



PROJEKT:

Grenzüberschreitendes Ausbildungsmodell „ViVA 4.0“ /

Transgraniczny model dualnego kształcenia zawodowego „ViVA 4.0”

SCHULUNGSPROGRAMM

Berufskompetenz

Lehrgangstitel:	Werkstoffprüfung
Zielgruppe:	<u>Studenten (PL)</u> – <u>Azubis</u> – Mitarbeiter
Kurzzeichen:	Werkstoffprüfung
Dauer:	5 Tage- 40 UE

I. Beschreibung des Moduls:

Das Modul - Werkstoffprüfung ist eines der Module des grenzüberschreitenden dualen Ausbildungsmodells "ViVA 4.0".

Die modulare Einheit umfasst: Ausbildungsziele, Zugangsvoraussetzungen, Liste der erwarteten Ausbildungsergebnisse, Lehrplan, Übungen, Lehrmaterialien, methodische Hinweise für die Durchführung des Programms, Vorschläge für Methoden zur Überprüfung und Bewertung der Bildungsergebnisse der Schüler.

II. Ziel des Moduls:

Ziel des Moduls ist die Vorbereitung eines Auszubildenden ("Zuhörer") auf berufliche Aufgaben im Bereich der Probenahme und zerstörerischen Prüfung mechanischer und technologischer Eigenschaften von Materialien.

III. Zugangsvoraussetzungen:

Der Modulteilnehmer muss über Grundkenntnisse in den Bereichen Werkstoffkunde und Festigkeit von Werkstoffen und Prüfung von Metallen und deren Legierungen verfügen.

IV. Liste der Fähigkeiten die im Rahmen des Moduls entwickelt

Als Ergebnis des Lehrplans sollte der Auszubildende (Zuhörer) in der Lage sein:

1. die Bedingungen für die Prüfung von Materialien auf der Grundlage der Anforderungen von Normen, technischen Spezifikationen usw. festzulegen
2. zerstörerische Prüfungen von Werkstoffen in Übereinstimmung mit schriftlichen Anleitungen oder Normen durchführen:
 - Zugversuch
 - Härtemessung mit Brinell, Rockwell, Vickers und Rockwell Methoden
3. die Prüfergebnisse auf der Grundlage schriftlicher Kriterien zu interpretieren und Schlussfolgerungen zu formulieren
4. die Prüfergebnisse aufzuzeichnen und einen Bericht über die durchgeführten Prüfungen zu verfassen
5. Computerprogramme verwenden, die die Materialforschung unterstützen
6. einen Prüfstand vorbereiten
7. die Bestimmungen des Arbeitsschutzes, des Brandschutzes und des Umweltschutzes bei der Durchführung von Prüfungen anzuwenden

Nach Abschluss des Schulungsmoduls ist der Teilnehmer in der Lage, Härte-, Kerbschlag- und Zug-, Biege- und Torsionsfestigkeitsprüfungen nach schriftlichen Anleitungen oder Normen herzustellen und zu messen.

V. Erwartete Ergebnisse

Fähigkeit	Lernergebnisse mit Verifikationskriterien
sieht Gefahren für die menschliche Gesundheit und das Leben, Eigentum und die Umwelt im Zusammenhang mit der Erfüllung beruflicher Aufgaben vor.	- die Gefahren für die menschliche Gesundheit und das Leben im Zusammenhang mit der Erfüllung beruflicher Aufgaben im Zusammenhang mit dem Betrieb einer Universalprüfmaschine und Härteprüfgeräten zu charakterisieren.
	- die Gefahren für Eigentum und Umwelt im Zusammenhang mit der Erfüllung beruflicher Aufgaben im Zusammenhang mit dem Betrieb der Universalprüfmaschine und der Härteprüfgeräte zu charakterisieren.
	- mit Arbeits- und Gesundheitsschutzdiensten im Bereich der Ermittlung von Gefahren für die menschliche Gesundheit und das Leben, Eigentum und die Umwelt zusammenzuarbeiten
wendet persönliche und kollektive	- persönliche Schutzausrüstung anwenden, die für die zu erfüllenden

Schuttmittel zur Erfüllung beruflicher Aufgaben an	beruflichen Aufgaben geeignet ist: Härtemessung, Zugversuche. - kollektive Gefahrenschutz anwenden, die für die Erfüllung beruflicher Aufgaben geeignet sind: Härtemessung, Zugversuch
wählt Messmethoden nach PN EN ISO aus, unterstützt grundlegende Messwerkzeuge	- kennt die verwendeten Messmethoden - wählt die geeignete Methode zur Erfüllung der Anforderungen aus - Messungen mit grundlegenden Messwerkzeugen durchführen
prüft die Proben zur Prüfung	- kennt die Bedingungen, die durch den Testprobe zu erfüllen sind. - weiß, wie man Proben für Festigkeitsprüfungen vorbereitet. - prüft die Proben zur Prüfung - Messungen der Probe mit Hilfe von Messgeräten durchzuführen.
führt Prüfungen der mechanischen Eigenschaften von Materialproben durch	führt Festigkeitsprüfungen durch: - betreibt eine Universalprüfmaschine - unterstützt Software zur Steuerung der Universalprüfmaschine - führt Zugversuche durch - bestimmt auf der Grundlage eines Zugversuchs: Elastizitätsgrenze, Zugfestigkeit des Materials und relative Bruchdehnung
führt Härtemessungen durch	führt Härtemessungen durch: - unterstützt Härteprüfer: Brinell, Vickers, Rockwell - unterstützt Software - testet die Härte von Materialien nach der Methode von: Brinell, Vickers, Rockwell
erstellen die Berichte über die durchgeführten Prüfungen	- kann die Ergebnisse gemäß den Anforderungen der PN EN ISO-Referenznormen dokumentieren. - die tatsächlichen Bedingungen der Prüfung angeben - die erhaltenen Prüfergebnisse auf der Grundlage schriftlicher Kriterien zu interpretieren und Schlussfolgerungen zu formulieren
führt die Wartung von Messmaschinen durch	- die Wartung des Härteprüfers, der Universalprüfmaschine durchführen

