanlage. Da man nur bestimmte Bereiche, nämlich die „Hotspots“



Bild 3: Die kompakte Bauform sowie der geringe Luftverbrauch des pneumatischen Systems ermöglichen einen Einsatz direkt vor Ort.

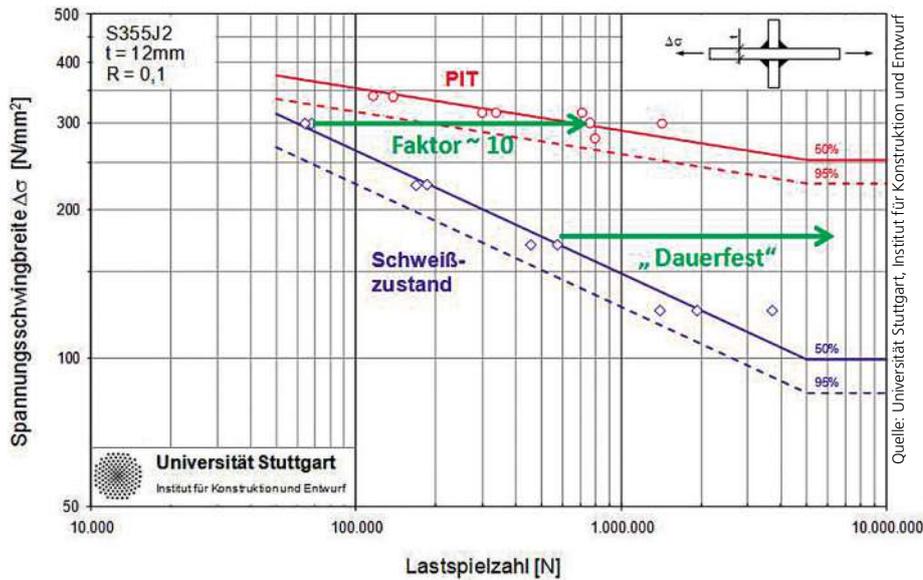


Bild 4: Der Wöhlerversuch bildet den Vergleich zwischen unbehandelten Proben (blaue Linie) und PIT-behandelten Proben (rote Linie) ab.

einer Konstruktion, behandeln muss, ist der Aufwand meist sehr überschaubar. Im Bereich der Instandhaltung kooperiert die Pitec mit professionellen Reparaturoexperten, wie der Firma Caspar Hahn in Remscheid oder

auch Schuler Pressen in Göppingen, mit denen schon einige sehr effektive Maßnahmen für die Kunden umgesetzt wurden. Erstaunlich ist jedoch immer wieder, wie viele Produktionsunternehmen nur selten oder gar

nicht Rissprüfungen an ihren Anlagen durchführen, um eventuell entstandene Ermüdungsschäden rechtzeitig zu erkennen und durch entsprechende Maßnahmen einen völligen Ausfall der Anlage zu vermeiden.

Korrektive Maßnahmen schützen vor teuren Produktionsausfällen

Meist wird die Pitec mit ihren Partnern zu Maßnahmen gerufen, wenn eine Anlage bereits kurz vor einem Komplettausfall steht und der Aufwand dann nicht nur entsprechend groß, sondern aufgrund von Zeitdruck auch unnötig teuer wird. Ermüdungsschäden haben nach ihrer Entstehung eine Phase des sogenannten „stabilen Risswachstums“. Durch die rechtzeitige Erkennung sowie die Einleitung sinnvoller korrektiver und präventiver Maßnahmen, wie etwa bei dem oben genannten Chemiekunden, können dann mit überschaubarem Aufwand größere Schäden und Produktionsausfälle vermieden werden. Ist die Phase des „stabilen Risswachstums“ jedoch erst einmal überschritten, kommt es unweigerlich zum Restbruch und eine Reparatur ist unter Umständen nicht mehr möglich. **MM**