

durch die ein auswechselbarer Kolbenkopf und ein als Tragkörper dienender unterer Teil entsteht. Dabei soll die eben erwähnte Ableitung der Wärme durch den Zylinder durch gute Übergänge zwischen dem Kolbenboden und dem Mantel bei *a* unterstützt werden. Selbst die Lage der Kolbenringe kann von Einfluß sein; je näher dem Bodenende der letzte Ring angeordnet wird, um so wirksamer ist die Kühlung, weil die unmittelbare Wirkung der heißen Gase sowohl am Kolben wie im Zylinder auf eine kleinere Fläche

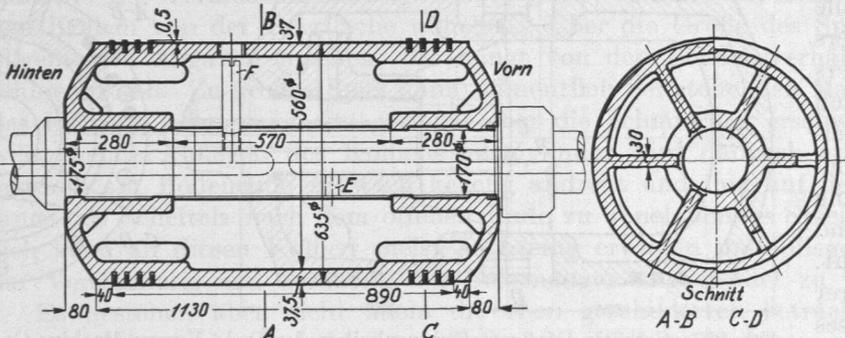


Abb. 990. Kolben einer Zweitaktgasmaschine. Siegener Maschinenbau A.-G.  
M. 1 : 20.

beschränkt wird. Freilich liegt die Gefahr vor, daß der Ring leichter festbrennt. Das Kühlmittel wird dem Kolben auf verschiedene Weise zugeführt: im Falle der Abb. 989 wird z. B. Öl durch die Welle zum Kurbelzapfen, von da durch die Schubstange zum Kolbenzapfen und durch Bohrungen *B* in den Kolben gepreßt. Nahe dem höchsten Punkt fließt es durch das Rohr *C* in das Gehäuse und zum Kühler zurück und wird von der Ölpumpe von neuem in Kreislauf gesetzt. Abb. 990 zeigt einen durch Wasser gekühlten Großgasmaschinenkolben. Das Wasser fließt durch die Bohrung *E* der Kolbenstange zu und durch den Stutzen *F* ab, der nahe dem höchsten Punkte mündet, um die Bildung von Luft- und Dampfsäcken zu vermeiden. Wasser wirkt stärker als Öl, dessen spezifische Wärme nur etwa halb so groß ist, so daß, die gleiche Menge abzuleitender Wärme vorausgesetzt, die doppelte Ölmenge durch den Kolben getrieben werden muß; Ölkühlung bietet aber eine wesentliche Vereinfachung dadurch, daß für die Schmierung und die Kühlung das gleiche Mittel verwandt und die äußerst bedenkliche Verunreinigung des Öles durch Wasser ausgeschlossen ist.

Endlich ist noch hervorzuheben, daß an den Kolben großer Verbrennungsmaschinen alle scharfen Kanten und Ecken vermieden werden sollen, nicht allein weil sie durch die Hitze stärker angegriffen werden, sondern weil sich an ihnen vorzugsweise Ruß und Verbrennungsrückstände absetzen, die glühend werden und zu Frühzündungen führen. Alle Kanten werden deshalb gut abgerundet, die Kolbenmutter vielfach versenkt angeordnet, Abb. 985 und 986.

#### D. Betriebsanforderungen und Schmierung der Kolben.

Daß alle Kolben zum Nachsehen und Auswechseln der Ringe zugänglich sein müssen, war schon oben erwähnt. Zum Abziehen von den Stangen, auf denen sie besonders bei hohen Wärmegraden oft festbrennen, sind geeignete Vorrichtungen, z. B. zwei größere Gewindelöcher, Abb. 951, vorzusehen, in welche Schrauben greifen, die sich gegen ein Spanneisen stützen, das quer über den Spiegel der Kolbenstange oder bei genügendem Abstand der Schraubenlöcher über die etwas gelöste Kolbenmutter gelegt wird. An stehenden Maschinen dienen zum Abziehen und Herausheben der Kolben Ösen, welche in die erwähnten Gewinde geschraubt werden.

Alle Schrauben und Muttern an Kolben sind sorgfältig zu sichern.

Die Schmierung kann bei niedrigen Drucken durch Einführen des Öles in den Dampf- oder angesaugten Luft- oder Gasstrom erfolgen, wodurch die Zylinder- und Kolbenwandungen unter allerdings ziemlich großem Ölverbrauch gleichmäßig benetzt werden. Besser und sparsamer ist das Einpressen der Schmiermittel unter Druck durch

