

Vibrationsentspannen: Stand 1988

Neue Belege aus Getriebekästen und Rohrnähten, und ein überraschender Befund zur Massstabilität

Gerhard Gnirss legte seine Literaturstudie 1988 in der Zeitschrift «Welding in the World» des Internationalen Instituts für Schweißtechnik (IIW) in einer Fassung vor, die weitere Belege aufnimmt. Sie erschien auf Englisch und Französisch. Neu gegenüber seinem deutschen Artikel von 1986 sind Ergebnisse aus der Industrie und zwei Arbeiten von 1987.

35

Quellen im
Literaturverzeichnis

17 % / 35 %

Restniveau der
Eigenspannung nach
Wärmebehandlung bzw.
Vibration

bis 50 MPa

Spannungen, die den Effekt
nach Sedek nicht allein
erklären

0,8 × Rp0,2

Amplitude für fast
vollständigen Abbau

— Das Fazit in drei Sätzen

- 1. Die Form bleibt stabil.** Vibration stabilisiert Bauteile bei der Zerspanung deutlich, auch dort, wo sich kaum ein Abbau der Schweißsspannungen messen lässt.
- 2. Es gibt Industriebelege.** Getriebekästen und Rohrrundnähte wurden verglichen. Die Vibration brachte den erwarteten Gewinn bei der Massstabilität.
- 3. Beim Schweißen bleiben Zweifel.** Die Wirkung auf Spannungen in Schweißsnähten ist am Bauteil nicht vorhersagbar, und ein DVS-Merkblatt von 1986 äussert klare Zweifel.

— Wie ordnen wir das ein?

Die Studie ist nüchtern. Sie nennt, was belegt ist, und sagt ebenso klar, was nicht. Gerade das macht sie als Fachquelle brauchbar.

Für WIAP: Der Befund «Form stabil, Spannung kaum messbar» passt zur Praxis beim Fertigbearbeiten. Dort zählt, dass ein Teil nach dem Fräsen nicht mehr verzieht.

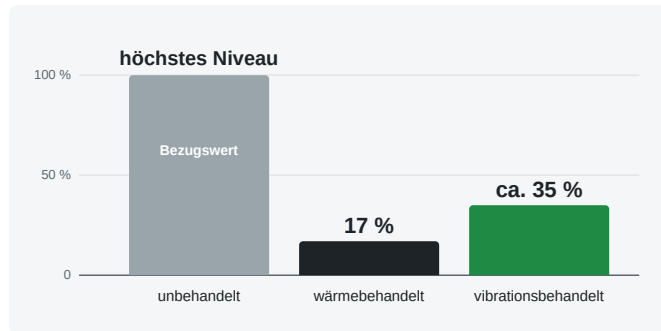
**Vibration and vibratory stress relief.
Historical development, theory and practical application**

by Dr. G. Gnirss (FRG)

Titel der Originalveröffentlichung, Welding in the World, Bd. 26, Nr. 11/12 (1988), S. 284–291.

Was aus der Industrie dazukam

Die Studie berichtet über zwei praktische Vergleiche und zwei Arbeiten von 1987. Sie stützen die Massstabilität, sagen aber wenig zum Spannungsabbau in Schweissnähten.



Eigenspannungen in Getriebekästen im Vergleich.
DIE STUDIE GIBT NUR 17 % UND ETWA 35 % AN
Eigene Darstellung nach Bericht der Deutschen Babcock AG.
Unbehandelt wurde als Bezugswert 100 % gesetzt.

Getriebekästen

In einem Bericht der Deutschen Babcock AG wurden Getriebekästen verglichen, die unbehandelt, wärmebehandelt oder mit Vibration behandelt waren. Die unbehandelten wiesen klar das höchste Spannungsniveau auf. Bei den wärmebehandelten betrug es nur 17 %, bei den vibrationsbehandelten etwa 35 %.

Der Autor wertet das als eindeutig positive Wirkung. Die Vibration erreicht nicht die Wärmebehandlung, senkt die Spannung aber deutlich.

