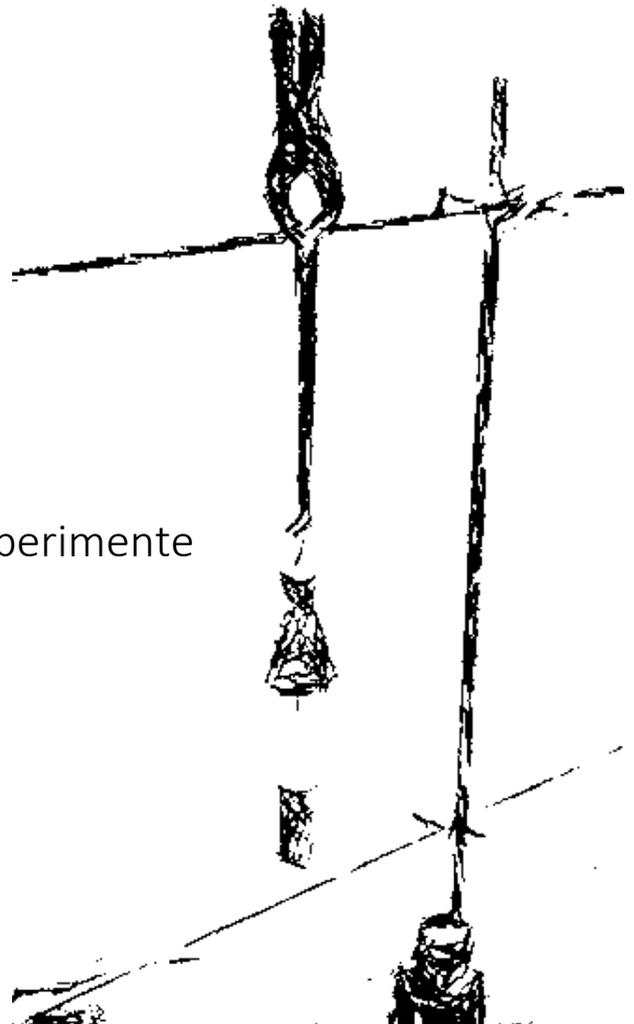




ExperiMat

Unterrichtsbegleitende Schauexperimente





ExperiMat - Unterrichtsbegleitende Schauexperimente zur Darstellung werkstoffkundlicher Zusammenhänge

Steffen Ritter

unter Mitarbeit von

Haris Alisic,
Marc Bischofberger,
Michael Stiefel und
Thomas Wiedenmann

Alle in diesem Werk enthaltenen Verfahren bzw. Daten wurden nach bestem Wissen erstellt und mit Sorgfalt getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die in diesem Buch enthaltenen Experimente, Verfahren und Daten mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Der Autor übernimmt infolgedessen keine Verantwortung und wird keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Art aus der Benutzung dieser Experimente, Verfahren oder Daten oder Teilen davon entsteht.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen daraus, ist dem Autor vorbehalten.

Danksagung

Die vorliegende Arbeit „ExperiMat-Unterrichtsbegleitende Schauexperimente zur Darstellung werkstoffkundlicher Zusammenhänge“ entstand an der Hochschule Reutlingen im Rahmen der Förderung durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst Baden-Württemberg im Rahmen der Projektklinie „Initiative zur hochschuldidaktischen Professionalisierung“.

Ein derartiges Projekt erfordert die Mitarbeit studentischer und wissenschaftlicher Hilfskräfte. Bei Haris Alisic, Marc Bischofberger, Michael Stiefel und Thomas Wiedenmann bedanke ich mich für die engagierte und zuverlässige Mitarbeit. An das gute Teamwork und den Spaß an der Arbeit werde ich mich gerne erinnern.

Einleitung

Werkstoffkundeunterricht findet bislang in den allermeisten Fällen als reiner Frontalunterricht statt. Laborunterrichte zur Werkstoffkunde finden teilweise statt, nur beziehen sich hier die durchgeführten Experimente größtenteils auf sehr wenige Teilgebiete wie z.B. den Zugversuch. In Wirtschaftsingenieur-Curricula sind aller meistens für derartige im Labor durchgeführte Experimente gar keine Zeit vorgesehen, das Wissen muss komplett im Unterricht vermittelt werden.

Ziel von ExperiMat ist es, praxistaugliche Schauexperimente für den werkstoffkundlichen Unterricht (Werkstoffkunde, Kunststoffkunde, Materialwissenschaft...) zu beschreiben, die wie folgt charakterisiert sind:

- Einfache Vorbereitung
- Kostengünstige Umsetzung ohne aufwändige Zusatzausstattung; einfache Versuchsausrüstung
- Durchführung der Experimente muss auch in normalen Unterrichtsräumen möglich sein
- Durchführung der Experimente ohne Sicherheitsrisiko
- Die zu erwartenden Experimente-Ergebnisse müssen sicher erzielt werden
- Sowohl der materielle Aufwand als auch der Zeitaufwand muss klar umrissen sein, der Versuch wird komplett planbar.
- Die Experimente sind in einheitlicher nachvollziehbarer Art beschrieben, jeglichen Aspekt der experimentellen Durchführung betreffend (Vorbereitung, Durchführung, Lehraspekt, Aha-Effekt, Zeitaufwand...).

Von Dozentinnen und Dozenten der Materialwissenschaften, der Werkstoffkunde und der Kunststoffkunde können die dargestellten Versuche direkt nachexperimentiert werden.

ExperiMat gibt durch dieses Mikrounterrichtsformat "Schauexperiment" generell Anregungen, den reinen Frontalunterricht unterstützend aufzulockern und das Lernverständnis damit zu verstärken. Im Transfer zu anderen Fachbereichen kann dies zusammen mit in der Physik und der Chemie durchgeführten Experimenten archetypisch Anregungen geben.

Projektmaßnahmen

Durch einfach durchzuführende Schauexperimente, vergleichbar in der Art mit Versuchen aus der Physikdidaktik, werden werkstoffkundliche Sachverhalte verständlich vermittelt. Insbesondere zielen die Versuche darauf ab, didaktisch wertvolle "Aha"-Effekte bei den Zuschauern zu

erzielen, um theoretisch vermitteltes Wissen aus den Materialwissenschaften dann unterstützend verständlich zu machen und zu verankern. Mit dem Medien- und Darstellungswechsel im Unterricht gestaltet sich die Vorlesung abwechslungsreicher, erfahrungsgebende "Denkpausen" werden möglich.

Nach einer Phase in der grundsätzlich mögliche Ideen für Experimente erarbeitet wurden, sind diese Ideen in insgesamt drei Schleifen im konkreten Experiment verfeinert worden. Neben dem grundsätzlich breiten Portfolio das viele Aspekte eines werkstoffkundlichen Unterrichtes abdecken soll, steht hier insbesondere die einfache Durchführung und die geringe Vorbereitungszeit der Experimente im Vordergrund. Durch die einfache „rezeptähnlichen“ Ausarbeitung und Darstellung der Experimente ist es sehr schnell möglich, diese selbst durchzuführen und nachvollziehbar in den eigenen Lehralltag einfließen zu lassen.

Projektergebnisse und Projekterfahrungen

Durch die Erfahrung aus der eigenen Lehre ist klar, dass der für die Versuche vorab zu erbringende Aufwand, also die konkrete Vorbereitungszeit, so gering als möglich sein muss. Idealerweise sind die Experimente, einmal zusammengestellt, in-situ im Unterricht durchzuführen. Eine einmal vorbereitete Zusammenstellung in Form eines Experimentiersets oder -wagens in dem sich alle benötigten Teile für die Durchführung der Experimente befinden, hat sich als praktisch erwiesen. Nach einer aufwändigeren erstmaligen Zusammenstellung dieser Experimentiersets in der insgesamt eine Vielzahl unterschiedlicher Kleinteile benötigt werden, sind die Experimente dann entsprechend den Anleitungen durchführbar. Einmal zusammengestellt, ermöglichen diese Sets den flüssigen Ablauf und die einfache Integration der Experimente begleitend zum Unterrichtsstoff.

Eine nach mehrfacher Versuchsdurchführung aufgestellte Klassifikation der Experimente in Schwierigkeitsgrade und die Angabe konkreter Vorbereitungs- und Durchführungszeiten macht es leicht, die Versuche für die eigene Lehrpraxis einzuordnen.

Schwierigkeitsgrade: Von leicht ●●●● bis schwer ●●●● .

Die praktischen Lehrerfahrungen sind ausgesprochen positiv. Die Studierenden sehen in den Experimenten eine positive und belebende Ergänzung des Unterrichtes. Ähnlich zu den aus der Physik und Chemiedidaktik bekannten Schauexperimenten tragen diese nachhaltig zur Wissensvermittlung und Wissensfestigung bei. So reichen pro Unterrichtsdoppelstunde (90 min) ein bis zwei durchgeführte Versuche durchaus aus, um den Charakter einer reinen Frontalvorlesung deutlich aufzulockern.

Weiterentwicklung

Der Autor ist daran interessiert, diese praxisbezogene Lehrform der Schauexperimente weiter auszubauen. Jegliche Anregungen und Vorschläge für weitere Schauversuche sind jederzeit gerne willkommen, die Sammlung derartiger Experimente soll in Zukunft weiter wachsen.

Kontakt:

*Dr.-Ing. Steffen Ritter; Hochschule Reutlingen; Alteburgstrasse 150; 72762 Reutlingen
steffen.ritter@reutlingen-university.de*

Inhalt

1	Allgemein	5
1.1	Dichte und Masse von unterschiedlichen Materialien	5
1.2	Härtebestimmung nach Mohs.....	7
1.3	Unterschiedliches Materialverhalten (Sprödigkeit & Duktilität)	10
2	Metalle	13
2.1	Darstellung unterschiedlicher Elastizitätsmoduln.....	13
2.2	Bimetalle	15
2.3	Einfluss der Gefügestruktur auf das mechanische Verhalten von Stählen	17
2.4	Schmelzen von Wood'schem Metall bei 70°C	19
2.5	Korrosion von Eisenmetallen.....	22
2.6	Anlauffarben bei Stahl	25
2.7	Superelastizität und thermischer Formgedächtniseffekt von Formgedächtnislegierungen.....	29
2.8	Magnetismus unterschiedlicher Magnetwerkstoffe	32
2.9	Stahl mit unterschiedlichem Gefüge (hart und zäh)	36
3	Kunststoffe	39
3.1	Versteifungseffekte von Elastomeren	39
3.2	Elastomerverhalten bei erhöhter Temperatur	41
3.3	Formerinnerung von Polymerbauteilen A	44
3.4	Formerinnerung von Polymerbauteilen B	47
3.5	Verhalten von Silly Putty	49
3.6	Löslichkeit von Kunststoffen	52
3.7	Spannungsrisssbildung an Polycarbonat Zugstab.....	55
3.8	Kaltversprödung von Kunststoffen.....	59
3.9	Burgers-Modell.....	62
3.10	Spannungsoptik zur Darstellung von Spannungen in Kunststoffen.....	64
4	Weiterführende Literatur:.....	68

Themengebiet

1 Allgemein 1.1 Dichte und Masse von unterschiedlichen Materialien

Versuchsziel:

Der Begriff der Dichte und der Zusammenhang zum Volumen und zur Masse eines Körpers wird vermittelt

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

10-20 min

🕒 Vorbereitung

-

Ausrüstung/Geräte:

- Satz Würfel gleicher Größe (Satz Würfel zur Dichtebestimmung)
- Satz Quader gleichen Gewichts (Satz Quader mit gleicher Masse)



Abbildung 2.1-1: Benötigte Materialien (erhältlich bei didactec.de)

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung außer der Beschaffung der Materialien im Vorfeld nötig

Aufbau:

Kein Aufbau im Vorfeld nötig.

Durchführung:

Ein/e Student/in wird in Zusammenarbeit mit seinen/ihren Kommilitonen gebeten die Würfel nach der Dichte bzw. des Gewichtes zu ordnen.

oder

Ein/e Student/in wird in Zusammenarbeit mit seinen/ihren Kommilitonen gebeten die Quader nach der Dichte bzw. des Gewichtes zu ordnen.

Theorie und Auswertung:

Die Massendichte ist definiert als der Quotient aus der Masse m eines Körpers und seinem Volumen V , diese wird üblicherweise mit dem Zeichen ρ (Rho) dargestellt. Die Dichte wird oft in g/cm^3 und kg/dm^3 angegeben bzw. berechenbar. Die Dichte ist vollständig durch den Stoff eines Körpers bestimmt und in Relation des Volumens ergibt sich die Masse eines Objektes.

Im Allgemeinen dehnen sich Stoffe mit steigender Temperatur in alle Raumrichtungen aus, wodurch das Volumen sich erhöht. Deren Masse ändert sich dabei nicht, wodurch ihre Dichte sinkt. Abhängig vom Umgebungsdruck und der Umgebungstemperatur kann die Dichte von Stoffen und deren Abhängigkeit von Druck und Temperatur sehr präzise ermittelt werden. In der Regel sinkt die Dichte von Stoffen mit steigender Temperatur und abnehmendem Druck und steigt mit abnehmender Temperatur und sich erhöhendem Druck. Ausnahmen hierzu bilden Stoffe mit einer Dichteanomalie wie z.B. unter anderen Wasser, Die Dichteanomalie des Wassers ist auch der Grund warum Eiswürfel im Wasser schwimmen, da ihre Dichte geringer ist als das sie umgebende Wasser.



Abbildung 2.1-2 Objekte gleicher Masse und verschiedener Dichte

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was ist die Dichte?
- Wie ist die Dichte definiert?
- Wie können Körper mit einer unterschiedlichen Dichte unterschieden werden?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

- -

Quellen

- F. Kohlrausch Praktische Physik, Teubner Verlag 24. Auflage, ISBN 3-519-23001-1
- Harten Physik, Einführung für Ingenieure und Naturwissenschaftler, Springer-Lehrbuch Ulrich Harten, ISBN 13: 978-3-540-34053-9

Themengebiet

1 Allgemein 1.2 Härtebestimmung nach Mohs

Versuchsziel:

Zuordnung der Härte verschiedener Materialien anhand der Mohs'schen Härteskala

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 15 min

🕒 Vorbereitung -

Ausrüstung/Geräte:

- Härteskala nach Mohs
- Stück Kupferblech
- Stück Aluminiumblech
- Stück Edelstahlblech



Abbildung 2.2-1 Set zur Härtebestimmung anhand der Härteskala nach Mohs

Vorbereitung:

Herstellung bzw. Beschaffung von Kupfer-, Aluminium- und Stahlblechproben um diese als Anschauungsobjekt verwenden zu können.

Aufbau:

Kein Aufbau im Vorfeld nötig.

Durchführung:

Ein/e Student/in wird gebeten, die drei zusätzlichen Metallbleche aus Kupfer, Aluminium und Edelstahl, durch gegenseitiges Ritzen in die Härteskala nach Mohs einzuordnen.

Theorie und Auswertung:

Der üblichen Definition nach, ist Härte der Widerstand eines Stoffes gegen das Eindringen eines anderen definierten Körpers. Da das Eindringvermögen von der Gestalt und Eigenhärte des anderen Körpers sowie von der Art und Größe der Belastung abhängig ist, muss bei der

quantitativen Angabe von Härtewerten immer das Härteprüfverfahren genannt werden. Die Härte kann nach folgenden grundsätzlichen Möglichkeiten ermittelt werden:

- Ritzen der Oberfläche mit einem Prüfkörper (z.B.: Mohs'sche Härteskala)
- Eindringen eines Prüfkörpers unter statischer Belastung (z.B.: Härteprüfung nach Brinell, Rockwell, Vickers)
- Eindringen eines Prüfkörpers unter dynamischer Belastung (z.B. Rückprall infolge des elastischen Verhaltens des Prüfstückes)



Die Härteskala nach Mohs wurde von Carl Friedrich Christian Mohs um das Jahr 1812 entwickelt und enthält 10 verschiedene Mineralien, welche die Vergleichswerte kennzeichnen. Die Härteskala nach Mohs basiert auf der Ritzbarkeit verschiedener Mineralien untereinander. Nach Mohs besitzt Talk die Mohshärte 1 und wird demnach von allen anderen Mineralien geritzt. Diamant besitzt die Mohshärte 10 und ritzt demnach alle anderen Stoffe. Die Härteunterschiede zwischen den einzelnen Referenzmineralien sind nicht linear sondern bieten nur eine Vergleichsbetrachtung. Angaben zur Härte von Mineralen beziehen sich immer auf die Mohs-Skala, falls nichts anderes angegeben ist.

