

Über die Zerstreung der Mikrokristalle in abgeris- senem Draht von Aluminium-Einkristall

von

Kanekoto Fujii

(Eingegangen am 12. Dezember 1929)

Zusammenfassung

Dieser Versuch ist ausgeführt worden, um mit Hilfe der Röntgenstrahlen festzustellen, wie die Mikrokristalle im Draht von Aluminium-Einkristall zerstreut werden, wenn er von einer Maschine abgerissen wird. In dem Falle der im Versuch dargebotenen Richtung der Draht-Achse zeigt das Ergebnis, dass die Zerstreung der Mikrokristalle eine unvollkommene Fasertextur um eine Senkrechte der (221)-Ebenen bildet, die mit dem Querschnitt des Drahtes den kleinsten Winkel erhält, und dass die Faserachse mit dem an der abgerissenen Stelle, d. h. an der Spitze des elliptischen Fließkegels, erscheinenden Kanal übereinstimmt, sowie dass diese Richtung von der ursprünglichen Lage kaum verändert ist. Die Dehnung des Drahtes ist an der Spitze ungefähr 120%—130%, dem gemäss ist der Zerstreungsgrad der Mikrokristalle im Betrag von Rotationen nach beiden Seiten der ursprünglichen Orientierung wesentlich etwa 95°, und an der andern Stelle hat er einen weit kleineren Wert als den ersteren.

Experimentale Prüfung und Ergebnis

Bisher haben die verschiedenen Verfasser über den Zustand des Kristalleinsturzes Versuche gemacht, und auch Erörterungen vom Standpunkt der mathematischen Theorie angestellt.¹ Allein diese Abhand-

-
- 1 G. I. Taylor u. C. F. Elam: Proc. Roy. Soc., **102** 643—667 (1923);
T. Martin. Inst. of Metals, J., **31**, S. 121—156 (1924);
G. I. Taylor u. C. F. Elam: Proc. Roy. Soc., **108**, 28—51, (1925);
H. J. Gough, D. Hanson u. S. J. Wright: Roy. Soc. Phil. Trans., **226**, 1—30 (1926)
G. I. Taylor u. W. S. Farren: Proc. Roy. Soc., **111**, 529—551 (1926);
G. Sachs: Zeits. Vereines deutsch. Ing., **71**, 577—584, (1927);
V. Göler u. G. Sachs: Zeits. f. Phys., **41**, 103—115 (1927);
R. Karnop u. G. Sachs: Zeits. f. Phys., **41**, 116—139 (1927).

lungen haben zwar von der Gleitung der Kristallflächen gehandelt, aber es handelte sich bei ihnen noch nicht darum, was für ein Zerstreuzustand von dieser Gleitung kommt. Allgemein betrachtet, hat es natürlich am abgerissenen Punkt und am andern Punkt des Drahtes verschiedene Dehnungsprozente, und es handelt sich nur darum, welches Verhältnis zwischen der Dehnung und dem Zerstreungsgrad der Mikrokristalle besteht.

Ist es übrigens nicht möglich, dass diese Zerstreung um eine bestimmte Achse zugeht, um die sogenannte "Fasertextur" zu bilden?

In unserem Falle wird weiter gefragt: Auf welcher Stufe steht diese Fasertextur und was für eine Beziehung hat die Faserachse zu der Abschnittlinie des Drahtes, d. i. den durch zwei Spitzen gebildeten Kanal?

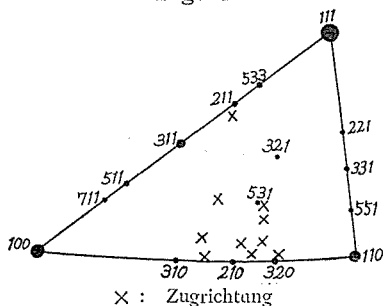
Sodann zuletzt: Wird die Richtung der Faserachse an der Abschnittlinie gleich dieser am andern Ort sein?

Dies ist es, was der Verfasser durch die Röntgenstrahlen ermitteln will.

