

vermittelter die Übergänge sind. Zahlenwerte dafür gibt die Kerbschlagprobe, bei der die Arbeit, die zum Durchschlagen der Probe nötig ist, ermittelt wird. In der dem Aufsatz von Ehrensberger [III, 11] entnommenen Abb. 183 sind die Schlagarbeiten an Stäben mit verschiedenen, unter den Gruppen angegebenen Kerbformen und Querschnitten als Ordinaten aufgetragen, und zwar für Kohlenstoff- und Nickelstahl. Die Punkte stellen die Einzel-, die Ordinaten die Mittelwerte der Schlagarbeiten in mkg/cm^2 dar. Besonders deutlich ist der Einfluß der Größe der Ausrundung und die außerordentlich starke Empfindlichkeit gegenüber tiefen und scharfen Kerben beim Kohlenstoffstahl ausgeprägt. Nickelstahl ist viel widerstandsfähiger; er besitzt wesentlich größere Kerbzähigkeit. Ähnlich verhalten sich Chromnickel- und andere Sonderstähle, Werkstoffe, zu denen der Konstrukteur greifen wird, wenn die Kerbwirkung nicht vermieden oder nicht genügend eingeschränkt werden kann.

III. Einfluß der Herstellung und Bearbeitung.

Die Lösung einer maschinentechnischen Aufgabe verlangt neben der Ausführung des konstruktiven Gedankens die richtige Beurteilung sowohl der Herstellungs- und Bearbeitungsmöglichkeiten wie der Betriebsverhältnisse, so daß Ausführung und Betrieb wirtschaftlich vorteilhaft werden. Die wirtschaftlichste, nicht die theoretisch oder konstruktiv beste Form muß angestrebt werden. Im folgenden ist nur auf die Ausführung der Teile eingegangen; zahlreiche Beispiele, wie die besonderen Betriebsverhältnisse Einfluß nehmen, finden sich in den späteren Abschnitten. Stets ist die leichte

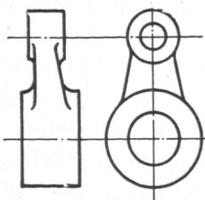


Abb. 184. Theoretisch günstigste Kurbelform.

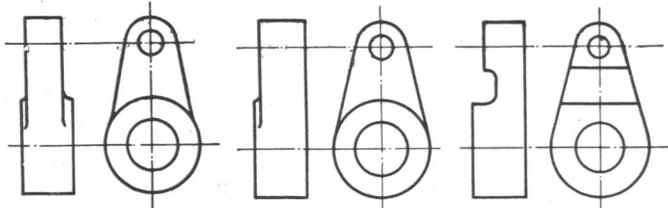


Abb. 185—187. Praktisch vorteilhafte Kurbelformen.

und billige Herstellung im Auge zu behalten. Der Konstrukteur hat auf die vorhandenen Werkstatteinrichtungen, Herstellungsmittel und -bedingungen Rücksicht zu nehmen, muß dauernd mit dem Betriebsleiter in Fühlung stehen und sich diesem oft unterordnen. Falsch wäre es, die Festigkeitsrechnung als alleinige Grundlage für die Bemessung der Maschinenteile nehmen zu wollen.

Kurbelarme annähernd gleicher Festigkeit, also theoretisch richtiger Ausbildung, Abb. 184, werden teuer durch die schwierige Schmiedearbeit und die umständliche Bearbeitung. Die einfachen Formen, Abb. 185—187, sind bei weitem vorzuziehen.

Allerdings ist nicht immer die billigste Ausführung eines Teils oder einer ganzen Maschine die günstigste; am vorteilhaftesten wird vielmehr jene sein, bei der die Betriebsunkosten den Kleinstwert annehmen, die sich einerseits aus der Verzinsung und Abschreibung der Aufwendungen für die Anlage, andererseits aus den bei besserer Ausführung abnehmenden Kosten für die Betriebsverluste zusammensetzen. Als einfaches Beispiel sei das Kugellager erwähnt, das gegenüber dem Gleitlager geringere Reibungsverluste aufweist und so trotz höherer Beschaffungskosten oft wirtschaftlich überlegen ist.

A. Die Formgebung der Maschinenteile in Rücksicht auf die Herstellung.

Die Formgebung der Maschinenteile erfolgt entweder auf Grund der Geschmeidigkeit der Werkstoffe im festen Zustande durch Schmieden, Walzen, Pressen, Ziehen, Biegen usw. oder durch Eingießen des geschmolzenen Stoffes in Formen und, soweit notwendig, durch nachträgliche Bearbeitung auf Maschinen oder von Hand.

1. Die Formgebung auf Grund der Geschmeidigkeit.

Das wichtigste Verfahren der ersten Gruppe der Formgebungsarten ist das Schmieden. Geschmiedete Teile müssen wegen der schwierigen Handhabung der heißen Stücke und der Behandlung durch Hammerschläge oder durch Pressen möglichst einfache Formen bekommen. Ansätze und vollends Rippen sind zu vermeiden, Hohlkörper nur bei ganz einfacher Gestaltung ausführbar. Löcher und Höhlungen müssen meist aus dem Vollen herausgearbeitet werden. Ein geschlossener Schubstangenkopf, Abb. 188, ist erheblich leichter und billiger herzustellen als ein gegabelter, Abb. 189, oder ein mit mehreren Ansätzen versehen, Abb. 190, solange nicht bei letzterem Gesenke verwendet werden können. — Unmittelbar an eine Welle angesetzt, also aus einem Stück mit ihr bestehende Flansche müssen entweder angestaucht, angeschweißt oder durch Ausschmieden eines Blockes vom Außendurchmesser des Flansches hergestellt werden und sind daher sehr kostspielig. Die Schwierigkeiten der Herstellung wachsen, je größer der Flanschdurchmesser im Verhältnis zu dem der Welle wird, so daß der Konstrukteur stets darauf hinarbeiten wird, den Flanschdurchmesser zu verkleinern, dadurch, daß er die Schrauben aus besonders widerstandsfähigem und hoch zu belastendem Werkstoff herstellt und sie so nahe wie möglich an den Wellenschaft heransetzt.

Die Ausführung der schon erwähnten Gesenke lohnt sich erst bei der Anfertigung einer großen Anzahl gleichartiger Teile, bietet dann aber die Möglichkeit, die Stücke

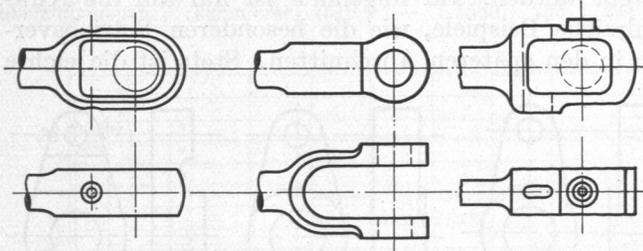


Abb. 188—190. Stangenkopfformen.

sehr gleichmäßig und mit geringen Zugaben für die Nacharbeit auszuführen. Daher ihre ausgedehnte Anwendung in der Massenherstellung. Die Ausführung einfacher Teile in ihnen bietet keine Schwierigkeit. Bei Rippen und vorspringenden Ansätzen, die tiefe Gesenke erfordern, muß der Konstrukteur das Hineinfließen des Werkstoffs

in die Form beim Schmieden durch geeignete Gestaltung erleichtern. Oft werden mehrere Gesenke hintereinander benötigt, durch die die schließliche Form stufenweise erreicht wird.

2. Die Formgebung gegossener Teile.

Viel freier ist man bei der Formgebung gegossener Teile. Hohl- und Rippenkörper lassen sich leicht gießen. Aber auch hier hat der Konstrukteur die Eigenarten der Herstellungsverfahren sorgfältig zu beachten und muß die Grundlagen der Formerei und Gießerei beherrschen, muß schon beim Entwurf auf die Einfachheit des Modells, eine geringe Anzahl von Teilflächen, die gute Entlüftung der Form, die Stützung der Kerne und die Möglichkeit achten, letztere leicht entfernen zu können. Unzureichend gestützte Kerne verlagern sich durch den Auftrieb im flüssigen Eisen und bedingen oft Fehlgüsse oder erhebliche Verschiedenheiten der Wandstärke am fertigen Gußstück. Häufig hat man in Rücksicht darauf Zuschläge zu der errechneten Wandstärke zu geben.

a) Berücksichtigung der Einförmvorgänge.

Die einfachste Art der Herstellung von Gußstücken, diejenige im offenen Herdguß, pflegt nur selten angewandt zu werden, wenn nämlich das Stück eine ebene Begrenzungsfläche besitzt, die in der Form oben angeordnet werden kann und an deren Zustand und Genauigkeit keine hohen Ansprüche gestellt werden.

Meist wird man auf den verdeckten Herd- oder den Kastenguß angewiesen sein. Dabei ist vor allem auf die Beschränkung der Zahl der Formteile hinzuwirken. Beispielsweise verlangt das T-Stück mit Fuß, Abb. 191, bedeutend mehr Arbeit und wird schwerer und teurer als dasjenige nach Abb. 192, weil für das letztere nur ein Kernkasten,

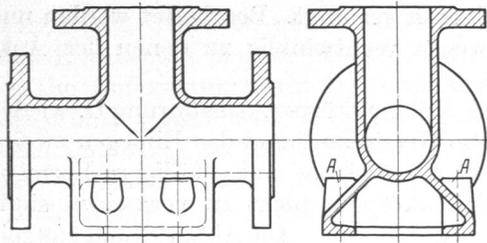


Abb. 191. T-Stück mit hohlem Fuß.

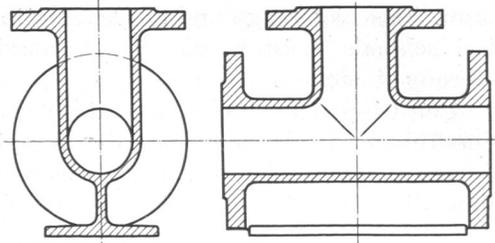


Abb. 192. T-Stück mit Rippenfuß.

für das erste dagegen zwei nötig sind, außerdem aber die vorstehenden Augen *A* für die Befestigungsschrauben am Modelle abnehmbar sein müssen.

Die Aufgabe, ein einfaches Augenlager, für das Bohrung und Höhe der Lagermitte, Abb. 193, gegeben sind, in bezug auf Herstellung und Bearbeitung durchzubilden, kann auf verschiedene Weise gelöst werden, Abb. 194—196. Wegen des Kerns für die Lagerbohrung liegt es am nächsten, das Modell längs der Hauptebene *I—I* zu teilen, Ausführung *A*. Die senkrechten Rippen können dann gekreuzt, symmetrisch zur Mitte angeordnet und dabei die aus der Form herauszuziehenden sowie die Fußplatte schwach verjüngt ausgebildet werden. Schwierigkeiten macht das Herausnehmen der Augen, die entweder als lose Butzen (im linken Teil der Abbildung) aufgesetzt oder, wie in der rechten Hälfte dargestellt, besser ganz vermieden werden, indem die Auflageflächen für die Schraubenköpfe nach dem Bohren der Löcher mit einem Bohrmesser nach Abb. 236 bearbeitet werden. Vorteilhaft ist, daß die Stützflächen des Fußes auf zwei schmale Leisten *C* und *D* beschränkt werden können, nachteilig, daß wegen der Symmetrie vier Befestigungsschrauben nötig sind, was sich allerdings durch Anordnung der Stützrippen an einer Seite vermeiden läßt.

Ausführung *B* vereinfacht das Einformen wesentlich und bietet außerdem den Vorteil, mit niedrigeren Formkästen auszukommen. Der Butzen für das Schmiergefäß und die Arbeitsfläche, sowie die Kernmarke auf der Seite der Rippe sind lose; letztere, damit das Modell während des Einformens des Unterkastens flach auf dem Formbrett liegen

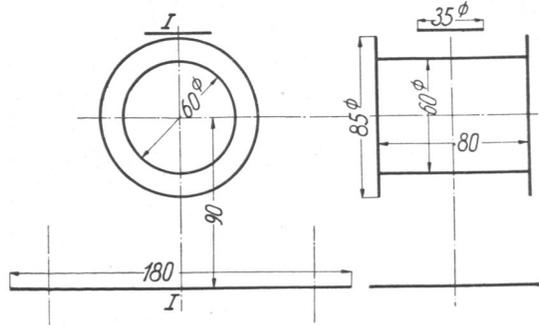


Abb. 193. Grundmaße eines Augenlagers. M. 1:4.