Abbildung 2.2-2 Friedrich Mohs

Tabelle 2-1: Härteskala nach Mohs mit weiteren Härteangaben [F. Kohlrausch]

Mohs-Härte	Mineral	Mikro-Vickers-Härte HV	Beispiele für die Mohs Härte			
1	Talk	2,4	Aluminium	2,3 bis 2,9	Molybdäncarbid	7 bis 8
2	Gips	36	Blei	1,5	Nickel	3,5 bis 5
3	Kalkspat	110	Chrom (weich)	4,5	Opal	5,5 bis 6,5
4	Flussspat	190	Chrom (hart)	8	Platin	4,3
5	Apatit	540	Eisen	3,5 bis 4,5	Rutil	6 bis 6,5
6	Feldspat	800	Eisenoxyd	5,5 bis 6	Silber	2,7
7	Quarz	1120	Fingernagel	2 bis 2,5	Sintercarbide	9 bis 9,5
8	Topas	1430	Gold	2,5	Titancarbid	8 bis 9
9	Korund	2000	Graphit	1	Vanadiumcarbid	8
10	Diamant	10000	Gußcarbide	9 bis 9,8	Wolfram	7
			Martensit	7	Zinnoxid	6,5 bis 7
			Molybdäng-lanz	1 bis 1,5		

Die zusätzlichen Metallbleche können in die Härteskala nach Mohs wie folgt eingeordnet werden:

- Aluminium: Mohshärte ca. 2,75
- Kupfer: Mohshärte ca. 3
- Edelstahl: Mohshärte ca. 3,5

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was ist die Härte?
- Wie ist die Härte definiert?
- Wie kann die Härte eines Körpers bestimmt werden?
- Wie kann bei zwei vorhandenen Stoffen ermittelt werden, welcher die größere Härte besitzt?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Vorsichtiger Umgang mit Metallblechen (Schnittgefahr)

Keine besonderen Sicherheitshinweise zur Härteskala

Quellen

- Werkstoffkunde - Hans-Jürgen Bargel, Günter Schulze (Hrsg.), Springer, ISBN: 978-3540792963
- F. Kohlrausch Praktische Physik, Teubner Verlag 24. Auflage, ISBN 3-519-23001-1

Themengebiet

1 Allgemein 1.3 Unterschiedliches Materialverhalten (Sprödigkeit & Duktilität)

Versuchsziel:

Das unterschiedliche Materialverhalten von spröden und duktilen Werkstoffen wird dargestellt.

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 15 min

🕒 Vorbereitung -

Ausrüstung/Geräte:

- Bruchstücke einer Tasse, ggf. eine Tasse zum zerbrechen
- Hammer (Werkstattbedarf)
- Schutzbrille
- Gebrochene Zugprobe Metall mit Einschnürung
- Stark eingeschnürte Zugprobe Kunststoff
- Verformte Kerbschlagbiegeprobe
- Visualizer



Abbildung 2.3-1: Benötigte Materialien

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld nötig.

Aufbau:

Kein Aufbau nötig. Die Exponate werden lediglich gezeigt (z.B. unter einem Visualizer).

Durchführung:

Es werden nacheinander unterschiedliche Exponate (unter dem Visualizer) gezeigt. Beginnend mit sehr duktil (Kunststoffzugprobe) bis sehr spröde (Tasse). Gegebenenfalls wird eine Tasse mit dem Hammer zerschlagen um sehr sprödes Verhalten vorzuführen.

Theorie und Auswertung:

Duktile Werkstoffe können aufgrund der Struktur des Gefüges sehr stark verformt werden und besitzen daher eine hohe Bruchdehnung. Eine Längenänderung bei diesen Werkstoffen führt in der Regel zu einer Reduzierung des Querschnittes (Einschnürung), da das Volumen annähernd konstant bleiben muss. Dies hat zur Folge, dass die Teile nach dem Bruch nicht mehr genau zusammengefügt werden können. Die Einschnürung kann als eine Art Vorwarnung durch plastische Verformung angesehen werden und ist ein Anzeichen dafür, dass demnächst der Bruch einsetzt. Die prinzipielle Probengeometrie im Verlauf des Zugversuchs ist in Abbildung 2.3-2 dargestellt. Die Abbildung 2.3-2 veranschaulicht die Einschnürung duktiler Werkstoffe während eines Zugversuchs.

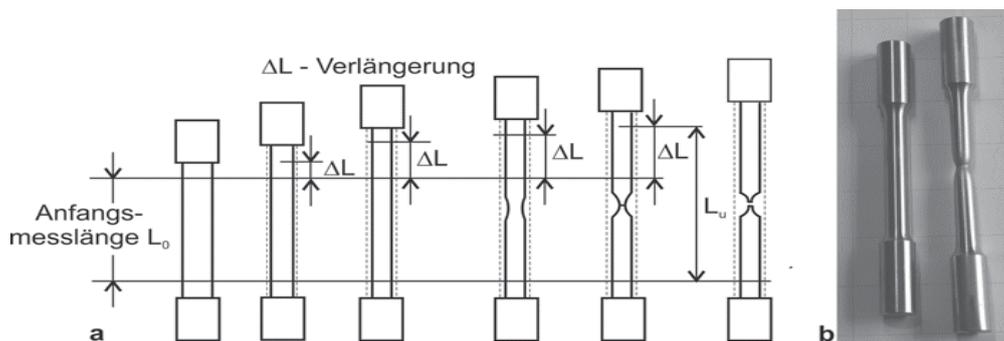


Abbildung 2.3-2 Proben beim Zugversuch, a: Probe im Verlauf eines Zugversuches, b: Proben vor und nach dem Zugversuch [Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure]

Sehr spröde Werkstoffe können dagegen kaum plastisch verformt werden. Nach dem Bruch ist bei diesen Werkstoffen ein nahezu nahtloses zusammenfügen möglich. Der Spröd- oder Trennbruch ist besonders gefährlich, weil er plötzlich einsetzt und für sein Entstehen nur eine geringe Energie benötigt wird. Der Sprödbruch kann transkristallin oder interkristallin verlaufen. Der transkristalline Sprödbruch oder Spaltbruch entsteht durch Trennen von Kristallebenen innerhalb eines Kornes und breitet sich in gleicher Weise über den gesamten Querschnitt aus. Die unterschiedlichen Bruchbilder von Verformungsbrüchen und Trenn- bzw. Sprödbrüchen sind beispielhaft in Abbildung 2.3-3 dargestellt.

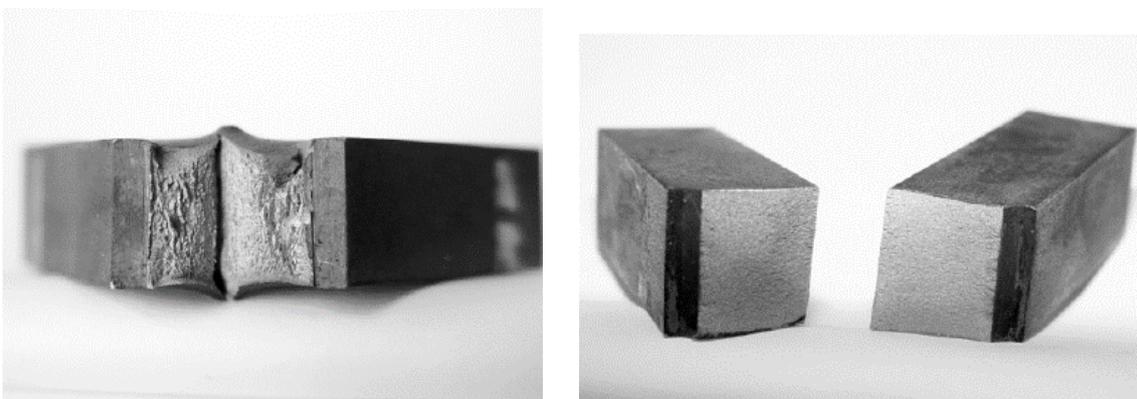


Abbildung 2.3-3 links (zäher) Verformungsbruch, rechts (spröder) Spröd- bzw. Trennbruch einer Kerbschlagbiegeprobe [Werkstofftechnik, Seidel]

Obwohl der Sprödbruch makroskopisch verformungslos ist, setzt seine Entstehung mikroskopisch plastische Verformbarkeit voraus (Mikroplastizität). Die Bewegung von Versetzungen in einem Korn führt zwangsläufig zu einem Versetzungsaufstau vor Hindernissen, z. B. Korngrenzen oder anderweitigen Einschlüssen. Dadurch, ggf. auch durch das Zusammenwirken

mit einem weiteren Versetzungstau, entsteht ein Spannungsfeld. Ist die Spannung groß genug, so wird in einem Nachbarkorn oder in einem spröden nichtmetallischen Einschluss ein Mikroriss erzeugt. Für die Ausbreitung des Mikrorisses im nächsten Korn ist, ebenso wie für seine Entstehung hinter einer Korngrenze (= Hindernis), eine bestimmte Ausrichtung des Gitters dieses Kornes erforderlich. Damit ist die Wahrscheinlichkeit von Spaltbrüchen von der Gitterstruktur des Werkstoffes abhängig. Insbesondere Keramiken weisen ein ausgeprägt sprödes Bruchverhalten auf, in Abbildung 2.3-4 sind Trennbrüche an Keramikproben dargestellt.



Abbildung 2.3-4 Trenn- bzw. Sprödbrüche an keramischen Werkstoffen (vgl. Abbildung 2.3-3, rechts)

Die Zähigkeit bzw. Sprödigkeit von Stoffen ist in der Regel stark von der Temperatur und unter anderem von der Belastungsgeschwindigkeit anhängig. Hierbei anzumerken wäre, dass die Exponate alle bei Raumtemperatur unterschiedliche Zähigkeit bzw. Sprödigkeit aufweisen.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was bedeutet spröde?
- Was bedeutet duktil?
- Was ist der Unterschied zwischen Duktilität und Sprödigkeit?
- Welche Werkstoffe sind Ihrer Ansicht nach spröde? Welche Duktil?
- Welche äußeren Einflüsse bestimmen das Bruchverhalten von Stoffen?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Wenn während der Vorlesung eine Tasse zerschlagen wird, ist darauf zu achten, dass der Dozent eine Schutzbrille trägt, da beim zerschlagen Splitter entstehen können. Zusätzlich sollte die Tasse nicht in nächster Nähe von Studierenden zerschlagen werden. Ggf. sind alle Studierenden mit einer Schutzbrille auszurüsten.

Quellen

- Werkstoffkunde - Hans-Jürgen Bargel, Günter Schulze (Hrsg.), Springer, ISBN: 978-3540792963
- Werkstofftechnik für Wirtschaftsingenieure, Springer, ISBN 978-3-642-36591-1
- Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel und Frank Hahn, 9. Überarbeitete Auflage, Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-43134-8

Themengebiet

2 Metalle 2.1 Darstellung unterschiedlicher Elastizitätsmoduln

Versuchsziel:

Anschauliche Darstellung des Elastizitätsmoduls

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung	5 min
🕒 Vorbereitung	10 min

Ausrüstung/Geräte:

- Schraubstock zur Befestigung
- Ggf. Lasche zur Befestigung am Tisch
- Tischschoner
- Verbundene Metallstreifen
- 5 Gewichte mit je 200 g (Laborbedarf)



Abbildung 3.1-1: Benötigte Materialien

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld nötig.

Aufbau:

Der Schraubstock ist durch die Lasche am Tisch zu befestigen. Um den Tisch nicht zu beschädigen ist zwischen Lasche und Tisch ein Tischschoner zu verwenden. In den Schraubstock wird der Versuchskörper mit den verbundenen Metallstreifen eingespannt.

Durchführung:

Bei der Durchführung des Versuchs werden die einzelnen Streifen mit jeweils einem 200 g Gewicht belastet. Die Gewichte können in den vorderen Bohrungen eingehängt werden. Um die unterschiedlichen Biegungen vergleichen zu können, sind alle Metallstreifen gleichzeitig zu belasten.

Theorie und Auswertung:

Der Elastizitätsmodul ist ein Materialkennwert, welcher den Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung bei linear-elastischem Verhalten beschreibt. Der Elastizitätsmodul ist umso größer, je mehr Widerstand ein Material seiner elastischen Verformung entgegensetzt. In Abbildung 3.1-2 ist die Durchbiegung geometrisch gleichartiger Metallstreifen von verschiedenen Stoffen unter derselben Last veranschaulicht.

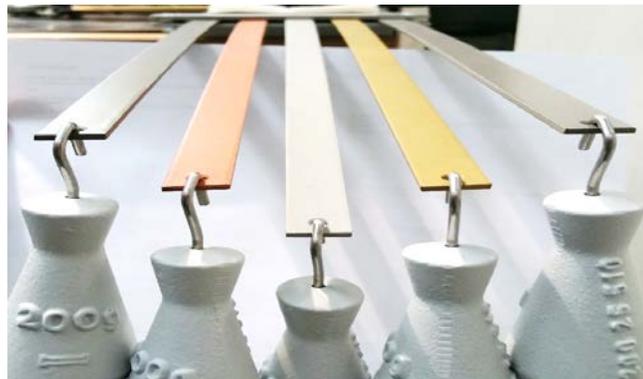


Abbildung 3.1-2 Durchbiegung verschiedener Materialien jeweils unter der Last von 200 g (v.l.n.r. Stahl, Kupfer, Aluminium, Messing und Edelstahl)

Die vorhandenen Materialien haben folgende Elastizitätsmodule.

- Aluminium: 70.000 MPa
- Messing: 78.000 – 123.000 MPa
- Kupfer: 100.000 – 130.000 MPa
- Stahl: 210.000 MPa
- Edelstahl: ca. 210.000 MPa

Aluminium besitzt unter den Exponaten die größte Nachgiebigkeit (Kehrwert der Steifigkeit). Stahl bzw. Edelstahl die geringste. Kupfer und Messing befinden sich dazwischen.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was ist der Elastizitätsmodul?
- Was beschreibt der Elastizitätsmodul?
- Ordnen Sie den Elastizitätsmodul folgender Materialien: Aluminium, Kupfer, Messing, Stahl, Edelstahl?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Für diesen Versuch sind die allgemeinen Sicherheitsbedingungen für die Verwendung von Schraubstöcken zu beachten.

Quellen

- Werkstoffkunde - Hans-Jürgen Bargel, Günter Schulze (Hrsg.), Springer, ISBN: 978-3540792963

Themengebiet

2 Metalle 2.2 Bimetalle

Versuchsziel:

Die thermische Ausdehnung sowie die praktische Anwendung von Bimetallen werden dargestellt.

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

15 min

🕒 Vorbereitung

-

Ausrüstung/Geräte:

- Zange (Werkstatt- bzw. Laborbedarf)
- Heißluftfön (Werkstatt- bzw. Laborbedarf)
- Bimetall Streifen (Exponat, handelsüblich)
- Selbst gefertigte Bimetalle
(Stahl – Messing, Stahl – Kupfer, Stahl – Aluminium)
(verklebte Metallblechstreifen verschiedener Stoffpaarungen)



Abbildung 2.2-1: Benötigte Materialien

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld nötig.

Aufbau:

Die manuell erzeugten Bimetalle werden nebeneinander auf den Tisch gelegt mit der Stahlseite nach unten. Der Heißluftfön ist auf Stufe 4-5 einzustellen.

Durchführung:

Zuerst wird das fertige Bimetall mit der Zange gehalten und erwärmt, um den Effekt zu zeigen. Anschließend werden die auf dem Tisch liegenden Bimetalle gleichmäßig erwärmt um den Effekt von unterschiedlich gepaarten Materialien zu zeigen.

Es ist darauf zu achten, dass die Metalle nicht über 90°C erwärmt werden, da sich sonst die Klebestelle lösen kann. Der Heißluftfön erreicht Temperaturen über 500°C. Die Metallstreifen müssen nach dem Versuch zuerst abkühlen bevor diese angefasst werden können.

Theorie und Auswertung:

Stoffe dehnen sich im Allgemeinen bei Erwärmung aus. Der Ausdehnungskoeffizient ist dabei vom Material abhängig. Aluminium besitzt von den betrachteten Materialien den höchsten Wärmeausdehnungskoeffizienten, gefolgt von Messing, Kupfer und schließlich Baustahl. Werden zwei Metallstreifen mit unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten verbunden, dehnt sich ein Metall bei Erwärmung stärker aus und der gesamte Streifen biegt sich durch. Aluminium besitzt somit die größte Biegung, gefolgt von Messing und Kupfer. Dies funktioniert jedoch nur wenn die einzelnen Streifen dünn sind. Je dicker die verbundenen Streifen sind, umso stärker ist der Einfluss des E-Moduls. Dies kann dazu führen das das Material mit der größeren Ausdehnung nicht genügend Kraft aufbringt um das gepaarte Material zu verformen. In diesem Fall entsteht keine Biegung.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was passiert mit Metall wenn dieses erwärmt wird?
(Optional kann hierfür der fertige Bimetall Streifen erwärmt werden, sodass dieser nach sich verbiegt)
- Was ist die wichtigste Größe für die Ausdehnung von Metallen?
- Ist diese Größe bei allen Metallen gleich?
- Was passiert wenn man unterschiedliche Metalle verbindet und erwärmt?
- Was passiert wenn die Dicke der Metallstreifen variiert wird?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Hitze:

Bei dem genannten Heißluftföhn handelt es sich nicht um einen Haar Föhn. Das verwendete Gerät erzeugt einen Heißluftstrom mit bis 600°C. Es sind schlimmste Verbrennungen möglich bei unsachgemäßem Gebrauch. Auch nach Abschalten des Föhns, ist die Metallspitze noch sehr heiß. Verbrennungen sind möglich.