Zu diesem Zweck verfertigte er zunächst nach H. C. Carpenter und C. F. Elam² Drähte von Aluminium-Einkristall mit 2 cm.—5 cm. Länge und 3 mm.—6 mm. Durchmesser aus Geschäftsaluminium-Drähten, und die Orientierung der Kristallachse dieser Drähte konnte er aus der Laue-Aufnahme durch den vom Prof. Dr. U. Yoshida entworfenen "Kristallglobus³" sehr leicht bestimmen.

Die im Versuch dargebotenen Richtungen der Drähte, zugleich die Zugrichtung, sind in Fig. 1 gezeichnet. Auf diesem einkristallisierten Draht wurde, aus Furcht den Kristall zu schädigen, im

Fig. 1



voraus jedes Millimeter mit Tinte aufgezeichnet, und dieses gebrauchte Verfasser als grundlegendes Ziel für die Bestimmung des Dehnungsprozentes, um noch weiter den Zerstreungsgrad gemäss dieser Dehnung zu erforschen.

Natürlich wurde bei der Ausmessung der Länge der Draht vor und nach der Bearbeitung durch

2 H. C. H. Carpenter u. C. F. Elam: Proc. Roy. Soc., **100**, 329—353 (1921)

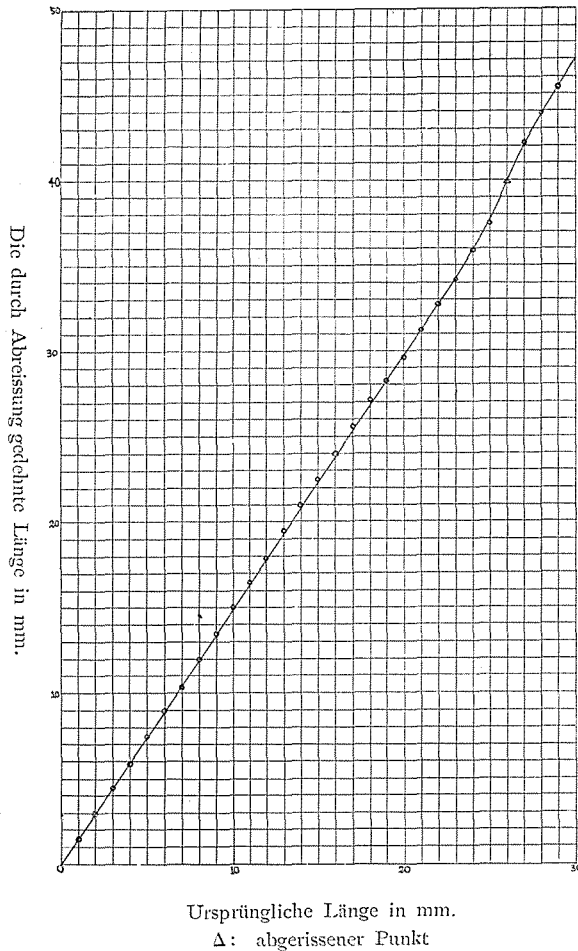
3 U. Yoshida: Jap. J. Phys., **4**, 133 (1927);

S. Takeyama: The Memoirs of the College of Science Kyoto Imperial University, **12**, 257 (1929).

den Komparator gemessen.

Das eigentümliche Verhältnis zwischen der ursprünglichen und der gedehnten Länge ist durch folgende Figur dargestellt (Fig. 2); darin

Fig. 2



sind als Abszissen die ursprüngliche Länge, als Ordinaten die gedehnte Länge aufgetragen.

Man kann also durch diese Kurve das Dehnungsprozent an jedem Punkt zeigen. Dies ist die Kurve für den Draht mit 3 mm. Durchmesser, 3 cm. Länge, und in der Fig. 3 gezeichneten Drahtrichtung,

aber auch für die andern lässt sich eine gleiche Kurve finden. Nun zeigt die Laue-Aufnahme der Spitze (Platte I, Fig. 1), welche durch die den Kanal fast rechtwinklig bestrahlenden Röntgenstrahlen aufgenommen ist, die Eigenschaft der Fasertextur.