VI. Lerninhalte

Programm:

THEORETISCHER TEIL (24 Stunden, 3 Tage)	Der theoretische Teil des Moduls behandelt Fragen im Zusammenhang mit der Prüfung der mechanischen und technologischen Eigenschaften von Materialien, der Prüfung der mechanischen Eigenschaften: Zugversuch, Härtemessmethoden. Verbesserung des Materialprüfsystems. Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz während der Prüfung. Während des theoretischen Unterrichts werden alle Fragen an praktischen Beispielen besprochen.
Tag 1	Grundlegende Regeln für die Prüfung der Eigenschaften von Materialien - grundlegende Methoden zur Prüfung von zerstörenden Materialien - Forschungsgegenstand, Wahl der Prüftechnik, Aufbereitung der Ergebnisse, Organisation und Ausstattung der Werkstoffprüfwerkstatt, Qualifikation des Personals, Normen und technische Spezifikationen, Normung in der Werkstoffprüfung - Verbesserung des Werkstoffprüfsystems (Verfahren, computergestützte Prüfmethode, Qualitätssystem in der Werkstoffprüfung)



Tag 2	Zugversuch <ul style="list-style-type: none"> - theoretische Grundlagen - Universal-Zugprüfmaschine - Durchführung eines Zugversuchs - Zugprüfbericht
Tag 3	Härteprüfungen , Brinell-Methode, Vickers-Methode, Rockwell-Methode <ul style="list-style-type: none"> - theoretische Grundlagen - Universal-Zugprüfmaschine - Härtemessung - Bericht über die Härtemessung
PRAKTISCHER TEIL (16 Stunden, 2 Tage)	Der praktische Teil findet auf einem realen Prüfstand statt und beinhaltet alle nötigen Schritte zur Durchführung einer statischen Zugprüfung und Härtemessung.
Tag 4	Übung 1: Zugversuch Zugversuch gemäß den Anleitungen der Übung: <ul style="list-style-type: none"> - Betrieb der Universalprüfmaschine - Übungsprozess - Erstellung eines Berichts über die durchgeführte Übung
Tag 5	Übung 2 Härtemessung Härtemessung gemäß Übungsanleitung: <ul style="list-style-type: none"> - Betrieb von Härteprüfgeräten: Brinell, Vickers, Rockwell - Übungsprozess - Erstellung eines Berichts über die durchgeführte Übung - Prüfungstest

VII. Methoden der Arbeit mit Auszubildenden

Es ist ratsam, diese Methoden zu verwenden, wie z.B. die Haupttextmethode, praktische Übungen und eine erklärende Präsentation. Sie sollten eine entsprechende Anweisung oder einen Leittext für die Übungen vorbereiten.

Vor Beginn der Übungen sollte der Lehrer eine Präsentation durchführen, die die schwierigere Bedienung der bei den Prüfungen verwendeten Geräte erklärt. Der Lehrer sollte auch die für die Durchführung der Übungen erforderlichen Materialien vorbereiten, wie z.B. Leittexte, Übungsanleitungen, technische Spezifikationen, Bedienungsanleitungen, Referenznormen PN EN ISO und andere. Die Auszubildenden planen anhand der im Leittext oder in der Übungsanleitung und dem Ausgangsmaterial enthaltenen Leitfragen den Forschungsablauf, organisieren den Arbeitsplatz und erfüllen die Aufgabe. Während der Übungen sollte der Lehrer die Arbeit der Auszubildenden beobachten und ihnen Konsultationen geben.

Nach Abschluss der Übung sollte der Auszubildende die Ergebnisse präsentieren und interpretieren. Der Unterricht sollte in einer Gruppe von 6 Personen, in Werkstatt für Materialforschung, an einzelnen Arbeitsplätzen stattfinden. Der Auszubildende sollte in Zweiertteams arbeiten.



Es sollte auch auf die Entwicklung beruflicher Einstellungen geachtet werden, die folgendes betreffen: die Einhaltung der Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften am Arbeitsplatz, die Aufrechterhaltung der Ordnung an der Forschungsstelle, die sorgfältige Erfüllung der Aufgaben sowie die Fähigkeit, Einzel- und Teamarbeit zu organisieren.

Vor Beginn der Übungen ist es notwendig, die Auszubildenden mit den Vorschriften des Arbeitsschutzes vertraut zu machen.

VIII. Ort der Durchführung - Name / Beschreibung des Workshops, in dem spezifische Fähigkeiten ausgebildet werden sollen.