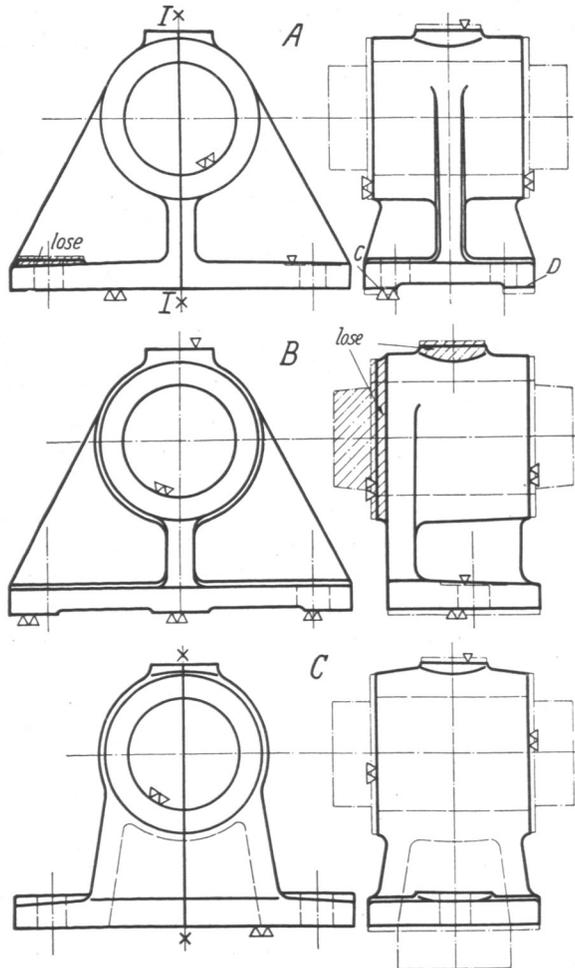


Abb. 194—196. Verschiedene Gestaltung eines Augenlagers. M. 1:4.

kann. Das Lagerauge und die Fußplatte sind schwach verjüngt. Bearbeitet werden nur drei schmale Leisten, die des Herausziehens wegen rechtwinklig zu denen der Ausführung *A* stehen.

Den Rippengußstücken gegenüber verlangt der Hohlgußkörper, Ausführung *C*, wieder eine Teilung des Modells längs der Hauptebene, die Herstellung und das Einlegen zweier Kerne, also beträchtlich mehr Formarbeit, gibt aber kräftigere und gefälligere Formen, ohne die Schmutz- und Staubecken, die an Rippenkörpern nicht zu vermeiden sind.

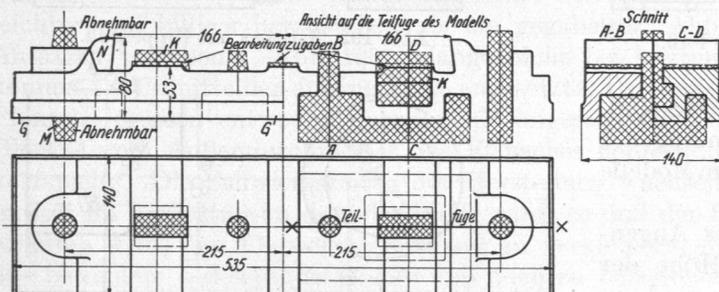


Abb. 197. Einformen einer Sohlplatte.

dem Formbrett, nachdem die lose Kernmarke *M* entfernt ist. Im Oberkasten drücken sich die Aussparungen der Grundfläche ab, für die also besondere Kernmarken entbehrt werden können. Wegen des Herausziehens des Modells muß die Nase *N* abnehmbar sein, oder es muß die durch sie erzeugte Unterschneidung mittels eines Hilfskernes hergestellt werden.

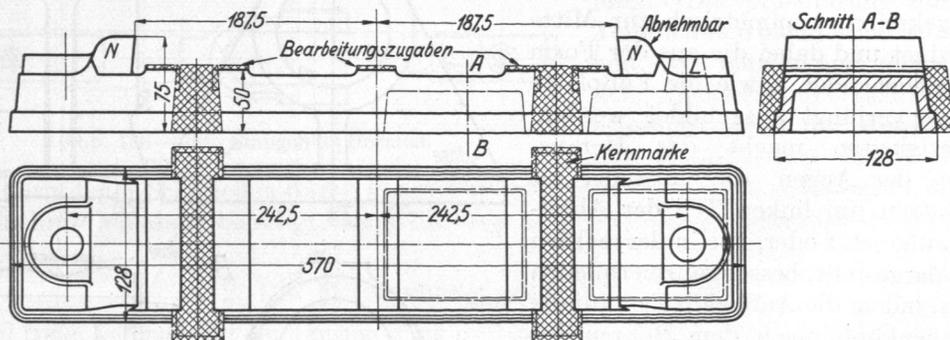


Abb. 198. Gestaltung einer Sohlplatte unter Beachtung einfachen Einformens.

In der rechten Hälfte der Abb. 197 ist das Modell längs der Mittelebene geteilt angenommen. Dadurch wird freilich ein weiterer Kernkasten für die Aussparungen der Grundfläche nötig, die Stützung der Kerne jedoch erleichtert und verbessert. In beiden Fällen müssen die Kerne *K* der Löcher für die Hammerköpfe der Lagerschrauben durch Kernstützen gut gehalten werden.

In Abb. 198 ist bewußt auf ein einfaches Modell und auf leichtes Einformen hingearbeitet worden. Die Grundfläche hat keine vorspringenden Kernmarken; nur die Nasen *N* sind abnehmbar. Das Abheben des Oberkastens, in dem sich sowohl die einfach gestalteten Aussparungen der Grundfläche, wie auch die Kerne *L* für die Sohlplattenschrauben abgedrückt haben, wird durch die kegelige Form der Aussparungen und Kerne erleichtert. Ähnliches gilt vom Herausheben des mit schrägen Wandungen versehenen Modellkörpers. Die Kerne des Schlitzes für die Lagerschrauben werden durch die gleichfalls abgeschrägten Kernmarken auf einfache und sichere Weise gehalten.

Ein gutes Mittel, das Einformen zu vereinfachen und zu erleichtern, gibt Neuhaus an [III, 13], indem er empfiehlt, die Kerne besonders hervorzuheben, um z. B. an dem Rahmen, Abb. 199, deutlich zu machen, wie durch Verlegen von Rippen oder Abänderung von

Maßen und Umrissen mehrere Kerne ohne Schwierigkeit auf gleiche Formen gebracht und Kernkästen erspart werden können.

Die Anfertigung eines größeren Modells lohnt sich erst, wenn das Stück mehrfach ausgeführt werden soll. Bei einmaligem Guß wird man die Verwendung von Schablonen beim Einförmigen anstreben, also eine Gestaltung wählen, die sich entweder durch Drehen der Schablonen um eine Spindel (Drehkörper) oder durch Ziehen längs eines Leitlineals herstellen läßt. Um die Zahl der Schablonen zu beschränken, gibt man dem Rahmen, Abb. 200, zweckmäßigerweise an allen Stellen gleichen Querschnitt oder wenigstens an allen Seitenflächen dieselben Abrundungen und Neigungen, so daß ein und dieselbe Schablone Verwendung finden kann. Obgleich die Arbeitsflächen zum Aufsetzen der Lager *a* und *b* und der Füße *c* und *d* verschiedene Abmessungen, insbesondere andere Breiten haben, ist für die Längswangen und das rechte Querstück dieselbe Grundform benutzt. Nur das linke Querstück ist wesentlich breiter und außerdem auf der Strecke *e—f* unterschritten; trotzdem hat aber seine rechte Wand das gleiche Profil wie die übrigen erhalten. Ähnliches gilt vom Kern. Alle Arbeitsflächen liegen auf derselben Höhe.

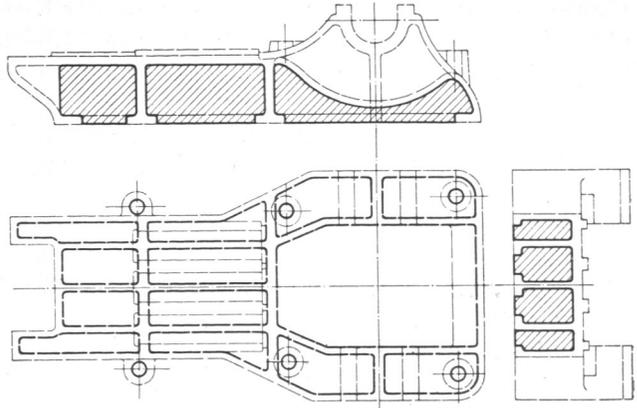


Abb. 199. Hervorhebung der Kerne an einem Rahmen.

Die Modelle müssen sich leicht aus den Formen ausheben lassen. Butzen und Ansätze, die das Herausziehen hindern und besonders am Modell angesetzt werden müssen oder gar eine Teilung der Form verlangen, sollten vermieden werden. Vgl. Abb. 201, die eine besonders aufgesetzte Auflagefläche für die Mutter der Befestigungsschraube zeigt, mit Abb. 202, in der das Auge nach der Wand zu verlängert ist, um das Herausziehen zu ermöglichen und mit Abb. 214, wo das Auge ganz vermieden und die für die Mutter nötige Auflagefläche durch eine Unterlegscheibe geschaffen ist, welche in die beim Bohren des Loches gefräste Fläche paßt. Dadurch ist nicht allein das Einförmigen wesentlich erleichtert, sondern auch die Lage des Schraubenloches unabhängig von angegossenen Butzen gemacht, die sich beim Einförmigen häufig verschieben und dann umständliche Nacharbeiten verlangen. Wegen der Gefahr der Verlagerung solcher Augen gibt man ihnen, soweit sie nötig sind, grundsätzlich reichliche Abmessungen. Rippen, vorstehende Butzen und Flansche erhalten wegen des leichten Herausziehens des Modells verjüngte Formen.

Die Modelle müssen sich leicht aus den Formen ausheben lassen. Butzen und Ansätze, die das Herausziehen hindern und besonders am Modell angesetzt werden müssen oder gar eine Teilung der Form verlangen, sollten vermieden werden. Vgl. Abb. 201, die eine besonders aufgesetzte Auflagefläche für die Mutter der Befestigungsschraube zeigt, mit Abb. 202, in der das Auge nach der Wand zu verlängert ist, um das Herausziehen zu ermöglichen und mit Abb. 214, wo das Auge ganz vermieden und die für die Mutter nötige Auflagefläche durch eine Unterlegscheibe geschaffen ist, welche in die beim Bohren des Loches gefräste Fläche paßt. Dadurch ist nicht allein das Einförmigen wesentlich erleichtert, sondern auch die Lage des Schraubenloches unabhängig von angegossenen Butzen gemacht, die sich beim Einförmigen häufig verschieben und dann umständliche Nacharbeiten verlangen. Wegen der Gefahr der Verlagerung solcher Augen gibt man ihnen, soweit sie nötig sind, grundsätzlich reichliche Abmessungen. Rippen, vorstehende Butzen und Flansche erhalten wegen des leichten Herausziehens des Modells verjüngte Formen.

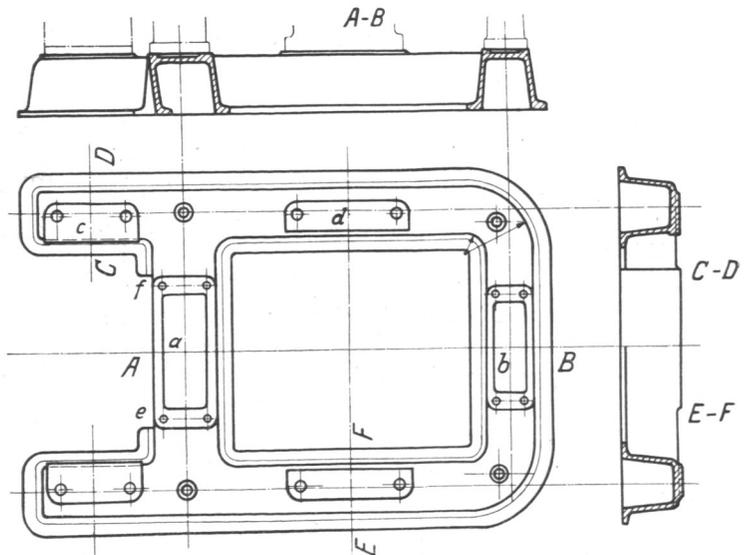


Abb. 200. Rahmen für eine Turbodynamo.

An Hohlkörpern ist für eine genügende Zahl hinreichend weiter Kernlöcher Sorge

zu tragen, sowohl zur Stützung und Entlüftung während, wie zur Entfernung der Kerne nach dem Gusse. Der letzte Punkt ist namentlich an Stahlgußstücken zu beachten, aus denen man die Kerne vielfach in noch heißem Zustande entfernen muß, um ein Zerreißen der Wandungen infolge der starken Schwindung zu verhüten. Lage, Größe und Anordnung der Kernlöcher soll der Konstrukteur bestimmen. Sie sollen nicht dem Modelltischler oder dem Former überlassen bleiben, welche sie leicht an Stellen setzen werden, wo sie stören, etwa das Anbringen von Schrauben verhindern, oder wo die Verschlüsse mit andern Teilen zusammenstoßen.

Kernstützen sind an zu bearbeitenden Flächen und bei hohen Anforderungen an die Dichtigkeit der Stücke zu vermeiden, weil in ihrer Nähe leicht poröse Stellen entstehen.

So ist für den Pumpenkolben, Abb. 202a, die stehende Anordnung der Form der liegenden vorzuziehen, wegen der geringern Neigung zu Kernver-

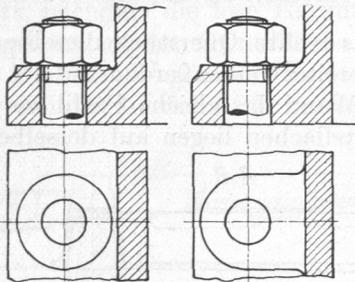


Abb. 201 und 202. Ausbildung von Augen.

legungen und wegen der Möglichkeit, Kernstützen an der zu bearbeitenden Lauffläche zu umgehen. Zur Stützung des Kerns sind am oberen Ende vier kleine Öffnungen, am unteren eine einzige, aber sehr weite vorgesehen, die zur Entlüftung während des Gusses dient und die das Herausbrechen des Kerns samt seinem Eisengerippe erleichtert.