Im Vorfeld ist die Umgebung auf leicht entzündliche Gegenstände oder Flüssigkeiten zu untersuchen und diese ggf. wegzuräumen. Nach dem Einschalten ist der Heißluftstrom ständig in einen ungefährdeten Bereich des Raumes, das heißt nicht in Richtung Menschen oder Gefahrgut, zu halten.

Quellen

- -

Themengebiet

2 Metalle 2.3 Einfluss der Gefügestruktur auf das mechanische Verhalten von Stählen

Versuchsziel:

Der Einfluss der Kaltverfestigung von Eisenmetallen wird dargestellt

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung	20 min
🕒 Vorbereitung	10 min

Ausrüstung/Geräte:

- Büroklammern (handelsüblich)
- Stücke Blumenbindedraht mit ca. 80 mm Länge (handelsüblich)
- Seitenschneider



Abbildung 2.3-1: Benötigte Materialien

Vorbereitung:

Blumenbindedrahtstücke mit einer Länge von 80 mm zuschneiden. Der Versuch kann vorzugsweise im gesamten Kurs durchgeführt werden. Die Anzahl der Proben ist daher von der Anzahl der Studenten abhängig.

Aufbau:

Kein Aufbau nötig.

Durchführung:

Jede/r Student/in bekommt eine Büroklammer und ein Stück Blumenbindedraht. Jede/r Student/in soll dabei zuerst die Büroklammer solange biegen bis diese bricht. Nach dem Bruch sind die Stücke an die Lippe zu führen um zu untersuchen ob diese erwärmt wurden. Anschließend sollen die Studierenden den gleichen Versuch mit dem Blumenbindedraht durchführen. Auch hier gilt es wiederum zu testen ob diese erwärmt wurden.

Theorie und Auswertung:

Die Büroklammer besteht aus vergütetem Stahl und hat somit ein homogenes Kristallgittergefüge. Durch das ständige Biegen entstehen Kaltverfestigungen. Diese sind auf Versetzungen im Gefüge zurück zu führen welches sich beim Kaltumformen bilden. Bei jedem Biegen entstehen neue Versetzungen und somit neue Kaltverfestigungen.

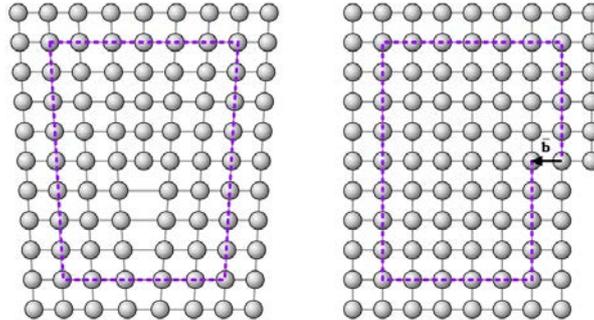


Abbildung 2.3-2 Versetzungen in der Gitterstruktur mit Burger-Vektor [Quelle Wikipedia]

Wenn Versetzungen auf Gitterfehler oder weitere Versetzungen stoßen können sich diese aufstauen. Der Draht der Büroklammer wird somit lokal immer fester und steifer. Die entstehende Spannung im Werkstoff, wird an diesen Stellen mit jeder weiteren Versetzung erhöht. Sobald die Versetzungen ein Maximum erreicht haben und die Gitterstruktur nicht mehr weiter verschoben werden kann, bricht die Büroklammer. Durch das ständige Ausbilden neuer Versetzungen wird dem Werkstoff Energie zugeführt, die Büroklammer wird dadurch an der Biegestelle wärmer. Beim Blumenbindedraht finden genau die gleichen Vorgänge statt. Der Unterschied besteht nur darin, dass das Kristallgefüge des Blumenbindedrahtes eine höhere Homogenität aufweist als die Büroklammer und somit wesentlich mehr Versetzungen ausbilden kann. Dies ist auch der Hintergrund für die höhere Zähigkeit des Blumenbindedrahtes.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was ist Zähigkeit?
- Wie zeigt sich eine hohe Zähigkeit?
- Was ist der Unterschied zwischen Zähigkeit und Härte?
- Wie kann bei zwei vorhandenen Materialien ermittelt werden, welcher eine größere Zähigkeit besitzt?

Themenähnliche Versuche

- 2.9 Stahl mit unterschiedlichem Gefüge (hart und zäh)

Sicherheitshinweise

- -

Quellen

- Werkstoffkunde - Hans-Jürgen Bargel, Günter Schulze (Hrsg.), Springer, ISBN: 978-3540792963
- Freie Enzyklopädie Wikipedia.de, Zugriff am 15.11.2014 unter: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Burgers_vektor.svg

Themengebiet

2 Metalle 2.4 Schmelzen von Wood'schem Metall bei 70°C

Versuchsziel:

Darstellung des Schmelzverhaltens einer niedrigschmelzenden eutektischen Legierung (Wood'sche Legierung)

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

10 min

🕒 Vorbereitung

5 min

Ausrüstung/Geräte:

- Wasserkocher (vorzugsweise mit ½ Liter Fassungsvermögen)
- Wood'sche Legierung
- Rohrzange (handelsüblich)
- Becherglas (Laborbedarf)
- Handschuhe
- Evtl. Thermometer



Abbildung 2.4-1 Ausrüstung und Geräte

Vorbereitung:

Die Vorbereitung dieses Versuches begrenzt sich auf die Vorlesung. Im weiteren Vorfeld sind keine Vorbereitungen zu treffen.

Während der Vorlesung sollte der Wasserkocher befüllt und das Wasser zum Kochen gebracht werden. Die Zeit ist geräteabhängig und sollte einmal im Vorfeld für das entsprechende Gerät ermittelt werden.

Aufbau:

Den Wasserkocher befüllen und an eine Steckdose anschließen. Das Becherglas, ein Stück der Wood-Legierung und eine Rohrzange bereitlegen. Der Handschuh dient dem Handling des später heißen Becherglases.

Durchführung:

Das Wasser zum Kochen bringen und in das Becherglas füllen. Die Wood-Legierung mit der Zange fassen und in das heiße Wasser halten. Wenige Sekunden warten. Die Woodlegierung beginnt zu schmelzen und tropft im Wasser auf den Becherboden.

Hier kann zur Verdeutlichung der niedrigen Temperatur noch wahlweise das Thermometer in das Wasser gehalten werden.

Es sollte darauf geachtet werden, nicht zu lange nach aufkochen des Wassers mit dem Versuch zu beginnen, da eine Temperatur höher 70°C erforderlich ist um die Legierung zu schmelzen. Des Weiteren schmilzt die Legierung bei einer höheren Wassertemperatur schneller. Nach dem Versuch ist es ratsam das Becherglas schräg abzustellen und dabei die Legierung abkühlen zu lassen. Dadurch wird ein leichteres Herauslösen des Metalls aus dem Becherglas, nach dem Versuch ermöglicht.

Theorie und Auswertung:

Woodsche Legierung besteht aus:

- 50 Gew.-% Bi (Bismut)
- 25 Gew.-% Pb (Blei)
- 12,5 Gew.-% Cd (Cadmium)
- 12,5 Gew.-% Sn (Zinn)

Die Schmelzpunkte der einzelnen Metalle liegen bei:

- Bismut: 271,4 °C
- Blei: 327,5 °C
- Cadmium: 321,1 °C
- Zinn: 231,9 °C

Das Wood'sche Metall, Woodmetall oder auch Wood'sche Legierung (engl. Wood's metal) ist eine Legierung in der Nähe des quaternären Eutektikums, welche in der oben genannten Zusammensetzung bereits bei etwa 70 °C schmilzt. Damit genügt bereits heißes Wasser, um sie zu schmelzen.

Ein Eutektikum hat im Allgemeinen den niedrigsten Schmelzpunkt aller Mischungen aus denselben stofflichen Bestandteilen. Beim Erstarren scheiden sich gleichzeitig alle Bestandteile in sehr feinen Kristallen ab, es entsteht ein feines und gleichmäßiges Gefüge i.d.R. mit charakteristischer lamellarer Struktur auf.

(Quelle für obigen Text: www.chemie.de)

Verwendung

Woodsches Metall wird wegen seines niedrigen Schmelzpunktes als Schmelzsicherung für Sprinkleranlagen oder elektrische Sicherungen genutzt. In Laboratorien wird es zudem für Heizbäder (sogenannte Metallbäder) verwendet. (Quelle für obigen Text: Wikipedia.de)

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Bei wie viel Grad schmilzt Metall? (absichtlich offene Frage)
- Kann der Schmelzpunkt von Metallen beeinflusst werden? Wenn ja, wie?
- Wir haben vier Metalle in dieser Legierung, mit vier verschiedenen Schmelzpunkten (alle einzelnen Schmelzpunkte aufzeigen), bei wie viel Grad schmilzt die?
A: 70°C B: 150°C C: 300°C D: 600°C

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweis:

Kochendes Wasser hat eine Temperatur von ca. 100°C. Bereits bei diesen Temperaturen können schlimme Verbrennungen entstehen. Besondere Vorsicht ist daher beim Transport des heißen Wassers geboten.

Quellen

- Onlineportal Chemie.de zum Thema Woodsches Metall, Zugriff am 15.11.2014 unter: http://www.chemie.de/lexikon/Woodsches_Metall.html
- Freie Enzyklopädie Wikipedia.de, zum Thema Wood'sches Metall, Zugriff am 15.11.2014 unter: http://de.wikipedia.org/wiki/Woodsches_Metall

Themengebiet

2 Metalle 2.5 Korrosion von Eisenmetallen

Versuchsziel:

Darstellung von Korrosion bei Eisenmetallen

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung	30 min
🕒 Vorbereitung	15 min

Ausrüstung/Geräte:

- Rundmaterial (Stahl oder Gusseisen)
- Becherglas (Laborbedarf)
- Pipette (Laborbedarf)



Abbildung 2.5-1: Benötigte Materialien

Vorbereitung:

Eine im Vorfeld vorhandene Rostschicht muss vor dem Versuch abgeschliffen werden. Für den Versuch wird eine blanke Oberfläche benötigt.

Aufbau:

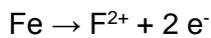
Kein Aufbau nötig.

Durchführung:

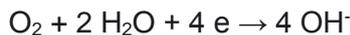
Das Becherglas wird halb mit Wasser gefüllt und dient als Wasservorrat für die Pipette. Das Rundmaterial wird zur Veranschaulichung unter den Visualizer gelegt. Für den Versuch wird die gesamte Oberfläche mit Wasser bedeckt (nur ein dünner Wasserfilm). Anschließende Wartezeit ca. 20 - 30 min. Die Wartezeit ist von der Dicke des Wasserfilms abhängig. Umso dicker der Wasserfilm umso länger die Wartezeit und umso besser die entstehende Rostschicht.

Theorie und Auswertung:

Korrosion ist die chemische, elektrochemische bzw. physikalische Reaktion von Metallen mit der Umgebung, durch welche die Werkstoffeigenschaften beeinträchtigt werden. Bei der Korrosion von Eisen und Stahl handelt es sich um die sogenannte Sauerstoffkorrosion. Die Reaktion an der Anode kann wie folgt dargestellt werden.



An der Kathode wird bei der Sauerstoffkorrosion der vom Elektrolyten aus der Luft aufgenommene Sauerstoff abgebaut.



Durch die Anodenreaktion gelangen Fe^{2+} - Ionen in den Elektrolyten (Wasser), die durch ihre nochmalige Oxidation die Elektronen für die folgende Sauerstoffreaktion liefern.



Über das Zwischenstadium $\text{Fe}(\text{OH})_3$ entsteht der unlösliche Rost durch Abspalten von Wasser:



Rost

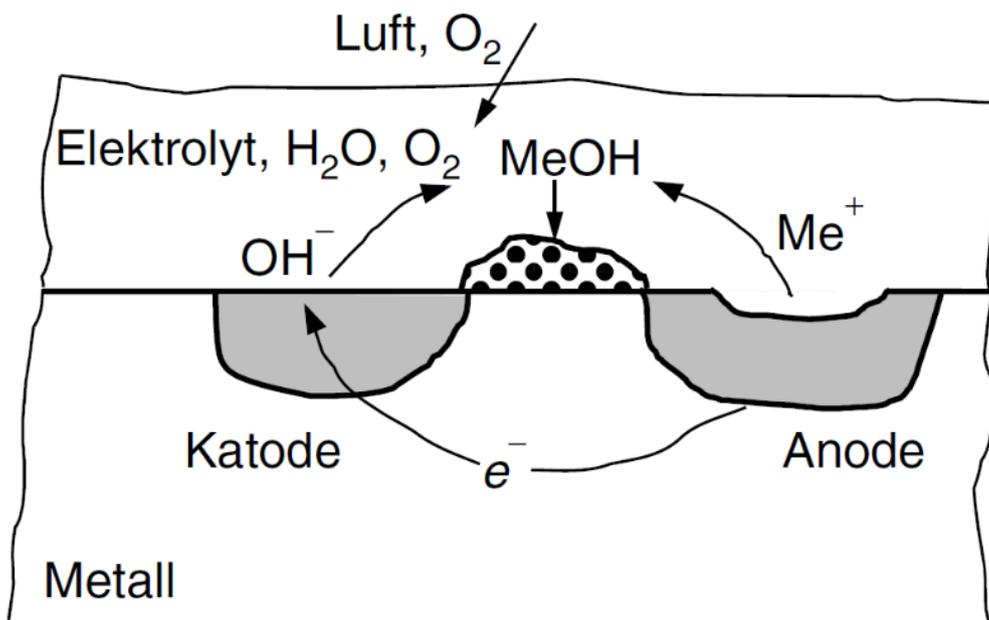


Abbildung 2.5-2: Rostvorgang (Sauerstoffkorrosion) schematisch dargestellt [Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel]

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was ist Korrosion? (Stichwort: Oxidation)
- Woher kennen Sie den Begriff Korrosion?
- Kennen Sie noch weitere Beispiele für Korrosion?
- Wie lässt sich Korrosion verhindern?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

- -

Quellen

- Werkstoffkunde - Hans-Jürgen Bargel, Günter Schulze (Hrsg.), Springer, ISBN: 978-3-540-79296-3
- Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel und Frank Hahn, 9. Überarbeitete Auflage, Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-43134-8

Themengebiet

2 Metalle 2.6 Anlauffarben bei Stahl

Versuchsziel:

Darstellung von Anlauffarben auf Eisenmetallen in Hinsicht auf die chemischen und optischen Phänomene

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

5-10 min

🕒 Vorbereitung

1 h

Ausrüstung/Geräte:

- CrNi-Stahlblech (1.4301; X5CrNi18-10 (DIN EN 10088-1))
- Gasbrenner (Werkstattbedarf)
- Rohrzange (Werkstattbedarf)
- Kühlwasser
- Beize (nur bei der Vorbereitung)
- Beizpinsel (nur bei der Vorbereitung)
- Lederhandschuhe (Werkstattbedarf)
- Schutzbrille (Laborbedarf)



Abbildung 2.6-1 Ausrüstung und Geräte

Vorbereitung:

Die Stahlbleche müssen im Vorfeld von Anlauffarben gereinigt werden. Dazu wird die Beize unter Schutzvorkehrungen (Handschuhe, Schutzbrille) auf das Blech aufgetragen. Nach einer halben Stunde Einwirkzeit kann die Beize abgewaschen werden. Mit der Beize sollten die Anlauffarben „abgewaschen“ werden. Ist dies nicht der Fall, ist der Vorgang zu wiederholen.

Sonstige Vorbereitungen sind nach Zusammenstellen der benötigten Utensilien nicht nötig.

Aufbau:



Abbildung 2.6-2 Versuchsaufbau

Durchführung:

Die Zange und das Blech so bereit legen, dass diese gut mit Handschuhen griffbereit liegen. Im Anschluss sollte die persönliche Schutzausrüstung angelegt werden. Danach kann der Gasbrenner entzündet werden.

Nach entzünden des Gasbrenners greift man das Blech mit Hilfe der Rohrzanze am einen Ende. Der Gasbrenner ist mit dem heißesten Punkt der Flamme an das Blech zu halten. Leichte Bewegungen um das Blech langsam und zu gleich großflächiger zu erwärmen sind sinnvoll. Hierbei sollen möglichst große Abschnitte der einzelnen Anlauffarben entstehen um diese deutlicher sichtbar zu machen.

Innerhalb einer Minute sind die Anlauffarben sehr gut sichtbar.



Abbildung 2.6-3 Versuchsdurchführung mit sichtbaren Anlauffarben in der Wärmeeinflußzone

Das Blech ist anschließend in einem Wasserbad oder unter fließendem Wasser abzukühlen.

Theorie und Auswertung:

Anlassfarben entstehen durch dünne transparente Oxidschichten, die durch Weißlichtinterferenz zu Farbeffekten führen. Die Farben sind unabhängig vom Material, können aber oft charakteristisch sein.

Die natürliche Oxidschicht ist sehr dünn und transparent. Durch die Erhitzung können die Sauerstoffatome tiefer in das Material eindringen. Je wärmer das Material, desto tiefer die Oxidschicht. Die Oxidschichten können in eine Tiefe von bis zu 300nm vordringen. Je nach Tiefe der Oxidschichten wird das polychromatische Weißlicht gebrochen und mit Gang-unterschieden wieder überlagert (Interferenz). Dadurch entstehen die Farberscheinungen.