Der Unterricht sollte in einem Materialprüfungslabor durchgeführt werden, das ausgestattet ist mit: einer Computerstation für einen Lehrer mit Drucker, Multimedia-Projektor, Computerstationen (eine Station für einen Auszubildenden), einer Universalprüfmaschine mit einem Computer mit Software zur Aufzeichnung der Messergebnisse, Härtemessgeräten: Rockwell, Vickers, Brinell, Proben nach PN EN ISO, Arbeitsplatzanleitungen und Arbeitsschutzanweisungen, Präsentationen über mechanische und technologische Eigenschaften von Metallen und Legierungen, PN EN ISO-Referenznormen, Betriebsanleitungen, Übungstexte, Steuerungssoftware, Messwerkzeuge und -instrumente, Bedienwerkzeuge, Bedienungsanleitungen für Prüfeinrichtungen.

Der Unterricht kann stattfinden in: Schulwerkstätten, Einrichtungen des lebenslangen Lernens, Einrichtungen der praktischen Ausbildung und Einrichtungen, die potenzielle Arbeitsplätze für Absolventen von Berufsschulen sind.

IX. Listen mit Werkzeugen, Maschinen und Geräten und Beschreibungen ihrer Verwendung bei der Implementierung des Moduls.

Computerarbeitsplatz für Lehrer mit Drucker, Multimedia-Projektor, Computerarbeitsplätze (ein Arbeitsplatz für einen Auszubildenden), Universalprüfmaschine mit einem Computer mit Software zur Registrierung von Messergebnissen, Härteprüfer: Rockwell, Vickers, Brinell, Proben nach PN EN ISO, Arbeitsplatzanweisungen und Arbeitssicherheitsanweisungen, Präsentationen über mechanische und technologische Eigenschaften von Metallen und Legierungen, PN EN ISO-Referenznormen, Handbücher, Übungstexte, Steuerungssoftware, Messwerkzeuge und -instrumente, Betriebswerkzeuge, Bedienungsanleitungen für Prüfgeräte.

X. Methoden zur Validierung der erzielten Ergebnisse.

Die Überprüfung und Bewertung der Leistungen der Auszubildenden sollte systematisch während des gesamten Moduls auf der Grundlage, der zu Beginn des Unterrichts festgelegten Kriterien durchgeführt werden.

Im erforderlichen Umfang sollte der Auszubildende:

- gemäß den Anleitungen oder dem Leittext Werkstoffprüfungen durchführen, bei der Einhaltung der Arbeitsschutz-, Brandschutz- und Umweltschutzvorschriften und die Ergebnisse zu präsentieren,
- die Forschungsergebnisse interpretieren, Schlussfolgerungen formulieren und die Qualität der Stichprobe beurteilen.

Es wird empfohlen, die praktischen Fähigkeiten anhand der Beobachtung der Aktivitäten des Auszubildenden während der Übung zu überprüfen. Kriterien für die Bewertung des Niveaus der praktischen Fähigkeiten sollten berücksichtigt werden:

- 1) Arbeitsplatzorganisation,
- 2) Einhaltung der Arbeitsschutzvorschriften,
- 3) Verwendung verschiedener Informationsquellen,
- 4) die Richtigkeit der durchgeführten Tätigkeiten,
- 5) die Interpretation der Prüfergebnisse.



Grundlage für eine positive Bewertung des Auszubildenden nach Abschluss des Modulprogramms sollte die korrekte Durchführung von Übungen sein, die für die Umsetzung geplant sind

XI. Vorgeschlagene Literatur

- Wiktor Kubiński - „Wybrane metody badania materiałów” - Wydawnictwo Naukowe PWN
- PN-EN ISO 6892-1 Metalle. Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur
- PN-EN ISO 6506-1 Metalle. Härteprüfverfahren nach Brinell- Teil 1: Prüfverfahren.
- PN-EN ISO 6508-1 Metalle. Härteprüfverfahren nach Rockwell Teil 1: Prüfverfahren
- PN-EN ISO 6507-1 Metalle. Härteprüfverfahren nach Vickers. Teil 1: Prüfverfahren

XII. Beispielhafte Unterrichtspläne mit Beispielsätzen von Übungen

- 1) Übung 1 Zugversuch.
- 2) Übung Nr. 2 Härtemessung.





PROJEKT:

Grenzüberschreitendes Ausbildungsmodell „ViVA 4.0“ /

Transgraniczny model dualnego kształcenia zawodowego „ViVA

ÜBUNG:

Zugfestigkeitsprüfung.

Modulbezeichnung: **Werkstoffprüfung**



1. Übungsziel

Das Übungsziel ist, sich mit dem statischen Zugversuch und der Zugprüfmaschine vertraut zu machen, das Verhalten des Werkstoffes während des Zugprozesses kennenzulernen, einen Zugversuch mit den durch die Übung leitende Person angezeigten Proben durchzuführen, grundlegende Festigkeits- und plastische Eigenschaften des Werkstoffes zu ermitteln.

2. Übungsumfang

Nutzung einer Zugprüfmaschine zur Bestimmung der Zugfestigkeit, Streckgrenze und Bruchdehnung.