Oft können Modelle durch geeignete Gestaltung für verschiedene Zwecke, ältere Modelle unter geringen Änderungen bei Neuausführungen wieder verwendet werden. Abb. 202b zeigt eine Formplatte, welche Lagerböcke mit zwei verschiedenen Ausladungen durch Abdämmen oder Wegnehmen einzelner Modellteile herzustellen gestattet. Das hat der Konstrukteur durch Verwendung gleicher Querschnitte und gleicher Neigungen an den schrägen Armen erreicht.

Bei Gegenständen, die auf Maschinen eingeformt werden sollen, muß häufig auf die Eigenart der Formmaschinen Rücksicht genommen werden.

b) Gußspannungen und Lunkerbildungen.

Infolge ungleichmäßiger Abkühlung entstehen in den Gußstücken Spannungen und Hohlräume, auf deren Verminderung schon der Konstrukteur hinarbeiten soll, wenn

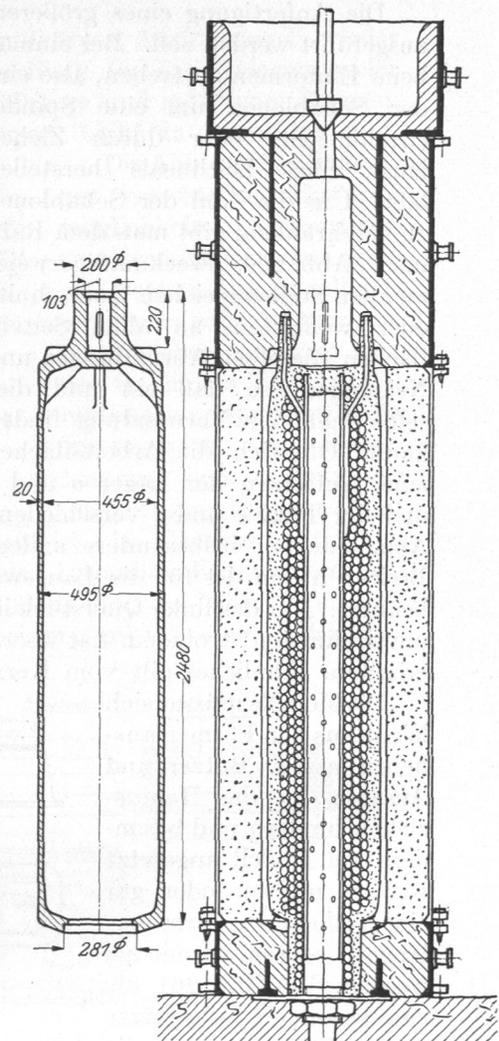


Abb. 202a. Einförmigen eines Pumpenkolbens. M. 1:30.

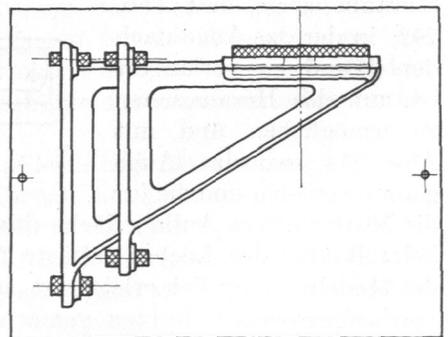


Abb. 202b. Formplatte für zwei Lagerböcke verschiedener Ausladung.

auch der Former manche Mittel hat, die Erscheinungen zu beeinflussen oder unschädlich zu machen. Bei der Abkühlung schwinden die Gußstücke; — sie ziehen sich infolge der Temperaturabnahme zusammen. Werden sie daran durch ihre eigene Gestalt oder die Formwandungen gehindert, so entstehen Spannungen, die zum Werfen und Verziehen oder, wenn sie die Festigkeit des Werkstoffs überschreiten, zum Reißen führen. So erstarrt der dicke Rand des Rahmens, Abb. 203, später als die dünnen Stege; er reißt infolge der gehinderten Zusammenziehung, wenn die Stege fest geworden sind. Ebene, gleich dicke Platten, werfen sich leicht infolge der Spannungen, die in den mittleren Teilen entstehen, wenn die stärkerer Abkühlung ausgesetzten Ränder schon erstarrt sind. Welche Spannungen in Gußstücken vorkommen, kann man an dem oft starken Klaffen beurteilen, das beim Aufsprengen der Naben von Riemenscheiben, Schwungrädern und dergleichen auftritt. Häufig machen sich die Spannungen beim Bearbeiten von Gußstücken, an denen die Gußhaut nur an einer Seite weggenommen wird, durch Verzerren und Krummziehen geltend, so daß z. B. die endgültige Bearbeitung von Drehbankbetten erst längere Zeit nach dem Vorschruppen, unter Einschalten einer Pause von 2 bis 3 Wochen erfolgen darf.

An den Stellen, wo der Stoff zuletzt in den festen Zustand übergeht, bilden sich Hohlräume, Löcher, Lunker oder Saugstellen, die Undichtheit des Gußstückes und Verminderung der Festigkeit zur Folge haben können. Sie treten insbesondere überall da auf, wo größere Ansammlungen, Verdickungen oder unvermittelte Übergänge in den Querschnitten vorhanden sind.

Spannungen und Hohlraumbildungen fallen um so stärker aus, je größer das Schwinden des Werkstoffes ist, für welches die folgenden Längenschwindmaße einen Anhalt geben. Während des Erkalten zieht sich

Gußeisen	um 1/96,
Stahlguß	um 1/50,
Bronze	um 1/63,
Messing	um 1/65

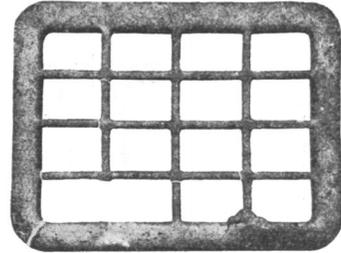


Abb. 203. Rahmen mit Rissen, infolge von Gußspannungen.

seiner ursprünglichen Länge zusammen. Deshalb sind die erwähnten Erscheinungen an Stücken aus den drei zuletzt genannten Stoffen besonders sorgfältig zu beachten. Stahlgußstücke werden zur Verminderung der unvermeidlichen Spannungen nochmals ausgeglüht und dann sehr langsam und gleichmäßig abgekühlt.

Beim Gestalten wird man nach dem Voranstehenden das Augenmerk in erster Linie auf gleich schnelle Abkühlung aller Teile eines Gußstückes richten. Der meist vertretene Grundsatz der Einhaltung gleichmäßiger Wandstärken ist nicht ganz zutreffend, kann aber immerhin in vielen Fällen, namentlich bei einfachen Formen den ersten Anhalt bieten. So werden manche Teile, z. B. vorspringende Ränder, verhältnismäßig schneller erkalten und sollten kräftiger gehalten werden, weil die sie umgebende Formmasse die Wärme rasch aufnehmen und weiterleiten kann. Ungünstig in bezug auf die Wärmeabführung sind dagegen dünne oder eingeschlossene Kerne, sowie Stellen, an denen Rippen auf Wandungen stoßen oder mehrere Rippen zusammentreffen. An Zylinderdeckeln, Kolben und ähnlichen Teilen, Abb. 204, unterbricht man deshalb gern die Rippen bei *a* und *b*, vermeidet auf diese Weise die Lunkerbildung und erreicht gleichzeitig noch eine bessere gegenseitige Stützung der aneinanderstoßenden Kerne. Wenn die Abzweigung des T-Stückes, Abb. 205, oder der Fuß eines Zylinders auf Grund der Beanspruchung sehr geringe Wandstärken erhalten könnten, so wird man diese doch aus Gußrücksichten stärker ausführen, Abb. 206. Solche dünnen Teile springen oft infolge der großen Spannungen an der Ansatzstelle bei der Abkühlung von selbst oder bei geringen Stößen ab. Häufig kann deshalb eine Trennung derartiger Teile vorteilhaft werden. — Eine leichte Tragplatte für eine Schmierpresse an einem dickwandigen Zylinder wird man besser anschrauben und zu dem Zwecke an diesem nur eine entsprechende Arbeitsfläche vorsehen.

Unmittelbar angegossen, würde die Platte auch die Bearbeitung erschweren und bei der Beförderung leicht beschädigt werden. Lassen sich Ungleichheiten in der Wandstärke nicht vermeiden, so mildere man die Wirkung durch Abrundungen oder Einschaltung allmählicher z. B. kegelliger Übergänge, Abb. 425. Sorgfältig sind scharfe Kehlen an Durchdringungen zu vermeiden.

Ähnlich wie an dem in Abb. 203 dargestellten Rahmen liegen die Verhältnisse bei Handrädern, Zahn- und Schwungrädern und ähnlichen

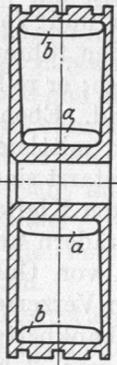


Abb. 204. Kolben mit Aussparungen zur Verminderung der Gußspannungen und Lunkerbildungen.

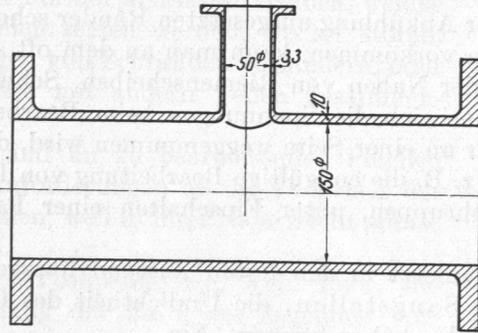


Abb. 205. Zu ungleiche Wandstärken an einem T-Stück.

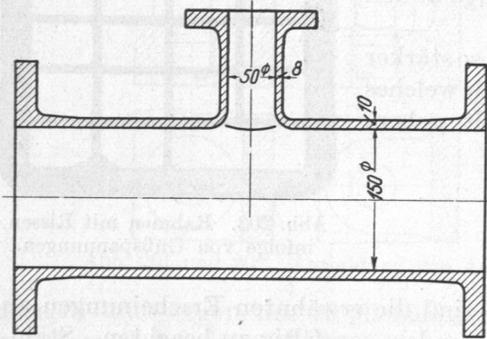


Abb. 206. Richtige Wahl der Wandstärken an einem T-Stück.

Teilen mit starken Randquerschnitten, wenn auch zuzugeben ist, daß sich die Spannungen an ihnen durch Veränderung der Krümmung des Kranzes leichter ausgleichen. Die Spannungen können konstruktiv noch weiter durch Krümmen der Arme, bei Handrädern, Abb. 207, Sprengen der Naben von Riemenscheiben, Abb. 208, oder Teilen der Schwungräder vermindert werden. An Doppelsitzventilen für Dampfmaschinen, an denen die

Spannungen bei höheren Wärmegraden oft starke Verzerrungen und Undichtheiten in den Sitzflächen hervorrufen, kann man die Rippen tangential zur Nabe anordnen, Abb. 210. Spannungen in ihnen werden nur eine geringe, unschädliche Verdrehung der Nabe bedingen.

Rippen sind in den meisten Fällen zweifelhafte Verstärkungsmittel sowohl wegen der Gefahr der Lunkerbildung an den Ansatzstellen, als auch wegen der Spannungen infolge stärkerer Abkühlung an den äußeren Begrenzungslinien.

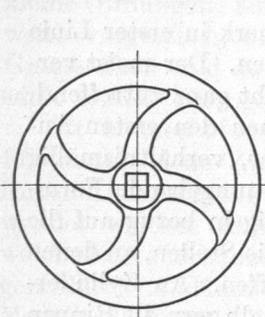


Abb. 207. Handrad mit gekrümmten Speichen.

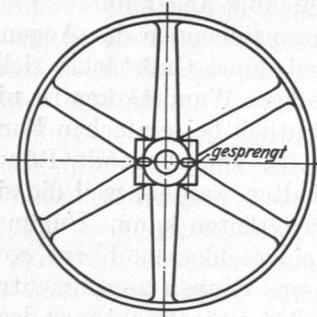


Abb. 208. Riemenscheibe mit gesprengter Nabe.

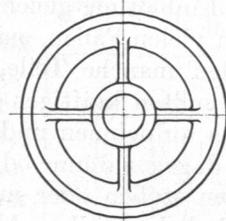


Abb. 209 und 210. Doppelsitzventil mit radial und tangential angeordneten Rippen.

B. Zusammenhang zwischen konstruktiver Durchbildung und Bearbeitung.

1. Allgemeines.

Schon die Werkstattzeichnungen müssen durch ihre Ausführung die Herstellung der Stücke erleichtern; klare und deutliche Wiedergabe der Form, Hervorhebung der zu bearbeitenden Flächen, Einschreiben der Maßzahlen an der Stelle, wo sie der Arbeiter

sucht und in der Form, wie er sie braucht, nicht, wie sie beim Entwerfen aufgetragen werden, sind unumgängliche Anforderungen an die Zeichnung. Vorbildlich und von größter Bedeutung für die gesamte deutsche Industrie ist die Vereinheitlichung des Zeichnungswesens und der Darstellung durch die Dinormen, die neuerdings im Dinbuch 8 „Zeichnungsnormen“ zusammengefaßt veröffentlicht worden ist.

