

handelt, auf Grund des Gefüges einer Metallprobe Schlüsse auf die Vorbehandlung zu ziehen, der sie unterworfen worden ist. Durch das vorherige Schmelzen werden ja die Kennzeichen für diese Vorbehandlung beseitigt.

d) Die Nachbehandlung der Schriffe.

232. Die geschliffene und polierte Fläche läßt nur dann das Gefüge ohne weiteres erkennen, wenn sich die verschiedenen Gefügebestandteile durch verschiedene Farben unterscheiden. So ist z. B. der dunkle Graphit in der hellen Eisenlegierung sichtbar (Abbildungen s. Band II B). In Legierungen von Kupfer und Kupferoxydul erkennt man die feinen Einsprenglinge von Oxydul an ihrer blauen Farbe (s. II B). In den Legierungen von Kupfer und Wismut unterscheidet sich das Kupfer von dem eingelagerten Wismut durch seine rötliche Farbe. In Tafelabb. 15, Taf. III, ist eine solche Legierung mit 20% Wismut in Kupfer in 117facher Vergrößerung dargestellt. Das Kupfer ist mit *K*, das Wismut mit *b* bezeichnet.

In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle bedürfen die polierten Schriffe noch einer besonderen Nachbehandlung, um die einzelnen Gefügebestandteile sichtbar zu machen.

233. Das Reliefpolieren (nach Sorby, Martens, Osmond) beruht auf der verschiedenen Widerstandsfähigkeit der einzelnen Gefügebestandteile gegenüber der abschleifenden Wirkung des Poliermittels. Auf einer weichen Unterlage von weichem, von mineralischen Bestandteilen freiem Gummi oder von Pergament wird der polierte Schliff mit Polierrot und wenig

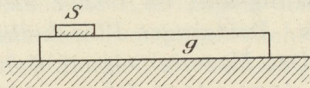


Abb. 167.

Wasser unter sanftem Druck von Hand weiter poliert (s. Abb. 167). Der Schliff *S* wird hierbei mit der Schlißfläche nach unten auf die ruhende Unterlage *g* aufgelegt und in Zykloiden mit der Hand darüber hingeführt, nachdem die Unterlage mit Polierrot bestreut und mit Wasser angefeuchtet ist. Der Andruck der Schlißfläche gegen die Unterlage muß sehr gering sein. Unter Umständen muß man die Schlißfläche von der Unterlage eher etwas abheben, statt daß man sie gegen die Unterlage drückt, weil sie sich infolge des Luftdrucks auf der Unterlage festsaugt. Die härteren Gefügebestandteile widerstehen der abschleifenden Wirkung mehr als die weicheren. Es entsteht infolgedessen ein Relief, wobei die härteren Gefügebestandteile erhaben, die weicheren vertieft erscheinen. Von Zeit zu Zeit überzeugt man sich unter dem Mikroskop von dem Fortschreiten der Arbeit. Sobald deutliches Relief erzielt ist, muß aufgehört werden, da unnötig lange fortgesetztes Polieren auch die härteren Gefügebestandteile wieder abschleift. 10 bis 20 Minuten genügen meist, vielfach ist die Arbeit in kürzerer Zeit vollendet.

Geschickte Polierer erzielen bereits Relief beim Polieren auf der Tuchscheibe (231).

Vielfach gelingt es, das Relief vollkommener zu erhalten, wenn man das Wasser beim Reliefpolieren durch ein allein nicht, oder nur sehr schwach wirkendes Ätzmittel ersetzt; zuweilen werden hierbei auch einige Gefügebestandteile gefärbt. So ist z. B. für die Sichtbarmachung des Gefüges in Eisen-Kohlenstoff-Legierungen ein auf kaltem Wege hergestellter Auszug von Süßholzwurzel ein sehr brauchbares Ätzmittel der genannten Art. (10 g Süßholz in Form feiner Späne werden mit 100 g Wasser übergossen. Nach vierstündigem Stehen wird der Auszug abfiltriert und zum Polieren verwendet. Der Auszug wird mit der Zeit faul und muß öfters erneuert werden.) Ähnlich wirkt Ammoniumnitratlösung (2 g NH_4NO_3 auf 100 g Wasser). Man bezeichnet diese Art des Reliefpolierens,

die von Osmond her stammt, als Ätzpolieren. Meiner Meinung nach scheint die Wirkung des Süßholzauszuges beim Ätzpolieren zum Teil auch darin zu liegen, daß der Auszug mit dem Polierrot eine schleimige Masse bildet, die ähnlich wie ein zähflüssiges Schmiermittel durch den Druck des Schriffes auf die Polierunterlage *g* nicht so leicht aus der Berührungsfläche zwischen Schrifffläche und Unterlage herausgedrängt werden kann, wie das Gemenge von Polierrot und Wasser. (Der Druck ist manchmal recht beträchtlich, wenn sich der Schriff auf der Unterlage festgesaugt hat.) Dadurch kann das Poliermittel vollkommener in Wirksamkeit treten.