3. Einleitung zur Übung

Im Zugversuch wird die entsprechend vorbereitete Stab- oder Rundprobe langsam mit einer vorgegebenen Geschwindigkeit gedehnt. Die Grundsätze der Probenvorbereitung, Zugversuchsdurchführung und Ergebnissbearbeitung werden ausführlich in der Norm PN-EN ISO 6892-1:2016-09 „Metale -- Próba rozciągania -- Część 1: Metoda badania w temperaturze pokojowej“ [= DIN EN ISO 6892-1:2017-02 „Metallische Werkstoffe - Zugversuch - Teil 1: Prüfverfahren bei Raumtemperatur“] beschrieben. Auf Grund dieser Prüfungen bekommt man Informationen über charakteristische Spannungen, die bei verschiedenen Belastungen entstehen: die Proportionalitäts-, Elastizitäts-, obere und untere Streckgrenze, Zugfestigkeit sowie elastische und plastische Dehnbarkeit des zu prüfenden Werkstoffes. In der Regel wird der Zugversuch bis zum Moment des Probenbruches durchgeführt.

Versuchsproben: Für Zugversuche können (Dreh-) Rund- oder Stabproben zur Anwendung kommen. Die gedrehten Rundproben werden so vorbereitet, dass deren Durchmesser größtmöglich in Bezug auf die Leistung der Zugprüfmaschine ist. Die Länge des mittigen Probenbereiches l_0 ist von der Probenproportionalität gemäß der Norm abhängig ($n = 5$ oder 10). Diese Größe ist das Vielfache des Durchmessers: $l_0 = n \cdot d_0$. Probenende haben zum Befestigen in den Spannbacken Probeköpfe, deren Durchmesser größer als der des mittleren Probenbereich ist.

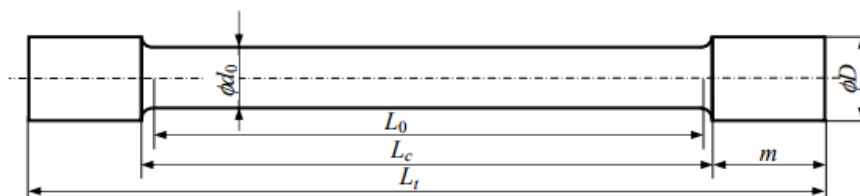


Abb.1. Rundprobe mit den Probeköpfen zum Befestigen in den Spannbacken

Die Festigkeitseigenschaften charakterisieren den Widerstand des Probenstoffes gegen eine Verformung oder einen Bruch. Die Festigkeitsgrößen werden auf Grund der Lage der bestimmten Punkte auf dem Spannungs-Dehnungs-Diagramm ermittelt.

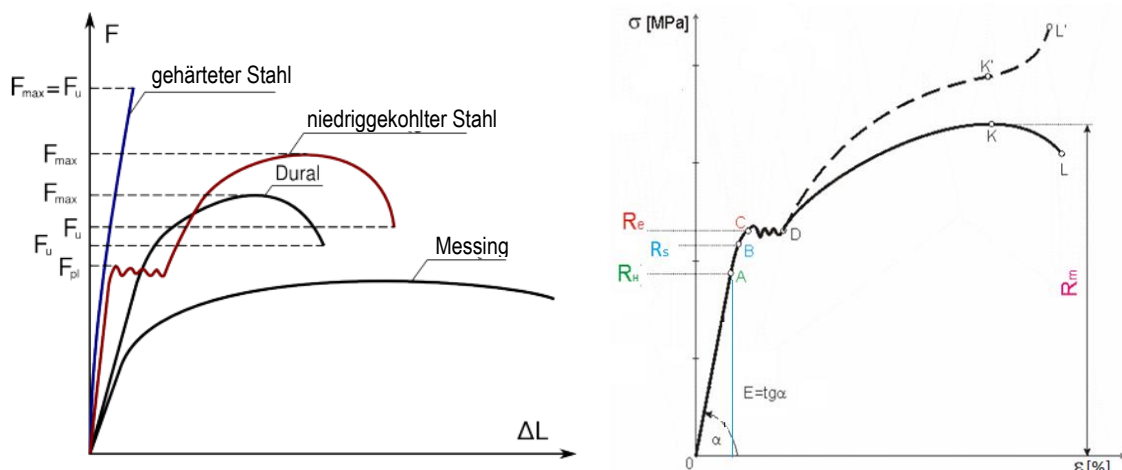


Abb. 2 Kraft-Verlängerungs-Diagramm in einem üblichen Zugversuch sowie Spannungs-Dehnungs-Diagramm

Es ist zu beachten, dass die Zugverfestigungskurve in zwei Koordinatensystemen dargestellt werden kann, und zwar als Kraft-Verlängerungs- ($F - \Delta l$) oder Spannungs-Dehnungs-Diagramm ($\sigma - \varepsilon$).

Der Spannungswert σ im Probequerschnitt wird herkömmlich als:

$$\sigma = \frac{F}{A} \text{ [MPa]}$$

bestimmt,

wobei:

F – Kraft, [N],

A – Ausgangsquerschnittsfläche der Probe, [mm²].

Die Totaldehnung in der Probenlängsrichtung mit Bezug auf die Messstrecke l_0 wird aus der Formel:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_0 - l}{l_0}$$

berechnet,

wobei:

Δl – Längenänderung $\Delta l = l_0 - l$, [m]

l_0 – Ausgangslänge der Messstrecke, [m]

l – Länge der Messstrecke nach der Dehnung, [m]

Die Dehnung ist direkt proportional zur Spannung, die diese verursacht hat – es ist das Hookesche Gesetz.