Es sind auf dem Blech deutliche Anlassfarben zu sehen. Hin zum heißesten Punkt des Bleches werden die Farben immer bläulicher. Anhand der Farbskala von unten kann nun bestimmt werden was für eine Temperatur in den einzelnen Bereichen herrschte.

Anlaßfarben		Anlaß- temp. °C
Für unlegierten Werkzeugstahl		
Weißgelb		200
Strohgelb		220
Goldgelb		230
Gelbbraun		240
Braunrot		250
Rot		260
Purpurrot		270
Violett		280
Dunkelblau		290
Kornblumenblau		300
Hellblau		320
Blaugrau		340
Grau		360

Abbildung 3.6-4 Anlassfarben für unlegierten Werkzeugstahl

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Kann Edelstahl rosten? Ja, durch Erwärmung → Zerstören der Passivschicht → Lochkorrosion
- Was passiert wenn man ein Edelstahlblech bis zu 400°C erhitzt
- Sind die Anlassfarben Rost?
- (Bild von Metall mit Anlassfarben zeigen) Was seht ihr auf diesem Stück Metall?
- Wie entstehen Anlassfarben?
- Wer hat schon einmal geschweißt und dabei die Farben beobachtet? Was habt ihr mit den entstanden Farben gemacht?
- Was passiert in der Wärmeeinflusszone beim Schweißen und warum?
- Warum ist ein Auspuffkrümmer beim Motorrad bunt?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Hitze:

Der Gasbrenner hat eine Flammtemperatur von ca. 1300°C.

Es besteht höchste Verbrennungsgefahr.

Im Vorfeld ist die Umgebung auf leicht entzündliche Gegenstände oder Flüssigkeiten zu untersuchen und diese ggf. wegzuräumen. Nach dem Entzünden ist die Flammrichtung ständig in einen ungefährdeten Bereich des Raumes, das heißt abgewandt von Menschen oder Gefahrgut, zu halten.

Beize:

Die Beizpaste ist einzustufen als: C ätzend.

Besondere Gefahrenhinweise für Mensch und Umwelt:

Das Produkt ist kennzeichnungspflichtig auf Grund des Berechnungsverfahrens der „Allgemeinen Einstufungsrichtlinien für Zubereitung der EG“ in der letztgültigen Fassung.

R20/21/22 Gesundheitsschädlich beim Einatmen, Verschlucken und Berührungen mit der Haut.

R35 Verursacht schwere Verätzungen

R37 Reizt der Atmungsorgane

Quellen

- Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel und Frank Hahn, 9. Überarbeitete Auflage, Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-43134-8
- Website Powerboxer.de, Zugriff am 15.11.2014 unter:
<http://www.powerboxer.de/oberflaechenkunde/478-anlauffarben>
- Website Spektrum.de, Zugriff am 15.11.2014 unter:
<http://www.spektrum.de/lexikon/geowissenschaften/anlauffarben/731>

Themengebiet

2 Metalle 2.7 Superelastizität und thermischer Formgedächtniseffekt von Formgedächtnislegierungen

Versuchsziel:

Superelastizität und thermischer Formgedächtniseffekt der Formgedächtnislegierung werden dargestellt.

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 10 min
🕒 Vorbereitung 3 min

Ausrüstung/Geräte:

- Formgedächtnismetalle (verschiedene Exponate)
- Zange (Werkstattbedarf)
- Heißluftfön (Werkstattbedarf)
- Visualizer



Abbildung 2.7-1: Benötigte Ausrüstung

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld von Nöten

Aufbau:

Zur besseren Darstellung wird ein Visualizer benötigt. Für die biegbare Büroklammer sollten die Zange sowie der Heißluftfön zur Verfügung stehen. Am Heißluftfön ist die Stufe 5 einzustellen.

Durchführung:

Zu Beginn wird der Golfspieler durch das dünne Rohr gezogen. Dieser Versuch ist langsam unter dem Visualizer durchzuführen. Im zweiten Versuch wird ein/e Student/in gebeten die nicht-biegbare Büroklammer zu verbiegen. Hier ist speziell darauf hinzuweisen, dass zum Verbiegen nur eine moderate Kraft verwendet wird um die Legierung nicht zu zerstören. Im dritten

Versuch wird wiederum ein/e Student/in darum gebeten, die biegbare Büroklammer zu verbiegen. Auch hier darf nicht zu viel Kraft angewendet werden. Der Dozent hält die deformierte Büroklammer nun mit der Zange unter den Visualizer und verwendet den Heißluftfön um diese in die Ausgangsform zu bringen.

Theorie und Auswertung:

Während bei herkömmlichen Metallen Phasenumwandlungen irreversibel sind, haben Formgedächtnislegierungen (FGL) die Fähigkeit der reversiblen Phasenumwandlung. Die Phase, in der sich die Formgedächtnislegierung befindet, ist von der Temperatur abhängig. Bei niedrigen Temperaturen liegt Martensit vor, bei hohen Temperaturen Austenit. Der Übergang zwischen beiden Phasen ist eine Hysterese behaftete Funktion der Temperatur. In der Niedrigtemperaturphase ist die Formgedächtnislegierung relativ leicht verformbar.

Es ist möglich, mechanische Verformungen von Formgedächtnislegierungen in der Niedrigtemperaturphase durch Wärmezufuhr rückgängig zu machen. Das Material erinnert sich an seine ursprüngliche Form, dabei sind Dehnungen von bis zu 8 % möglich. Allerdings bewirkt ein Abkühlen eines Materials mit Einwegeffekt nicht, dass die FGL wieder den verformten Zustand annimmt. Deshalb ist eine auf die FGL wirkende Vorspannkraft erforderlich, um eine Verformung während des Abkühlens zu erreichen.

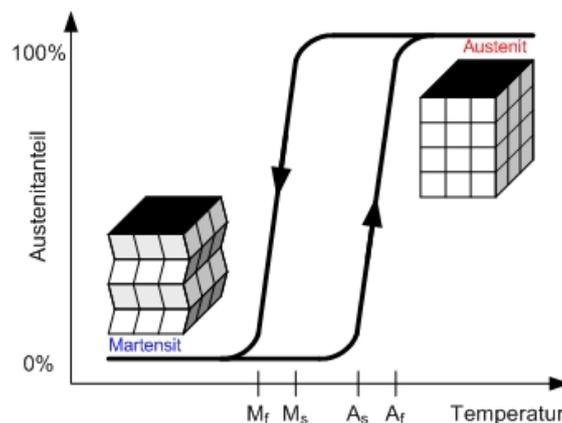


Abbildung 2.7-2: Temperaturhysterese bei Formgedächtnislegierungen

Arbeitet das Material bei der Rückverformung gegen eine Last, können sehr hohe Kräfte mit nur gering eingesetzten Materialmengen erzeugt werden. Die Formgebung von FGL-Aktoren ist flexibel, verbreitet sind Drähte und Schraubenfedern. Dieses einzigartige Verhalten ermöglicht den bauraumsparenden Ersatz etablierter Lösungen sowie völlig neuartige Aktoren.

Es werden drei Effekte von Formgedächtnislegierungen unterschieden:

- Thermal Memory Effect (One-Way Effect), bei biegsamer Büroklammer vorhanden
- Two-Way Effect
- Superelasticity, bei Golfspieler und nicht-biegsamer Büroklammer vorhanden

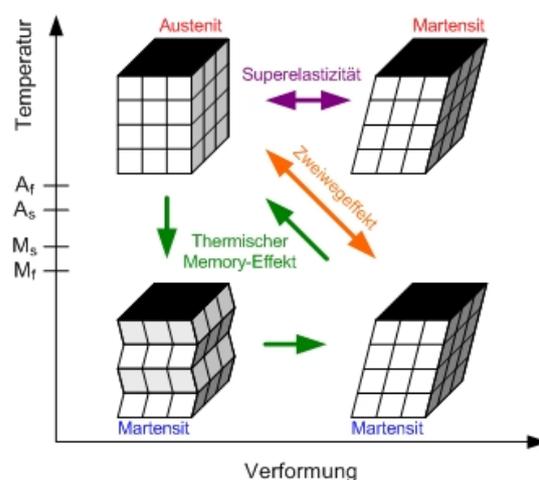


Abbildung 2.7-3: Effekte von Formgedächtnislegierungen

Der thermische Memory-Effekt ist eine intrinsische Eigenschaft von Formgedächtnislegierungen. Nach einer mechanischen Verformung unterhalb der Martensit-Start-Temperatur kehrt die FGL durch Erwärmung wieder in seine Ursprungsform zurück und es findet eine Phasenumwandlung in die Austenitphase statt. Nach dem Abkühlen und der Phasenumwandlung in die Martensitphase bleibt diese Form bis zur erneuten Verformung erhalten.

Der Zweivegeeffekt von Formgedächtnislegierungen ist dagegen eine "anerzogene" Eigenschaft. Eine entsprechend trainierte FGL kann sowohl beim Erwärmen als auch beim Abkühlen jeweils eine definierte Form annehmen.

Der Effekt der Superelastizität findet oberhalb der Austenit-End-Temperatur statt. Durch äußere mechanische Spannung findet eine martensitische Phasenumwandlung statt. Bei Nachlassen der Spannung entsteht wieder Austenit. Dadurch ist eine starke elastische Verformung ohne Temperaturänderung möglich.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Ist Ihnen der Begriff Formgedächtnislegierung bekannt?
- Was passiert wenn spezielle Titan-Nickel Legierungen verformt werden?
- Was ist eine Formgedächtnislegierung?
- Nennen Sie ein Beispiel für eine Formgedächtnislegierung?

Themenähnliche Versuche

- Formerinnerung von Kunststoffen

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweis:

Hitze:

Bei dem genannten Heißluftföhn handelt es sich nicht um einen Haar Föhn. Das verwendete Gerät erzeugt einen Heißluftstrom mit bis zu 600°C. Es sind schlimmste Verbrennungen bei unsachgemäßem Gebrauch möglich. Auch nach Abschalten des Föhns, ist die Metallspitze noch sehr heiß. Verbrennungen sind möglich.

Im Vorfeld ist die Umgebung auf leicht entzündliche Gegenstände oder Flüssigkeiten zu untersuchen und diese ggf. wegzuräumen. Nach dem Einschalten ist der Heißluftstrom ständig in einen ungefährdeten Bereich des Raumes, das heißt abgewandt von Menschen oder Gefahrgut, zu halten.

Quellen

- Theorie und Auswertung (Text und Abbildungen):
Universität Paderborn, Forschungsbereich Aktorik, Sensorik, Piezo und Ultraschalltechnik, Dr.-Ing. Tobias Hemsel, Zugriff am 13.01.2015 unter:
<http://mb.uni-paderborn.de/mud/forschung/aktorik-sensorik-piezo-und-ultraschalltechnik/formgedaechtnisaktoren/>

Themengebiet

2 Metalle 2.8 Magnetismus unterschiedlicher Magnetwerkstoffe

Versuchsziel:

Verständnis über die Entstehung von Magnetismus und die unterschiedliche Wirkung verschiedener Magnetmaterialien (Magnet \neq Magnet)

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 5 min

🕒 Vorbereitung -

Ausrüstung/Geräte:

- Ferritmagnete
(Ringmagnet \varnothing 11,0 x 2,7 x 4,5 mm Y35 Ferrit - hält ca. 350 g, Ferrit)
- Neodym Magnete
(Ringmagnet \varnothing 10,0 x 4,0 x 5,0 mm N42 Nickel - hält ca. 2,2 kg, Neodym)
- Stahlblech
- Schraubzwinde (Werkstattbedarf)
- Stahlblechlaschen 2x
- Gewichtsteller (Laborbedarf)
- Schlitzgewichte (Laborbedarf)

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld nötig.

Aufbau:

Stahlblech mit Schraubzwinde am Wagen oder am Tisch befestigen. Einen Neodym-Magnet und einen Ferritmagnet unten an das Stahlblech heften. An jeden Magneten eine Stahlblechlasche heften. In Die Öse der Laschen je einen Gewichtsteller hängen. Die Schlitzgewichte auf dem Wagen oder Tisch bereitlegen.

Durchführung:

Parallel die verschiedenen Magnete mit gleichen Gewichten belasten bis der Ferritmagnet nicht mehr genug Haltekraft besitzt und sich ablöst.

Da der Ferritmagnet der Schwächere ist, wird sich dieser vor dem Neodym Magnet ablösen.



Abbildung 2.8-1 Aufbau mit Neodym-Magnet (links), Detailansicht des Magneten (rechts))

Theorie und Auswertung:

Wie kommt es zum Ferromagnetismus? Er hat seinen Ursprung darin, dass einzelne Atome mit nicht abgeschlossenen Elektronenschalen sich wie kleine Stabmagnete, also wie magnetische Dipole verhalten. Die „Stärke“ des atomaren Dipols bezeichnet man als magnetisches Moment des Atoms. Dieses magnetische Moment setzt sich aus zwei Beiträgen zusammen. Der eine stammt von der Eigendrehung der Elektronen, dem Spin. Der andere Beitrag wird durch die Bewegung der Elektronen um den Atomkern erzeugt, die häufig einen Bahndrehimpuls und damit auch ein magnetisches Moment aufweist. Deshalb unterscheidet man zwischen den magnetischen Spinmomenten und den magnetischen Bahnmomenten. Beide magnetischen Momente eines Atoms wechselwirken miteinander, sie sind aufgrund der Spin-Bahn-Wechselwirkung miteinander gekoppelt. Unter bestimmten Umständen koppeln auch die magnetischen Momente der einzelnen Atome miteinander und zeigen dann alle in die gleiche Richtung. Dies wird durch eine besondere Kraft, die Austauschwechselwirkung, hervorgerufen, die man mit den Gesetzen der Quantenmechanik erklären kann. Materialien, bei denen diese Ausrichtung auftritt, nennt man Ferromagnete, weil der Effekt zuerst beim Eisen (lateinisch: Ferrum) beobachtet wurde. Das makroskopische magnetische Moment, das für einen Festkörper charakteristisch ist, ergibt sich aus der vektoriellen Summe aller atomaren magnetischen Momente und wird Magnetisierung genannt.

(Quelle für obigen Text: www.weltderphysik.de)

Magnetwerkstoffe (auch Magnetische Werkstoffe) sind Materialien, die wegen ihrer magnetischen Eigenschaften technisch genutzt werden können. Die historisch gewachsene Unterscheidung stellt die Einteilung in weichmagnetische und hartmagnetische Materialien dar. Davon abgegrenzt gibt es natürlich auch noch Metalle und Metalllegierungen die ferromagnetische Eigenschaften haben, wie zum Beispiel Stähle, die aber wegen ihrer mechanischen Eigenschaften beispielsweise als Konstruktionswerkstoff Verwendung finden. Zum Anfang des 20. Jahrhunderts waren die weichmagnetischen Werkstoffe auch noch mechanisch weich, die Materialien, die gute Dauermagnete ergaben, eher mechanisch hart. Diese Regel gilt spätestens seit der Entwicklung der amorphen Metalle so nicht mehr.

(Quelle für obigen Text: www.uni-protokolle.de)

Grobeinteilung:

Weichmagnetische Werkstoffe sind gekennzeichnet durch eine leichte Magnetisierbarkeit, die sich in einer kleinen Koerzitivfeldstärke ausdrückt. Vereinfacht ausgedrückt, können kleinste äußere Magnetfelder die innere Ausrichtung der Elementarteilchen verändern. Dies geht bei bestimmten Werkstoffen und Teileformen so leicht, dass das Erdmagnetfeld zur kompletten Magnetisierung ausreicht.

Hartmagnetische Werkstoffe (Dauermagnete) besitzen sehr hohe Koerzitivfeldstärken, und setzen äußeren Magnetfeldern dementsprechend einen hohen Widerstand entgegen. Eine Ummagnetisierung (bzw. Entmagnetisierung) wird selbst mit starken äußeren Feldern nicht erreicht.

Die als gängiges Einteilungskriterium für magnetischen Werkstoffe verwendete Koerzitivfeldstärke H_c ist diejenige Feldstärke, bei der die von einer Aufmagnetisierung zurückgebliebene Induktion (Polarisation) wieder verschwindet. In einer Hystereseschleife stellt H_c den Durchgang durch die X-Achse (der Feldstärke H) dar. Die Koerzitivfeldstärke hängt weniger von dem Material selbst als mehr von Störungen im Material und der Abweichung von der Idealstruktur ab. Die Bandbreite bei H_c geht von 0,5 A/m bei extrem weichmagnetischen Werkstoffen bis

zu ca. 2.000.000 A/m bei den besten Dauermagneten. Die Grenze zwischen den beiden Materialgruppen liegt bei etwa 1.000 A/m.