Zur Erreichung größter Billigkeit ist zunächst weitgehend auf die Einschränkung der Bearbeitung überhaupt, dann auf die Verwendung weniger Arbeitsverfahren und Maschinenarten hinzuwirken.

Ganz bearbeitet werden nur kleinere, aus dem Vollen hergestellte Teile, ferner Schmiedestücke, sofern sie nicht durch Benutzung von Gesenken eine genügend genaue Form erhalten und dann ähnlich wie Gußstücke behandelt werden. Im übrigen bearbeitet man meist nur die Auflageflächen, an denen zwei verschiedene Teile miteinander in Berührung treten und beschränkt sich an allen freiliegenden Flächen auf das äußerste, irgend mögliche Maß. Die Sucht nach blanken Teilen ist veraltet. Neuerdings sieht man selbst von der Bearbeitung der Messing- und Bronzestücke ab, die früher häufig des Aussehens halber vorgenommen wurde.

An Guß- und Gesenkschmiedestücken läßt man die zu bearbeitenden Stellen gewöhnlich über die roh bleibenden Flächen in Form von Arbeitsleisten, Augen oder Ansätzen, Abb. 211, vortreten. Man macht sich auf diese Weise unabhängig, sowohl von den unvermeidlichen Ungenauigkeiten beim Einformen infolge des Verziehens der Modelle,

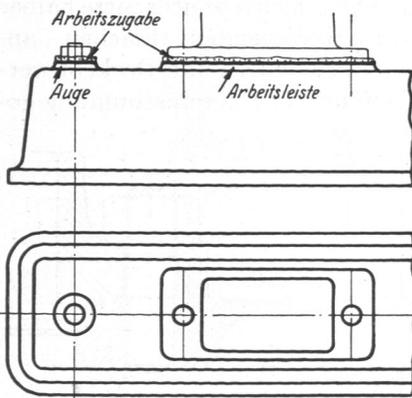


Abb. 211. Auge und Arbeitsleiste an einem Gußstück.

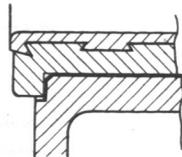


Abb. 212. Einspringende Arbeitsfläche.

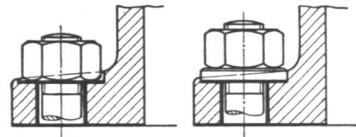


Abb. 213 und 214. Versenkte Auflageflächen für Muttern.

als auch von dem nach verschiedenen Richtungen meist ungleichmäßigen Schwinden der Gußstücke. Gleichzeitig ermöglicht man das Auslaufen der Werkzeuge, wie es namentlich beim Hobeln oder Stoßen, gelegentlich aber auch beim Drehen, Fräsen und Bohren erforderlich ist. Das Maß, um welches die Flächen über die unbearbeiteten Stellen ausladen, hängt an Gußteilen von der Größe der Stücke, dem Werkstoffe und der Genauigkeit, mit der die Gießerei arbeitet, ab. An kleinen Teilen sind 5, an mittleren 10 bis 15 mm ausreichend, an großen 20 bis 25 mm notwendig. Stahlguß verlangt größere Maße als Gußeisen. Auch müssen die Leisten gegenüber den auf ihnen zu befestigenden Stücken überstehen, also etwas länger und breiter als diese gehalten werden. Ragen nämlich die Ränder der aufzusetzenden Teile über die Arbeitsfläche hinaus, so entstehen unschöne, schwer sauber zu haltende Schmutzrinnen. Die Anlageflächen erhalten im rohen Zustande noch Arbeitszugaben, Abb. 211, die auf den Zeichnungen gewöhnlich nicht angegeben werden, und deren Größe ebenfalls je nach den Abmessungen des Maschinenteiles und der Art der Herstellung wechselt. Bei kleinen Stücken genügen wenige Millimeter; an großen werden 10 bis 15 mm abgearbeitet. Gewalzte oder im Gesenk geschmiedete Teile können wesentlich geringere, von Hand geschmiedete müssen dagegen reichliche Zugaben erhalten.

Oft kann man die Arbeitsflächen vorteilhafterweise auch einspringen lassen, namentlich, wenn die Bearbeitung auf der Fräsmaschine oder der Drehbank erfolgen kann, weil dann das Auslaufen der Werkzeuge nicht immer erforderlich ist. In Abb. 212 tritt z. B. die Anlagefläche für den Schalenbund zurück; in Abb. 213 und 214 werden die Auflageflächen

für die Muttern durch einen Fräser oder ein in den vorgebohrten Löchern geführtes Messer geschaffen. Daß dadurch nicht allein die Herstellung, sondern auch das Einformen der Modelle erleichtert wird, weil die Augen und Arbeitsleisten wegfallen, die oft abnehmbar sein müssen und sich leicht verschieben, war schon oben erwähnt. Den Nachteil, daß sich Staub und Schmutz in den Vertiefungen ansammeln, kann man durch Einlegen von Unterlegscheiben, Abb. 214, vermeiden.

Gepreßte, gezogene und getriebene Teile, gewalzte Formeisen und Bleche, sowie aus den letzteren zusammengesetzte Stücke bleiben meist roh; bearbeitete Anlageflächen, werden an ihnen durch Aufnieten besonderer Bleche mittels versenkter Niete geschaffen, z. B. am Rahmen einer Laufkatze, Abb. 215. Häufig kann man aber auch von versenkten Arbeitsflächen Gebrauch machen. Rohrverschlüsse an Dampfkesseln und Aufgestellen für Muttern an Formeisen bieten Beispiele dafür.

Die Bearbeitung freiliegender Flächen kommt vor an den Rändern der Anschluß- und Dichtflächen. So pflegen die aus Gußrücksichten, wie oben erwähnt, stets etwas größer gehaltenen Arbeitsleisten, Abb. 211, wenn es das Aussehen verlangt, entsprechend dem Rand des aufgesetzten Stückes „beigearbeitet“ zu werden. An Ventilen dreht man, wie später näher besprochen, gleich breiter Sitze halber die anschließenden freiliegenden Flächen an. Flansche von Rohren, Zylindern und Deckeln werden auf gleiche Maße und in Übereinstimmung ge-

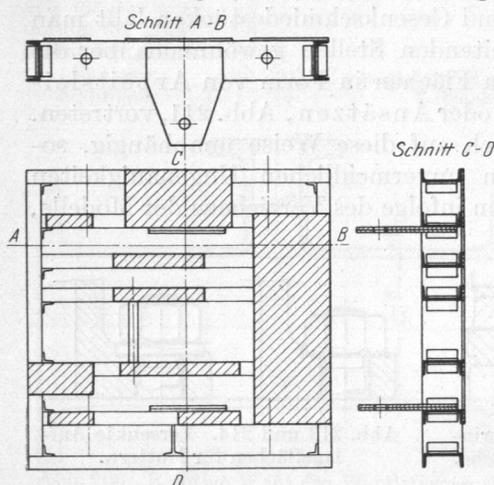


Abb. 215. Laufkatzenrahmen mit aufgenieteten Arbeitsflächen.

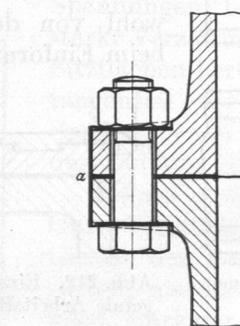


Abb. 215a. Flansche werden durch Abdrehen auf gleiche Durchmesser gebracht.

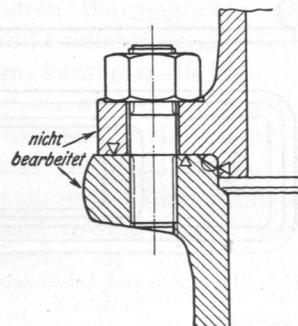


Abb. 216. Einschränkung der Bearbeitung durch geeignete Formgebung.

bracht, Abb. 215a. Doch hat auch hier der Entwerfende Mittel, die Bearbeitung einzuschränken. In Abb. 216 ist der eine Flansch zylindrisch, der andere gewölbt und mit etwas größerem Durchmesser ausgeführt, damit kleine Abweichungen unauffällig werden. Beide bleiben unbearbeitet. Oft kann man noch dadurch nachhelfen, daß man den kleineren Flansch durch den größeren verdecken läßt, den letzteren also unten anordnet, falls die Verbindung über Augenhöhe liegt und umgekehrt.

Manchmal bedingt das genaue Aufspannen auf den Werkzeugmaschinen und die Forderung sehr geringer oder gleichmäßiger Wandstärke die teilweise oder vollständige Bearbeitung von Stücken, beispielweise der gesteuerten Ventile von Dampfmaschinen, der Zylinder und der Kolben von Flugmotoren.

Die Art und Sorgfalt der Bearbeitung hängt vom Zweck und der Aufgabe der Flächen ab. An der Anlagefläche können die Teile fest, also unbeweglich verbunden sein oder aufeinander gleiten (Gleitflächen). In vielen Fällen wird Dichtigkeit der ruhenden oder gleitenden Flächen verlangt (Dichtflächen). Während die Bearbeitung ruhender Anlageflächen, etwa die der Auflageflächen eines Lagerkörpers auf einem Rahmen oder einer Lagerschale in einem Lagerkörper oder der Naben auf den Achsen und Wellen, lediglich den Zweck hat, eine gleichmäßigere Verteilung des Flächendruckes herbeizuführen und Biegemomente zu vermeiden, soll diejenige der Gleitflächen auch noch die Abnutzung einschränken. Sie muß deshalb genauer und unter besonderer Beachtung der Betriebs-

verhältnisse erfolgen. Beispiele bieten Zapfen- und Lagerlaufflächen, Gleitführungen, Büchsen, Bewegungsschrauben u. a. m. Auch Dichtflächen (an Rohren, Zylindern und Deckeln) verlangen sorgfältige Bearbeitung, wenn die Ungleichmäßigkeit der Oberflächen nicht durch weiche und nachgiebige Packungen oder Dichtmittel ausgeglichen werden kann. Beispiele für den letzten Fall bieten die unbearbeiteten, umgebördelten Enden schmiedeeiserner oder kupferner Rohre. Eine weitere Ausnahme bilden die Nietverbindungen an Kesseln oder Behältern für größeren Druck, an denen die Anlageflächen ebenfalls unbearbeitet bleiben, während die Dichtheit durch Verstemmen der Blechkanten oder eines dazwischen gelegten weichen Eisen- oder Kupferbleches, etwa an aufgesetzten Rohrstutzen, erreicht wird.

Roh bleiben ferner die Grundflächen der Rahmen und Gestelle, namentlich wenn sie durch Untergießen mit Zement dem Fundament angepaßt werden.

Sehr sorgfältig müssen gleitende Dichtflächen bearbeitet werden, z. B. die Laufflächen der Zylinder, die der zugehörigen Kolben, Kolbenringe, Steuerschieber und

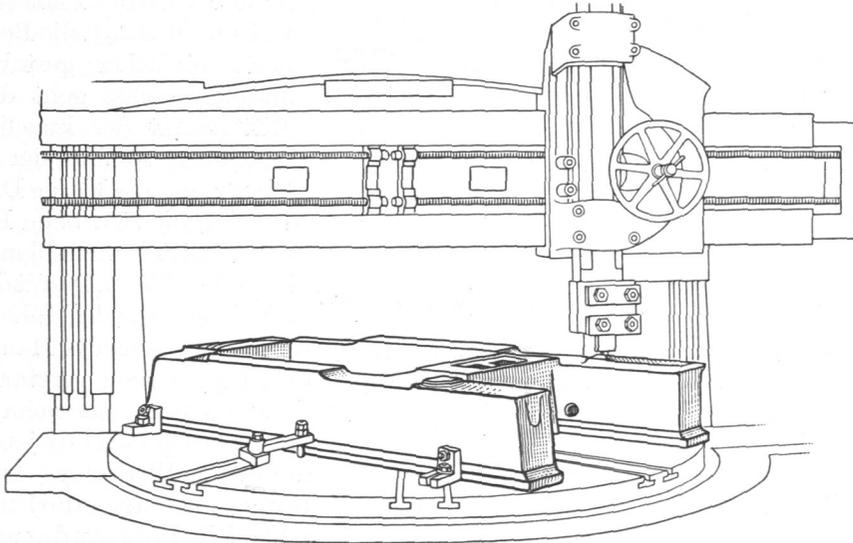


Abb. 217. Gleich hohe Lage der Arbeitsflächen an einem Rahmen, zwecks gleichzeitiger Bearbeitung. (A. E. G. Berlin).

Ventile der Dampf- und Gasmaschinen, Küken von Hähnen, Kolbenstangen und ihre Liderungen. Die einfacheren Bearbeitungsverfahren durch Drehen, Hobeln und Fräsen müssen dann oft durch genaues Abschleifen, gegenseitiges Einschleifen oder durch Aufschaben von Hand ergänzt werden.

Die Bearbeitungsflächen sollen gut zugänglich sein, damit sie mit kräftigen Werkzeugen bearbeitet werden können. Lange und schwache Werkzeugstähle, wie sie beispielweise in Vertiefungen nötig werden, biegen sich durch, federn und gestatten die Abnahme nur geringer Spandicken bei langer Arbeitszeit.

Gleich hohe Lage der Arbeitsflächen erfordert nur einmaliges Einstellen der Werkzeuge und erleichtert so das Bearbeiten und Nachprüfen ganz wesentlich. An dem Grundrahmen einer Turbodynamo, Abb. 217, können alle Auflagestellen auf einer Karusselldrehbank oder einer Hobelmaschine gleichzeitig bearbeitet werden.