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$$

Bei der Einwirkung der Kräfte auf Konstruktionsbauteile treten Verformungen, also Veränderung der Abmessungen auf.

Statischer Zugversuch erlaubt folgende Festigkeitskenngrößen zu bestimmen:

R_H – Kenngröße der Proportionalitätsgrenze – größte Spannung, bei der noch das Hookesche Gesetz gilt:

$$R_H = \frac{F_H}{S_o}$$

R_S – Kenngröße der Elastizitätsgrenze – größter Wert der Spannung, bei der noch keine dauerhafte Verformung erfolgt:

$$R_S = \frac{F_S}{S_o}$$

Wegen Schwierigkeiten mit der Bestimmung von der Elastizitätsgrenze wurde die 0,05-Dehngrenze **$R_{0,05}$** angenommen, bei der die Spannung in der Zugprobe eine bleibende Verformung verursacht mit einem Wert von 0,05%

$$R_{0,05} = \frac{F_{0,05}}{S_o}$$

R_e – ausgeprägte Streckgrenze – eine Spannung, bei dem deutlichen Dehnungsanstieg der Zugprobe, ohne den Anstieg oder selbst bei Abfall der Kraft F_e (auf der CD-Strecke) erfolgt.

$$R_e = \frac{F_e}{S_o}$$

R_m – Zugfestigkeit – die Spannung bei der maximalen Kraft F_m , die beim Zugversuch erreicht worden ist, bezogen auf den Ausgangsquerschnitt der Zugprobe.

$$R_m = \frac{F_m}{S_o}$$

Auf der KL-Strecke erfolgt die Einschnürung (Taillenbildung) und anschließend der Bruch der ausgedehnten Zugprobe.

Auf Grund der Ergebnisse des Zugversuchs werden auch die Kenngrößen bestimmt, die **plastische Eigenschaften** des Zugprobenwerkstoffes charakterisieren:

– die Bruchdehnung der Zugprobe A_p wird durch das Verhältnis der bleibenden Probenverlängerung nach dem Bruch zu der Ausgangsprobenlänge in Prozent definiert:

$$A_p = \frac{l - l_o}{l_o} 100\%$$

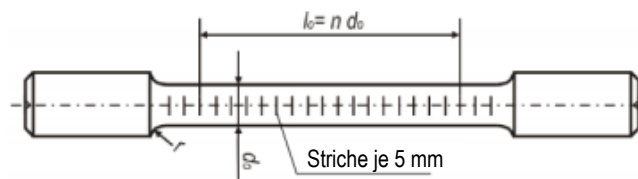
wobei: p – für Probenproportionalität (5) steht

— Brucheinschnürung der Zugprobe Z, wird durch das Verhältnis der Querschnittsverringern der Zugprobe an der Bruchstelle zu der Ausgangsquerschnittsfläche in Prozent definiert:

$$Z = \frac{S_o - S}{S_o} 100\%$$

4. Übungsablauf

- die Norm PN-EN ISO 6892-1 lesen;
- Zugprobenabmessungen: den Durchmesser (Dicke) und die Anfangslänge an mehreren Stellen messen
- die Messbasis auf die Zugprobe aufbringen, d. i. mit einer Reißnadel Striche je 5 mm markieren, in einer Menge größer als der Probenproportionalitätsfaktor



Zugprobe mit markierten Strichen

- den statischen Zugversuch durchführen
- nach dem Bruch ist die Zugprobe genau zusammenzulegen und der Durchmesser an der Bruchstelle zu messen
- die Länge nach dem Bruch so messen, dass die Messstrecke dieselbe Anzahl der Basisstriche als l_0 beinhaltet
- Festigkeits- und plastische Eigenschaftskennwerte des geprüften Werkstoffes berechnen

Übungsbericht

Im Übungsbericht sind folgende Angaben einzutragen:

- Durchführungsziel des Zugversuchs
- Zugprobenarten, die bei den Zugversuchen in Anwendung kamen
- beim Zugversuch erhaltene Spannungs-Dehnungs-Diagramme
- Zugprobenzeichnung,
- Messergebnisse zusammengestellt im Übungsbericht

ÜBUNGSBERICHT

Übungsthema: Statischer Zugversuch

Messergebnisblatt

Das _____ zu _____ prüfende _____ Werkstoff
:

Zugprobenparameter vor dem Zugversuch:

Ausgangslänge der Messstrecke $l_o =$ [mm]

Ausgangsprobendurchmesser $d_o =$ [mm]

Ausgangsquerschnittsfläche der Zugprobe S_o [mm²]

Zugprobenparameter nach dem Zugversuch:

Gesamtlänge der Zugprobe nach dem Zugversuch $l =$ [mm]

Zugprobendurchmesser an der schmalsten Stelle $d =$ [mm]

Querschnittsfläche an der schmalsten Stelle $S =$ [mm²]

Messungen der Zugkräfte:

Kraft, die zur ausgeprägten Streckgrenze geführt hat F_e [kN]

Maximale Zugkraft in der Zugprobe F_m [kN]

Bruchkraft F_u [kN]

Festigkeitsparameter:

R_e - ausgeprägte Streckgrenze – $R_e = \frac{F_e}{S_o}$ [MPa]

R_m – Zugfestigkeit – $R_m = \frac{F_m}{S_o}$ [MPa]

R_u – wirkliche Zugspannung – $R_u = \frac{F_u}{S}$ [MPa]

Geometrische Parameter:

A_p – relative Bruchdehnung [%]

Z – relative Brucheinschnürung [%]

,



Literaturvorschlag.

