

Dehnungslinie und auch Nachwirkungserscheinungen beim Belasten und Entlasten auf, die Störungen der elastischen Eigenschaften bedeuten. Die durch Abschrecken gehärteten Stähle lassen sich aber durch darauffolgende geeignete Wärmebehandlung (Anlassen) in ihren elastischen Eigenschaften leicht verbessern, d. h. es läßt sich der in Hinsicht auf die elastischen Eigenschaften unsichere Zustand in einen weniger gestörten Zustand verwandeln. Man muß dabei zwar ein Weicherwerden mit in den Kauf nehmen. Schwieriger ist eine gute Elastizität nach Kalt härtung zu erreichen. Im allgemeinen liegt bei kalt verformtem Material die reine Elastizitätsgrenze niedrig, bei hoher Zugfestigkeit. Die Proportionalität ist aufgehoben, und es findet sich eine ausgesprochene Hysteresisschleife beim Belasten und Entlasten. Der Elastizitätsmodul ist also nicht konstant, er fällt mit zunehmender Spannung¹⁾. Material in diesem Zustande ist natürlich für Uhrfedern nicht geeignet. Es läßt sich dadurch verbessern, daß man es bei gewöhnlicher Temperatur liegen läßt (Alterung) oder bei Temperaturen etwa zwischen 100 und 300° einige Zeit erwärmt. Die Behandlung im einzelnen ist von der Art des Materials abhängig und durch Versuche festzulegen.

Bei Federn, die nach Kalt härtung oder Wärmebehandlung noch in eine andere Form gebracht werden müssen, ist zu beachten, daß durch die bleibende Verformung im kalten Zustande die Eigenschaften wiederum ungünstig verändert werden können, und daß dann eine Wärmebehandlung bei niedrigen Temperaturen folgen muß.

Werkstoffe für Uhrfedern

Der Verein deutscher Eisenhüttenleute gibt im Werkstoffhandbuch für Stähle für Uhrenspiralfedern eine Zusammensetzung von 0,95 bis 1,10% Kohlenstoff, 0,20 bis 0,30% Mangan und etwa 0,20% Silizium an. Schwedische Qualitätsstähle enthalten meist 1,0 bis 1,3% Kohlenstoff und sehr niedrigen Schwefel- und Phosphorgehalt. Die Abschrecktemperaturen liegen bei der ersten Sorte zwischen 830 und 850° C, beim schwedischen Stahl bei etwa 740° C, die Anlaßtemperaturen zwischen 300 und 500° C. Je langsamer eine Feder angelassen wird, um so niedriger kann die Temperatur gewählt werden.

Die Gefährdung stählerner Federn durch Rosten läßt sich mindern durch einen gleichmäßig verteilten Oxydüberzug und durch Fetten mit gutem Uhrenöl oder Eintauchen in eine Lösung des Oles in Benzin.

Legierung des Stahles z. B. mit Nickel oder mit Nickel und Chrom bieten besondere Vorteile durch ihre Korrosionsbeständigkeit und auch durch ihren Widerstand gegen Magnetisierbarkeit. In letzter Zeit sind als Federstähle auch die Legierungen Invar und Elinvar bekannt geworden. Invar enthält 36% Nickel und ist gekennzeichnet durch seinen sehr geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten von $0,009 \times 10^{-4}$ je 1° C, gegenüber $0,11 \times 10^{-4}$ für gewöhnlichen Stahl. Elinvar enthält noch einen Zusatz von 12% Chrom und ist besonders durch seinen zwischen -50° und +100° konstanten Elastizitätsmodul, der allerdings um rund 10% geringer ist als der Kohlenstoffstahl, gekennzeichnet. Elinvar muß durch Kaltbearbeitung gehärtet und danach auf Temperaturen zwischen 350 und 600° C angelassen werden.