Rohrrundnähte

Das Gutachten von Det Norske Veritas (1984) prüfte Rundnähte an Rohrstücken ohne Wärmebehandlung. Verglichen wurden der Zustand nach dem Spannungsarmglühen und nach einer Vibrationsbehandlung während und nach dem Schweißen. Die Vibration brachte die erwartete bessere Massstabilität der Baugruppe.

EIGENSCHAFT DER WÄRMEEINFLUSSZONE

BEFUND

Übergangstemperatur der Zähigkeit	scheint leicht gesunken
CTOD-Werte	gestiegen
Härte	nicht beeinflusst

Mit Vorsicht. Der Autor weist darauf hin, dass diese Änderungen statistisch nicht abgesichert sind.

Sedek, 1987

Die neueste Arbeit zur Massstabilisierung durch Vibration stellte keinen ausgeprägten Abbau der Schweissspannungen fest, aber eine sehr deutliche Wirkung auf die Massstabilität. Der Mechanismus liegt nicht in der Summe aus Eigen- und Schwingspannung, die bis etwa 50 MPa reicht, sondern in einem Effekt, der der natürlichen Alterung ähnelt.

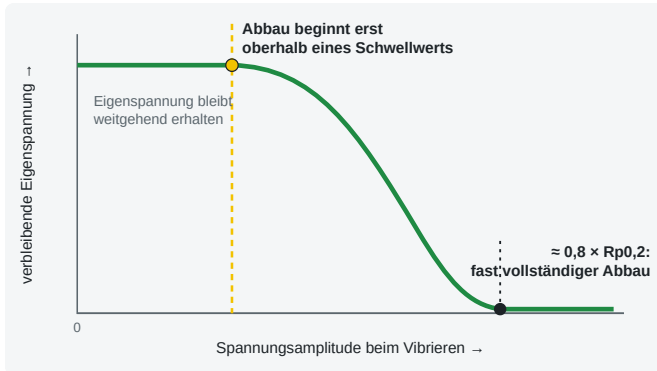
Jesensky, 1987

Auch diese Arbeit zeigt eine stabilisierte Form der Konstruktionen. Auf Festigkeit, Zähigkeit und Dauerfestigkeit wirkte sich die Vibration nicht negativ aus. Die Randbedingungen, die man beachten muss, sind dort aber nicht deutlich genug genannt.

Grenzen der Literatur. Eine kritische Bewertung der meisten Ergebnisse ist nicht möglich, weil keine ausreichend präzisen Daten angegeben werden. Der Wert zusammenfassender Darstellungen (Quellen 29–33) ist deshalb begrenzt.

Wann Vibration Spannungen abbaut

Die Studie fasst zusammen, was sich aus drei Jahrzehnten Versuchen über die Wirkung sagen lässt: Es braucht eine Mindestamplitude, der Abbau geschieht früh, und die Behandlung darf nicht zu lang dauern.



Prinzip des Schwellwerts. SCHEMATISCH, KEINE MESSWERTE
Eigene Darstellung. Die Studie zeigt dasselbe Verhalten für Baustahl (warmgewalzt, kaltgezogen) und eine Aluminiumlegierung.

Schwellwert und schneller Abbau

Dawson und Moffat fanden bei Biegeeigenspannungen in Blechstreifen: Für fast vollständigen Abbau waren Amplituden um $0,8 \times R_{p0,2}$ nötig. Mehr als 75 % der Entspannung geschahen in den ersten zehn Lastzyklen, die Behandlung dauerte weniger als 15 Minuten.

Wohlfahrt hatte gezeigt, dass schon Amplituden unterhalb der 0,01-%-Dehngrenze einen Abbau bewirken können.

Drei Erklärungen

Atomare Umlagerung

Kelso: Fehlgeordnete Gitter- und Zwischengitteratome gelangen durch Zusatzenergie in einen stabilen Zustand. Die Energie liefert Wärme oder mechanische Vibration.

Plastisches Fließen

Die verbreitetste Annahme: Eigen- und Schwingspannung überschreiten zusammen die Fließgrenze. Ob der Werkstoff zyklisch verfestigt oder entfestigt, ändert das Verhalten.

Mikroplastisches Fließen

Sudnik und Jarlyko: Nach genügend Schwingungen setzt mikroplastisches Fließen ein. Je höher die Amplitude, desto stärker der Abbau.