- Broniewski T., Kapko J., Płaczek W., Thomalla J. (2000), Metody i ocena właściwości tworzyw sztucznych, Warszawa, WNT.
- Przygocki W. (1990), Metody fizyczne badań polimerów, Warszawa, PWN.
- Beluch W. i in. (2002), Laboratorium z wytrzymałości materiałów: praca zbiorowa pod red. Tadeusza Burczyńskiego, Witolda Belucha, Antoniego Johna.
- PN-EN ISO 6892-1 Metale. Próba rozciągania. Część 1. Metoda badania w temperaturze pokojowej.
- PN-EN ISO 4136. Badania niszczące złączy spawanych metali. Próba rozciągania próbek poprzecznych.





PROJEKT:

Grenzüberschreitendes Ausbildungsmodell „ViVA 4.0“ /

Transgraniczny model dualnego kształcenia zawodowego „ViVA 4.0”

ÜBUNG:

Härteprüfung

Modulbezeichnung: Werkstoffprüfung

1. Übungsziel

Das Übungsziel ist, sich mit den grundlegenden statischen Metallhärteprüfverfahren (Brinell-, Rockwell-, Vickers-Härteprüfung) vertraut zu machen; sich Kenntnisse in Metallhärteprüfungen nach Brinell, Rockwell und Vickers anzueignen; sich mit dem Aufbau von den Härteprüfgeräten und der praktischen Härtebestimmung mittels dieser Methoden für verschiedene Metalle vertraut zu machen.

2. Übungsumfang

Aneignung von Kenntnissen über den Aufbau der Brinell-Härteprüfgeräte. Durchführung einer Härteprüfung nach Brinell. Analyse der Regeln, die während einer Härteprüfung vorkommen. Durchführung einer Härtemessung.

3. Übungsablauf

Die Härteprüfung nach Brinell wird in der Norm PN-EN ISO 6506-1:2008 beschrieben. Diese Methode beruht auf dem Eindrücken mit einer Prüfkraft F und im Laufe einer Zeit t eines Eindringkörpers in Form einer polierten Hartmetallkugel mit einem Durchmesser D von 10 mm, 5 mm, 2,5 mm oder 1 mm in die Oberfläche des zu prüfenden Werkstückes. Der Durchmesser des Eindrucks d , als ein Mittelwert von zweier rechtwinklig zueinander durchgeführten Messungen, dient zur Berechnung des Flächeninhaltes des kugelkalottenförmigen Eindrucks. Die Brinellhärte ist das Verhältnis von Prüfkraft zur Eindrucksoberfläche.

$$HB = 0,102 \frac{F}{S_{cz}}$$

wo:

HB - Brinellhärte,

F - Prüfkraft,

S_{cz} - Eindrucksoberfläche (Flächeninhalt des kugelkalottenförmigen Eindrucks).

Es gilt:

$$S_{cz} = p \cdot D \cdot h$$

wobei:

$$h = \frac{(D - \sqrt{D^2 - d^2})}{2}$$

also:

$$HB = 0,102 \times \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

wobei:

D - Kugeldurchmesser, mm

F - Prüfkraft, N

d - mittlerer Eindrucksdurchmesser, mm $\rightarrow d = \frac{d_1 + d_2}{2}$

h - Eindrucktiefe, mm

Zur Durchführung einer Härtemessung hat der Teilnehmer:

- die Norm PN-EN ISO 6506-1 zu lesen;
- Symbole der Brinellhärte kennenzulernen;

Das Symbol HBW wird mit einem Härtewert vorangegangen und mit Angaben von: dem Kugeldurchmesser [mm], der die Prüfkraft bestimmende Zahl und der Wirkungszeit der Prüfkraft [s] vervollständigt, z. B.:

350HBW 5/750 – Brinellhärte 350 gemessen mittels einer Kugel mit einem Durchmesser von 5 mm und der über eine Belastungszeit von 10 s bis 15 s wirkenden Prüfkraft von 7355 N;

400 HBW 1/30/20 – Härtewert 400, Kugeldurchmesser 1 mm, Prüfkraft 294,2N und Belastungszeit 20 s.

- den Aufbau des Brinellhärteprüfgerätes kennenzulernen. Ein beispielhaftes Härteprüfgerät wurde in der Abb. 1 dargestellt.