Federn aus Nichteisenmetallen haben dem Kohlenstoffstahl gegenüber den Vorteil größeren Widerstandes gegen Korrosion. Dagegen haben sie den Nachteil eines wesentlich niedrigeren Elastizitätsmoduls und niedriger Elastizitätsgrenze, so daß man an Stelle von Federn aus Nichteisenmetallen auch Federn aus Stahl geringen Härte-

grades oder von kleinerem Querschnitt verwenden kann. Weiter ist noch zu beachten, daß die Kalt härtung bei Nichteisenfedern meist bis zum äußersten Grade der möglichen Beanspruchung getrieben werden muß und daß hierbei leicht örtliche Fehler auftreten können. Am meisten verwendet wird die Phosphorbronze mit etwa 6% Zinn und 0,2% Phosphor. Höherer Zinngehalt erhöht die Elastizitätsgrenze. Die Wärmebehandlung nach der Kaltbearbeitung findet zweckmäßig bei etwa 200° C statt¹⁾.

Für die Herstellung von Federn kommen außerdem noch Legierungen von Palladium, Nickel, Silber, Kupfer, Kadmium und einige andere in Frage.

Prüfung des Werkstoffes für Uhrfedern

Als wichtigste Prüfung für Federmaterial ist heute noch der Zugversuch anzusehen, der uns Aufschluß über Elastizitätsgrenze, Elastizitätsmodul, Zugfestigkeit und Dehnung gibt. Die Benutzung der gefundenen Kennziffern für die Beurteilung der Stoffe für verschiedene Zwecke läßt sich nicht in eine Formel bringen. Bei der Durchführung des Zugversuches, der um so größere Schwierigkeiten macht, je kleiner die Proben sind, ist darauf zu achten, daß ein gleichmäßiger Zug über den ganzen Querschnitt verteilt ausgeübt wird und daß keine

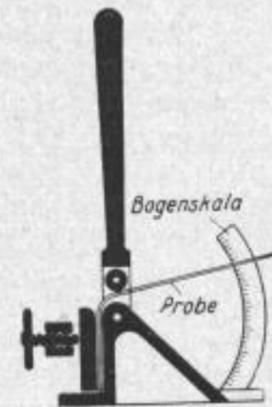


Abb. 5. Vorrichtung zur Messung der elastischen Rückfederung bei Federblechen

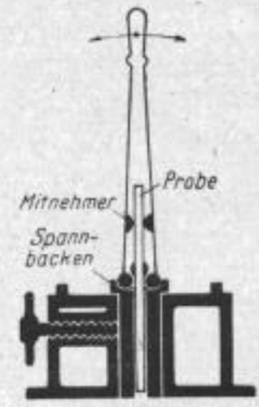


Abb. 6. Hin- und Herbiegevorrichtung für Bleche und Drähte

Beanspruchungen durch Torsion oder Biegung auftreten. Die Proben werden zwischen möglichst wenig gerauhten Flächen von gehärtetem Stahl eingespannt. Die Kanten der Einspannkeile sind gut abzurunden.

Man hat vielfach versucht, den Zugversuch durch die Härteprüfung bei Federblechen zu ersetzen und den Zustand der Feder mit dem Brinellversuch zu bestimmen. Man benutzt hierbei zweckmäßig eine sehr kleine Kugel und eine dieser entsprechende Last (vgl. Normenblatt DIN 1605). Bei dünnen Blechen ist darauf zu achten, daß das Durchdrücken der Kugel auf die Unterlage falsche Härtewerte gibt. Der Fehler ist zu vermeiden, wenn man mehrere Stücke des zu prüfenden Bleches aufeinanderlegt, bis die notwendige Dicke erreicht ist. Aus der Härtezahl läßt sich bei ausreichenden Unterlagen auf die Zugfestigkeit und in gewissem Umfange auch auf die Höhe der Elastizitätsgrenze schließen.

Die besondere Art der Verwendung von Federmaterial hat aber noch andere Prüfverfahren entstehen lassen, die der praktischen Verwendung mehr angepaßt sind.

Die wichtigste festzustellende Eigenschaft ist die Federung, d. h. die Eigenschaft des Stoffes, nach einer Formänderung seine ursprüngliche Form wieder anzunehmen oder eine bleibende Verformung zu zeigen. Zur Nachprüfung dieser Eigenschaft sind verschiedene

1) „Mitteilungen aus dem Materialprüfungsamt und dem KWI für Metallforschung“ zu Berlin-Dahlem, 1927, Heft 6, S. 133.

1) Moore und Beckinsale, „The Manufacture of Hairspings“, Paper presented before Institute of Metals, March 1927.