Beim Relief- und Ätzpolieren erhält man auf der Schrifffläche einen Zustand, wie er in Abb. 168a durch einen Schnitt senkrecht zur Schriffebene schematisch angedeutet ist. Denkt man sich das Licht schräg in der Richtung des Pfeiles einfallend, so wird der in Relief stehende härtere Gefügebestandteil *h* einen Schatten werfen, wie bei *s* angedeutet. Auf der dem Licht zugekehrten Seite wird der härtere Gefügebestandteil aber eine Lichtkante *l* haben. In der Schriffebene selbst (vgl. Abb. 168b) zeigt sich dies dadurch, daß der härtere Gefügebestandteil *h* links die Lichtkante *l* und rechts die Schattenkante *s*, der vertiefte Gefügebestandteil *t* hingegen umgekehrt links die Schattenkante *s*, rechts die Lichtkante *l* aufweist.

Abb. 168a.

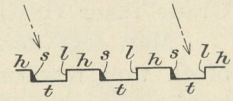
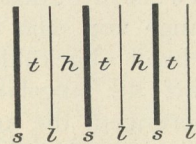


Abb. 168b.



Es ist nun zu beachten, daß die Mikroskope üblicher Bauart das Bild des Gegenstandes umkehren. Infolgedessen ergibt sich die Regel, daß der harte Gefügebestandteil auf der Seite, auf welcher das Licht in das Mikroskop einfällt, die Schattenkante *s* und auf der entgegengesetzten die Lichtkante *l* hat.

Ein ätzpolierter Schriff ist in Tafelabb. 16, Taf. III, in 123facher Vergrößerung dargestellt. Er entspricht einem steirischen Herdfrischstahl mit mehr als 1% Kohlenstoff, der von einer Temperatur oberhalb 700 C° plötzlich in Wasser abgeschreckt wurde. Das Bild ist so aufgestellt, daß der Lichteintritt von links oben (ohne Umkehrung) zu denken ist¹⁾. Man erkennt deutlich die hellen Lichtkanten der harten Inseln (Zementit genannt), die nach links oben gerichtet sind, während die dunklen Schattenkanten *s* nach rechts unten liegen. Die harten Inseln des Zementit genannten Gefügebestandteils liegen eingebettet in einer Grundmasse, die Martensit genannt wird, und die ihrerseits wieder einen Filz von härteren in weicheren Stoff eingebetteten Nadeln darstellt.

Bei der Beurteilung, ob ein Gefügebestandteil erhaben oder vertieft ist, darf man sich nie auf den bloßen Eindruck verlassen, den das Auge bei der Beobachtung im Mikroskop gewinnt. Häufig erscheint infolge optischer Täuschung die Sachlage umgekehrt, und man hält den erhabenen Bestandteil für vertieft und umgekehrt. Entscheidend ist ausschließlich die Lage der Licht- und Schattenkanten für diese Frage.

Ist einer der Gefügebestandteile dunkel gefärbt, so wird die Unterscheidung der Licht- und Schattenkanten erschwert, zuweilen auch unmöglich. Man stellt dann bei starker Vergrößerung das Mikroskop auf irgendeinen Punkt in einem der verschiedenen Gefügebestandteile *A* scharf ein und liest an der Mikrometerschraube zur Feineinstellung des Mikroskops die Stellung ab. Alsdann stellt man scharf auf einen Punkt eines anderen Gefügebestandteils *B* ein und liest wiederum die Stellung der Mikrometerschraube ab. Muß man den Tubus des Mikroskops dem Schriff nähern, um von der Scharfeinstellung des Bestandteils *A* auf die Scharfeinstellung des Bestandteils *B* zu gelangen, oder muß man von der Scharf-

¹⁾ Diese Aufstellung ist bei allen Tafelabbildungen dieses Buches gewählt.

einstellung auf *B* ausgehend den Tubus vom Schliff entfernen, um die Scharfeinstellung auf *A* zu erzielen, so ist der Gefügebestandteil *A* gegenüber dem Bestandteil *B* erhaben.

