

Rütteln und Vibrations-entspannen

Was die Fachwelt 1986 über das Entspannen mit Vibration wusste



Jahresinhalt 1986, Band 27 (ETH-Bibliothek)

Gerhard Gnirss aus Essen hat 1986 in der Zeitschrift «TÜ – Technische Überwachung» (VDI-Verlag) geprüft, ob das Rütteln und Vibrationsentspannen hält, was es verspricht. Er wertete 29 Quellen aus drei Jahrzehnten aus und hinterfragte sie kritisch. Wir fassen seine Studie zusammen: Was funktioniert, was bleibt offen, und was für WIAP daraus folgt.

29

ausgewertete Quellen von 1955 bis 1983

0,8 × Rp0,2

Amplitude für fast vollständigen Abbau im Biegeversuch

über 75 %

des Abbaus in den ersten zehn Lastzyklen

unter 15 min

reichten in mehreren Versuchen

— Das Fazit in drei Sätzen

- 1. Die Amplitude zählt.** Vibration baut Eigenspannungen nur ab, wenn die Schwingungsamplitude gross genug ist. Frequenz und Dauer spielen eine kleinere Rolle.
- 2. Der Abbau geschieht früh.** Wenige Lastwechsel genügen. Damit bleibt die Gefahr von Dauerbrüchen klein, weil die Behandlung kurz ist.
- 3. Bei der Massstabilität wirkt es nachweisbar.** Wer Teile nach dem Zerspanen vermisst, sieht den Erfolg leicht. Beim Schweißen blieben 1986 viele Fragen offen.

— Warum diese Studie?

Die Studie ist keine Werbung für das Verfahren. Sie zeigt, wie kritisch die Fachwelt anfangs war und welche Bedingungen später erfüllt sein mussten, damit Vibrationsentspannen verlässlich arbeitet.

Für WIAP interessant: Viele Forderungen, die der Autor stellt (Mindestamplitude, mehrere Frequenzen, kurze Behandlung), betreffen genau die Punkte, an denen sich ein Verfahren wie MEMV messen lassen muss.

Von den Rüttelgeräten zur Grundlagenforschung

Seit Mitte der 1950er-Jahre gab es Rüttelgeräte, die Eigenspannungen weitgehend abbauen sollten. Die Fachwelt prüfte das genau, und das Urteil änderte sich mit den Jahren.

Jahr	Untersuchung und Ergebnis
1955	Erste Rüttelgeräte kommen auf den Markt und versprechen «spannungsfreies Altern».
1962–64	Bühler und Pfalzgraf sowie Zeig: Abbau ist an einzelnen Stellen möglich, aber nur in Ausnahmefällen mit den nötigen Beanspruchungen. Dauerbruchgefahr. Auch das VDG-Merkblatt N 1 (1964) lehnt das Verfahren ab.
1965–67	Ostblock: Lokshin an Aluminiumringen, Adoyan und Skazhennik an Grauguss. Die Amplitude ist entscheidend, im Resonanzbereich lässt sie sich erreichen. Bei Gussteilen verbessert Vibrieren auch die Formstabilität.
1968	Wozney und Crawmer: Die zyklische Fließgrenze muss überschritten werden. Ein Versuch mit eingeschweisstem Blech im Rahmen schlug fehl.
1969	Rich: Nach 15 Minuten bei der ersten Resonanz deutlicher Abbau an Blechstreifen mit Auftragsraupen.
1973	Wohlfahrt: Schon unterhalb der 0,01-%-Dehngrenze lässt sich Abbau feststellen.
1976	Weiss: Kreisnähte auf Blechen, 15 Minuten bei etwa 130 Hz, deutliche Änderung der Eigenspannungen. Pusch: Die Dämpfung nimmt beim Vibrieren ab.
1980	Dawson und Moffat: Schwellwert der Amplitude und mehr als 75 % Abbau in den ersten zehn Lastzyklen.
1981–83	Berichte über gute Erfolge bei der Massstabilität beim Zerspanen, daneben auch negative Berichte.