Im Anschluß hieran sei allgemein auf den Grundsatz, Konstruktionslinien möglichst zusammenfallen zu lassen, aufmerksam gemacht. Dadurch wird nicht allein das Aussehen ruhiger, auch der Zusammenbau der Maschinen wird durch die Möglichkeit, Richtlineale über die Flächen zu legen, sehr unterstützt. So ist es z. B. in Abb. 218 unzuweckmäßig, die Anschlußflanschen *A* und *B* des Pumpenkörpers am Saugwindkessel oder die Anschlußflächen des Druckwindkessels *C* und des Druckrohres *D* auf verschiedene Höhen zu legen. Die Bearbeitung der Flächen *E* und *F* wird durch die ungleiche Entfernung von

den Achsen der Pumpenkörper unnötig erschwert. Sehr unzuweckmäßig ist die exzentrische Lage der Maschinenachse und der Mittellinie des Verbindungsstutzens zu den kugeligen Teilen des Hauptkörpers. Sie bedingt nicht allein eine ungünstigere Beanspruchung, u. a. durch das Entstehen des scharfen Überganges bei *G*, sondern auch eine größere Bau-

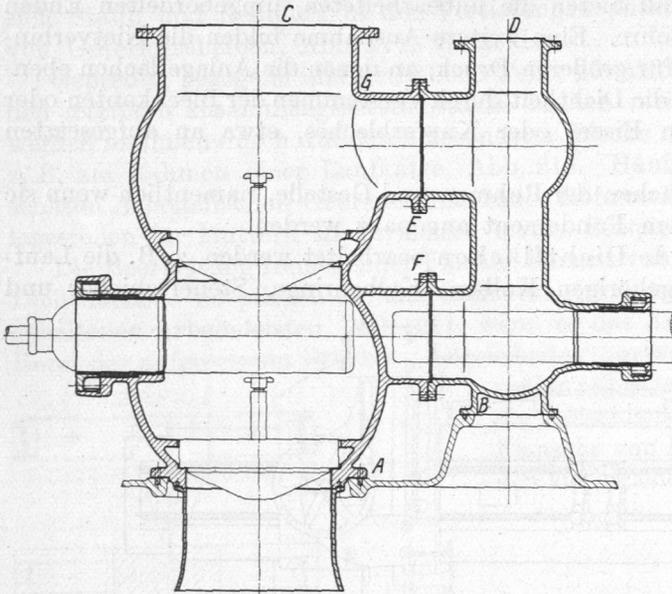


Abb. 218. Unzuweckmäßige Formgebung eines Pumpenkörpers.

Ventil angeschlossen, wurde auf die kugelige Ausbildung des oberen Teils des Hauptkörpers verzichtet, die Anschlußstelle des Druckrohres aber durch Eckbolzen verstärkt.

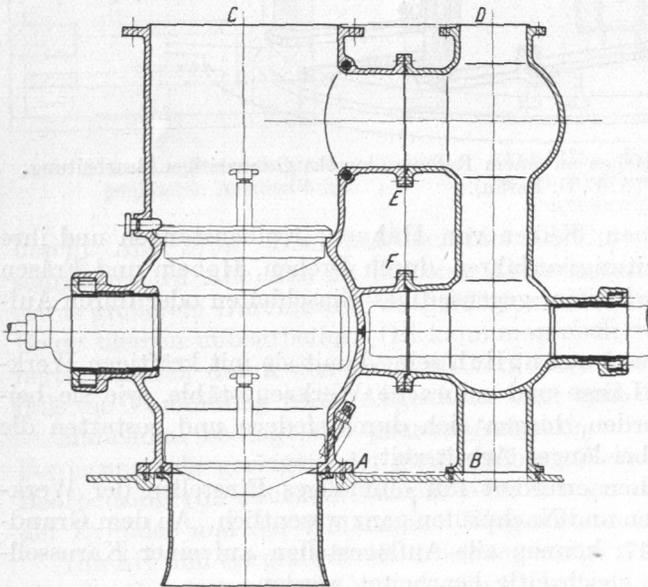


Abb. 219. Richtige Gestaltung des Pumpenkörpers Abb. 218 unter Zusammenfallenlassen der Konstruktionslinien.

fördern nötigen Haken, Ösen oder Nasen vorgesehen werden, so daß sich die Teile leicht durch Seile oder Ketten fassen und an die Kranhaken hängen lassen.

Jedes Umspannen ist, solange nicht besondere Einspannvorrichtungen sich bezahlt machen, schwieriger Handarbeit gleichzusetzen und deshalb teuer.

Als Beispiel für den Wechsel der Arbeitsverfahren und Werkzeugmaschinen seien

länge, da die Kolben in ihren innersten Lagen ziemlich großen Abstand voneinander haben müssen und schließlich eine erheblich schwierigere Herstellung des Modells, der Kerne und der Gußform. In Abb. 219 fallen die Ebenen von *A* und *B*, von *C* und *D*, von *E* und *F* zusammen. Auch ist der Anschlußflansch des Saugstutzens in die Ebene des Flansches *A* verlegt und dadurch die Bearbeitung noch einfacher gestaltet. Die Maschinenachse geht durch den Mittelpunkt der kugeligen Ausbauchung, so daß der Pumpenkörper und die Kerne Drehkörper werden, die sich beim Einförmigen auch mittels Schablonen leicht herstellen lassen. Damit das Druckrohr in genügender Höhe über dem

Die Kräfte, die beim Einspannen, ebenso wie diejenigen, die durch die Werkzeuge beim Bearbeiten auftreten, dürfen keinerlei schädliche Formänderungen hervorrufen. Sie verlangen gelegentlich Verstärkungen von einzelnen Teilen oder Stellen. Verspannen und dadurch Verziehen nach dem Abnehmen sind sonst die Folge. Die Beachtung dieser Maßregeln ist um so wichtiger, je größer der verlangte Genauigkeitsgrad der fertigen Stücke ist.

Oft bedingt das zuverlässige und rasche Auf- oder Einspannen der Teile beim Bearbeiten das Anbringen besonderer Befestigungsmittel, von Warzen, Anschlägen usw. Ebenso müssen die für das bequeme Anfassern, Abheben oder Be-

drei verschiedene Bauarten von Kreuzköpfen, Abb. 220—222, angeführt. Wenn man sich auf die Betrachtung der wichtigeren Arbeiten beschränkt, so verlangt die obere Form des Kreuzkopfkörpers das Ausbohren an den Sitzen der Kolbenstange und des Kreuzkopfbolzens, also nach zwei Richtungen und das Abhobeln der Auflagerflächen der Gleitschuhe, mithin zwei verschiedene Maschinen bei dreimaligem Umspannen. Die Schuhe müssen gehobelt und dann, auf den Kreuzkopfkörper aufgesetzt, außen abgedreht werden. Bei der Ausführung nach Abb. 221 (in der Mitte) ist nur Dreharbeit nötig. Immerhin ist zum Bearbeiten der Zapfen, auf denen die Gleitschuhe sitzen, ein weiteres, im ganzen also ein dreimaliges, Umspannen auf der Drehbank erforderlich. An den Schuhen werden zunächst die Bohrungen für die Zapfen hergestellt; dann werden jene auf dem Kreuzkopfkörper befestigt und außen abgedreht. Bei der Ausführung, Abb. 222, ist das Abdrehen des Kreuzkopfkörpers auf zwei Achsen beschränkt, indem die Ansätze, welche die Schuhe tragen, als Drehflächen um die Längsachse des Kreuzkopfes ausgebildet sind. Die Schuhe, zu vieren zusammenhängend gegossen, können außen und innen ohne Umspannen durch Drehen fertiggestellt und dann auseinander-geschritten werden.

Ähnliche Unterschiede in der Bearbeitung lassen sich an verschiedenen Formen von Schubstangen, Lagern usw. zeigen. Geschlossene Schubstangenköpfe werden wesentlich billiger als gegabelte; vgl. die Berechnungs- und Konstruktionsbeispiele im Abschnitt 16.

Maschinenarbeit ist billiger als Handarbeit; die Zurückdrängung der letzteren kennzeichnet einen der Fortschritte des Maschinenbaues. Alle zu bearbeitenden Flächen sollen sich daher ohne Schwierigkeit auf den zur Verfügung stehenden Werkzeugmaschinen bearbeiten lassen. Verstöße gegen die Möglichkeit der Bearbeitung sind besonders an den Übergangstellen nicht selten. Die von Anfängern häufig gezeichneten Stangenköpfe, Abb. 223 und 224, sind auf keiner Werkzeugmaschine vollständig bearbeitbar. Möglich ist die Herstellung nach Abb. 225 und 226, durch Drehen der Strecken *ab* und Fräsen oder Stoßen der Fläche *cd* oder nach Abb. 227 und 228 vorwiegend durch Drehen. (Sinnlos wäre, etwa verschiedene Halbmesser *r*, Abb. 225, 226, für die Abrundungen im Auf- und Seitenriß anzugeben!)

Besonders wichtig ist die Einschränkung der Handarbeit beim Zusammenbau der Maschinen. Jedes nachträgliche Zusammenpassen kostet Zeit und Geld. Die Teile müssen so bearbeitet werden können, daß sie vollständig fertig zum Zusammenbau

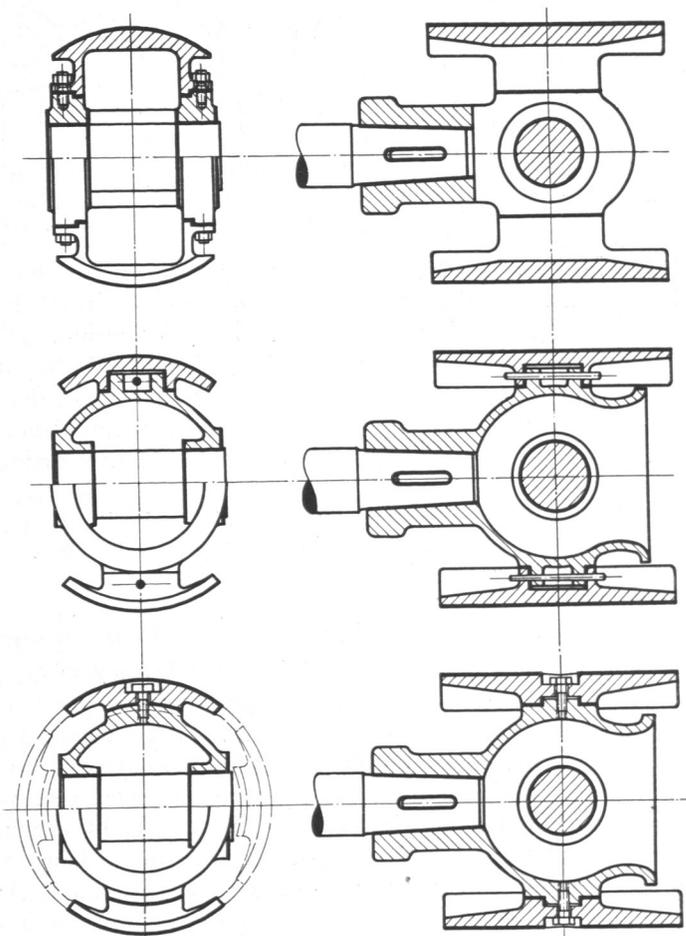


Abb. 220—222. Verschiedene Kreuzkopfformen und ihre Bearbeitung.

kommen. Durch die Steigerung der Meßgenauigkeit und die Einführung des Grundsatzes der Austauschbarkeit der Einzelteile untereinander sind gerade in der Hinsicht neuerdings bedeutende Fortschritte erzielt worden.

Bearbeitungs- und Zusammenpassungskosten steigen im allgemeinen, je vierteiliger eine Konstruktion ist.

Teilungen werden aber nötig, wenn die Herstellung des gesamten Stückes erschwert wird, bei Gußteilen z. B. wegen sehr verschiedener Wandstärken und wegen umständ-

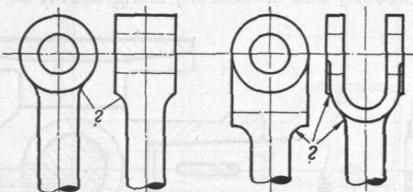


Abb. 223. und 224. Unrichtige Gestaltung von Stangenköpfen.

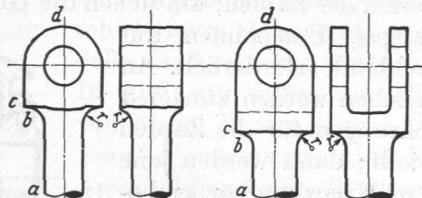


Abb. 225 und 226. Richtige Gestaltung von Stangenköpfen. (Durch Drehen und Fräsen bearbeitbar.)

licher Kerne: Trennung der Steuerwellenlager von den Maschinenrahmen und Ständern. Sehr schwere und sperrige Stücke müssen oft in Rücksicht auf die Beförderung in Teile

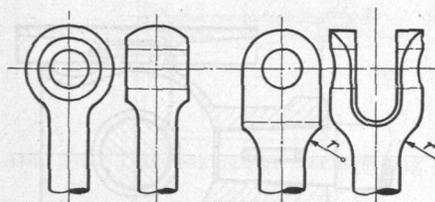


Abb. 227 und 228. Vorwiegend durch Drehen bearbeitbare Stangenkopfformen.

zerlegt werden. Häufig ist die Trennung wegen verschiedener Werkstoffe, wegen der Auswechselbarkeit von Teilen, die der Abnutzung unterliegen, geboten: Lagerschalen, Büchsen, Zapfen. In manchen Fällen kann die Zerlegung in eine Anzahl normaler, dadurch aber billiger herzustellender Teile vorteilhaft sein, wie in dem Abschnitt über die Normung an einem Beispiel gezeigt ist.