234. Anlassen (zuerst von Martens angewendet, dann von Behrens, Osmond und Stead). Beim schwachen Erwärmen einer Schlißfläche an der Luft oxydieren sich vielfach einzelne Gefügebestandteile rascher als andere. Sie überziehen sich dann auch schneller mit den infolge der dünnen Oxydschicht auftretenden Anlauffarben, als die anderen weniger leicht oxydierbaren Bestandteile. Da nun je nach der Dicke des Oxydhäutchens die Anlauffarbe verschieden ist, so kann man durch Anlassen den verschiedenen Gefügebestandteilen je nach dem Grade ihrer Oxydierbarkeit verschiedene Färbungen erteilen.

Man legt den Schliff mit der polierten Seite nach oben auf ein dünnes Eisenblech und erwärmt dieses langsam von unten durch einen Brenner. Sobald die gewünschte Anlauffarbe soeben aufzutreten beginnt, wird der Schliff mit der Tiegelflange von dem heißen Blech abgehoben und durch Eintauchen in kaltes Wasser schnell abgekühlt, damit die Anlauffarben nicht weiter gehen. Beim Eintauchen darf die angelassene Schlißfläche nicht benetzt werden. Bei Metallen und Legierungen, die keine Amalgame bilden, kann an Stelle des Wassers auch Quecksilber als Abkühlungsflüssigkeit benutzt werden.

Tafelabb. 6, Taf. I, zeigt in 365facher Vergrößerung das Gefüge einer Kupferzinn-Legierung mit 12% Zinn nach dem Anlassen. Der kupferreiche Gefügebestandteil *K* ist leichter oxydierbar und erscheint in der Tafelabbildung dunkler als der zinnreiche Bestandteil *S*. Der Kern des Bestandteils *K* ist kupferreicher und deshalb dunkler gefärbt als der Umfang. Die Gründe hierfür s. 136.

Das Anlassen als Mittel zur Sichtbarmachung des Gefüges ist natürlich nur dann zulässig, wenn die Anlaßhitze keine Gefügeänderung zur Folge hat. Solche Gefügeänderung tritt z. B. bei gehärtetem Stahl ein; nach dem Anlassen ist der Gefügebau dieses Materials völlig verändert.

235. Das Ätzen der Schlitze gewährt oft wertvolle Unterscheidungsmerkmale zwischen den einzelnen Gefügebestandteilen. Diese Merkmale können sein: verschiedener Grad des Widerstandes gegenüber dem Ätzmittel, wodurch eine Art Relief erzielt werden kann, oder bestimmte Färbungen bzw. Reaktionen, oder schließlich beide Merkmale zu gleicher Zeit. So zeigt z. B. Tafelabb. 2, Taf. I, den Schliff einer Legierung vom Blei mit 8% Antimon, der mit verdünnter Salpetersäure (1:5) geätzt wurde. Hierbei sind die Antimonkriställchen weiß und glänzend geblieben, während das Blei matt und dunkel erscheint.

Welches Ätzmittel im besonderen Falle anzuwenden ist, ergibt sich aus der Art der zu untersuchenden Legierung. Allgemeine Vorschriften lassen sich nicht machen. Im folgenden ist eine Übersicht über die wichtigsten der in Betracht kommenden Ätzmittel gegeben (vgl. *L*₃ 5):

Alkoholische Salzsäure (Martens und Heyn): 1 ccm HCl (1,19 spez. Gew.) in 100 ccm absol. Alkohol. Abkürzung: HCl/Alk.

Alkoholische Salpetersäure (Martens): 4 ccm HNO₃ (1,14 spez. Gew.) in 100 ccm absolut. Alkohol. Abkürzung: HNO₃/Alk.

Alkoholische Pikrinsäure (Ischewski): 5 g Pikrinsäure in 100 ccm absol. Alkohol. Abkürzung: Pi/Alk.

Salpetersäure (Stead). Spez. Gew. 1,18. Abkürzung: HNO₃.

Kupferammoniumchlorid (Heyn): 10 g in 120 ccm Wasser. Abkürzung K.

Ammoniakalisches Kupferammoniumchlorid (Heyn): Lösung wie die vorausgehende, der so viel Ammoniak zugesetzt wird, daß der zuerst auftretende blaue Niederschlag wieder in Lösung geht. Abkürzung: K/am.