Bei den weichmagnetischen Werkstoffen erreicht man optimale Eigenschaften, wenn die elementaren Magnetsierungsprozesse, Wandverschiebungen und Drehprozesse möglichst leicht und ungehemmt ablaufen. Für Dauermagnetwerkstoffe wird auf verschiedenen Wegen gerade das Gegenteil angestrebt. Durch Inhomogenitäten werden Wandverschiebungen behindert, durch Kristall- und Formanisotropien versucht man Drehprozesse zu behindern. Weitere Unterscheidungsmerkmale für magnetische Werkstoffe sind die Sättigungspolarisation (J_s), die Remanenz (B_r) die Permeabilität μ_r , die Verluste (p) sowie die Schleifenform der Hystereseschleife. Im Prinzip kann man alle diese Eigenschaften direkt oder indirekt von der Hystereseschleife ableiten.

(Quelle für obigen Text: www.chemie.de)

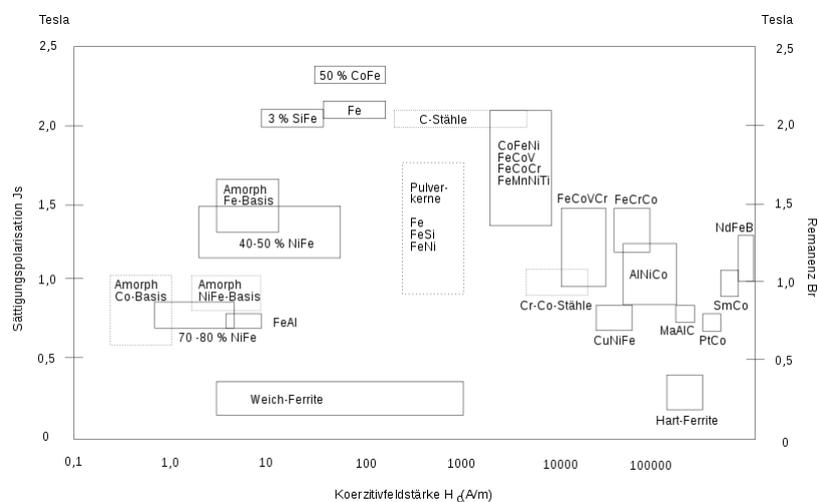


Abbildung 2.8-2 Einteilung verschiedener Magnetwerkstoffe anhand der Koerzitivfeldstärke

Neodym-Eisen-Bor (NdFeB) ist ein Magnetwerkstoff.

Aus Neodym, Eisen und Bor in der Zusammensetzung $Nd_2Fe_{14}B$ besteht der Werkstoff, aus dem gleichnamige Dauermagnete hergestellt werden. NdFeB-Magnete besitzen herausragende Eigenschaften als Dauermagnete: (Angaben bei Raumtemperatur)

- höchstes maximales Energieprodukt mit $(BH)_{max.} = 512 \text{ kJ/m}^3$
- Sättigungsmagnetisierung $J_S = 1,61 \text{ T}$
- hohe Koerzitivfeldstärken jH_c von 870 bis 2750 kA / m (je nach Mikrostruktur/Herstellungsprozess)
- Curietemperatur $T_C = 583 \text{ K}$

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Welcher der beiden Magnete hält mehr Last?
- Gibt es unterschiedliche Magnete?
- Woraus bestehen Magnete?
- Was ist ein Magnet?
- Wie viel Last hält ein Magnet dieser Größe? (Bewusst auf die Größe oder etwaige Größenunterschiede Hinweisen)?
A: 200g B: 500g C: 1000g D: 2000g

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Handhabung

Keine Eisenteile (Werkzeuge, Nägel, Messer etc.) in der Nähe der Magnete legen.

Magnete können zusammenknallen, kollidieren oder sich an andere Metallflächen anheften; sodass eventuell Splitter, Brüchigkeit entsteht.

Schutzbrille und Schutzhandschuhe tragen – um Augenverletzungen und Quetschungen zu verhindern!

Personen mit Herzschrittmachern dürfen sich keinen magnetischen Feldern aussetzen.

Elektronische Geräte und magnetische Datenträger sind von magnetischen Feldern fernzuhalten.

Magnete sollten nicht mechanisch bearbeitet, gesägt oder gebohrt werden.

Der entstehende Bohr/Magnetstaub ist äußerst entflammbar.

Alternativ können Magnete zur Befestigung verklebt / versenkt werden.

Halten Sie die Magnete von offener Hitze und Flamme fern!

Die Magnete sind mit einer dünnen Beschichtung (Nickel, Gold oder Zink) versehen, welche durch den übermäßigen Gebrauch abgetragen oder verändert werden kann.

Es wird empfohlen, AlNiCo-Magnete grundsätzlich nicht in direktem Kontakt mit Lebensmitteln zu verwenden, da sich in wasserhaltiger Umgebung Metallionen lösen können.

Erhöhte Vorsicht für Kinder

Neodym-Magnete gehören nicht in Kinderhände. Es besteht die Gefahr für Kinder, dass Sie mit den Magneten spielen, diese in Steckdosen stecken, verschlucken oder sich die Finger einquetschen!

Kinder unter 10 Jahren sollten sich auf keinen Fall mit Magnete beschäftigen.

Quellen

- Freie Enzyklopädie wikipedia.de zum Thema Koerzitivfeldstärke, Zugriff am 09.03.2015 unter: <http://de.wikipedia.org/wiki/Koerzitivfeldstärke>
- Website uni-protokolle.de zum Thema Magnetismus, Zugriff am 09.03.2015 unter: <http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/Magnetwerkstoffe.html>
- Onlineportal Chemie.de zum Thema Magnetwerkstoffe, Zugriff am 09.03.2015 unter: <http://www.chemie.de/lexikon/Magnetwerkstoffe.html>
- Onlineportal Welt der Physik zum Thema Magnetismus, Zugriff am 09.03.2015 unter: <http://www.weltderphysik.de/gebiete/stoffe/magnete/was-ist-magnetismus/>

Themengebiet

2 Metalle 2.9 Stahl mit unterschiedlichem Gefüge (hart und zäh)

Versuchsziel:

Der Einfluss der Wärmebehandlung von Stählen auf die Zähigkeit und Härte wird dargestellt.

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung

15 min

🕒 Vorbereitung

Ausrüstung/Geräte:

- Tischschröner
(hierfür kann auch eine Edelstahlplatte verwendet werden)
- Tischrraubstock
- ggf. Lasche zur Befestigung am Tisch
- Hammer (Werkstattbedarf)
- Säge (Werkstattbedarf)
- Stifte gehärtet (C45, 60mm lang, Ø 4 mm)
- Stifte normal (C45, 60mm lang, Ø 4 mm)



Abbildung 2.9-1: Benötigte Ausrüstung

Vorbereitung:

Das Grundmaterial kann in der Regel als Meterware beschafft werden. Die Stücke müssen anschließend in die passende Länge gesägt und entgratet werden. Die Hälfte der Stifte wird gehärtet (bei 840°C, 30 min lang). Als Abschreckmedium wird Wasser verwendet. Nach dem Härten können wahlweise alle Stifte gestrahlt oder geschliffen werden um eine gleiche Optik zu erzielen.

Aufbau:

Der Schraubstock ist an einem größeren Tisch zu befestigen. Um den Tisch nicht zu beschädigen sollte zwischen Schraubstock und Tisch ein Tischröner verwendet.

Durchführung:

Es wird zuerst ein/e Student/in ausgewählt. Diese/r darf dann entscheiden ob er/sie zum zerteilen des Stiftes den Hammer oder die Säge verwenden möchte. Anschließend ist zuerst der/die Student/in an der Reihe dann der Dozent. Zum Vergleich wird jeweils die Zeit, die zum Zerteilen benötigt wird gemessen. Gegebenenfalls ist ein Zeitlimit vorzugeben. Die Person mit der kürzeren Zeit gewinnt das Duell.

- Entscheidet sich der/die Student/in für den Hammer, bekommt der Dozent die Säge. Für das Duell werden die ungehärteten bzw. zähen Stifte verwendet.
- Entscheidet sich der/die Student/in für die Säge, bekommt der Dozent den Hammer. Für das Duell werden gehärtete Stifte verwendet.

Theorie und Auswertung:

Die normalen Stifte besitzen ein ferritisch-perlitisches Gefüge. Dadurch weisen diese eine hohe Zähigkeit und somit eine hohe Bruchdehnung auf. Eine Zerteilung ist somit nur mit der Säge sinnvoll da sich der Stift mit dem Hammer ohne Probleme biegen lässt. Die gehärteten Stifte besitzen durch das Abschrecken ein martensitisches Gefüge. Dieses zeichnet sich durch große Härte und Zugfestigkeit aus, besitzt aber nahezu keine Bruchdehnung. Das Zerteilen mit der Säge ist dadurch sehr mühsam. Im Vergleich ist durch das spröde Gefüge allerdings ein Hammerschlag ausreichend um den Stift zu zerteilen.

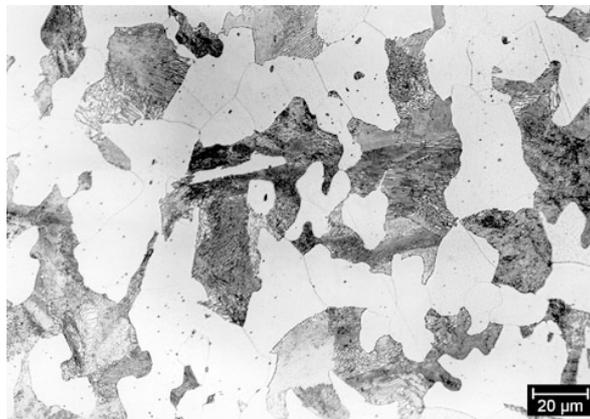


Abbildung 2.9-2: Untereutektoider Stahl (hier: 0,35 % C), perlitisch mit geringem ferritischem Anteil [Technologie der Werkstoffe, Jürgen Ruge, Helmut Wohlfahrt]

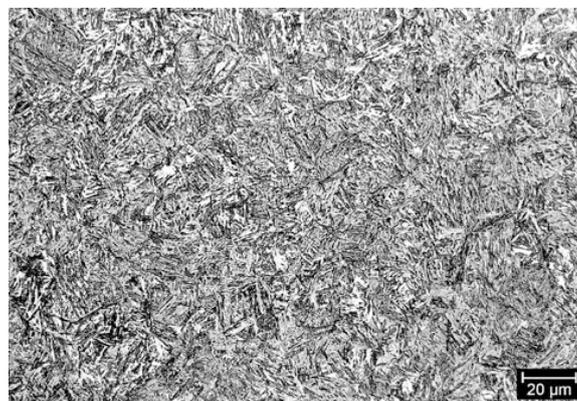


Abbildung 2.9-3: Martensit des Stahles C 45, Wärmebehandlung 1 h 850 °C, Wasserabschreckung, geätzt mit alkoh. HNO₃ [Technologie der Werkstoffe, Jürgen Ruge, Helmut Wohlfahrt]

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Wie lassen sich diese Stahlstifte zerteilen?
- Ist ein Hammer oder eine Säge besser geeignet?
- Wie kann das Zerteilen beeinflusst werden?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Für diesen Versuch gelten die allgemeinen Sicherheitsbestimmungen für die Verwendung von Hammer, Säge und Schraubstock. Bei der Verwendung des Hammers ist der/die Student/in ausdrücklich darauf hinzuweisen nur in Richtung der Tafel zu schlagen. Während des Versuchs darf sich in diesem Bereich auch keine Person aufhalten, da bei den gehärteten Stiften Splitter entstehen können.

Quellen

- Werkstoffkunde und Werkstoffprüfung – Wilhelm Domke, 10. Verbesserte Auflage, ISBN-13: 978-3590812208
- Technologie der Werkstoffe, Jürgen Ruge, Helmut Wohlfahrt, Springer Vieweg, ISBN: 978-3-658-01881-8 (eBook)

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.1 Versteifungseffekte von Elastomeren

Versuchsziel:

Erklärung der Makromolekülstruktur von Elastomeren

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 2 min

🕒 Vorbereitung -

Ausrüstung/Geräte:

- Einmachringe (handelsüblich)



Abbildung 3.1-1 handelsübliche Einkochringe

Vorbereitung:

Ein paar wenige Einmachringe aufschneiden welche als Exponate dienen sollen.

Aufbau:

Kein Aufbau im Vorfeld nötig.

Durchführung:

Den Einmachring in die Hand nehmen und dehnen. Die Kraft welche zur Dehnung des Einmachringes nötig ist, steigt mit steigender Dehnung überproportional an. Ab einer gewissen Dehnung ist keine weitere Dehnung mehr möglich. Streckt man den Einmachring noch weiter, so reißt es.

Theorie und Auswertung:

Die Makromoleküle sind bei Elastomeren nur an wenigen Knoten über Hauptvalenzbindungen miteinander vernetzt und liegen ansonsten in einem unstrukturierten Knäuel vor. Das erlaubt im Gegensatz zu den Duroplasten oberhalb der Glasübergangstemperatur T_g erhebliche gummielastische Verformungen. Die weitmaschige Vernetzung sorgt für die Rückverformung der Makromoleküle. Die Elastomere

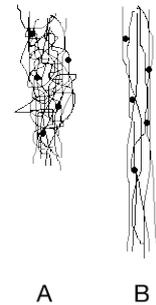
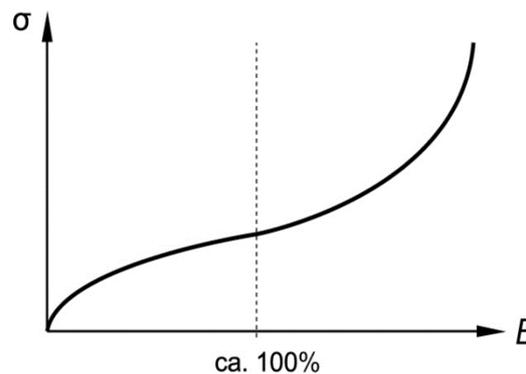


Abbildung 4.1-2 Polymerketten unbelastet (A) unter Belastung (B)

Abbildung 4.1-3 Nichtlinearer Zusammenhang zwischen Spannung und Dehnung

können so lange gestreckt werden, bis die unstrukturierten Makromoleküle gestreckt sind und eine weitere Dehnung durch die Vernetzungspunkte behindert wird. Ab hier steigt die Kraft und damit die Spannung, welche zur Dehnung notwendig ist überproportional an. Dehnt man hier noch weiter, zerstört man die Verbindungen an den Knotenpunkten und das Elastomer reißt.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was passiert wenn man ein Gummi dehnt?
- Nehmt dieses Einmachgummi in die Hand und dehnt es. Was fällt euch auf?
- Wie kommt der enorme Kraftanstieg bei steigender Dehnung zustande?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweis:

Sollten die Einmachringe zu stark gedehnt werden und reißen, besteht die Gefahr von geringfügigen Verletzungen. Es sollte besonders auf den Schutz der Augen geachtet werden.

Quellen

- Theorie und Auswertung: Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel und Frank Hahn, 9. Überarbeitete Auflage, Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-43134-8
- Abbildung 4.1.3 Zugriff am 09.03.2015 unter:
http://hme-ulm.de/data/image/sigma-E_large.jpg
- Abbildung 4.1-2: Wikipedia.de, Zugriff am 09.03.2015 unter:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/41/Polymer_picture.PNG

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.2 Elastomerverhalten bei erhöhter Temperatur

Versuchsziel:

Verständnis für die Besonderheit von Elastomeren. Ansteigendes E-Modul bei ansteigender Temperatur

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

5-10 min

🕒 Vorbereitung

-

Ausrüstung/Geräte:

- Stativ
- Traverse
- Verbindungselemente (mind. 2x)
- Referenzquerstange als Referenzmaßstab
- Luftballon (vorzugsweise längliche handelsübliche Luftballons)
- Klemme für Bürobedarf
- Feststellbare Klemme
- Gewichtsteller (Laborbedarf)
- Mind. 4 Schlitzgewichte (200g/Stk.)
- Heißluftföhn (handelsüblich)

Vorbereitung:

Die Luftballons müssen vor den Versuchen einige Male gedehnt werden.

Aufbau:



Abbildung 3.2-1 Versuchsaufbau am Stativ

Die Traverse wird am oberen Ende des Stativs mit einem Verbindungselement befestigt. Den Luftballon anschließend mit der Öffnung nach oben, mit Hilfe der Klemme an die Traversenstange klemmen. Am unteren Ende des Luftballons wird die Klemme für Bürobedarf befestigt, an welcher wiederum der Gewichtsteller eingehängt werden kann. Der Referenzstab wird mit Hilfe des zweiten Verbindungselements am Stativ, auf einer sinnvollen Höhe befestigt um die Dehnung am besten veranschaulichen zu können. Sinnvoll wäre hier beispielsweise die Höhe der Klemme für Bürobedarf.

Durchführung:

Der Luftballon soll das Gewicht an seinem unteren Ende nach oben ziehen wenn dieser erwärmt wird. Den Heißluftföhn auf mittlere Temperatur-Stufe stellen und in einem Abstand von ca. 15cm vorsichtig beginnen den Luftballon zu erwärmen. Je nach Reaktion des Luftballons kann hier der Wärmeeintrag variiert werden. Es ist darauf zu achten, dass der Luftballon nicht zu heiß wird, anderenfalls beginnt das Gewicht abzusinken anstatt zu steigen.