Die Skeptiker

Bühler, Pfalzgraf und Zeig sahen vor allem zwei Probleme: Die nötigen grossen Schwingungsbeanspruchungen bergen Dauerbruchgefahr, und bei komplizierten Teilen mit mehrachsigen Spannungszuständen baut sich die Spannung ungleichmässig ab. Zeig hielt das Rütteln deshalb für keinen Ersatz des Spannungsarmglühens an kompliziert gestalteten Maschinenteilen.

Die Ostblock-Studien

Lokshin untersuchte Aluminiumringe systematisch nach Frequenz, Behandlungsdauer und Beschleunigung. Sein Ergebnis: Vibration im Resonanzbereich kann innere Spannungen wirksam senken, besonders bei thermisch verfestigten Legierungen. Adoyan stellte bei Grauguss kritische Mindestbeanspruchungen fest und ordnete sie im Smith-Diagramm ein: Es gibt einen Bereich für den Abbau und einen Bereich mit Dauerbruchgefahr.

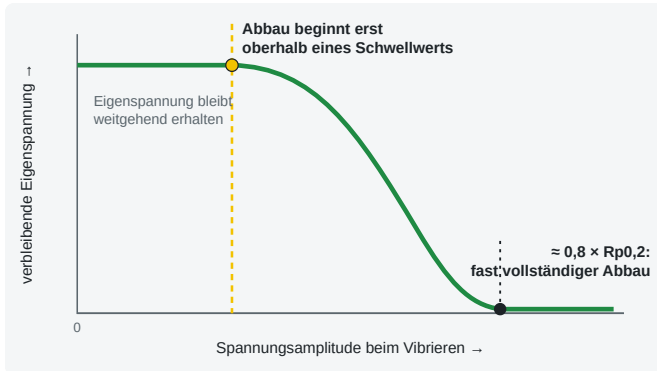
Schweissspannungen

Rich, Weiss und Bühler/Pfalzgraf zeigten, dass sich Schweisseeigenspannungen grundsätzlich abbauen lassen. Bei Rich blieb die Summe aus Eigen- und Vibrationsspannung unter der Dauerfestigkeit, und mit nur etwa 40 000 Lastwechseln entstanden keine Risse.

Während des Schweissens. Mehrere Quellen berichten, dass Vibrieren auch beim Schweissen selbst hilft und den Verzug klein hält. Erklärt wird das mit der höheren Beweglichkeit der Versetzungen bei erhöhter Temperatur.

Warum Vibration Spannungen abbaut

Mehrere Arbeiten fanden einen Schwellwert: Erst oberhalb einer Mindestamplitude beginnt der Eigenspannungsabbau. Weil dieser Abbau vor allem am Anfang geschieht, bleibt die Behandlung kurz.



Prinzip des Schwellwerts. SCHEMATISCH, KEINE MESSWERTE
Eigene Darstellung nach den Aussagen der Studie (Dawson/Moffat 1980).

Was in der Praxis folgt

Eigenspannung und Vibrationsspannung zusammen müssen die Fließgrenze erreichen. Dann fließt der Werkstoff örtlich plastisch, und die Spannung sinkt. Dazu können schon Dehnungen unter 0,1 % genügen. Wohlfahrt erklärt das damit, dass sich Spannungen zweiter und dritter Art den Eigenspannungen erster Art überlagern.

Die Dauerbruchgefahr bleibt klein, weil bei üblichen Frequenzen unter 100 Hz in wenigen Minuten nur wenige Lastwechsel zusammenkommen, weit weniger als die 10^6 Lastwechsel, auf denen die Dauerfestigkeitswerte beruhen.

Drei Erklärungen, eine gemeinsame Aussage

Atomare Umlagerung

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

Plastisches Fließen

Die verbreitetste Meinung: Eigen- und Vibrationsspannung überschreiten zusammen die Fließgrenze, und es kommt zu plastischer Verformung. Zyklisch verfestigende und entfestigende Werkstoffe verhalten sich verschieden.