Die Ätzflüssigkeit F wird bei der Ätzung in eine Schale Sch aus Glas gebracht (s. Abb. 169). Die zu ätzende Probe S wird mit der Schlißfläche nach oben möglichst schnell und gleichmäßig in die Flüssigkeit F untergetaucht, während die Flüssigkeit in schaukelnde Bewegung versetzt wird. Wichtig ist, daß sich keine Luft- oder Gasbläschen auf dem Schliß festsetzen, weil sonst unter den Bläschen die Ätzung verhindert oder verzögert wird. Ist die Ätzung beendet, so wird bei den wässerigen Ätzmitteln der Schliß zunächst mit Wasser gründlich abgespült, alsdann mit Alkohol übergossen und mit einem weichen Tuch abgetupft (nicht gewischt oder gerieben, weil sonst Risse entstehen). Bei den alkoholischen Ätzmitteln bringt man den Schliß aus der Ätzflüssigkeit sofort in eine Schale mit Alkohol, und spült nach dem Herausnehmen aus der Schale nochmals mit Alkohol nach.

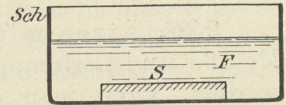


Abb. 169.

Die Ätzung mit HCl/Alk ist besonders geeignet für Eisen und Stahl im gehärteten und ungehärteten Zustand. Zur Ätzung genügen bei nicht gehärteten Eisen- und Stahlsorten meist drei bis fünf Minuten, bei gehärteten Stählen dagegen dauert die Ätzung länger, eine Viertel- bis unter Umständen eine ganze Stunde. Man kann bei einiger Erfahrung bereits aus dem Fortgang der Ätzung innerhalb der Ätzflüssigkeit beurteilen, ob gehärteter oder ungehärteter Stahl vorliegt.

Die Ätzung HNO_3/Alk ist besonders geeignet für Gußeisen.

Pi/Alk eignet sich besonders für schwer angreifbare Nickel- und Chromstähle.

HNO_3 kann verwendet werden für kohlenstoffarme Flußeisensorten an Stelle von K ; bei kohlenstoffreicheren Sorten greift HNO_3 die einzelnen Gefügebestandteile zu ungleichmäßig an und erzeugt Löcher.

K ist ein vorzügliches Ätzmittel zur Starkätzung von schmiedbaren Eisen-Kohlenstoff-Legierungen (ungehärtet) und von weißem Roheisen. Es eignet sich besonders zur Sichtbarmachung von Verschiedenheiten im Gefügebau (Seigerungen, Zonenbildungen usw.) Ätzdauer etwa eine Minute. Auf der Schlißfläche schlägt sich Kupfer in schwammiger Form nieder. Man bringt die geätzte Probe mit dem Kupferbeschlag in eine Schale mit sich rasch erneuerndem Wasser und putzt unter Wasser den Kupferbeschlag mit einem Wattebausch ab. Wenn die richtige, oben angegebene Konzentration der Lösung angewendet wird, so läßt sich das Kupfer leicht entfernen. Bei zu sehr verdünnten Lösungen dagegen haftet der Beschlag fest. Zu starke Lösungen greifen den Schliß zu rasch und stark an und gewähren keinen Vorteil. Nach Abspülen mit Wasser wird der Schliß mit Alkohol übergossen und abgetupft. Für graphithaltige Roheisensorten, gehärtete Stähle und hochnickel- oder -chromhaltige Stähle eignet sich das Ätzmittel nicht, weil der Kupferbeschlag festhaftet (E. Heyn, L_3 3).

K/am ist ein geeignetes Ätzmittel für die meisten Kupferlegierungen. Nach dem Herausnehmen aus dem Ätzbad wird der Schliß in schwach ammoniakalischem Wasser abgespült und darauf wie üblich behandelt.

Zu bemerken ist, daß es bei der Ätzung nicht darauf ankommt, möglichst viel Ätzmittel zur Verfügung zu haben. Wichtiger ist, daß man sich über die Eigenart einiger weniger ausgewählter Ätzlösungen den einzelnen Metallen und Legierungen gegenüber genau unterrichtet.