Mit dem Heißluftföhn genügt meist eine mittlere Temperaturstufe um den Luftballon langsam zu erwärmen. Auch hier ist es unerlässlich den Versuch mit den vorliegenden Utensilien, einmal zu testen um die besten Parameter heraus zu arbeiten.

Theorie und Auswertung:

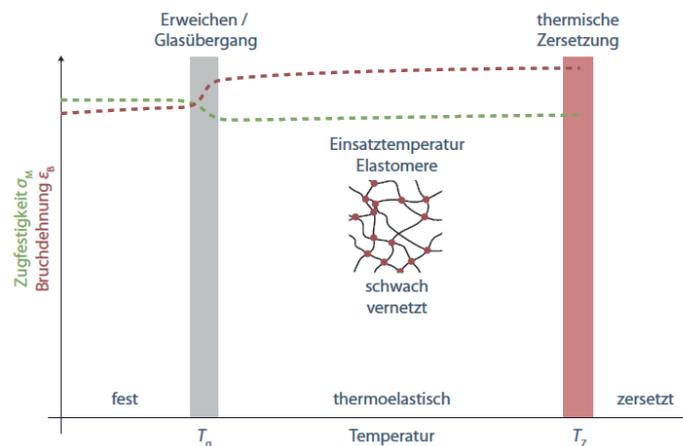


Abbildung 3.2-2 Verhalten der Zugfestigkeit über der Temperatur [Quelle: Kunststofftechnik]

Gough-Joule-Effekt:

Das besondere an Elastomeren ist, dass ihre Elastizität (anders als bei Metallfedern) nicht auf Anziehungskräften zwischen sich ändernden Atomabständen beruht, sondern ein statisch-dynamisches Gleichgewicht zwischen Ordnung und Entropie darstellt. Das Elastomer speichert daher keinerlei Spannenergie in sich selbst, sondern strahlt die beim Dehnen (und anderen Verformungen) zugeführte Energie als Wärme aus und erhöht stattdessen seine innere Ordnung. Wie ein Muskel benötigt es deshalb für erneutes Zusammenziehen Zufuhr von Energie, welche das Elastomer durch Brown'sche Molekularbewegung der Umgebungswärme entnimmt.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was passiert wenn man diesen Luftballon erwärmt? Warum?
a) Runter, b) nichts, c) Hoch
- Wie weit sinkt dieser Luftballon ab, wenn man ihn erwärmt?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweis:

Hitze:

Bei dem genannten Heißluftföhn handelt es sich nicht um einen Haar Föhn. Das verwendete Gerät erzeugt einen Heißluftstrom von bis zu 600°C. Bei unsachgemäßem Gebrauch sind schlimmste Verbrennungen möglich. Auch nach Abschalten des Föhns, ist die Metallspitze lange noch sehr heiß. Verbrennungen sind möglich.

Im Vorfeld ist die Umgebung auf leicht entzündliche Gegenstände oder Flüssigkeiten zu untersuchen und diese ggf. wegzuräumen. Nach dem Einschalten ist der Heißluftstrom ständig in einen ungefährdeten Bereich des Raumes, das heißt nicht in Richtung Menschen oder Gefahrgut, zu halten.

Quetschgefahr:

Die am Luftballon angebrachten Gewichte können nach unten fallen. Es besteht die Gefahr von körperlichen Verletzungen wenn ein solches Gewicht eine Person trifft. Es ist auf Füße im Gefahrenbereich zu achten.

Quellen

- Skript zur Vorlesung Polymer Engineering Prof. Dr.-Ing. Steffen Ritter Kapitel 3.2 – Eigenschaften der Kunststoffe
- Kunststofftechnik, Hanser Verlag, ISBN-13: 978-3446440937

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.3 Formerinnerung von Polymerbauteilen A

Versuchsziel:

Verständnis über Eigenspannungen im Kunststoff. Verständnis über die im Kunststoff stattfindenden Prozesse beim Thermoformen

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

5-10 min

🕒 Vorbereitung

-

Ausrüstung/Geräte:

- Tiefgezogener Joghurtbecher aus PS (handelsüblicher Joghurtbecher)
- Präpariertes Anschauungsbeispiel (ersichtliche Wandstärkenunterschiede durch Materialschnitt)
- Schraubzwinde (Werkstattbedarf)
- Heißluftföhn (handelsüblich)
- Schutzplatte für die Umgebung (etwa ein Edelstahlblech)



Abbildung 3.3-1 Ausrüstung und Geräte

Vorbereitung:

Gereinigte Polystyrol-Verpackungsbecher bereitstellen.

Aufbau:

Den Joghurtbecher mit der Öffnung nach unten auf die Edelstahlplatte legen und zusammen mit der Schraubzwinde am Tisch befestigen (siehe Abbildung 3.3-1). Den Heißluftföhn einstecken und bereitlegen.

Durchführung:

Mit dem Heißluftstrom des Föhns wird der Joghurtbecher in seinen Ausgangszustand zurückversetzt. Das bedeutet der Joghurtbecher wird wieder flach mit nahezu konstanter Wandstärke. Dies ist beispielhaft in Abbildung 3.3-2 dargestellt.

Den Heißluftföhn auf höchster Stufe einschalten und vorsichtig auf den Joghurtbecher halten. Der Becher schrumpft aufgrund der internen Spannungen, welche beim Thermoformen eingebracht wurden und der Temperatur zusammen in seine ursprüngliche Form. Um die besten Ergebnisse zu erzielen kann der Heißluftföhn immer an die Stelle gehalten werden, welche sich am wenigsten verformt, folglich also am kältesten ist. Der Becher wird wieder Flach.



Abbildung 3.3-2 Joghurtbecher nachdem dieser in seine nahezu ursprüngliche Form zurückversetzt wurde

Theorie und Auswertung:

Beim Umformvorgang werden die Makromoleküle des teilkristallinen Thermoplastes verstreckt. Durch das Abkühlen des Kunststoffes wird diese Verstreckung eingefroren. Der hohe Umformgrad welcher bei Kunststoffen möglich ist, im Gegensatz zum Tiefziehen von Metallblechen, ist anschaulich in Abbildung 3.3-3 anhand der Wandstärkenunterschiede zu sehen.



Abbildung 3.3-3 Wandstärkenunterschiede aufgrund des Thermoformens

Dieser verstreckte Zustand ist nicht der energieärmste Zustand des Polymers. Das Polymer versucht seinen energieärmsten Zustand zu erreichen. Dies ist jedoch bei Raumtemperatur nicht möglich. Um dem Polymer zu ermöglichen seine Eigenspannungen abzubauen wird bei diesem Versuch Energie in Form von Wärme zugeführt um den Kunststoff so weit zu erwärmen bis sich die Eigenspannungen abbauen können. Dies äußert sich in Form der Schrumpfung in den Ausgangszustand, denn im unverstreckten Zustand wies der Rohling keine Eigenspannungen auf.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was passiert wenn dieser Becher erwärmt wird?
- Ändert sich die Form des Bechers?
- Wie wurde der Becher hergestellt?
- Wie können wir das herausfinden?
(vgl. tiefgezogener PS-Becher zu spritzgegossenem PS-Becher)

Themenähnliche Versuche

- Formerinnerung von Polymerbauteilen B

Sicherheitshinweise

Hitze:

Bei dem genannten Heißluftföhn handelt es sich nicht um einen Haar Föhn. Das verwendete Gerät erzeugt einen Heißluftstrom mit bis 600°C. Es sind schlimmste Verbrennungen möglich bei unsachgemäßem Gebrauch. Auch nach Abschalten des Föhns, ist die Metallspitze noch sehr heiß. Verbrennungen sind möglich.

Im Vorfeld ist die Umgebung auf leicht entzündliche Gegenstände oder Flüssigkeiten zu untersuchen und diese ggf. wegzuräumen. Nach dem Einschalten ist der Heißluftstrom ständig in einen ungefährdeten Bereich des Raumes, das heißt nicht in Richtung Menschen oder Gefahrgut, zu halten.

Quellen

- -

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.4 Formerinnerung von Polymerbauteilen B

Versuchsziel:

Verständnis über Eigenspannungen im Kunststoff. Verständnis über die im Kunststoff stattfindenden Prozesse beim Thermoformen (Makromolekülorientierung).

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

5 min

🕒 Vorbereitung

-

Ausrüstung/Geräte:

- Schrumpfschlauch (handelsüblich)
- Bleistift einer/s Studentin/en zu Demonstrationszwecken
- Heißluftföhn (handelsüblich)



Abbildung 3.4-1 Ausrüstung und Geräte (Heißluftföhn, Schrumpfschlauch und ein Bleistift)

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld notwendig

Aufbau:

Den Bleistift eines Studenten ausleihen. Ein Stück eines passenden Schrumpfschlauches abschneiden und bereitlegen.

Durchführung:

Das Schrumpfschlauchstück auf den Bleistift schieben. Den Heißluftföhn auf höchster Stufe einschalten und vorsichtig auf Schrumpfschlauch richten. Innerhalb weniger Sekunden schrumpft der Schlauch und den Bleistift.



Abbildung 3.4-2 Schrumpfschlauch nach der Erwärmung an einer Bleistiftspitze

Theorie und Auswertung:

Beim Umformvorgang werden die Makromoleküle des teilkristallinen Thermoplastes verstreckt. Durch das Abkühlen des Kunststoffes wird diese Verstreckung eingefroren. Diese verstreckte Position ist nicht der energieärmste Zustand des Polymers. Das Polymer versucht seinen energieärmsten Zustand zu erreichen. Dies ist jedoch bei Raumtemperatur nicht möglich. Um dem Polymer zu ermöglichen seine Eigenspannungen abzubauen wird bei diesem Versuch Energie in Form von Wärme zugeführt um den Kunststoff so weit zu erwärmen bis sich die Eigenspannungen abbauen können. Dies äußert sich in Form der Schrumpfung.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was haben Umformvorgänge für eine Auswirkung auf das Material?
- Was passiert wenn dieser Schlauch erwärmt wird?
- Ändert dich die Form des Schlauches?
- Wie wurde der Schlauch hergestellt? Wie können wir das herausfinden?

Themenähnliche Versuche

- Formerinnerung von Polymerbauteilen A

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweis:

Hitze:

Bei dem genannten Heißluftföhn handelt es sich nicht um einen Haar Föhn. Das verwendete Gerät erzeugt einen Heißluftstrom mit bis 600°C. Es sind schlimmste Verbrennungen möglich bei unsachgemäßem Gebrauch. Auch nach Abschalten des Föhns, ist die Metallspitze noch sehr heiß. Verbrennungen sind möglich.

Im Vorfeld ist die Umgebung auf leicht entzündliche Gegenstände oder Flüssigkeiten zu untersuchen und diese ggf. wegzuräumen. Nach dem Einschalten ist der Heißluftstrom ständig in einen ungefährdeten Bereich des Raumes, das heißt nicht in Richtung Menschen oder Gefahrgut, zu halten.

Quellen

- -

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.5 Verhalten von Silly Putty

Versuchsziel:

Dynamisch-Mechanisches Verhalten von Silly Putty wird dargestellt.

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

10 min

🕒 Vorbereitung

5 min

Ausrüstung/Geräte:

- Splitterschutz
(zur Visualisierung der Sprödigkeit)
- Kunststoffhammer
- Silly Putty (als intelligente Knete, Silly Putty oder hüpfender Kitt erhältlich)



Abbildung 3.5-1: Benötigte Ausrüstung

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung erforderlich.

Aufbau:

Der Splitterschutz ist auf einem Tisch zu platzieren.

Durchführung:

Zuerst wird aus dem Silly Putty eine Säule geformt und auf den Tisch gestellt. Es ist zu beobachten, wie das Material zu fließen beginnt und die Säule nach einer gewissen Zeit umfällt. Im zweiten Versuch wird ein Ball geformt und auf den Boden geworfen. Der Ball verhält sich nun wie ein Gummiball. Im letzten Versuch wird das Silly Putty an der Vorderseite des Hammers angebracht. Anschließend wird hinter dem Splitterschutz mit dem Hammer auf den Tisch geschlagen. Das Material zeigt nun ein sprödes Verhalten.



Abbildung 3.5-2 Sprödbbruch des Silly Putty durch hohe Belastungsgeschwindigkeit nach einem Schlag mit dem Hammer

Theorie und Auswertung:

Presst man Silly Putty auf eine strukturierte Oberfläche, so ergibt sich ein genauer Negativabdruck- übrigens auch von Fingerabdrücken. Je wärmer Silly Putty ist, desto leichter lässt es sich kneten. In Wasser und insbesondere in Seifenlösung verliert Silly Putty nach und nach die speziellen Eigenschaften. Auf Papier kann es ziemlich klebrig wirken; mit etwas Gefühl kann man es aber noch abziehen. Ähnliches gilt auch für Stoff, in dem es sich durch Kinderhände sehr schnell festsetzen kann. Mit etwas Geschick kann man auch Ballons aus dem Silly Putty herausblasen, welche sich aber nicht lange halten.

Silly Putty enthält in den Polymerketten elektrisch unterschiedliche Ladungen. Durch den Einfluss äußerer Kräfte können diese Ladungen so weit genähert werden, dass es zu einer elektrostatischen Anziehung kommt und sich eine Vernetzungsstelle bildet. Je höher die Kraft, umso größer ist die Anzahl derartiger Vernetzungsstellen, was wiederum die Erscheinung eines elastischen oder auch sprödkristallinen Verhaltens zur Folge hat. Die Bindungskräfte dieser Vernetzungsstellen sind jedoch so schwach, dass schon die thermische Bewegung der Ketten bei drucklosem Zustand ausreicht, um sie wieder aufzuheben.

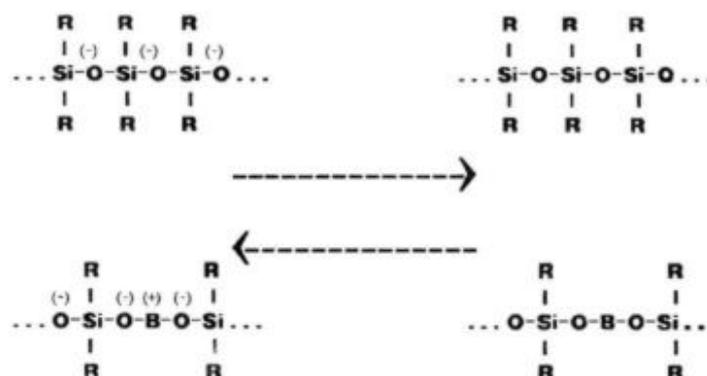


Abbildung 3.5-3: Chemische Strukturformel von Silly Putty

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Nennen Sie physikalische Einflussfaktoren für Kunststoffe?
- Gibt es auch belastungsabhängiges Materialverhalten?
- Nennen Sie hierfür ein Beispiel?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Eine Schutzbrille sollte getragen werden um die Augen vor Splittern zu schützen

Quellen

- Hochschule München, zum Thema Hydrostatik/ Hydrodynamik,
Zugriff am 09.03.2015 unter:
für http://w3-o.hm.edu/home/fb/fb06/labors/lab_didaktik/h-2-2.htm

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.6 Löslichkeit von Kunststoffen

Versuchsziel:

Löslichkeit von Polystyrol und Polypropylen wird dargestellt

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

5-10 min

🕒 Vorbereitung

5 min

Ausrüstung/Geräte:

- Edelstahlwanne
- Kaffeebecher aus Polystyrol (PS) (handelsübliche Automatenbecher)
- Zugstab/Zugprobe aus Polypropylen (PP)
- Nitro-Verdünnung
- Holzbrett
- Papiertücher o.ä.



Abbildung 3.6-1 Ausrüstung und Geräte

Vorbereitung:

Holzbrett von etwaigen Kaffeebecherböden befreien.

Aufbau:

Die Edelstahlwanne auf den Tisch stellen. Den Kaffeebecher in die Wanne stellen. Nitro-Verdünnung und PP-Zugstab bereitstellen.

Durchführung:

Nitro-Verdünnung in den Kaffeebecher geben, bis eine Füllhöhe von ca. 5-6mm erreicht ist.

Mit dem Zugstab rühren bis sich der Boden des Bechers ablöst (ca.30-60s). Den Boden endgültig vom Becher abtrennen.

Das Polystyrol wird von der Universalverdünnung gelöst, das Polypropylen nicht.

Den angelösten Boden des Kaffeebechers auf ein Holzbrett legen und etwas andrücken. Die restliche Verdünnung verdampfen lassen. Der Boden haftet stark an dem Brett. Eine Art Lack ist an den angelösten Flächen des Bechers entstanden.

Theorie und Auswertung:

Durch den Einsatz von Lösungsmitteln, werden die Polymerketten voneinander getrennt. Das Lösungsmittel diffundiert in den Kunststoff. Es setzt sich in die Zwischenräume der Polymerketten. Durch diese Einlagerung werden die Hauptvalenzbindungen gelöst, jedoch nicht die Polymerketten angegriffen oder aufgespalten. Es werden nur die Sekundärbindungen gelöst. Im Endeffekt liegen in der Lösung voneinander unabhängige Polymerketten vor. Verdunstet das Lösungsmittel, so gehen die Polymerketten wieder ihre Sekundärbindungen miteinander ein und bilden wieder den Ausgangskunststoff.