Zuerst benutzte der Verfasser den besagten Kristallglobus, um diese Faserachse zu bestimmen, und er fand, dass die Achse mit $[\bar{1}\bar{2}2]$ übereinstimmte. Und weiter fand er aus dem Verhältnisse zwischen der Lage des Exemplars und der Aufnahme, dass die Faserachse zum Kanal, mindestens zu der Grenze der Spitze, parallel war. Er fand

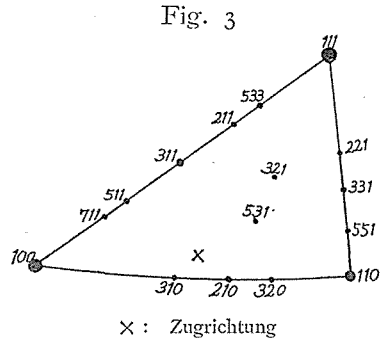
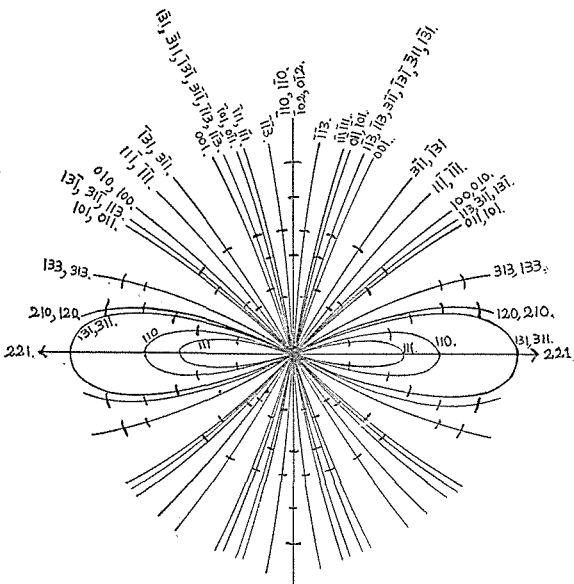


Fig. 4



noch weiter diese Übereinstimmung zwischen der Aufnahme und dem aus folgender Berechnung gewonnenen Faserbild (Fig. 4).

Der Abstand zwischen dem Exemplar und der photographischen Platte soll nun 30 mm. lang sein, da im Versuch dieser Abstand ungefähr 30 mm. lang war; wenn die nach allen Richtungen gemessenen Entfernungen als r mm. vom direkten

Fleck gegeben werden, so können die Winkel θ , welche die Atomflächen mit den Röntgenstrahlen bilden, durch die Relation

$$\operatorname{tg} 2\theta = \frac{r}{30} \dots\dots\dots(1)$$

gefunden werden.

Setzen wir die verschiedenen Werte von θ in die Gleichung

$$\cos\beta = \sin\theta\cos\delta + \cos\theta\sin\delta\cos\alpha \dots\dots\dots(2)$$

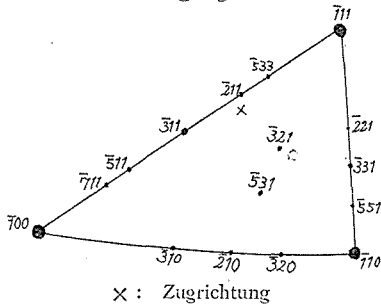
ein, so erhalten wir die jedem θ entsprechenden Werte von α ; also können wir das Faserbild ziehen, wobei in unserem Fall $\delta = 90^\circ$ und β der Polarwinkel ist, den wir nach der Gleichung

$$\cos\beta = \frac{2h + 2k + l}{3\sqrt{h^2 + k^2 + l^2}} \dots\dots\dots(3)$$

auszurechnen wissen, da $[221]$ die Faserachse und (h, k, l) die andern Zeiger der Atomflächen zeigen, und α ein Winkel ist, welchen jeder Punkt in der Figur mit der Achse bildet.

Dieses Bild ist für alle Drähte in Fig. 1 verwendbar, z. B. ist für den Draht in Fig. 5 die Faserachse just $[221]$ übereinstimmend (Platte II, Fig. 3).

Fig. 5



So wurde also die Faserachse bestimmt, und dann wurde genauer festgestellt, ob diese Achse in der Tat entweder mit dem Kanal oder mit der grossen Achse des den Kanal enthaltenden elliptischen Querschnitts des Drahtes, die mit dem Kanal einen gewissen Winkel erhält, übereinstimmte.