Ähnliche Bemerkung gilt für das Schleifen und Polieren. Auch hier werden in der Literatur eine ganze Reihe von mehr oder weniger künstlichen Hilfsmitteln beschrieben. Bei der Entwicklung der Verfahren für das Kgl. Materialprüfungsamt bin ich bestrebt gewesen, die Arbeit in der einfachsten Weise mit den einfachsten Hilfsmitteln durchzuführen, wie es die oben gegebene Beschreibung zeigt. Hierbei lernt man, worauf es ankommt. Wohl würde ich es für zweckmäßig halten, in einem Laboratorium, in dem z. B. nur Schiffe von Eisen und Stahl

bearbeitet werden, Sondereinrichtungen hierfür zu benutzen, die etwas schneller zum Ziele führen. In einem Laboratorium hingegen, wo heute weiche Legierungen und morgen hartes weißes Roheisen zu polieren ist, muß man ein einziges, allgemein anwendbares Verfahren haben, das für alle vorkommenden Fälle paßt, und dies ist das oben beschriebene.

236. Ätzen mit Zuhilfenahme des elektrischen Stromes. Für manche Metalle und Legierungen, die durch gewöhnliche Ätzmittel nur schwer angegriffen werden, kann man die Wirkung dadurch verstärken, daß man den Schliff als Anode in die Ätzflüssigkeit einhängt. In Abb. 170 ist *Pt* eine Platinschale, die mit dem negativen Pol einer Stromquelle verbunden wird. *S* ist der zu ätzende Schliff¹⁾, der mit dem positiven Pol verbunden wird. Die Flüssigkeit *Fl* ist Salzsäure (1,19 spez. Gew.) 1 ccm in 100 ccm Wasser oder Schwefelsäure in gleicher Verdünnung. Meist genügt ein Strom von 0,5—0,7 Amp. auf 1 qcm Schlifffläche. Die Ätzdauer ist eine bis fünf Minuten, zuweilen noch länger. Für die eben beschriebene Art der Ätzung wird im folgenden die Abkürzung HCl/n Amp. oder H_2SO_4/n Amp. angewendet, wobei *n* die Anzahl Ampere angibt.

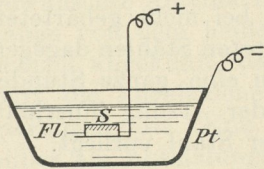


Abb. 170.

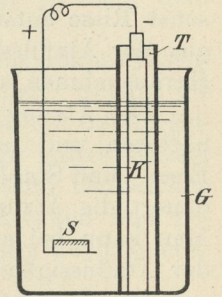


Abb. 171.

Für die Ätzung von Messing empfiehlt Charpy (*L*₃ 6) folgende Anordnung: In dem Gefäß *G* in Abb. 171 mit verdünnter Schwefelsäure 1:10 befindet sich eine poröse Tonzelle *T* mit gesättigter Kupfersulfatlösung und einem Streifen Kupfer *K*. Die zu ätzende Probe *S* taucht in die verdünnte Schwefelsäure. Zwischen *S* und *K* ist durch einen Verbindungsdraht Kurzschluß hergestellt. Auf diese Weise ist eine galvanische Kette Probe $S/H_2SO_4 - Cu_2SO_4/K$ Kupfer hergestellt, bei der die Probe *S* anodisch gelöst wird. Die Einwirkungsdauer beträgt etwa eine Viertelstunde.

3. Die zur Untersuchung der Schliffe gehörigen Hilfsmittel.

a) Makroskopische Untersuchung.

237. Die Untersuchung der Schliffe beginnt stets mit dem bloßen Auge. In vielen Fällen erhält man bereits hierbei die wichtigsten Aufschlüsse, wenn man die Wirksamkeit der einzelnen Ätzmittel genau kennt. Die makroskopische Untersuchung darf sich nicht über zu kleine Flächen erstrecken (258). Wie bereits 229 erwähnt, muß sich die Größe der Schliffe den besonderen Fällen anpassen. Zu warnen ist vor der Arbeit mit sehr kleinen Schliffen, die irgendwo aus dem zu untersuchenden Material herausgeschnitten sind, und die man sofort unter das Mikroskop legt. Man schränkt hierbei seinen Gesichtskreis absichtlich ein, beobachtet nur ganz winzige Teile des Metalls und übersieht den größeren Gefügeaufbau, der unter Umständen von viel ausschlaggebenderer Bedeutung für die Eigenschaften der Probe ist, als das eigentliche Kleingefüge. Wie man hierbei vorzugehen hat, kann nur die Erfahrung lehren. Gefügeuntersuchung ohne gründliche metallurgische und technologische Kenntnisse kann nur Dilettantenarbeit bleiben.

¹⁾ Die geschliffene Fläche der zu ätzenden Metallprobe *S* ist in Abb. 170 durch Schraffur gekennzeichnet. Sie liegt bei der Ätzung nach oben.