

Gruppe Nr. 24

Axel Öland	1279421	axel.oeland@gmx.de
Alexander Baumer	1264081	alexbaumer@gmx.net
Manuel Diehm	1230170	pmdiehm@web.de

Protokoll

Versuch Nr.1: Metallographie von Stählen

I. Einleitung

Bei diesem Versuch geht es um die Präparation von C 45 Stahlproben und die anschließende Analyse des Gefüges und der Härte. Das Gefüge wird unter einem Lichtmikroskop betrachtet und die Härte mit dem Vickers-Verfahren festgestellt. Unter anderem lässt sich so feststellen, ob der Stahl im Ofen oder im Wasser gekühlt wurde.

II. Durchführung und Auswertung

1.) Präparation der Proben für die Lichtmikroskopische Untersuchung

Für den Versuch stehen drei C 45 Stahlproben, die schon zur leichteren Handhabung in Kunstharz eingefasst und vorgeschliffen sind, zur Verfügung. Zur Weiterbearbeitung werden die Proben mit Schleifpapier von 800/1200/2400 (21,8µm/15,2 µm/10 µm) Körnung unter Wasserkühlung geschliffen. Da man die Probe an einer Stelle auf das Schleifpapier hält, zeichnen sich die Schleifspuren nur in eine Richtung ab. Beim nächsten Schliff wird das Stahlstück so gedreht, dass die Furchen um 90° versetzt zu den alten auftreten, damit man erkennt, wenn die Schicht komplett wegschliffen ist. Zudem sollte man darauf achten, die Probe waagrecht auf die Schleifmaschine zu drücken, so dass eine ebene Fläche entsteht, was später das Fokussieren am Mikroskop erleichtert. Zwischen den einzelnen Schritten werden die Proben mit Wasser abgespült, um Schleifreste zu entfernen, und außerdem mit einem Föhn getrocknet, damit das Metall nicht korrodiert. Anschließend poliert man die Stahlstücke mit Diamant-Polierpaste mit 6 und 3 µm Korngröße, um eine möglichst glatte Oberfläche zu erhalten. Deshalb werden die Proben im Gegensatz zum Schleifen gleichmäßig über die Drehscheibe zogen, um einseitige Rillen zu vermeiden. Das Polieren mit 1 µm Paste ist wegen der relativ geringen Auflösung des Lichtmikroskops nicht nötig. Beim Polieren werden die Proben mit Ultraschall und Alkohol gereinigt, und danach wieder mit einem Handföhn getrocknet. Beim Polieren wird Alkohol zur Reinigung und Kühlung verwendet, um Kalkablagerungen zu vermeiden und Schmutz gründlicher zu entfernen. Da man bis zu diesem Zeitpunkt noch keine Korngrenzen erkennen kann, werden die Proben in 2%iger ethanolischer Salpetersäure ca. 15 s lang angeätzt bis die Oberfläche matt wird. Die Ätzung wird durch Abspülen mit Wasser gestoppt. Weil das Metall an den Korngrenzen säureempfindlicher ist als am Korn, wird die Oberfläche unterschiedlich stark angeätzt, so dass das Licht an den Korngrenzen anders gebrochen wird, was die Analyse des Gefüges unter dem Lichtmikroskop ermöglicht.

2.) Gefügeuntersuchung der C45 Stähle unter dem Lichtmikroskop

Unter dem Lichtmikroskop werden nun die drei präparierten Stähle, C45 ofenabgekühlt oder C45 wasserabgeschreckt, auf die Art ihres Gefüges untersucht, um die Methode der Abkühlung zu bestimmen

2.1.) Ofenabgekühlter Stahl:

Die vorbereitete Probe wird plan auf den Objektivträger des Lichtmikroskops aufgebracht und auf der kleinsten Vergrößerung (50fach) scharfgestellt. Nun wird so lange die Vergrößerung erhöht bis die einzelnen Körner des Gefüges zu erkennen sind. Beim ofenabgekühlten Stahl lassen sich zwei Gefügebestandteile feststellen: Ferrit und Perlit. Ferrit ist das fast reine Eisen während im Perlit Fe_3C in Lamellen angeordnet als Schwarze Linien zu erkennen ist. Die zwei erkennbaren Phasen lassen sich auf das langsame Abkühlen des Stahls zurückführen. Beide Gefügebestandteile liegen normalerweise in gleichen Teilen vor, bei uns überwiegt allerdings der Anteil an Perlit (ca: 70%). Die zwei Phasen lassen sich auf das langsame Abkühlen des Stahls zurückführen, bei dem das Gefüge die Zeit hatte sich anzuordnen. Die einzelnen Körner haben eine runde bis ovale Form und eine Größe von ungefähr 60-80 μm .

2.2.) Wasserabgeschreckter Stahl

Diese Probe wird nach dem gleichen Prinzip untersucht wie die Erste. Bei dieser Probe sind keine einzelnen Körner zu erkennen. Sowohl Kohlenstoff- als auch Eisenbestandteile erscheinen unter dem Mikroskop als lange Nadeln, die der Querschnitt von dünnen Platten sind. Durch die Abschreckung mit Wasser hat das Ferrit / Perlit Gefüge keine Zeit gehabt sich auszubilden. Es liegt nur eine Phase (Martensit) vor. Der Kohlenstoff liegt hier nicht in Lamellen vor sondern hat sich gleichmäßig in dem Gefüge verteilt.

2.3.) Ergebnis

Zwei der Proben waren mit Wasser abgeschreckt worden, wobei bei einer dieser Proben durch die Abschreckung und die dadurch auftretenden plötzlichen Spannungen im Material ein kreuzförmiger Riss entstanden ist, der sich durch die gesamte Probe zieht. Eine Probe stellte sich aufgrund ihres Gefüges als im Ofen abgekühlt heraus.

3.) Die Härtemessung

3.1.) Durchführung der Härtemessung

Für die Härtemessung standen uns drei Proben, A und B sowie ein Teil eines Zahnrads, fertig präpariert zur Verfügung.

Bei der Härteprüfung nach Vickers wird eine vierseitige regelmäßige Diamantpyramide mit einem Spitzenwinkel von 136° langsam in die Probe gedrückt. Um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten, muss die Belastung bei allen Messungen konstant bleiben, da der errechnete Härtegrad sich mit gewählten Prüflast verändert. Anhand der Länge der

Diagonalen der Eindruckstelle kann nach der Formel
$$\text{HV} = \frac{0,102 \cdot F \cdot 2 \cdot \cos 22}{d^2} = 0,189 \frac{F}{d^2}$$

der Härtewert berechnet werden.

Die diagonalen werden unter dem Lichtmikroskop vermessen und daraus errechnet das Prüfgerät automatisch den Härtegrad.

Bei der Messung ist besonders zu berücksichtigen, dass die Prüflast korrekt gewählt ist und der für die automatische Härtegradberechnung nötige Vergrößerungsfaktor des Mikroskops richtig eingetellt ist. Außerdem muss sichergestellt sein, dass die Messung nicht zu nah am Rand des Prüfobjekts stattfindet und dass die Diamantspitze sich nicht durch das Prüfobjekt hindurchdrückt.

3.2.)Auswertung der Härtemessung

Aufgabe 1) Vergleich - gehärteter Stahl / ungehärteter Stahl

Fragestellung: Bei Welcher Probe handelt es sich um gehärteten Stahl?