Der sichere Bereich nach Sudnik und Jarlyko

zu wenig Schwingungen

Abbau durch mikroplastisches Fließen

Dauerschaden droht

Zahl der Lastwechsel $\rightarrow$

N_1 : Fließen beginnt

N_2 : spätestens hier abbrechen

Natürliche Alterung als Mechanismus

Sedeks Befund ist neu und wichtig: Der starke Effekt auf die Massstabilität entsteht nicht dadurch, dass die Summe der Spannungen die Fließgrenze überschreitet. Er ähnelt der natürlichen Alterung. Das würde erklären, warum Teile nach der Vibration massstreu bleiben können, obwohl sich ein Spannungsabbau kaum messen lässt.

Wo das Verfahren steht

Einsatzgebiete. Massstabilisieren bei der Zerspanung, Spannungsrisskorrosion vermeiden, Risiko beim Schweißen senken und Eigenspannungen geschweisster Konstruktionen senken.

Mindestamplitude. Für einen echten Abbau braucht es Mindestwerte der Spannungsamplitude. Mit den damaligen Geräten waren sie wahrscheinlich nur bei Resonanzfrequenz zu erreichen.

Mehrere Frequenzen. Ganze Bauteile oder Schweisnähte erfordern Vibration bei mehreren Frequenzen, sonst entstehen die Amplituden nur örtlich.

Kurz und kräftig. Gelingt der Abbau bei hohen Amplituden mit wenigen Lastwechseln, bleibt die Vibrationszeit kurz. Das entschärft Dauerfestigkeitsprobleme. Die Amplitude am Bauteil lässt sich nicht vorhersagen, und Dehnmessstreifen kommen aus Kostengründen meist nicht in Frage.

Kontrolle. Die Abnahme der Dämpfung kann die Gesamtwirkung anzeigen, sagt aber nichts über Schweisnähte.

Massstabilität bewährt. Ihr Erfolg lässt sich leicht nachweisen, dort wird das Verfahren mit Erfolg angewendet. Bei Schweisnähten ist die örtliche Amplitude unbekannt, der Abbau nicht bezifferbar.

Fazit des Autors. Auch mit Kontrolle des Motorstroms eignet sich das Verfahren nur für Serienfertigungen mit immer gleichen Bauteilen nach einer Grundsatzuntersuchung. Ähnlich günstig könnten Rohrrundnähte sein.

Was das für WIAP bedeutet

Form statt Zahl

Sedek und Jesensky bestätigen eine stabilisierte Form, bei Sedek auch ohne grossen messbaren Spannungsabbau. Genau das brauchen WIAP-Kunden, deren Teile nach der Fertigbearbeitung nicht mehr verziehen dürfen.

Nachweis am Bauteil

Die Studie verlangt eine objektbezogene Grundsatzuntersuchung. WIAP hat eine eigene CNC-Fräse und kann Schichtabtrag-Messungen selbst durchführen, um die Wirkung am Bauteil zu belegen.

Mehrere Richtungen

Die Studie nennt als Bedingung mehrere Anregungen für ganze Bauteile. WIAP vibriert aus vier bzw. acht Richtungen, je vier Minuten pro Winkel, und setzt das Verfahren seit über 44 Jahren ein.

Offene Fragen bleiben

Welche Amplitude am Bauteil entsteht und wie gross der Abbau ist, liess sich 1988 nicht vorhersagen. Deshalb gehören Messungen am Bauteil zu jedem seriösen Nachweis.

Quelle. Gnirss, G.: Vibration and vibratory stress relief. Historical development, theory and practical application. Welding in the World, Bd. 26, Nr. 11/12 (1988), S. 284–291, Pergamon Press / IIW (IIW-Doc. IIW-952-87, ex XI-480-86). Diese Zusammenfassung gibt die Studie in eigenen Worten wieder. Massgebend ist der Originalartikel. Das Prozentverhältnis der Getriebekästen ist auf den unbehandelten Zustand bezogen.

WIAP AG Ltd SA

Industriestrasse 48L
CH-4657 Dulliken

Tel +41 62 752 42 60

wiap@widmers.info
www.wiap-ag.ch