

Ultraschallprüfung

Einleitung

Im Rahmen der Lernpartnerschaft zwischen dem Theodor-Heuss-Gymnasium und der Firma Kuhn-Edelstahl fand am 26. Mai 2008 eine Exkursion des Physik-Kurses der 11. Jahrgangsstufe des THGs zu genanntem Unternehmen statt.

Die Schüler hatten die Möglichkeit einen Einblick in die Qualitätssicherung des Unternehmens zu erhalten, indem sie einem Zugversuch, einem sog. Kerbschlagversuch, der Härteprüfung nach Brinell und einer Ultraschallprüfung beiwohnten. Zunächst wurden den Schülern allgemeine Informationen zu Edelstahlwerkstoffen vermittelt. So erfuhren sie, dass Stähle verschiedenen, von der Verwendung abhängigen Ansprüchen, wie z.B. Korrosionsbeständigkeit, Härte, Hitzebeständigkeit, Verformbarkeit, um die Absorption kinetischer Energie zu gewährleisten, Elastizität etc. genügen müssen. Beispielsweise zeichnen sich Nickel-Chrom-Molybdän-Legierungen auch bei erhöhten Temperaturen durch sehr gute Korrosionsbeständigkeit in reduzierenden, wie auch oxidierenden Medien aus. Nickel-Eisen-Chrom-Legierungen sind besonders hitzebeständig. Die Härte des Stahls ist in erster Linie von dem Gittermodell des Kristalls abhängig. Liegt ein kubisch-flächenzentriertes Gitter vor, wird das Gefüge als Austenit bezeichnet. Austenitische Legierungen zeichnen sich durch Verformbarkeit und Elastizität, nicht jedoch Härte aus. Das kubisch-flächenzentrierte Gitter lässt sich durch rasche Abkühlung Austenits in ein tetragonal verzerrtes, raumzentriertes Gitter umwandeln. Man erhält auf diese Weise Martensit, ein Gefüge, welches sich durch besondere Härte auszeichnet. Diese Eigenschaften konnten von den Schülern durch den Zug- und Kerbschlagversuch experimentell nachgewiesen werden.

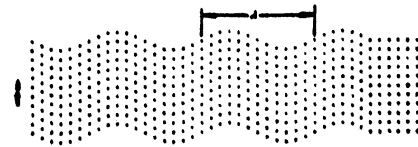
Doch lernten die Schüler auch eine zerstörungsfreie Prüfmethode kennen, nämlich die Ultraschallprüfung.

Theorie

Als Ultraschall bezeichnet man Schallschwingungen mit einer Frequenz oberhalb der Hörgrenze von 20 MHz bis ca. 10 GHz. Schallwellen sind fortlaufende mechanische Schwingungen, d.h. Atome werden periodisch aus ihrer Ruhelage ausgelenkt. In piezoelektrischen Körpern ruft die Auslenkung der Atome eine elektrische Spannung zwischen den gegenüberliegenden Seiten des Festkörpers hervor. Auf diesem Prinzip beruhen z.B. Zünder in Feuerzeugen. Doch ist dieser Effekt umkehrbar. So können durch das Anlegen elektrischer Spannung an piezoelektrische Körper Schallwellen erzeugt werden. Man unterscheidet Transversal- und Longitudinalwellen. Letztere treten vor allem in Flüssigkeiten und Gasen auf, da die Bewegung der Atome in diesen Medien nur in Ausbreitungsrichtung der Schallwelle erfolgen kann. In Festkörpern können sich beide Wellen ausbreiten.



Longitudinalschwingung



Transversalschwingung

Bild 6: Schallwellen

Die Aufspürung von Materialfehlern gleich welcher Art mit Hilfe von Ultraschall beruht auf dem Prinzip, dass der Schall beim Übergang von einem in ein anderes Medium an deren Grenzfläche reflektiert wird und zwar umso stärker, je größer der Unterschied zwischen den

Schallwiderständen (Produkt aus Dichte und Schallgeschwindigkeit im Medium $R = \rho \cdot v$) derselben ist.

Folglich können nur Fehler festgestellt werden, deren maximale Querabmessung (in Ausbreitungsrichtung) mindestens halb so groß ist, wie die Schallwellenlänge. Sind also kleine Fehler gesucht, muss dementsprechend eine große Frequenz gewählt werden.

Besonders groß ist dieser Widerstand zwischen Luft und einem Festkörper. So kann die Schallschwingung schon bei einer Lücke von 10^{-7} mm Breite nicht von dem Schallgeber auf ein Werkstück übertragen werden. Die Luftschicht muss durch eine Kopplungsflüssigkeit, wie z.B. Öl oder Wasser, verdrängt werden.

Durchführung

In der Firma Kuhn wurde ein Normalprüfkopf verwendet, welcher eine senkrechte Einschallung von Druck- oder Longitudinalwellen erzeugt.

Dieser Prüfkopf bestand hauptsächlich aus dem piezoelektrischen Körper Quarz, welcher, wie bereits erwähnt, durch das Anlegen von Wechsellspannung in mechanische Schwingung versetzt wurde, die über ein Kopplungsgel auf den Werkstoff übertragen wurde. Dabei wurde die Impuls-Echo-Methode angewandt. Etwa 100 bis 5000 mal pro Sekunde wurde ein Schwingungsimpuls, bestehend aus ca. 5 einzelnen Schwingungen erzeugt. Die reflektierten Schallwellen, auch als Echo bezeichnet, wurden nach erneuter Umwandlung in elektrische Schwingungen auf umgekehrtem Wege registriert und auf einem Display abgebildet. Diesem waren, als "Zacken" dargestellt, der Sendeimpuls, das Rückwandecho und falls vorhanden, dazwischen liegend das Fehlstellenecho zu entnehmen. Wobei ihre Lage auf der x-Achse die zeitliche Verzögerung gegenüber dem Sendeimpuls zum Ausdruck brachte und die Höhe dieser "Zacken" Aufschluss über die Intensität der Echo und somit auch über die Ausmaße des Fehlers gab.

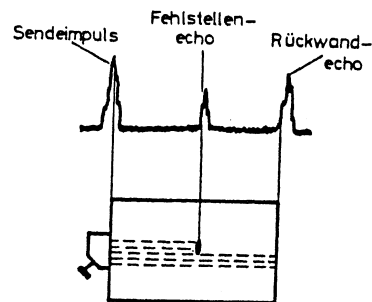


Bild 8: Schirmbild und Prüfanordnung beim Impuls-Echo-Verfahren

Vorraussetzung für die Entdeckung eines Fehlers durch Ultraschall ist, dass dessen Grenzfläche in Ausbreitungsrichtung mindestens halb so groß ist wie die Schallwellenlänge und, dass sich hinter dieser ein Medium mit ausreichend unterschiedlichem Schallwiderstand befindet. Die letzte Bedingung ist bei einer Grenzfläche zwischen Metall und Luft, wie bereits erwähnt sehr gut erfüllt.