Bei dieser Feststellung wurde, aus Furcht den Kanal zu schädigen, die sich von der Spitze gehörig entfernende Stelle des abgerissenen Drahtes parallel zum Kanal geschnitten, und es war nur die Nähe des Kanals mit Siegelwachs verdeckt, damit die anderen Teile durch Chlorwasserstoffsäure bis zu etwa 1 mm. Dicke geätzt werden konnten; dann wurde das Siegelwachs im Alkohol aufgelöst.

Den Kanal des so verfertigten Exemplars setzte der Verfasser senkrecht zu den Röntgenstrahlen und zu dem Boden der Kamera, auf welchem die photographische Platte senkrecht stand, und er erhielt die Laue-Aufnahme, in der die Faserachse auch ungefähr senkrecht zum Boden der Kamera war (Platte II, Fig. 1). Für die andere Stelle nun setzte er die grosse Achse der Ellipse senkrecht zu den Röntgenstrahlen und zu dem Boden der Kamera, und er bekam die in der Platte II, Fig. 2 gezeigte Aufnahme, in der die Faserachse nun mit

der grossen Achse der Ellipse den Winkel bildete, welcher fast gleich dem war, welchen der Kanal mit ihr bildete.

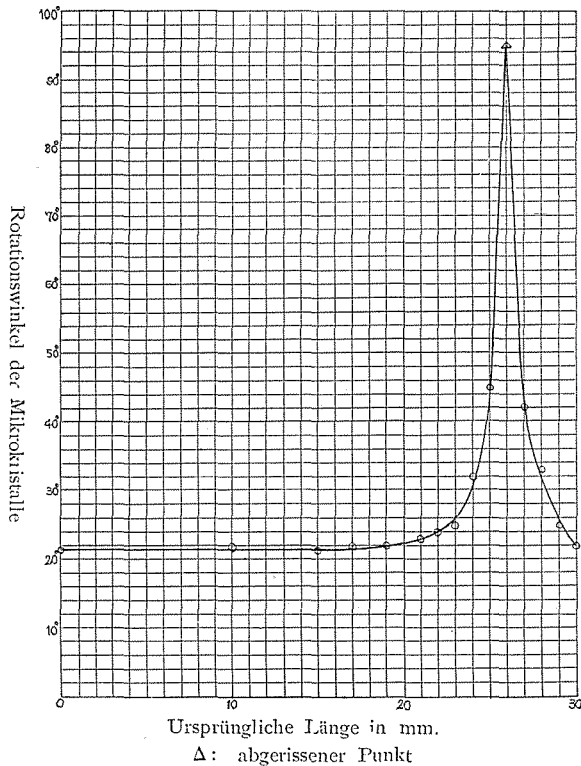
So kann man schliesslich sagen, dass die Faserachse fast mit dem Kanal übereinstimmt.

In der Platte I und II ist die Faserachse just nicht senkrecht bestrahlt, sondern die Röntgenstrahlen bilden mit der Faserachse etwa 5° ; aber es ist beschwerlich und unnötig, sie genau senkrecht zu erhalten, da die Übereinstimmung zwischen dieser Achse und dem Kanal beim obigen Versuch offenbar ist.

Nun ging der Verfasser schliesslich an die Untersuchung des Zerstreungsgrades der Mikrokristalle. Zuerst stellte er aus der Aufnahme von der ab-

gerissenen Stelle durch den Kristallglobus fest, dass der Rotationswinkel der Mikrokristalle an diesem Punkt wesentlich 95° ist, und aus den nacheinander aufgenommenen Aufnahmen von den vorher gezeichneten Punkten bestimmte er ebenfalls die Rotationswinkel der entsprechenden Punkte (Platte I, Fig. 2, Fig. 3, Fig. 4). Die Beziehung des Rotationswinkels der Mikrokristalle zur ursprünglichen Länge ist in der Fig. 6 gezeigt. Diese Kurve ist für den vorerwähnten