2. Die wichtigsten Bearbeitungsverfahren.

Die Werkzeugmaschinen erteilen den Werkstücken oder Werkzeugen vorwiegend geradlinige und kreisförmige Bewegungen; dementsprechend soll sich auch der Konstrukteur bei der Formgebung auf die Verwendung ebener, zylindrischer, weiterhin kegelförmiger, kugelförmiger oder Schraubenflächen beschränken, er soll nur mit der Reißschiene, dem Winkel, und dem Zirkel arbeiten, umständliche Kurven aber vermeiden. Senkrecht zueinander stehende Flächen und Kanten lassen sich leicht bearbeiten; schiefe setzen meist teure Sondereinrichtungen der Werkzeugmaschinen, Universalfräsmaschinen u. dgl. voraus und verlangen sorgfältige Einstellung oder besondere Aufspannvorrichtungen. Der Entwerfende muß sich in der Beziehung ein technisches Formgefühl erwerben, das ihn unzweckmäßige Formen unwillkürlich vermeiden läßt, und dessen Grundlagen schon die praktische Tätigkeit vor dem Studium schaffen sollte.

Soweit nicht Massenherstellung in Betracht kommt, ergibt sich die folgende Reihe der wichtigeren Bearbeitungsverfahren, wenn sie nach den Kosten — die voranstehenden sind die jeweils billigeren — geordnet werden: Drehen und Ausbohren, Hobeln und Stoßen, Fräsen, Schleifen, Handarbeit.

a) Drehen und Ausbohren.

Drehen und Ausbohren beruhen auf der drehenden Bewegung des Werkstückes oder des Werkzeuges unter gleichzeitiger Längsverschiebung. In der ununterbrochenen Wirkung des Werkzeuges während des Umlaufes und der Möglichkeit, große Schnittgeschwindigkeiten anzuwenden, ist die Billigkeit begründet. Da die Führung des Stückes durch die Körner, auf der Planscheibe, im Drehfutter oder in Lünetten gut und sicher möglich ist, können hohe Anforderungen an die Genauigkeit gestellt werden. Die herzustellenden Formen sind vor allem Drehkörper, ferner Schraubenflächen; aber auch

genau ebene Flächen können leicht durch Verstellen des Werkzeuges senkrecht zur Drehachse, insbesondere auf Plan- und Karusselldrehbänken, Abb. 217, erzeugt werden. Auf der gewöhnlichen Bohrbank lassen sich nach Abb. 229 und 230 die ebenen Flansche gleichzeitig mit der zylindrischen Bohrung mit der Gewähr für zueinander senkrechte und mittliche Lage bearbeiten. Um dabei eine kräftige, unnachgiebige Bohrspindel verwenden zu können, muß das Loch im Deckel genügend weit sein.

Zylindrisches Abdrehen kann vorteilhafterweise zum Zusammenpassen durch Zentrieren dienen. So sichert das Zentrieren der Deckel in einem Zylinder und des Zylinders selbst im ausgebohrten Rahmen ohne Schwierigkeit das Zusammenfallen der Achsen

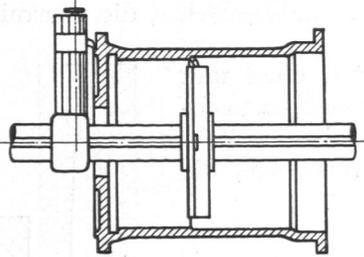


Abb. 229. Gleichzeitiges Ausbohren und Plandrehen.

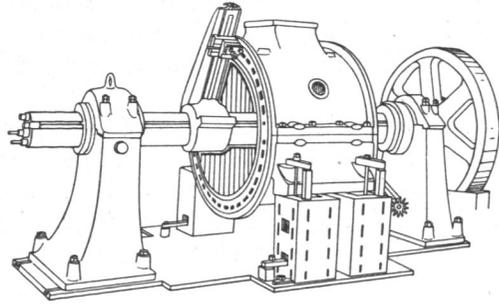


Abb. 230. Gleichzeitiges Ausbohren und Abdrehen der Flansche eines Dynamogehäuses (A. E. G. Berlin).

nicht allein dieser Teile, sondern auch derjenigen des Kreuzkopfes und der Kolbenstange. Durch die vermehrte Anwendung der Dreharbeit und der Zentrierung ist die neuere Bauart der Kolbenmaschine, Abb. 150, der älteren, Abb. 149, beträchtlich überlegen.

Zur Zentrierung genügen bei Flanschverbindungen schon geringe Längen, 5 bis 10 mm; andernfalls wird das Auseinandernehmen erschwert. Unrichtig ist z. B. die im Schrifttum noch zu findende Bauart des Deckels, Abb. 231 linke Seite, unter Einpassen im Grunde bei *A*. Der Deckel muß mühsam um die Strecke *a*, häufig noch dazu über verrostete Stellen hinweg, herausgedrückt werden! Die richtige Ausführung zeigt die rechte

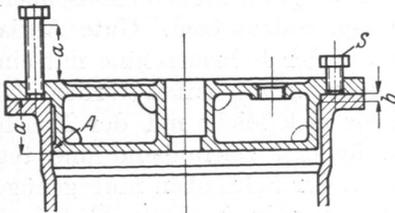


Abb. 231. Falsche und richtige Ausbildung der Zentrierung.

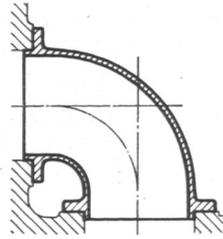


Abb. 232. Unzulässige doppelte Zentrierung.

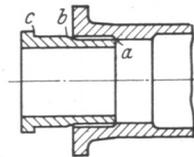


Abb. 233. Ausbildung längerer Zentrierungen.

Hälfte der gleichen Abbildung. Schon nach $b = 15$ mm Abdrücken durch die kurzen Schrauben *s* kann der Deckel leicht herausgezogen werden. Der angebliche Zweck der ersten Ausführung, den schädlichen Raum zu verringern, wird nicht durch die Zentrierleiste, die nicht abdichten kann, wohl aber in beiden Fällen von selbst dadurch erreicht, daß sich der Zwischenraum bald mit Öl und Wasser füllt, wenn er genügend klein gehalten wird. Genaue und sichere Zentrierung verlangt das Einpassen der Flächen nach dem Schiebeseitz (vgl. den Abschnitt über Passungen). Unnötige Zentrierungen sind zu vermeiden. An dem Rohrstutzen, Abb. 232, oder an dem Pumpenkörper, Abb. 219, am Saugwindkessel in der Ebene *AB* angebracht, würden sie den Zusammenbau erschweren oder ganz unmöglich machen. Falsch ist die doppelte Zentrierung des rechten Pumpenkörpers in Abb. 218 an den Flanschen *E* und *F*. In Abb. 219 ist richtigerweise nur der Flansch *F* zentriert, um beim Zusammenbau die Mitten der beiden Kolbenaufläufen in eine Linie zu bringen, der Flansch *E* aber glatt gehalten.

Nur bei dauernd fest ineinandersitzenden Teilen, Büchsen usw., kann man längere Zentrierungen anwenden. Bei sehr großen Längen empfiehlt es sich, sie mit Absätzen auszuführen, die Einzelmaße aber nach Abb. 233 so zu wählen, daß die Kante a beim Einpressen früher paßt als Kante b , um das Fassen der letzteren beobachten zu können ($ab > bc$).

Jede unterbrochene Arbeitsweise des Drehstahles, z. B. bei der Bearbeitung der Rippen, Abb. 234, führt infolge der Durchbiegung des Werkzeuges und der Formänderung des Stückes zu Ungenauigkeiten. An Gasmaschinenkolben werden deshalb die Augen für die Kreuzkopfbolzen vielfach zunächst geschlossen gegossen und erst nach dem Abdrehen ausgebohrt, an einer Lagerschale, Abb. 235, wird der Schlitz für den Ölring erst zuletzt eingearbeitet, um ein Unrundwerden der Schale zu vermeiden. Auch an Zentrierleisten beeinträchtigen Unterbrechungen, etwa durch Schraubenlöcher, die Genauigkeit der Passung.

Revolverdrehbänke ermöglichen das Bearbeiten eines und desselben Stückes ohne Umspannen mit mehreren Werkzeugen nacheinander. Beim Entwerfen muß der Konstrukteur mit der Zahl und Art der im Revolverkopf unterzubringenden Werkzeuge, die je nach der Maschine wechseln, auskommen.

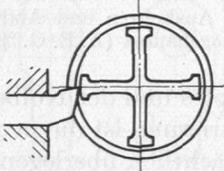


Abb. 234. Unterbrochene Arbeitsweise beim Abdrehen eines Rippenkörpers.

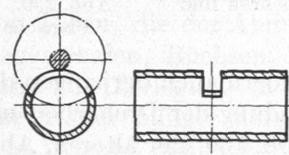


Abb. 235. Lagerschale.

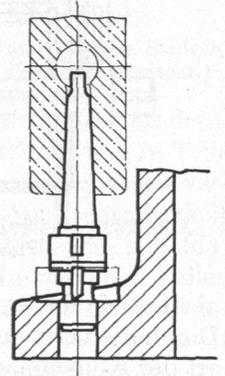


Abb. 236. Bohrmesser.

b) Bohren und Gewindeschneiden.

Es ist darauf zu achten, daß die Bohrer senkrecht zur Fläche angesetzt werden können und daß sie beim Durchbohren rechtwinklig zur Oberfläche austreten, da sonst Verlaufen oder Abbrechen derselben zu befürchten ist. Ähnliches gilt auch beim Einschneiden des Gewindes. Auf schrägen Wänden sind besser Augen aufzusetzen. Gute Auflageflächen für die Schraubenmuttern und -köpfe können auf der Bohrmaschine mit einem Messer nach Abb. 236 genau senkrecht zur Achse der Bohrung geschaffen werden. Niet- und Schraubenlöcher sollen so angeordnet sein, daß sie sich leicht mit der Maschine bohren lassen; die Verwendung der Bohrknarre ist äußerst zeitraubend und teuer. Auch zum Verstemmen der Nietköpfe und zum Anziehen der Schrauben muß genügend Raum vorhanden sein. Bohrer sind in den Werkstätten nur in gewissen Abstufungen vorhanden; mit ihnen muß der Konstrukteur auskommen. Ganz durchgebohrte Löcher sind billiger und besonders beim Gewindeschneiden vorteilhaft, weil die Schneidspäne herausfallen können.

Das gleichzeitige Bohren von Löchern in verschiedenen Werkstoffen zum Einsetzen von Paßstiften oder Paßschrauben ist schwierig, führt ebenfalls leicht zum Verlaufen des Bohrers und soll deshalb möglichst vermieden werden. Hohe Anforderungen an die Genauigkeit gebohrter Löcher können nur durch Nacharbeiten mit Reibahlen erfüllt werden.

c) Hobeln und Stoßen.

Beim Hobeln und Stoßen wird eine geradlinige Bewegung zwischen Werkzeug und -stück ausgenutzt. Meist ist die Wirkung eine absetzende, indem das Werkzeug nur beim Hingang arbeitet, beim Rückgang dagegen ausgeschaltet ist. Das Hobeln ist vor allem vorteilhaft bei der Bearbeitung langgestreckter, ebener Flächen einfacher Form und gibt bei gutem Zustande der Maschine große Genauigkeit (Rahmen, Führungen an Werkzeugmaschinen usw.).

Das Stoßen wird auf die Ausarbeitung von Vertiefungen und Ausschnitten, die sich nicht durch Bohren herstellen lassen, z. B. der Höhlung im Schubstangenkopf, Abb. 237, auf das gleichzeitige Bearbeiten mehrerer zusammengespannter Lokomotivrahmen, das Einarbeiten von Keilnuten und ähnliches beschränkt. Die schwierige Führung des Werkzeuges vermindert die Genauigkeit der Arbeit. Immer ist für das Auslaufen des Werkzeuges genügend Platz, Abb. 238, vorzusehen.

d) Fräsen.