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Sind (alle) Kunststoffe anfällig für Lösungsmittel?
- Wer hat zuhause schon einmal einen Pinsel gereinigt und festgestellt, dass sich sein Gefäß auflöst?
- Wieso lässt sich Farbe mit Nitro-Verdünnung lösen aber PP nicht?
- Was löst sich zuerst auf? Zugstab oder Kaffeebecher? Warum?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Mögliche Gefahren der Universalverdünnung:

Einstufung des Stoffs oder Gemischs:

Einstufung gemäß Richtlinie 67/548/EWG oder Richtlinie 1999/45/EG (Stoffe oder Gemische):

Entzündlich (F), R 11 Leichtentzündlich.

Gesundheitsschädlich (Xn), R 20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.

R 65 Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen.

Reizend (Xi), R 36/38 Reizt die Augen und die Haut.

Umweltgefahr, R52/53 Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

Sonstige, R 67 Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

2.2. Kennzeichnungselemente nach Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 (Stoffe) / Richtlinie 1999/45/EG (Gemische)

Signalwort / Gefahrenbezeichnung: Leichtentzündlich, Gesundheitsschädlich

Gefahrenbestimmende Komponenten für die Etikettierung

enthält: Xylol (Isomerengemisch)

Gefahrenhinweise R-Sätze

R 11 Leichtentzündlich

R 20/21 Gesundheitsschädlich beim Einatmen und bei Berührung mit der Haut.

R 36/38 Reizt die Augen und die Haut.

R 52/53 Schädlich für Wasserorganismen, kann in Gewässern längerfristig schädliche Wirkungen haben.

R 65 Gesundheitsschädlich: Kann beim Verschlucken Lungenschäden verursachen.

R 67 Dämpfe können Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Sicherheitshinweise S-Sätze

S 2 Darf nicht in die Hände von Kindern gelangen.

S 7/9 Behälter dicht geschlossen an einem gut gelüfteten Ort aufbewahren.

S 16 Von Zündquellen fernhalten – Nicht rauchen.

S 23 Dämpfe nicht einatmen.

S 24/25 Berührung mit den Augen und der Haut vermeiden.

S 29 Nicht in die Kanalisation gelangen lassen.

S 36/37 Bei der Arbeit geeignete Schutzhandschuhe und Schutzkleidung tragen.

S 62 Beim Verschlucken kein Erbrechen herbeiführen. Sofort ärztlichen Rat einholen, und Verpackung oder Etikett vorzeigen.

Sonstige Gefahren:

Bei Gebrauch Bildung explosionsfähiger/leichtentzündlicher Dampf/-Luftgemische möglich. Hohe Konzentrationen können zu Bewusstlosigkeit führen und vorübergehend Schäden am Blutbild, Nieren und Leber bewirken. Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

Quellen

- -

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.7 Spannungsrissbildung an Polycarbonat Zugstab

Versuchsziel:

Darstellung von Spannungsrissbildung an Polycarbonat

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 5 min

🕒 Vorbereitung 5 min

Ausrüstung/Geräte:

- Gebogenes Metallblech
- Aceton in einer kleinen Flasche mit Pipette
- Polycarbonat Zugstäbe/Zugproben
- Zwei feststellbare Klemmen (Werkstattbedarf)
- Schutzbrille



Abbildung 3.7-1 Ausrüstung und Geräte

Vorbereitung:

Nach einmaligem biegen eines Bleches und der Herstellung/Beschaffung der Polycarbonat-Zugstäbe ist keine weitere Vorbereitung notwendig.

Aufbau:

Variante A

Den Polycarbonat-Stab mit den Klemme auf die **Außenseite** des gebogenen Bleches klemmen. Die Schutzbrille aufsetzen und das Aceton bereitstellen.



Abbildung 3.7-2 Einspannung in Variante A

Variante B

Den Polycarbonat-Stab mit den Klemme auf die **Innenseite** des gebogenen Bleches Klemmen. Die Schutzbrille aufsetzen und das Aceton bereitstellen.



Abbildung 3.7-3 Einspannung in Variante B

Durchführung:

Das Blech mit dem aufgespannten Zugstab so hinhalten, dass es von Studenten gut zu sehen ist.

Variante A

Mit der kleinen Pipette ein wenig Aceton auf die Zugspannungsseite des Stabes träufeln. Es genügt sehr wenig Aceton. Der Stab bricht sobald das Aceton in den Spannungsrissen in den Kunststoff vorgedrungen ist. Das geschieht sehr schnell.

Variante B

Zur Demonstration, dass der Effekt durch die Spannungsrisse hervorgerufen wird, kann ein weiterer Stab auf die Innenseite des gebogenen Bleches geklemmt werden. Auch hier wird der Stab mit wenig Aceton beträufelt. Diesmal aber auf der Druckspannungsseite. Das Aceton löst im schlimmsten Fall die Oberfläche ein wenig an. Der Stab zerspringt jedoch nicht.

Variante C

Einen unbelasteten Stab mit Aceton benetzen und das Aceton verdunsten lassen. Nach verdunsten des Acetons ist der Stab wieder normal, also wie zuvor belastbar.

Theorie und Auswertung:

„Spannungsrisse äußern sich durch Risse und Abnahme der Zugfestigkeit infolge einer Kombination von mechanischer Zugbelastung und einem Umgebungsmedium. Kunststoffteile können sich im spannungsfreien Zustand gegenüber der Einwirkung einer gasförmigen oder flüssigen Substanz als beständig erweisen, jedoch bei gleichzeitigem Einwirken einer mechanischen Zugspannung Risse zeigen. Allgemein handelt es sich dabei um das Eindringen eines Mediums, ohne dass es zu einer chemischen Wechselwirkung kommen muss. Dabei werden die makromolekularen Wechselwirkungen des Kunststoffs derart geschwächt, dass es zu einer Minderung der Zugfestigkeit kommt. Der Riss einer Polycarbonat-Zugprobe der Variante A ist in Abbildung 3.7-4 veranschaulicht.

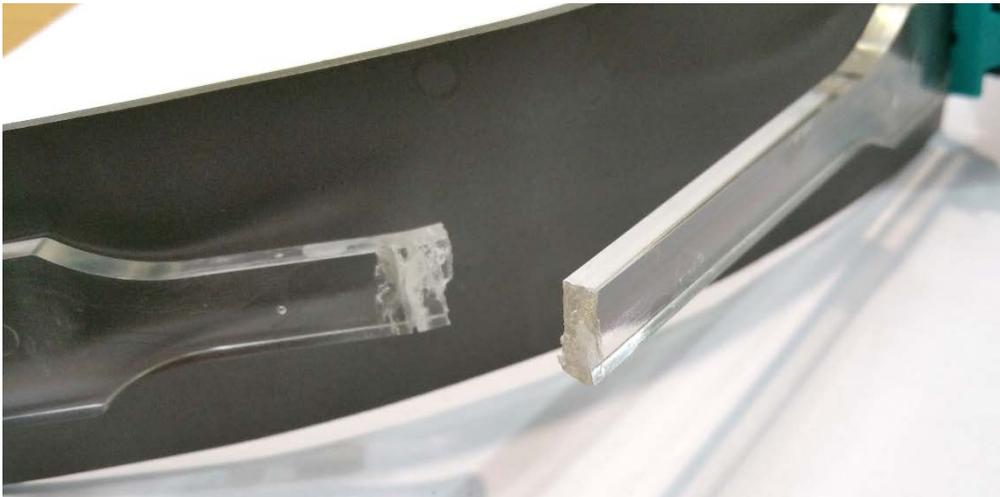


Abbildung 3.7-4 Gerissene PC-Zugprobe in Variante A, nachdem Aceton auf die Zugspannungsseite geträufelt wurde

Für verschiedene Kunststoffe sind unterschiedliche Medien für die Spannungsrissbildung auslösend. Allgemein stehen alle Medien, die den Kunststoff zu quellen oder zu lösen vermögen, im Verdacht Spannungsrisse auszulösen.“

(Quelle für obigen Text: www.dorel.de)

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was passiert wenn der Zugstab auf der Zugseite mit Aceton benetzt wird?
- Was passiert wenn der Zugstab auf der Druckseite mit Aceton benetzt wird?
- Was passiert wenn ich den Zugstab entspannt benetze, das Aceton verdunsten lasse und dann belaste? Sowohl auf der Druckseite als auch auf der Zugseite?
- Was passiert in der Molekülstruktur des Stabes bei einem Bruch?
- Wieso bricht der Stab nur wenn er auf der Zugseite benetzt wird?
- Werden bei der Benetzung des Stabes Molekülketten zerstört?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Zersplittern des Stabes:

Bei Belastung des Stabes, besonders unter Beihilfe von Aceton, kann und wird der Stab zerspringen. Hierbei können sich Splitter die ablösen die unkontrolliert durch den Raum geschleudert werden können.

Mögliche Gefahren von Aceton:

Einstufung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

Flam. Liq. 2 H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

Eye Irrit. 2 H319 Verursacht schwere Augenreizung.

STOT SE 3 H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Einstufung gemäß Richtlinie 67/548/EWG oder Richtlinie 1999/45/EG

Xi; Reizend

R36: Reizt die Augen.

F; Leichtentzündlich

R11: Leichtentzündlich.

R66-67: Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen. Dämpfe können Schläfrigkeit und

Benommenheit verursachen.

Kennzeichnung gemäß Verordnung (EG) Nr. 1272/2008

Der Stoff ist gemäß CLP-Verordnung eingestuft und gekennzeichnet.

Signalwort Gefahr

Gefahrenhinweise

H225 Flüssigkeit und Dampf leicht entzündbar.

H319 Verursacht schwere Augenreizung.

H336 Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.

Sicherheitshinweise

P210 Von Hitze/Funken/offener Flamme/heißen Oberflächen fernhalten. Nicht rauchen.

P305+P351+P338 BEI KONTAKT MIT DEN AUGEN: Einige Minuten lang behutsam mit Wasser spülen.

Vorhandene Kontaktlinsen nach Möglichkeit entfernen. Weiter spülen.

P403+P233 Behälter dicht verschlossen an einem gut belüfteten Ort aufbewahren.

Zusätzliche Angaben:

EUH066 Wiederholter Kontakt kann zu spröder oder rissiger Haut führen.

2.3 Sonstige Gefahren

Von Chemikalien gehen grundsätzlich besondere Gefahren aus. Sie sind daher nur von entsprechend

geschultem Personal mit der nötigen Sorgfalt zu handhaben.

Ergebnisse der PBT- und vPvB-Beurteilung

PBT: Nicht anwendbar.

vPvB: Nicht anwendbar.

Quellen

- Theorie und Auswertung: Dorel Verlag, Zugriff am 14.08.2014 unter: http://www.dorel.de/index.php?show=comp_spannungsrisskunstst
- Werkstofftechnik Band 1 Grundlagen, Wolfgang Bergmann, Hanser Verlag, ISBN 978-3-446-41338-2

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.8 Kaltversprödung von Kunststoffen

Versuchsziel:

Mechanisches Verhalten von Kunststoffen bei Tieftemperaturen wird dargestellt.

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung	30 min
🕒 Vorbereitung	5 min

Ausrüstung/Geräte:

- Stickstoffbehälter mind. 2L mit großer Öffnung (Laborbedarf)
- Handschuhe (Laborausrüstung)
- Schutzbrille (Laborausrüstung)
- Pneumatikschlauch (handelsüblich)
- Einweg-Gummihandschuhe (handelsüblich)
- Einmachring (handelsüblich)
- Rohrzange
- Hammer

Vorbereitung:

Flüssigen Stickstoff bereitstellen.

Aufbau:

Vor dem Versuch ist darauf zu achten, dass alle Sicherheitshinweise beachtet wurden. Der Umgang mit flüssigem Stickstoff birgt hohe Gefahren siehe Sicherheitshinweise. Die zu versprödenden Objekte sollten griffbereit abgelegt werden. Den Stickstoffbehälter öffnen. Hammer und Rohrzange griffbereit ablegen.

Durchführung:

Mit der Zange die Probe erfassen und in den Stickstoffbehälter tauchen. Einige Zeit warten, entweder bis die Probe an die Stickstofftemperatur angepasst ist, zu erkennen an der Abnahme des Sprudels, oder je nach Gefühl um eine Temperatur zwischen Raumtemperatur und Flüssigstickstoff zu erhalten. Hierfür sind Erfahrungswerte aus Vorversuchen notwendig um den jeweiligen Versuchs-Probanden auf die gewünschte Temperatur zu kühlen. Es sollte jedoch genügen das Objekt wenige Sekunden in den Stickstoff zu halten (bspw. 10s).

Nach dem Abkühlen des Objektes, kann dieses aus dem Stickstoff entnommen werden und je nach Belieben mit Hammer oder Hand zerschlagen oder zerbrochen werden. Beim Einweghandschuh ist zu beobachten, dass dieser sehr schnell wieder seine Elastizität zurückgewinnt. Durch die dünne Wandstärke und vermutlich durch das entsprechende Elastomer findet hier ein sehr schneller Wärmeaustausch statt. Beim Einmachring dauert die Erwärmung länger. Das heißt der Einmachring bleibt länger kaltspröde.

Beim Pneumatik-Schlauch ist dieser Effekt noch besser zu beobachten. Dieser bleibt von den drei genannten Objekten am längsten kaltspröde.

Theorie und Auswertung:

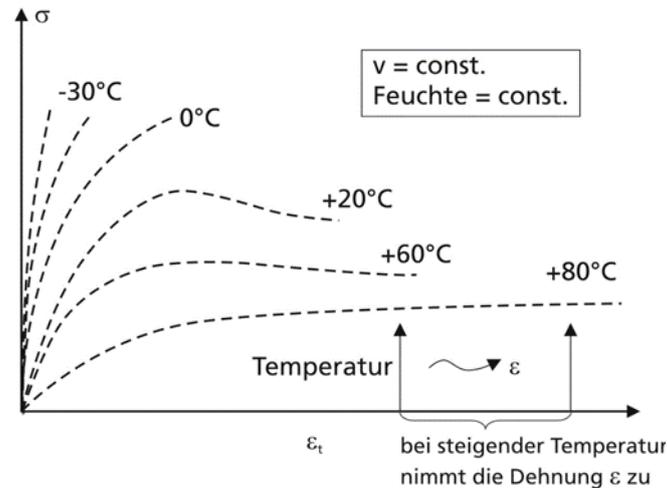


Abbildung 3.8-1 Spannungs-Dehnungsdiagramm bei verschiedenen Temperaturen [Polymer Engineering, Ritter]

Wie bei vielen Feststoffen werden auch Kunststoffe mit steigender Temperatur bei gleicher Dehnung immer weniger in Spannung versetzt. Anders ausgedrückt können sie mit immer geringerem Kraftaufwand gedehnt werden, Bild oben. Diese Abnahme der Elastizität verläuft jedoch nicht gleichmäßig. Andererseits zeigen sich auch keine sprunghaften Zustandsänderungen, die mit dem Wechsel niedermolekularer Stoffe zwischen verschiedenen Aggregatzuständen vergleichbar wären.

Nur spröde Kunststoffe zeigen alle Stufen in der Temperatur-Elastizitäts-Kurve. Einige Zustände bei Kunststoffen werden durch die Kristallite verursacht, andere durch die amorphen Bereiche. Die Eigenschaften der beiden Phasen addieren sich. (Quelle: Kunststoffe - Eigenschaften und Anwendungen)(Quelle gilt für obigen Text und Bild)

Kunststoffe zeigen eine ausgeprägte Temperaturabhängigkeit des mechanischen Werkstoffverhaltens. Verantwortlich dafür ist die Bewegungsfreiheit der Makromoleküle, die mit zunehmender Temperatur ansteigt. Bei sehr niedrigen Temperaturen ist die Dichte eines Kunststoffs sehr groß und damit das Volumen sehr klein. Damit ist natürlich auch der mittlere Abstand zwischen den einzelnen Makromolekülen sehr klein, was gleichzeitig sehr große Nebenvalenzbindungen zur Folge hat. Eine Umlagerung und Verschiebung ist aufgrund der geringen Beweglichkeit der Moleküle nicht möglich. Wirkt bei diesen niedrigen Temperaturen auf den Kunststoff eine Spannung, so verformt er sich nur geringfügig elastisch oder bricht bei Überlastung spröde. Ähnlich wie bei den Metallen führt die bei der elastischen Verformung im Werkstoff gespeicherte Energie bei der Entlastung zu einer sofortigen Rückverformung. Deshalb wird auch von einer energieelastischen Verformung gesprochen.