Fig. 6

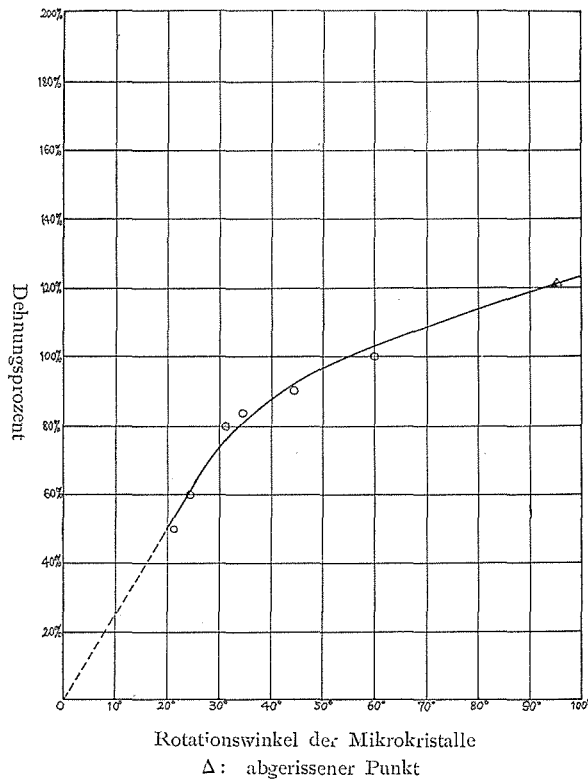


Draht; aber für andere Drähte sind, ohne Rücksicht auf die Veränderung des Lages der abgerissenen Stelle zu nehmen, die Kurven fast dieselben, und ihre Maxima haben einen bestimmten Wert von etwa 95° .

Dass der Zerstreuungsgrad der Mikrokristalle an der abgerissenen Stelle mit der plötzlichen Zunahme der Dehnung des Drahtes so zunimmt, als ob er unstetig sei, ist aus der durch die Methode von langer schmaler Blende⁴ aufgenommenen Aufnahme (Platte II, Fig. 4) leicht ersichtlich.

Durch die Benutzung der Figur 2 und 6 ist es möglich, das Verhältnis zwischen dem Dehnungsprozente und dem Rotationswinkel der Mikrokristalle zu zeigen (Fig. 7). Nach dieser graphischen Dar-

Fig. 7



stellung kann man verstehen, dass anfangs das Dehnungsprozent und der Zerstreuungsgrad der Mikrokristalle miteinander die geradlinige Relation enthält, dass aber an der abgerissenen Stelle und in ihrer Nähe die Zunahme des Zerstreuungsgrades weit plötzlicher als die des

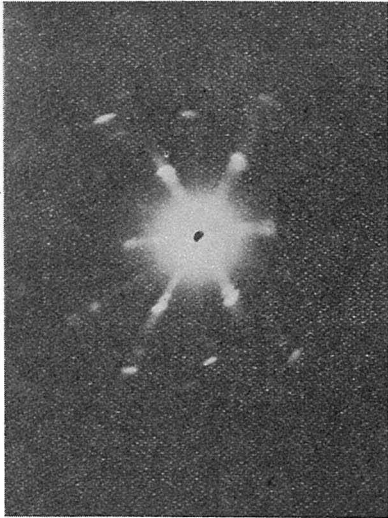
4 U. Yoshida u. K. Tanaka: Nature, 118. 912 (1926).

Dehnungsprozent ist. In diesem Versuch ging der Verfasser mit dem Draht von Aluminium-Einkristall um, aber die Fragen nach der Platte, dem viereckigen Stab und weiter nach dieser vom Polykristalle sind geblieben. In diesem Versuch ist es unter anderem sehr interessant, dass, wie gesagt, die Faserachse in enger Beziehung zu dem Kanal steht.

Zum Schluss möchte der Verfasser Herrn Prof. Dr. U. Yoshida für seine freundliche Leitung sowie seine verschiedenen Bemerkungen danken.