Das Fräsen beruht auf der Anwendung zahlreicher Schneiden kurz nacheinander, so daß eine stetige Wirkung entsteht. Der Vorteil liegt vor allem in der Möglichkeit,

verwickelte Formen durch die Ausbildung entsprechender Fräser in einem Schnitt herzustellen. Beispiele bieten das Fräsen von Zahnrädern und von Nuten verschiedener Form, die Massenherstellung normaler Teile oder die Bearbeitung der Schlittenführung einer Werkzeugmaschine nach Abb. 240 durch Zusammenstellen einer Reihe von Fräsern zu einem Satz. Der Konstrukteur hat hierbei vor allem auf die Formen der vorhandenen Fräser Rücksicht zu nehmen, da die Beschaffung oder Anfertigung neuer erst lohnt, wenn sie häufig verwendet werden können. Durch die starke Erwärmung an der Stelle, wo der Fräser arbeitet und durch Erschütterungen kann die Genauigkeit der Arbeit beeinträchtigt werden, ein weiterer Fall, in dem die Verstärkung der Abmessungen des Stückes aus Bearbeitungsrücksichten geboten sein kann. Keilnuten an Wellen können durch

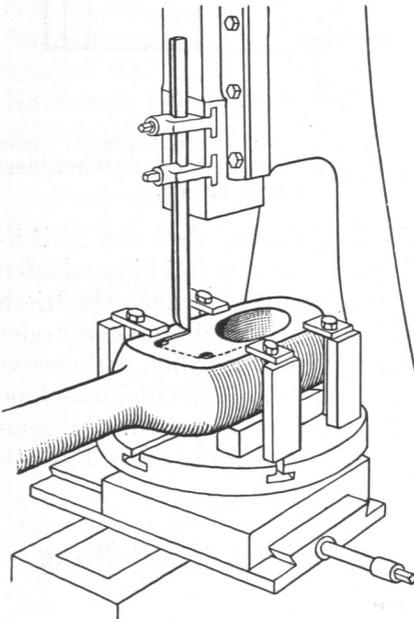


Abb. 237. Ausstoßen eines Schubstangenkopfes.

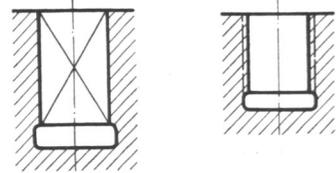


Abb. 238 und 239. Aussparungen in Rücksicht auf das Auslaufen der Werkzeuge.

Fräsen entweder nach Abb. 241 mittels eines Walzenfräasers von solchem Durchmesser, daß die Frässpindel neben der Welle Platz hat, oder nach Abb. 242 mit einem Stirnfräser hergestellt werden; sie erhalten aber dementsprechend verschiedene Formen. Soll der Stangenkopf, Abb. 243, am Umfange gefräst werden, so wird man ihm bei *a* und *b*, wenn möglich auch bei *c* gleiche Abrundungen von genügend großem Halbmesser geben, um mit ein und demselben kräftigen Fräser arbeiten zu können.

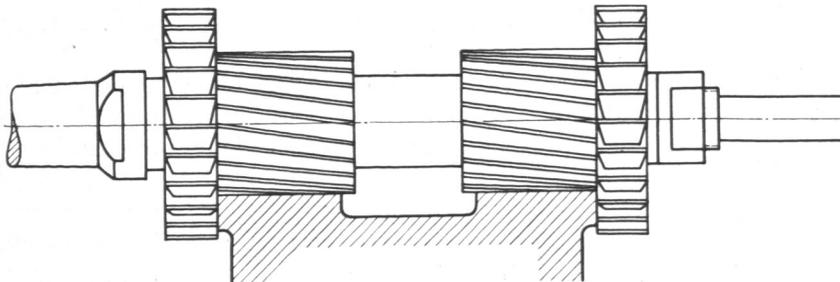


Abb. 240. Fräsen einer Schlittenführung.

e) Schleifen.

Die größte Genauigkeit von runden Teilen, von Bolzen, Wellen, Zapfen und Büchsen, sowie von ebenen Flächen, wird durch Schleifen erreicht. Zu schleifende Stücke sollen

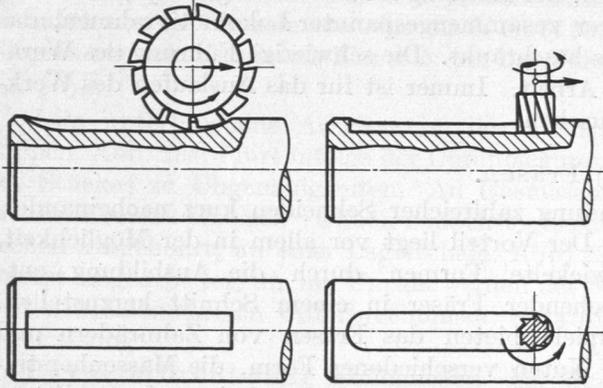


Abb. 241 und 242. Fräsen von Keilnuten.

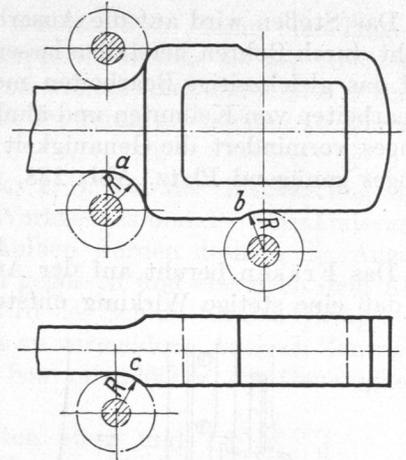


Abb. 243. Wahl der Abrundungen an einem Stangenkopf in Rücksicht auf die Herstellung durch Fräsen.

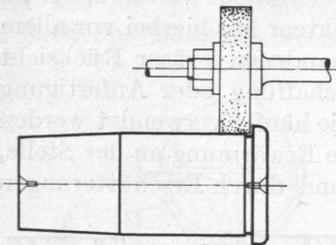


Abb. 244. Eindrehung an einem Zapfen in Rücksicht auf das Schleifen.

aber einfache Formen erhalten, derart, daß die Schleifscheibe über die zu bearbeitenden Flächen frei hinweglaufen kann. Damit z. B. der Zapfen, Abb. 244, genau zylindrisch wird, sieht man neben dem Bund eine Eindrehung vor oder — noch besser —, vermeidet den Bund gänzlich und ersetzt ihn durch eine abnehmbare Scheibe. Die Schleifmaschine erlaubt die Nacharbeit gehärteter Oberflächen. In neuester Zeit wird sie auch zum Schrappen roher Flächen herangezogen.

C. Wahl der Abrundungen im Zusammenhang mit der Herstellung und Bearbeitung.

In engem Zusammenhang mit der Herstellung und Bearbeitung steht die Wahl der Abrundungen [III, 14]. Der Anfänger soll sich bei jeder Kante klar machen, ob sie scharf oder abgerundet sein muß in Rücksicht auf

1. Herstellung des Stückes oder Teiles durch Gießen, Schmieden, Pressen, Walzen usw.,
2. Bearbeitung,
3. Schluß der Anlageflächen,
4. Kerbwirkung.

Im allgemeinen sollen einspringende Flächenwinkel auf Grund der Punkte 1 und 4 gut ausgerundet werden; nach außen tretende Kanten können scharf sein. Die Größe der Rundungshalbmesser ist durch DIN 250 festgelegt worden, vgl. S. 181, Zusammenstellung 55.

Großer Wert ist auf die Gleichmäßigkeit der Abrundungen und Übergänge an längeren Kanten zu legen, weil sonst leicht ein unruhiger Eindruck entsteht und größere Nacharbeiten beim Spachteln notwendig werden. Mäßige Abrundungen sind in der Beziehung vorteilhafter als sehr große. Scharfe Kanten werden aber andererseits leichter beschädigt. Treffen, wie in Abb. 245, mehrere Flächen unter verschiedenen Winkeln auf eine gemeinsame Grundplatte, so soll man des Aussehens wegen darauf

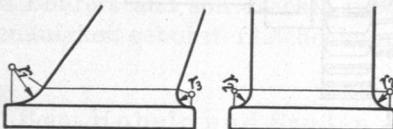


Abb. 245. Abrundungen an Flächen unter verschiedenen Winkeln.

achten, daß die Ausrundungen in gleicher Höhe ansetzen, wie durch die dünne Linie angedeutet ist; ihre Halbmesser fallen dabei naturgemäß verschieden groß aus. Stets soll der Entwerfende bestrebt sein, die Formen durch die Zeichnung vollständig fest-

zulegen; für alle wichtigen Abrundungen sind Maße anzugeben; sie sollen nicht dem Belieben des Modelltischlers überlassen werden.

Im einzelnen sei noch folgendes bemerkt:

1. Berücksichtigung der Herstellung.

An Holzmodellen lassen sich die Abrundungen meist ohne Schwierigkeit — Hohlkehlen durch Einsetzen von Leisten oder Lederstreifen oder durch Ausstreichen mit Kitt —, herstellen, nach außen tretende Kanten durch Hobeln, Drehen oder von Hand mit der Raspel brechen oder abrunden. Bei der Wahl ihrer Größe wird man deshalb vor allem auf die Erleichterung des Einformens und Heraushebens der Modelle, die im allgemeinen durch gute Abrundungen unterstützt wird, hinarbeiten. Besondere Sorgfalt ist auf die Übergänge an den Trennstellen des Modells zu verwenden, damit das Herausziehen der Modellteile ohne umständliche Nacharbeiten der Form von Hand möglich ist. Auch in Rücksicht auf den Guß sind Abrundungen günstig, weil scharfe Kanten oft nicht vollständig ausgefüllt werden und daher leicht ungleichmäßig ausfallen. Scharfe Kanten entstehen aber an den Trennstellen der Form und an den Austrittsstellen der Kerne.

Beispielweise werden an dem Querschnitt Abb. 246 des Rahmens Abb. 200 die Hohlkehlen *a*, *b*, *c*, *d* und *e* gut ausgerundet; dagegen müssen die Kanten *f* bis *i* scharf sein, weil dort beim Einformen des Rahmens in umgekehrter Lage die Trennfuge des Ober-

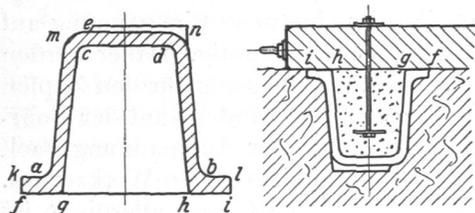


Abb. 246. Abrundungen an einem Rahmenquerschnitt in Rücksicht auf das Einformen.

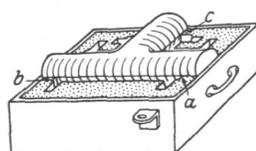


Abb. 247. Einformen eines T-Stückes.

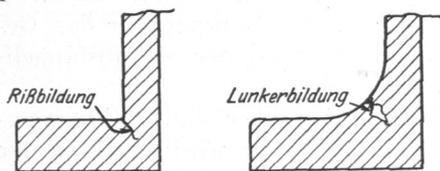


Abb. 248—250. Riß- und Lunkerbildungen.

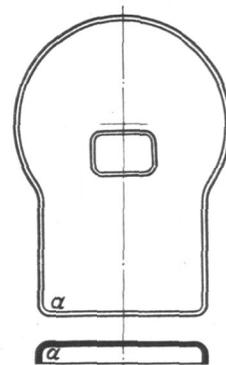


Abb. 251. Gepreßter Boden.

kastens liegt. Zugleich wird eine breitere Auflagefläche des Fußes und der Schluß an der Anlagefläche gegenüber dem Fundament gemäß Forderung 3 erreicht. Die Kanten *k* und *l* werden nur schwach gebrochen, *m* und *n* aber zweckmäßigerweise gleicher Wandstärke wegen mittlich zu *c* und *d* abgerundet. An dem T-Stück, Abb. 247, entstehen an den Stützstellen des Kernes bei *a*, *b* und *c* scharfe Kanten.

Auch bei Verwendung von Schablonen erleichtern gute Ab- und Ausrundungen das Formen wesentlich.

Hohlkehlen sind an Gußstücken noch in Rücksicht auf die Rißbildung infolge des Schwindens, wie sie sich z. B. nach Abb. 248 an dem scharf abgesetzten Flansch zeigen würde, gut auszurunden. Zu große Rundungshalbmesser führen freilich zu Gußansammlungen mit Lunkerbildungen, Abb. 249, und daher ebenfalls zu einer Schwächung des Flansches. Gefährdet sind in der Beziehung u. a. auch die Ansatzstellen der Arme am Kranze von Zahnrädern, deren Zähne aus dem Vollen herausgearbeitet werden sollen, Abb. 250. Blasen am Fuß der Zähne, die oft das ganze Rad unbrauchbar machen, sind nicht selten. Aufgabe des Konstrukteurs ist es in solchen Fällen, den richtigen Mittelweg bei der Wahl der Abrundungshalbmesser, gegebenenfalls im Einvernehmen mit dem Gießereileiter, einzuhalten, wenn auch der Former in den Saugtrichtern und Schreckplatten Mittel hat, die Lunkerbildung einzuschränken.

An Gesenkschmiedestücken entstehen ähnlich wie an Gußstücken längs der Trennfugen der Gesenke scharfe Kanten unter Gratbildung; im übrigen sind auch hier Abrundungen der Kanten wegen des leichteren Ausfüllens der Form, in die der Werkstoff hineinfließen muß, erwünscht. An gepreßten Böden bilden die Ecken bei *a*, Abb. 251, besonders schwierige, dem Einreißen ausgesetzte Stellen, die möglichst gut ausgerundet werden sollten.