	Probe A	Probe B
Messung 1	253 HV 2	607 HV 2
Messung 2	257 HV 2	597 HV 2
Messung 3	266 HV 2	650 HV 2
Mittelwert	259 HV 2	618 HV 2

Bei Probe B handelt es sich um die gehärtete Probe, da sie nach dem Vickers Verfahren mit 2 kg Prüflast, einen um 360 N/mm² größeren Härtegrad aufweist. Der 3. Messwert bei Probe B weicht mit ca. 50 N/mm² relativ viel von den anderen beiden Messwerten ab, ist aber akzeptabel, da schon ein Messunterschied (Bei dieser Prüflast und Härte) von 3 µm bei der Diagonalen diese Differenz zur Folge hat. Alle sonstigen Messwerte weisen nur eine unauffällige Streuung auf.

Aufgabe 2) Vergleich - Härtemessung mit unterschiedlichen Lasten

Fragestellung: Wie verändert sich der errechnete Härtegrad bei unterschiedlicher Prüflast?

	HV mit 2 kg
Messung 1	607
Messung 2	597
Messung 3	650
Mittelwert	618

Die Härtegrade mit 2 kg Prüflast stammen aus Aufgabe 1).

	d1 in µm	d2 in µm	HV mit 0,05 kg	Wert manuell
Messung 1	11	10,9	773	773
Messung 2	10,6	10,5	833	833
Messung 3	11,7	10,9	726	727
Mittelwert			777	778

Für die Messung mit 0,05 kg Prüflast wurden auch die vermessenen Diagonalen notiert um den automatisch errechneten Härtegrad manuell überprüfen zu können.

Der Härtegrad errechnet sich allgemein zu: $HV = \frac{0,102 \cdot F \cdot \cos 22}{d^2} = 0,189 \frac{F}{d^2}$

und mit $F = m_{\text{prüf}} \cdot g$ $m_{\text{prüf}} = \text{Prüflast}$ $g = 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ (Normalfallbeschleunigung auf der Erde)

sowie $d^2 = d_1 \cdot d_2$

bei unserem Versuch zu: $HV = 0,189 \frac{m_{\text{prüf}} \cdot g}{d_1 \cdot d_2} = 0,189 \frac{0,05 \text{ kg} \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{d_1 \cdot d_2}$

dabei müssen die gemessenen Werte von d_1 und d_2 mit 10^{-3} multipliziert werden, da d in Millimetern in die Formel eingesetzt werden muss.

Bei den Messwerten fällt auf, dass die Messwerte mit 0,05 kg Prüflast im Mittel 155 N/mm² größer sind. Auch die Streuung der Messwerte ist bei der geringeren Prüflast mit einer maximalen Wertedifferenz von 107 N/mm² um das Doppelte größer als bei der größeren Prüflast mit einer maximalen Wertedifferenz von 53 N/mm².

Bei abnehmender Prüflast erhöht sich also sowohl der Absolutwert des Härtegrades als auch die Streuung der Messwerte der einzelnen Messungen. Der erhöhte Absolutwert resultiert daraus, dass der elastische Teil der Verformung in der Eindruckstelle, der nach Entlastung nicht mehr feststellbar ist, im Verhältnis zum unelastischen Anteil größer wird, als bei einer Messung mit höherer Prüflast. Dadurch nimmt $1/d^2$ in der Formel im Verhältnis mehr zu, als F abnimmt, sodass der Wert insgesamt größer wird.

Die erhöhte Streuung der Messwerte kommt durch den größeren relativen Messfehler ($F_{relativ}$) beim Ausmessen der Diagonalen zustande, da die Messgenauigkeit (Δd) gleich bleibt und der Messwert (d) sinkt.

$$F_{relativ} = \frac{\Delta d}{d}$$

Aufgabe 3) Härtemessung an einem Zahnrad

gemessene Härtewerte: Mitte: 470 HV 2 Rand: 597 HV 2

Die Messwerte bestätigen die Vermutung, dass der Stahl des Zahnrades im Außenbereich aufgrund des höheren Kohlenstoffgehalts härter ist als der Stahl im Innenbereich. Dieses Ergebnis konnte auch schon anhand des angeätzten Schliff des Zahnradstücks vermutet werden, da der Randbereich matter aussah, also stärker angeätzt wurde.