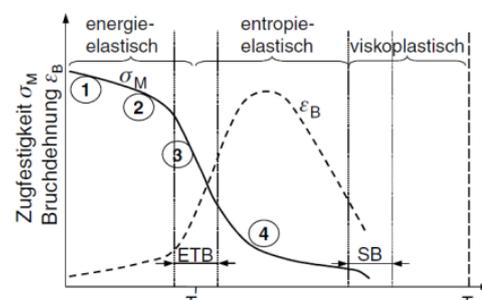


Abbildung 4.8-2 Mechanisch-thermisches Verhalten amorpher Thermoplaste, bei verschiedenen Temperaturen mit:

ETB: Erweichungstemperaturbereich
SB: Schmelztemperaturbereich
 T_g : Glasübergansbereich
 T_z : Zersetzungstemperaturbereich

- (1) $1: T < 0,8T_g$
- (2) $2: T \approx 0,8T_g$
- (3) $3: T \approx 0,95T_g$
- (4) $4: T > T_g$

[Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel]]

Ab der Glasübergangstemperatur T_g , häufig auch Glastemperatur genannt, können sich bei den Thermoplasten und Elastomeren die Moleküle oder auch nur Molekülsegmente bewegen, umordnen und verdrehen, ohne dass von außen eine mechanische Spannung anliegt.

Diese durch thermische Anregung hervorgerufene Zunahme der Beweglichkeit der Molekülketten führt zu größeren Molekülabständen und einem größeren Anstieg des Volumens mit zunehmender Temperatur. Die Nebervalenzbindungen sind bei $T > T_g$ dadurch kleiner und können örtlich gelöst und wieder geschlossen werden.

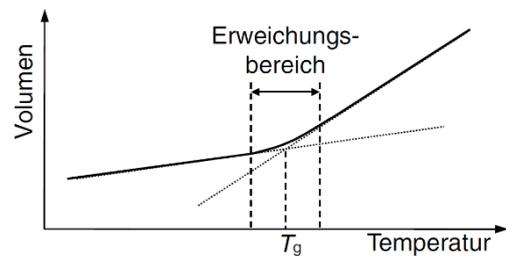


Abbildung 4.8-3 Bestimmung der Glasübergangstemperatur T_g bei Thermoplasten aus dem Volumen-Temperatur-Diagramm

[Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was muss getan werden um ein Elastomer spröde zu machen?
- Was passiert wenn man diese Objekte in den Stickstoff hält? Warum?
- Wie verändert sich die Struktur der Makromoleküle beim Abkühlen?
- Welche Temperatur muss unterschritten werden um ein Elastomer spröde zu machen?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Sicherheitshinweis:

Sauerstoffmangel

Beim Verdampfen entstehen aus 1 Liter LIN ca. 700 Liter gasförmiger Stickstoff. Durch Anreicherung von Stickstoff in der Luft vermindert sich die Sauerstoffkonzentration, d.h. Sauerstoffmangel kann entstehen, der mit den menschlichen Sinnesorganen nicht feststellbar ist. Personen, die sich in sauerstoffarmer Atmosphäre (weniger als 17 Vol.-% O_2) aufhalten, können ohne Vorwarnung und sehr schnell bewusstlos werden und ersticken. Dieses Risiko tritt im Freien nur selten auf. In Räumen mit LIN-Anlagen, insbesondere mit offenen Kryobehältern, muss diese Gefahr jedoch beachtet werden.

Kälte

Tiefkalt verflüssigter Stickstoff hat eine Temperatur von ca. -196°C (Siedepunkt bei einem Umgebungsdruck von 1 bar absolut). Wenn die tiefkalte Flüssigkeit auf die menschliche Haut trifft, können Erfrierungen („Kaltverbrennungen“) entstehen. Großflächige Erfrierungen sind lebensbedrohend.

Quellen

- Werkstofftechnik, Wolfgang Seidel und Frank Hahn, 9. Überarbeitete Auflage, Hanser Verlag, ISBN: 978-3-446-43134-8
- Vorlesungsskript Polymer Engineering 1, Hochschule Reutlingen, Prof. Dr.-Ing. Steffen Ritter, Kunststoffe - Eigenschaften und Anwendungen

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.9 Burgers-Modell

Versuchsziel:

Das zeitlich nichtlineare Spannungs-Dehnungsverhalten von Kunststoffen wird anhand des Burgers-Modells vermittelt

Schwierigkeit



🕒 Durchführung

Zeitbedarf:

5 min

🕒 Vorbereitung

-

Ausrüstung/Geräte:

- Ohrstöpsel (handelsüblich)
- O-Ringe mit min. \varnothing 100 mm
- Visualizer



Abbildung 3.9-1: Benötigte Ausrüstung

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld von Nöten.

Aufbau:

Kein Aufbau von Nöten.

Durchführung:

Zuerst werden zwei Ohrstöpsel unter den Visualizer gelegt um die gleiche Größe zu zeigen. Anschließend wird einer davon mit den Fingern zusammengepresst und wieder unter den Visualizer gelegt. Nun ist zu beobachten, wie sich dieser ausdehnt und seine ursprüngliche Form annimmt. Der gleiche Versuch wird nun mit einem O-Ring durchgeführt. Der O-Ring wird gedehnt und anschließend unter den Visualizer gelegt. Es ist nun wiederum sehr gut zu beobachten wie sich der O-Ring schnell zusammenzieht und anschließend langsam in seine Ausgangsform zurückgeht.

Theorie und Auswertung:

Das Burgers-Modell ist ein mechanisches Analogiemodell zur Beschreibung des Verformungsverhaltens von Feststoffen. Das Burgers-Modell beschreibt das zeitlich nichtlineare Spannungs-Dehnungsverhalten von Polymerwerkstoffen (urspr. für das rheologische Verhalten von Asphalt und Bitumen entwickelt.), anhand eines mechanischen Modells welches in Analogie zu einem Feder-Dämpfer System wie folgt beschrieben ist.

Die Feder 1 in Abbildung 3.9-2 hat spontane Be- und Entlastungsdehnung zur Folge. Feder 1 und Dämpfer 2 als Parallelschaltung verursachen Kriechen während der Belastung und Rückkriechen nach der Entlastung. Dämpfer 2 beschreibt eine bleibende Restverformung. Aus diesem Grund besitzen auch die Gehörstöpsel sowie der O-Ring nach der Rückverformung eine geringe bleibende Formänderung, welche irreversibel in Wärme umgewandelt wurde.

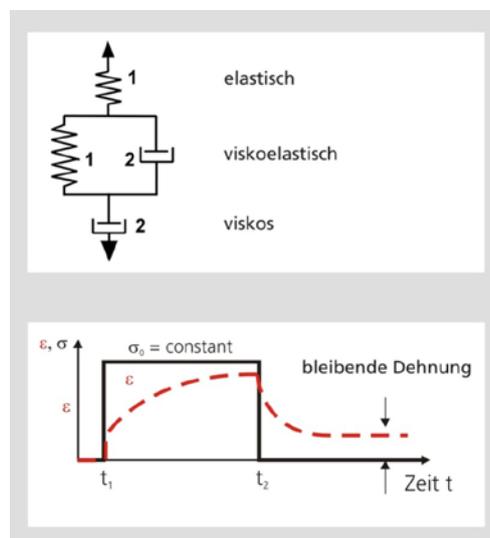


Abbildung 3.9-2: Burgers Modell []

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Was passiert mit Kunststoffen, wenn diese gedehnt werden?
- Was bedeutet Kriechen bei Kunststoffen?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Keine besonderen Sicherheitshinweise

Quellen

- Vorlesungsskript Polymer Engineering, Hochschule Reutlingen, Prof. Dr.-Ing. Steffen Ritter, Kunststoffe - Eigenschaften und Anwendungen
- Buch: Polymer Engineering – Technologien und Praxis; Peter Eyerer, Thomas Hirth, Peter Elsner

Themengebiet

3 Kunststoffe 3.10 Spannungsoptik zur Darstellung von Spannungen in Kunststoffen

Versuchsziel:

Darstellung von Eigenspannungen und Spannungserhöhungen transparenter Polymerbauteile mithilfe von polarisiertem Licht

Schwierigkeit



Zeitbedarf:

🕒 Durchführung 10 min
🕒 Vorbereitung 5 min

Ausrüstung/Geräte:

- Leuchtpult (handelsüblich)
- Polarisationsfilter (handelsüblich)
- Proben (transparente Zugproben vorzugsweise mit Einschlüssen und Bohrungen)
- Adapter für Visualizer (Polarisationsfilter für die Linse des Visualizer)
- Visualizer



Abbildung 3.10-1: Geräte zur Visualisierung der Eigenspannungen

Vorbereitung:

Keine Vorbereitung im Vorfeld von Nöten.

Aufbau:

Zu Beginn wird das Leuchtpult unter den Visualizer gelegt. Auf dem Leuchtpult wird der Polarisationsfilter platziert. Der Adapter für den Visualizer wird über die Linse des Visualizers gestülpt und mittels eines Gummibandes am Gehäuse befestigt. Die Schraube am Adapter dient als Halterung des Gummibandes.

Durchführung:

Das Resultat ist abhängig von den Lichtverhältnissen. Es ist eventuell nötig die Polarisatoren bei jeder Probe erneut auszurichten. Hierfür kann das untere Teilstück des Adapters ganz einfach gedreht werden. Für bessere Ergebnisse sollte zudem, wenn möglich, die automatische Helligkeitsanpassung des Visualizers deaktiviert werden. Zur Betrachtung sind die Proben zwischen den Adapter und den Polarisationsfilter zu halten. Im zweiten Versuch müssen die Proben zusätzlich während der Betrachtung beansprucht werden um die Spannungsüberhöhung sichtbar zu machen.



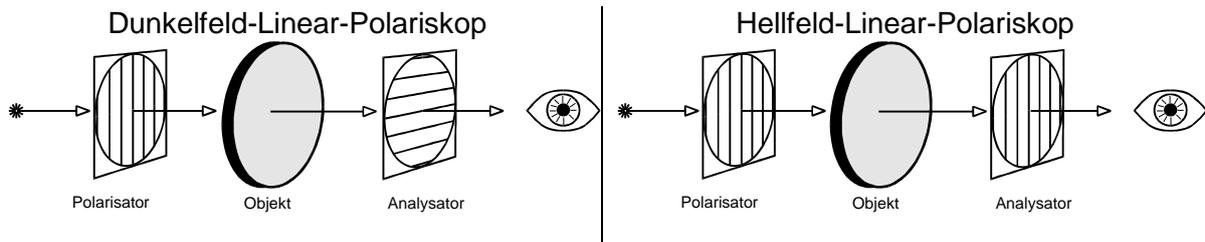
Abbildung 3.10-2 Spannungsoptik an verschiedenen Exponaten in der Anordnung eines Hellfeld-Polariskops mit linear polarisiertem Licht. Links im Bild ohne Polarisationsfilter (Analysator), rechts im Bild mit Polarisationsfilter vor der Aufnahmelinse, zu sehen sind die im Bauteil eingefrorenen Eigenspannungen

Theorie und Auswertung:

Die meisten Kristalle weisen eine natürliche Doppelbrechung auf. Diese entsteht durch unterschiedliche Fortpflanzungsgeschwindigkeiten der beiden linear polarisierten Strahlenanteile beim Durchtritt von Lichtwellen durch das Material. Das Phänomen bei welchem isotrope, durchsichtige Körper unter Verformung bzw. Spannung doppelbrechend werden wird künstliche Doppelbrechung genannt und ist der grundlegende Effekt, welcher die Spannungsoptik (auch Spannungsdoppelbrechung genannt) begründet. Durch doppelbrechende Effekte im Objekt wird der Schwingungszustand des durchgehenden Lichts geändert. Als Folge dessen entstehen Interferenzerscheinungen für den Beobachter. Diese äußern sich hauptsächlich

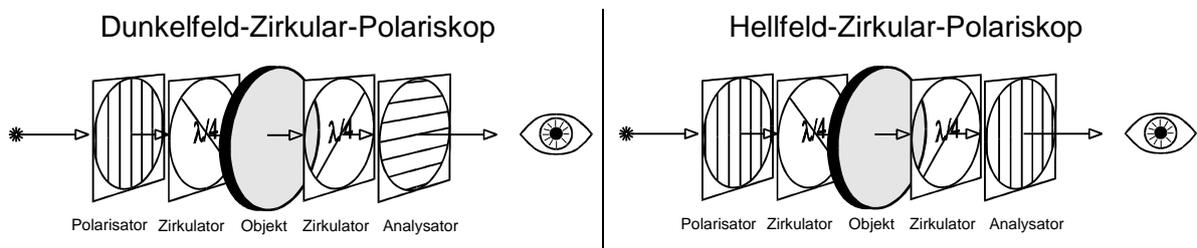
Die Hintereinanderschaltung einer Lichtquelle und zwei Polarisatoren werden als Polariskop bezeichnet. Die zielgerichtete Erzeugung der künstlichen Doppelbrechung zur Analyse der Spannungsverhältnisse wird mit Hilfe eines Polariskops bewerkstelligt. Der erste Polarisator nach der Lichtquelle wird allgemein als „Polarisator“ bezeichnet der zweite wird Analysator bezeichnet. Je nachdem ob die zwei Polarisatoren gekreuzt oder parallel angeordnet werden spricht man von Dunkelfeld- (gekreuzt) oder Hellfeld-Polariskopen (parallel). Die beiden Anordnungen bei linear polarisiertem Licht sind in Tabelle 3-1 schematisch dargestellt.

Tabelle 3-1 Prinzipielle Aufbauten von Linear-Polariskopen



Wird vor und nach dem zu untersuchenden Objekt jeweils eine Viertelwellenlängenplatte platziert spricht man von einem Zirkular-Polariskop. Hierbei ist zu beachten, dass die erste Viertelwellenlängenplatte vor dem Objekt um 45° zum Polarisator gedreht ist und die zweite nach dem Objekt um 90° zur ersten. Prinzipielle Aufbauten von Zirkular-Polariskopen sind in Tabelle 3-2 dargestellt.

Tabelle 3-2 prinzipielle Aufbauten von Zirkular-Polariskopen



Linear- und Zirkular-Polariskope sind als spannungsoptische Apparaturen die Grundeinrichtungen der Spannungsoptik. Das zu untersuchende Objekt bzw. dessen spannungsoptisches Modell wird in das Feld zwischen Polarisator und Analysator gebracht. Durch doppelbrechende Effekte in dem Objekt bzw. Modell wird der Schwingungszustand des durchgehenden Lichts geändert. Bei Beobachtung durch den Analysator sieht man dann Interferenzerscheinungen, bei Verwendung von weißem Licht vorwiegend farbige Linien ("Isochromaten"), bei Verwendung von monochromatischem Licht helle und dunkle Streifen. Im Linear-Polariskop können Isoklinen (Linien gleicher Hauptspannungsrichtung) und Isochromaten (Linien gleicher Hauptspannungsdifferenz) bestimmt werden, im Zirkular-Polariskop erscheinen nur Isochromaten. Eine Prinzip Skizze der Aufteilung eines linear polarisierten Lichtstrahls beim Durchtritt eines Doppelbrechenden Mediums ist in Abbildung 3.10-3 dargestellt.

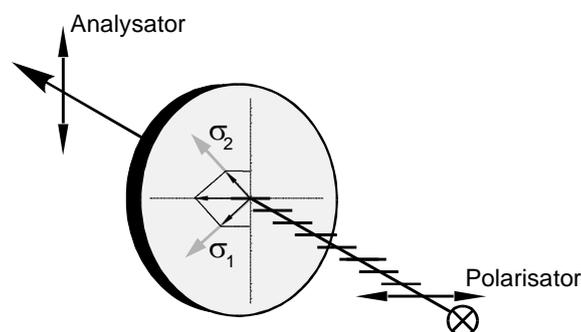


Abbildung 3.10-3 Aufteilung eines linear polarisierten Lichtstrahls in die Hauptspannungsrichtungen

Didaktische Aktivierung der Studierenden

- Wie können Bauteilspannungen sichtbar gemacht werden?
Ist dies überhaupt möglich?
- Kennen Sie den Begriff Spannungsoptik?
- Was ist der Unterschied zwischen polarisiertem und nicht polarisiertem Licht?

Themenähnliche Versuche

- -

Sicherheitshinweise

Keine besonderen Sicherheitshinweise

Quellen

- Tiedemann-Betz Prospekt zum Thema Spannungsoptik, Zugriff am 15.12.2014 unter:
http://www.tiedemann-betz.de/fileadmin/Downloads/deutsche_medien/Prospekt_Tiedemann_Spannungsoptik_2013.pdf

4 Weiterführende Literatur:

An dieser Stelle sollen Werke und Quellen aufgeführt werden, welche im Stile und Sinne der ExperiMat Versuchsbeschreibungen einfache Einblicke in die werkstoffkundliche Themen ermöglichen und anhand einfachster Beispiele komplexeres Wissen vermitteln.

Hierzu gehören insbesondere:

- www.materialseducation.org

Umfangreiche Sammlung an Wissen und Vorlesungsmaterialien des National Resource Centers rund um die Werkstoffkunde (englischsprachig).

- Experimente rund um die Kunststoffe des Alltags, Georg Schwedt

Ein Lehrbuch für Schüler, Studenten und Lehrende mit mehr als 70 Experimenten aus dem Gebiet der Kunststoffkunde im Kontext der Chemie
ISBN: 978-3-527-33503-9

- Praktikum in der Werkstoffkunde, Eckhard Macherausch, Hans-Werner Zoch
Vieweg Teubner,
ISBN 978-3-8348-0343-6

Lehrbuch zur Werkstoffkunde mit 91 ausführlichen Versuchen aus wichtigen Gebieten der Werkstofftechnik.