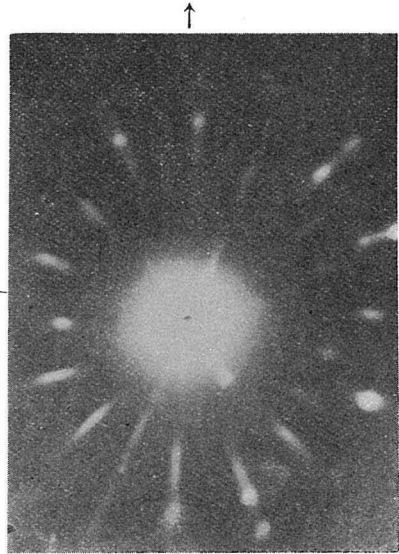
Platte I

Fig. 1
Richtung des Drahtes
d. h.
Zugrichtung



Rotationswinkel der Mikrokristalle $\varphi \cong 95^\circ$
an der abgerissenen Stelle

Fig. 2



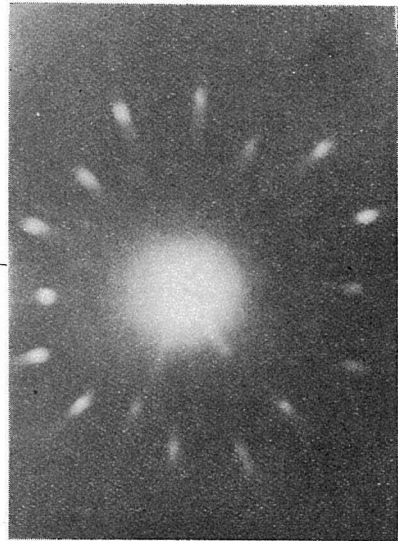
$\varphi \cong 45^\circ$
Entfernung vom Nullpunkt $l = 2,5 \text{ cm.}$

Fig. 3



$\varphi \cong 21^\circ$
 $l = 1 \text{ cm.}$

Fig. 4



$\varphi \cong 21^\circ -$
 $l = 0 \text{ cm}$

Platte II

Fig. 1
Richtung des Kanals
u.
Faserachse

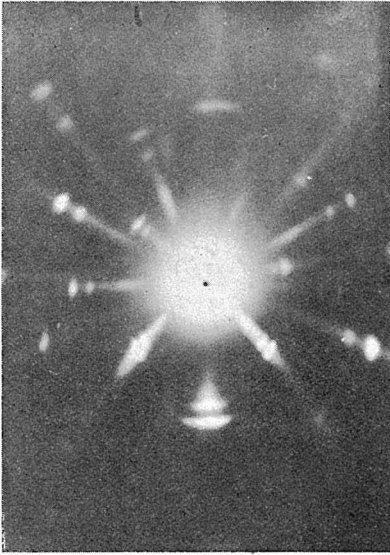


Fig. 2

Grosse Achse des
elliptischen
Querschnitts
↑ / Faserachse

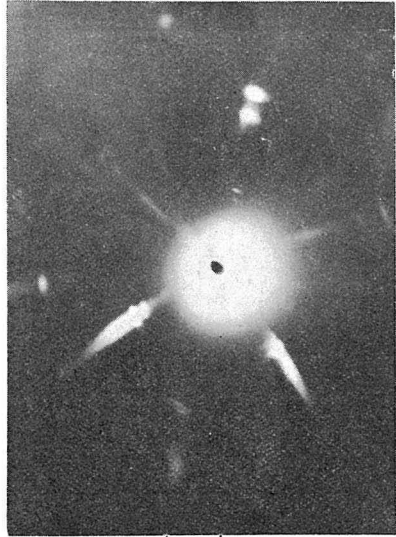
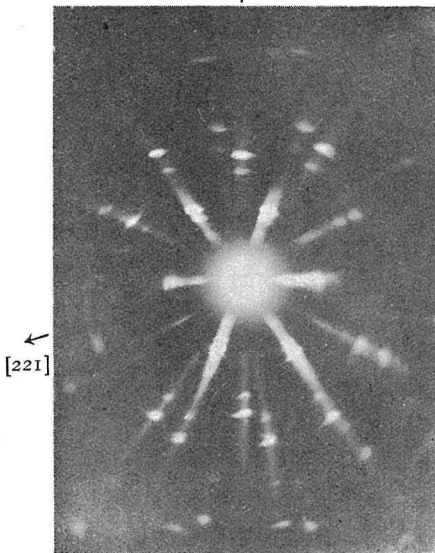


Fig. 3



$\varphi \cong 95^\circ$
an der abgerissenen Stelle

Fig. 4