Mikroplastisches Fließen

Sudnik und Jarlyko: Nach ausreichend vielen Schwingungen fließt der Werkstoff mikroplastisch. Je höher die Amplitude, desto stärker der Abbau. Spätestens nach einer gewissen Zahl sollte die Vibration enden, damit kein Dauerschaden entsteht.

Wo der Autor Einsatzgebiete sieht

EINSATZGEBIET

Dimensionsstabilisieren bei mechanischer Bearbeitung

Spannungsrissskorrosion vermeiden, indem Zugspannungen an der Oberfläche sinken

Risiko beim Schweißen senken

Eigenspannungsniveau geschweisster Konstruktionen senken

Praktisch bewährt. Dort, wo sich der Erfolg leicht als bessere Massstabilität nachweisen lässt, wird das Verfahren nach der Studie mit Erfolg eingesetzt. Beim Spannungsabbau nach dem Schweißen und beim Schweißen selbst hat es sich bisher nicht durchgesetzt.

Bedingungen für ein verlässliches Verfahren

Mindestamplitude. Eine sinnvolle Senkung der Eigenspannungen braucht Mindestwerte der Spannungsamplitude. Mit den damaligen Anlagen waren sie wahrscheinlich nur bei Resonanzfrequenz zu erreichen.

Mehrere Frequenzen. Wer ganze Bauteile oder Schweissnähte entspannen will, muss bei mehreren Frequenzen vibrieren. Sonst entstehen die nötigen Amplituden nur örtlich.

Kurz und kräftig. Gelingt der Abbau bei hohen Amplituden in wenigen Lastwechseln, kann die Vibrationszeit kurz bleiben. Das minimiert die Dauerfestigkeitsprobleme.

Kontrolle. Als Mass für die Gesamtwirkung könnte die Abnahme der Dämpfung dienen, etwa über den Motorstrom des Vibrators. Für Schweissnähte sagt sie nichts aus.

Serien und Rohrnähte. Weil sich die Amplitude am Bauteil nicht vorhersagen lässt und der Abbau schwer zu beziffern ist, eignet sich das Verfahren vor allem für Serien mit immer gleichen Bauteilen nach einer Grundsatzuntersuchung. Ähnlich günstig sind Rohrrundnähte.

Offene Fragen 1986. Die örtlichen Amplituden am Bauteil waren nicht bekannt, der Abbau liess sich nicht beziffern, und Messstreifen kamen aus Kostengründen meist nicht in Frage. Der Rheinisch-Westfälische TÜV arbeitete an diesen Fragen.

— Was das für WIAP bedeutet

Mehrere Richtungen

Die Studie hält fest, dass eine einzelne Frequenz die nötigen Amplituden nur örtlich erzeugt. WIAP vibriert Bauteile aus mehreren Richtungen: vier beim manuellen Verfahren, acht bei der Automatik, je vier Minuten pro Winkel.

Massstabilität im Zentrum

Das Einsatzgebiet, das die Studie 1986 als bewährt nennt, ist der Kern der WIAP-Anwendungen: Bauteile, die bei der Fertigbearbeitung nicht verziehen sollen, etwa in der Turbinenfertigung oder bei gerollten Segmenten.

Seit 1981 im Einsatz

WIAP wendet das Verfahren seit über 44 Jahren an, setzt seit 1983 eigene MEMV-Anlagen ein und entwickelte 2014 ein eigenes Mehrrichtungs-Verfahren, das in einer Patentfamilie beschrieben ist.

Messen statt hoffen

Die offenen Fragen der Studie sind die Fragen jedes Verfahrens: Welche Amplitude entsteht wo, und wie gross ist der Abbau? Genau daran muss sich MEMV messen lassen.

Quelle. Gnirss, G.: Rütteln und Vibrationsentspannen – Theorie und praktische Anwendung. TÜ – Technische Überwachung, Bd. 27 (1986), Nr. 11 (November), S. 439–442. VDI-Verlag, Düsseldorf. Diese Zusammenfassung gibt die Studie in eigenen Worten wieder. Massgebend ist der Originalartikel.

WIAP AG Ltd SA

Industriestrasse 48L
CH-4657 Dulliken

Tel +41 62 752 42 60

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