2. Einfluß der Bearbeitung.

Bearbeitete Flächen, die auf verschiedenen Werkzeugmaschinen oder auf der gleichen Maschine, aber unter Umspannen, hergestellt werden, bekommen scharfe Kanten. Oft ist auch die Anwendung eines anderen Werkzeuges einer neuen Aufspannung gleichzuachten und führt zu scharfen Kanten. Dagegen können Flächen verschiedener Art, die in ein und derselben Aufspannung bearbeitet werden, durch Abrundungen ineinander übergeführt werden. So wird der Stangenkopf, Abb. 252, zunächst außen durch Drehen um die Längsachse *I* bearbeitet, wobei die Ausrundungen der Hohlkehlen *a* und *b* zwischen dem mittleren Zylinder, der Kugel und der ebenen Fläche keine Schwierigkeiten bieten. Die ebenen Seitenflächen des Kopfes können durch Fräsen oder auch durch Drehen hergestellt werden. Im ersten Falle wird eine andere Werkzeugmaschine verwandt; im zweiten ist eine neue Einspannung auf der Drehbank, nämlich nach der Achse *II*, nötig. Daher werden die Kanten *c* und *d* scharf. Auch die Bohrung für den Zapfen kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden, auf der Bohrmaschine oder auf der Drehbank bei der Aufspannung nach der Achse *II*, aber unter Verwendung eines neuen Werkzeuges. Die Kanten *e* und *f* fallen wieder scharf aus, allerdings ist die Abrundung der einen durch Abdrehen nicht ausgeschlossen.

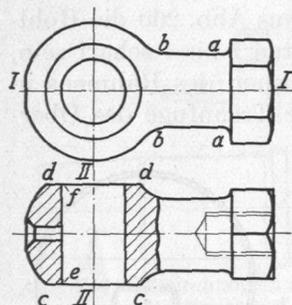


Abb. 252. Stangenkopf.

An den Sechskantflächen entstehen beim Fräsen durchweg scharfe Umrisse; ähnliches gilt von dem Schmierloche und der Bohrung für das Gewinde. Zahlreiche weitere Beispiele bieten die üblichen Formen der Schubstangen- und Kreuzköpfe mit ihren Schalen und Stellkeilen.

Rohe Flächen gehen in bearbeitete mit scharfen Kanten über und sollen möglichst rechtwinklig zueinander stehen. Der erste Teil des Satzes wird an Hand der Abb. 211, in der die bearbeiteten Flächen durch starke Striche hervorgehoben sind, ohne weiteres deutlich; auch die Kanten abgeschnittener Bleche oder Formeisen sind stets scharf. Der zweite ist darin begründet, daß die Umrisse der Arbeitsfläche um so sicherer die verlangte Form bekommen, je mehr sich der erwähnte Winkel 90° nähert, gleichviel, ob mehr oder weniger abgearbeitet werden muß. Das letztere ist aber z. B. an Gußstücken je nach dem Grade, in dem sich das Modell oder das Gußstück verzogen hat, nötig. Ferner machen sich die Ungleichmäßigkeiten der Gußhaut um so stärker geltend, je flacher die bearbeitete Fläche in die unbearbeitete ausläuft. Die Form, Abb. 254, ist deshalb der einfacheren, Abb. 253, vorzuziehen. Kleine Abweichungen vom rechten Winkel sind jedoch in Rücksicht auf das leichtere Herausziehen der Modelle immerhin zulässig.

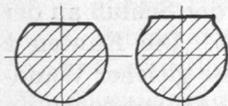


Abb. 253 und 254. Form der Arbeitsflächen.

Das Auslaufen der Flächen unter großen Winkeln, im Grenzfall unter 180° , gibt unbestimmte und verschwommene Formen. Es sollte selbst an ganz bearbeiteten Stücken vermieden werden, weil dadurch nicht selten beträchtliche Nacharbeiten von Hand nötig werden. So müssen z. B. die Zwickel *Z* an der Stange, Abb. 255, beim Abdrehen des Auges mit bearbeitet werden. Ihre Überleitung in die zweckmäßigerweise gefrästen ebenen Flächen *F* wird aber meist nicht ganz vollkommen ausfallen. Vorzuziehen ist unbedingt die Form Abb. 256, wenn durch Weglassen des Absatzes *A* nicht noch eine weitere Vereinfachung möglich ist. Am Kranze des Handrades, Abb. 257, ist die bearbei-

te Fläche keine Schwierigkeiten bieten. Die ebenen Seitenflächen des Kopfes können durch Fräsen oder auch durch Drehen hergestellt werden. Im ersten Falle wird eine andere Werkzeugmaschine verwandt; im zweiten ist eine neue Einspannung auf der Drehbank, nämlich nach der Achse *II*, nötig. Daher werden die Kanten *c* und *d* scharf. Auch die Bohrung für den Zapfen kann auf verschiedene Weise ausgeführt werden, auf der Bohrmaschine oder auf der Drehbank bei der Aufspannung nach der Achse *II*, aber unter Verwendung eines neuen Werkzeuges. Die Kanten *e* und *f* fallen wieder scharf aus, allerdings ist die Abrundung der einen durch Abdrehen nicht ausgeschlossen.

tete Fläche gegenüber der rohbleibenden Ansatzstelle der Arme, die nicht bearbeitet werden kann, deutlich abgesetzt. Die Form ist der älteren Ausführung, bei der man die bearbeitete Fläche allmählich auslaufen ließ, Abb. 258, bedeutend überlegen, weil sie weniger Ausschuß infolge von Gußfehlern ergeben wird, und weil das Aufspannen rascher erfolgen kann. Denn Handräder der älteren Art müssen vor dem Abdrehen sehr sorgfältig ausgerichtet werden, wenn ein einigermaßen zufriedenstellendes Auslaufen der bearbeiteten Fläche erreicht werden soll.

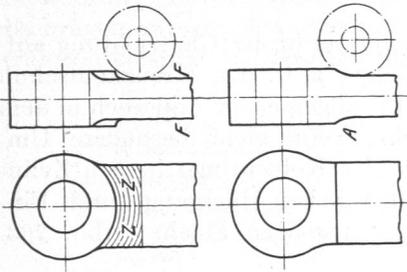


Abb. 255 und 256.

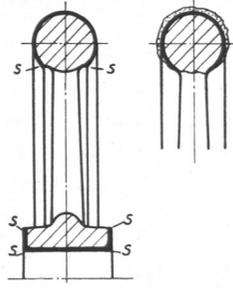


Abb. 257 und 258. Bearbeitung von Handrädern.

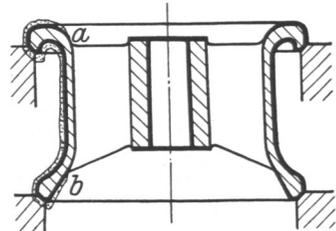


Abb. 259. Bearbeitung von Doppelsitzventilen.

Eine Ausnahme besteht an beströmten Flächen, wenn man die Störungen durch Ränder oder Absätze vermeiden will. An dem Doppelsitzventil, Abb. 259, läßt man zu dem Zwecke die bearbeiteten Flächen bei *a* und *b* auslaufen, weil die Innenfläche wegen der Rippen roh bleiben muß. Das Ventil ist außen ganz bearbeitet, um eine möglichst dünne und gleichmäßige Wandstärke und auch, um eine glattere Oberfläche zu bekommen.

3. Fugenschluß.

Die Kanten ruhender Anlageflächen werden des Fugenschlusses wegen scharf ausgeführt, um Staub- und Schmutzansammlungen zu verhüten. Das trifft sowohl für bearbeitete Flächen, z. B. den Lagerfuß, Abb. 211, zu wie für rohe, etwa die Kanten *f* und *i* des Rahmens, Abb. 246. Auch Formeisen, Abb. 86—96, haben an den zur Anlage bestimmten Stellen scharfe Kanten.

Ähnliches gilt für gleitende Anlageflächen, nur daß man bei ihnen noch auf gleiche Breite achten muß, um ungleichmäßige Abnutzungen und Gratbildungen zu vermeiden. Damit bei eintretender Abnutzung die Laufbreite erhalten bleibt, gibt man einem Spurzapfen und seiner Stützfläche, Abb. 260, oder der Anlaufstelle der Lagerschale, Abb. 261, gleichen Durchmesser und möglichst Kantenwinkel von 90° . Ist einer der Baustoffe, die aufeinanderlaufen, wesentlich widerstandsfähiger als der andere, z. B. der Stahl des Kurbelarmes,

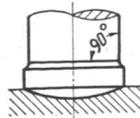


Abb. 260. Gleicher Durchmesser des Zapfens und seiner Stützfläche.

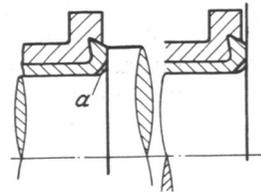


Abb. 261 und 262. Ausbildung von Anlaufflächen.

Abb. 262, gegenüber dem Weißmetall der Lagerschale, das in erster Linie abgenutzt werden wird, so kann man auf die Ausbildung einer besonderen Anlauffläche, im vorliegenden Falle am Kurbelarm, verzichten. Dagegen wird man das Weißmetall unbedingt gegenüber der Lagerschale vorstehen lassen, zu dem Zwecke, das gleichzeitige Anlaufen zweier verschiedener Baustoffe zu umgehen, das stets zu unregelmäßigen Abnutzungen und häufig zu Störungen führt. Um Fehler bei der Ausbildung der Anlaufflächen zu vermeiden, empfiehlt es sich grundsätzlich, die Anschlußkonstruktionen an derartigen Stellen einzuzichnen.

Betont sei, daß die Ausrundungen in den Fällen der Abb. 261 und 262 bei *a* nicht zum Tragen herangezogen werden sollten, weil es ausgeschlossen ist, eine genügende Überein-

der Flächen selbst bei Verwendung von Formstählen zu erreichen. Der Konstrukteur soll das Anlaufen von vornherein durch die Formgebung auf geeignete Flächen beschränken und das Anliegen in der Hohlkehle durch Abschrägen oder größere Abrundungshalbmesser an den Schalen oder durch Freischaben beim Aufpassen der Schalen vermeiden. Sollen Hohlkehlen ausnahmsweise zum Tragen benutzt werden, so müssen die Teile gegenseitig sorgfältig aufgeschliffen werden.

Das Spitzenspiel des scharfen Gewindes findet in ähnlicher Weise seine Begründung in der Abnutzung der Werkzeuge und in der Unmöglichkeit, die Flächen in genaue Übereinstimmung zu bringen.

Um bei hin- und hergehender Bewegung keine Gratbildung in der Gleitrichtung aufkommen zu lassen, läßt man einen der Teile überschleifen, z. B. den Kreuzkopfschuh über das Ende der Gleitbahn. Im allgemeinen sind auch in dem Falle scharfe Kanten erwünscht, wenn nicht besondere Umstände, wie etwa das Einbringen der Kolbenringe in den Zylinder, einen allmählichen Übergang durch Einschaltung einer kegeligen Fläche, Abb. 263, verlangen.

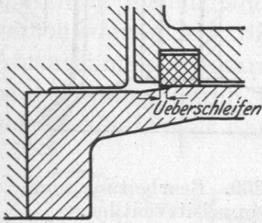


Abb. 263. Überschleifkante in einem Zylinder.

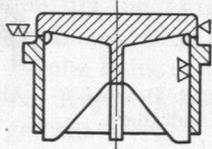


Abb. 264. Ausbildung gleich breiter Sitzflächen.

Als gleitende Flächen sind auch die Dichtflächen von Ventilen während des Einschleifens zu betrachten; sie sollen der möglichen Gratbildung wegen am Sitz und am eigentlichen Ventil oder Teller, Abb. 264, gleich

breit sein und erfordern demzufolge meist die Bearbeitung der anstoßenden freien Flächen.

4. Kerbwirkung.

Übergänge, an denen durch die äußeren Kräfte größere Spannungen entstehen, müssen der Kerbwirkung wegen sorgfältig ausgerundet werden. Eingehend ist die Bedeutung und Wichtigkeit dieser Abrundungen in dem Abschnitt über die Kerbwirkung, S. 147, besprochen.

IV. Gestaltung in Rücksicht auf den Zusammenbau.

Die Gestaltung der Einzelteile muß auch den Zusammenbau und das Auseinandernehmen der ganzen Maschine möglichst erleichtern. Schon oben war erwähnt, daß die oft sehr empfindlichen, aber wichtigen inneren Teile der Maschine, wie Ventile an Pumpen und Kompressoren, Steuerteile an Kraftmaschinen aller Art sich leicht auf ihren Zustand hin nachprüfen und zu dem Zwecke rasch herausnehmen lassen müssen. — An Kolben soll die Auswechslung der Liderungen ohne Schwierigkeit möglich sein; bei Reihenmaschinen z. B. in genügend weiten Laternen zwischen den hintereinanderliegenden Zylindern. — Selbst die oft langen Kolbenstangen müssen, wenn sie im Betriebe gelitten haben, ausgebaut werden können, ein Umstand, der bei beschränkten Raumverhältnissen häufig Unterteilungen der Stangen erforderlich macht.

Der rasche richtige Wiederzusammenbau der Teile verlangt die Sicherung ihrer gegenseitigen Lage durch geeignete Paßmittel. Oben war schon die Anwendung und der Wert der Zentrierung besprochen. Weiterhin kann man zu dem Zwecke Federn, Keile, Paßstifte, Paßleisten, Paßringe, Paßschrauben, Stellkeile u. a. benutzen. Einzelheiten über diese Mittel finden sich in den Abschnitten über Keile und Schrauben.

Beim Zusammenpassen sind Überbestimmungen zu vermeiden. So ist es ausgeschlossen, daß die Kolbenstange, Abb. 265, gleichzeitig am kegeligen Absatz *a* und am Grunde *b* des Loches aufliegt. Abb. 266 und 267 zeigen richtige Ausführungen mit Spiel bei *a* oder *b*. In ähnlicher Weise sind mehrfache Zentrierungen zweier Teile überflüssig und erschweren nur die Herstellung.