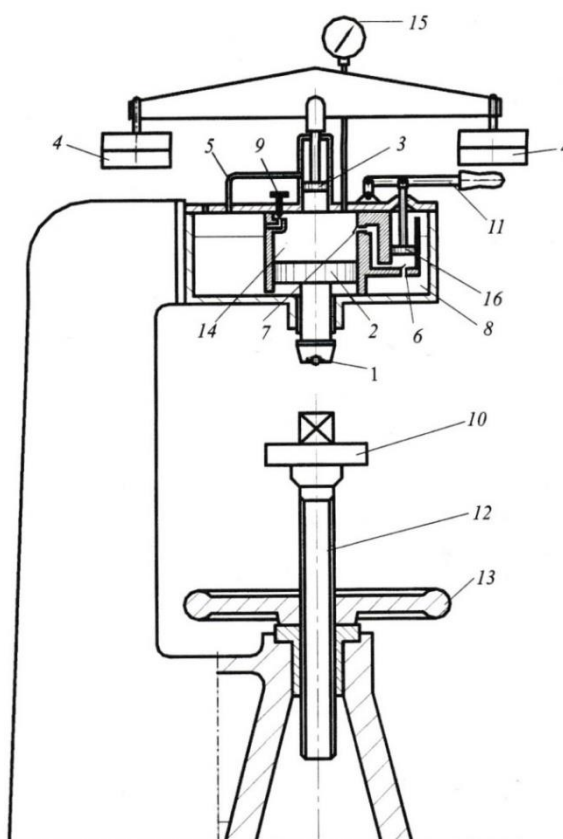


Abb.1. Aufbau eines Brinellhärteprüfgerätes. 1- Eindrückkörper, 2- großer Kolben, 3- Kante des kleinen Kolbens, 4- Gewichte, 5- Überlaufrohr, 6, 7- Rückschlagventile, 8- Ölbehälter, 9- Ablassventil, 10- Tisch, 11- Handhebel zum Ölpumpen, 12- Tischhöhenverstellungsschraube, 13- Tischhandrad, 14- Ölraum für das zum Ausüben entsprechender Eindruckkraft gepumpte Öl, 15- Manometer, 16- Kolben

- Prüfkörper zur Härteprüfung vorzubereiten;

Die Härteprüfung soll auf einer ebenen und glatten Prüffläche erfolgen. Die Dicke der Probe muss mindestens das 8-fache der Eindringtiefe betragen.

Die Dicke der Probe soll mindestens das 10-fache Eindringtiefe h betragen.

- den Eindringkörper (die Kugel) mit entsprechendem Durchmesser befestigen;

Die zur Anwendung kommenden Kugeldurchmesser betragen: 10 mm, 5 mm, 2,5 mm, 2 mm und 1 mm. Es ist aber immer die Kugel mit dem größtmöglichen Durchmesser anzuwenden.

- ein Gewicht mit entsprechendem Wert auf dem Hebel des Härteprüfgerätes aufzulegen.

Die Prüflast ist so zu wählen, dass der Eindringdurchmesser d zwischen den Werten $0,24 D$ und $0,6 D$ liegt. In der Tabelle 1 wurden die Werte des Verhältnisses Kraft: Durchmesser

$$0,102 \cdot F / D^2$$

in Abhängigkeit vom zu prüfenden Werkstoff und seiner Härte dargestellt. Die Tabelle 2 enthält empfohlene Werte der Prüfkraft F .

Tabelle 1. Empfohlene Werte des Verhältnisses Prüfkraft : Durchmesser für verschiedene Werkstoffe

Verhältnis Prüfkraft : Durchmesser $0,102 \cdot F / D^2$	Werkstoff	Brinell- härte HBW
30	Stahl, Gusseisen, Nickellegierungen, Titan mit einer Härte von >140HB, Kupfer und Kupferlegierungen mit einer Härte von >200HB	96-650
15	Kupfer und Kupferlegierungen, Leichtmetalle und ihre Legierungen, Lagerlegierungen mit einer Härte von >50HB	50-325
10	Gusseisen, Kobalt-, Nickel-, Titanlegierungen mit einer Härte von <140HB, Kupfer und Kupferlegierungen, Leichtmetalle und ihre Legierungen mit einer Härte von >80HB	32-200
5	Kupfer und Kupferlegierungen mit einer Härte von >35HB, Leichtmetalle und ihre Legierungen sowie Lagerlegierungen mit einer Härte von >35-80 HB	16-100
2,5	Leichtmetalle und ihre Legierungen sowie Lagerlegierungen mit einer Härte von <35HB	8-50
1	Blei, Zinn, Lagerlegierungen und andere mit einer Härte von < 20HB, Sintermetalle	4-25 3,2-20

Tabelle 2. Werte der Prüfkraft F in Abhängigkeit vom Kugeldurchmesser D und Verhältnis Prüfkraft : Kugeldurchmesser



Kugeldurchmesser D , mm	Verhältnis Prüfkraft : Kugeldurchmesser $0,102 \cdot F/D^2$, N/mm ²					
	30	15	10	5	2,5	1
	Nennwert der Prüfkraft F , N Härtebezeichnung					
10	29 420 HBW 10/3000	14 710 HBW 10/1500	9807 HBW 10/1000	4903 HBW 10/500	2452 HBW 10/250	980,7 HBW 10/10
5	7355 HBW 5/750	-	2452 HBW 5/250	1226 HBW 5/125	612,9 HBW 5/62,5	245,2 HBW 5/25
2,5	1839 HBW 2,5/187,5	-	612,9 HBW 2,5/62,5	306,5 HBW 2,5/31,25	153,2 HBW 2,5/15,625	61,29 HBW 2,5/62,5
1	294,2 HBW 1/30	-	98,07 HBW 1/10	49,03 HBW 1/5	24,52 HBW 1/2,5	9,807 HBW 1/1

— die Zeitdauer der Härtemessung ab dem Moment voller Belastung festzulegen;

In Abhängigkeit von dem zu prüfenden Werkstoff:

- für Stahl und Gusseisen von 10 bis 15 s,
- für andere Metalle mit einer Härte von $\geq 32 HB$ – 30 s,
- für andere Metalle mit einer Härte von $< 32 HB$ – 60 s

— mit den Prüfungen, durch Auflegen des Prüflings auf dem Tisch und Aufheben des Tisches bis zum leichten Andrücken des Prüflings an den Eindringkörper, zu beginnen;

— Das Härteprüfgerät zur Durchführung der Prüfung zu betätigen und eine entsprechende Zeit gemäß der Norm abzuwarten;

— mehrere Messungen auf gleiche Art und Weise durchzuführen;

Es muss beachtet werden, dass der Abstand zwischen den Mitten der benachbarten zwei Eindrücke größer als mindestens $2,5 d$ sein soll, wo d für mittigen Eindruckdurchmesser in mm steht.

— den Eindruck zu messen;

Der Eindruckdurchmesser ist in zwei zueinander rechtwinkligen Richtungen zu messen. Zur Berechnung wird der Mittelwert genommen. Zur Messung des Eindruckdurchmessers dient eine spezielle Lupe, sog. Brinell-Lupe, ausgestattet mit einer kleinen Glühlampe, die die Skala beleuchtet. In modernen Härteprüfgeräten wird eine Messeinrichtung zum Ablesen des Eindruckdurchmessers im Härteprüfgerät integriert. Beispielsweise wird in der Abbildung 2 ein Messsystem zum Eindruckvermessen dargestellt. Die Eindruckspur umfasst 12 große Skalenstriche, die voneinander mit einem Abstand je 0,1 mm liegen, woraus sich insgesamt ein Maß von 1,2 mm ergibt. Der Nullstrich befindet sich hinter dem vierten, die hundertsten Millimetererteile bestimmenden Skalenstrich (0,04mm). Der dritte Strich der Mikrometerschraube liegt gegenüber ihres Nullstriches, sodass 0,003 mm abzulesen ist. Der Eindruckdurchmesser beträgt also $d=1,243 \text{ mm}$.

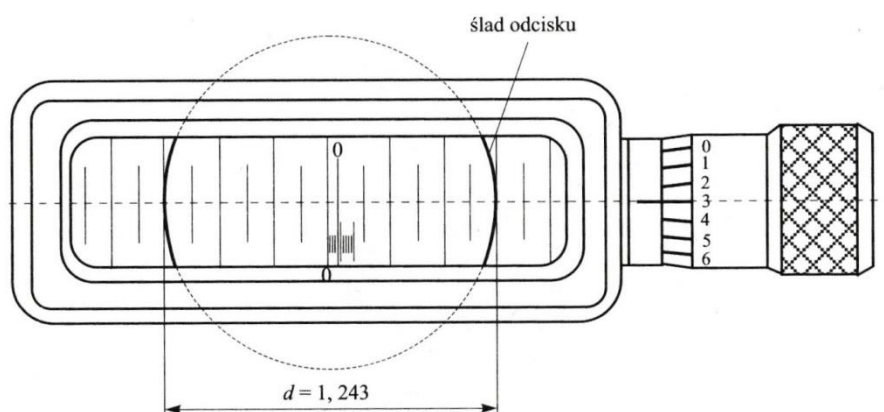


Abb. 2. Schematische Darstellung der Eindruckdurchmessermessung bei Härteprüfung nach Brinell

- aus der durchgeführten Messung des Mitteldurchmessers den Härtewert zu berechnen oder diesen aus einer der in der Norm dargestellten Tabelle abzulesen; die Tabelle mit den Prüfergebnissen zu vervollständigen.

Literaturvorschlag.

- PN-EN ISO 6506-1 Metale. Pomiar twardości sposobem Brinella. Część 1. Metoda badania,
- PN-EN ISO 6508-1 Metale. Pomiar twardości sposobem Rockwella. Część 1. Metoda badania,
- PN-EN ISO 6507-1 Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Część 1. Metoda badania
- A. Szummer, A. Ciszewski, T. Radomski „*Badania własności i mikrostruktury materiałów. Ćwiczenia laboratoryjne*”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2000.
- Pod redakcją M. Banasiak: „*Ćwiczenia laboratoryjne z wytrzymałości materiałów*”. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2000.
- G. Golański, A. Dudek, Z. Bałaga: „*Metody badań właściwości materiałów*”. Politechnika Częstochowska. Częstochowa 2011.

ÜBUNGSBERICHT

Übungsthema: Härteprüfung

Berichterstellung

Der Übungsbericht soll folgende Angaben beinhalten:

- statische Methoden zur Härteprüfung
- Härtedefinition nach Brinell,
- Schematische Darstellung und Beschreibung eines Brinell-Härteprüfgerätes,
- Bedingungen, bei denen die Prüfung durchgeführt ist,
- Messergebnisse.

Härteprüfung nach Brinell

Der zu prüfende Werkstoff

Kugeldurchmesser

Prüfkraft

Tabelle mit den Ergebnissen der Härteprüfung nach Brinell

Pos.	Eindruckdurchmesser, gemessen zueinander rechtwinklig (90°) [mm]		Mittlerer Durchmesser [mm]	Eindrucktiefe [mm]	Eindruck- flächeninhalt [mm ²]	Härte HBW
	d_1	d_2	d	h	S_{cz}	
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
			Mittelwert:			