eine oder mehrere Bohrungen in der Zylinderwand, die an stehenden Maschinen am oberen Ende der Lauffläche, an liegenden in deren Scheitel anzuordnen sind. Notwendig wird das Einpressen, wenn die Maschinen öfter leer laufen müssen, weil dann infolge der verminderten Dampf- oder Luftzufuhr die Schmierung zu sehr beeinträchtigt oder wie bei Lokomotiven, die oft längere Zeit ohne Dampf fahren, ganz unterbrochen wird. Auch bei hohen Betriebstemperaturen empfiehlt es sich, die Schmiermittel einzupressen, weil sie, zu stark erhitzt, an Schmierfähigkeit einbüßen. Die Zuführung erfolgt zweckmäßigerweise an Stellen, wo der Kolben geringe Geschwindigkeit hat, in dem Augenblicke, wo derselbe vorüberläuft, und zwar durch Schmierpressen oder kleine Kolbenpumpen, die am besten mit der Maschine selbst gekuppelt werden, damit sie eine der Drehzahl, also dem Bedarf entsprechende Ölmenge liefern. Zur Verteilung sieht man im Zylinder oder auf der Kolbenfläche kurze Nuten vor. An kleineren Maschinen, namentlich an Verbrennungsmotoren, benutzt man das Öl, das durch das Triebwerk aus dem Ölbad, Abb. 991, entnommen und im ganzen Gehäuse umhergespritzt wird, auch zur Schmierung der Kolbenlauffläche. Damit eine nicht zu reichliche Zufuhr eintritt, die durch Verbrennen des Öls zu störenden Krustenbildungen am Kolben und Zylinderboden Anlaß gibt, ist die Tiefe des Bades sorgfältig auszuprobieren. Konstruktiv kann man das Öl durch Nuten, Abb. 977, zurückhalten, die durch scharfe Kanten *s* den Zutritt des Öles zum Verbrennungsraume erschweren und deren Wirkung noch verstärkt wird, wenn sie mit kleinen Löchern zur Rückführung des Öls nach dem Kolbeninnern versehen werden. Bei selbsttragenden Kolben wird die Schmierung der Tragfläche durch sorgfältiges Abrunden der Kanten und kurze, schwachkegelige Flächen zur Bildung keiliger, tragfähiger Schmierschichten, wie des näheren im Abschnitt 15, V, B, 2 dargelegt ist, begünstigt. Vielleicht läßt sich auf diese Weise sogar das Laufen unter flüssiger Reibung ermöglichen und die Abnutzung der Lauffläche zugunsten der Erhaltung der Form des Zylinders ganz vermeiden.

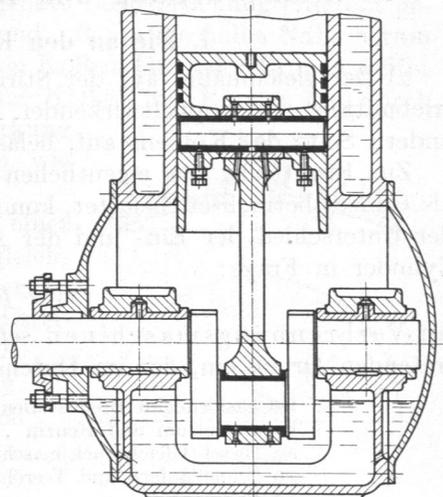


Abb. 991. Schmierung durch Ölbad an einem Kompressor der Deutschen Maschinenfabrik A.-G., Duisburg.

Was die zu verwendenden Schmiermittel anlangt, so müssen bei hohen Wärmegraden zähe Öle mit hohem Flammpunkt, niedrigem Gehalt an Asche und keinem oder geringem an Asphalt, weil diese Stoffe leicht zur Bildung harter Krusten an den heißen Wandungen führen, genommen werden. Oft muß die Schmierung der Kolben, sowie der sonstigen heißen Teile: der Kolbenstangen, Stopfbüchsen, Ventilspindeln und Schieber, getrennt von der übrigen durchgeführt werden. Die vom Verein deutscher Eisenhüttenleute herausgegebenen „Richtlinien für den Einkauf und die Prüfung von Schmiermitteln“ empfehlen für:

Kältezylinder, Stopfbüchsen und alle der Kälte ausgesetzten Maschinenteile bei Ammoniakbetrieb: Eismaschinenöl 3 a (Raffinat), bei Kohlensäurebetrieb: Glycerin oder Eismaschinenöl Nr. 3 b (Raffinat),

Luftkompressoren bei Arbeitsdrucken unter 20 at: Luftkompressoröl Nr. 5 (Raffinat),

solche mit Arbeitsdrucken über 20 at: Hochdruckluftkompressoröl Nr. 6 (Raffinat oder Zylinderöl),

Dampf bei Betriebstemperaturen unter 250°, gemessen am Eintrittstutzen der Maschine: Naßdampfzylinderöl Nr. 7 (reines Erdöl-Zylinderöl oder compoundiertes Zylinderöl),

Dampf mit hohen Betriebstemperaturen über 250° C: Heißdampfzylinderöl Nr. 8 (reines Erdöl-Zylinderöl oder compoundiertes Zylinderöl),

alle heißen Stellen an Dieselmotoren: Dieselmotorenzylinderöl Nr. 9 (Raffinat oder Destillat),

kleinere Verbrennungsmaschinen, Ölmaschinen und Glühkopfmotoren: Automobil-motorenöl, Kleingasmaschinenöl Nr. 10a (Raffinat),

Flug- und Luftschiffmotoren: Flugmotorenöl Nr. 11 (Raffinat oder compoundiertes Öl),

Großgasmaschine: Großgasmaschinenöl Nr. 12 (Raffinat oder Destillat).

## E. Beanspruchung und Berechnung der Scheibenkolbenkörper.

### 1. Die an den Kolben wirkenden Kräfte sind:

α) Der gleichmäßig auf der Stirnfläche von der Größe  $F$  verteilte Druck  $p$  des Betriebsmittels. Bei doppeltwirkenden Maschinen tritt er bald auf der einen, bald auf der andern Seite des Kolbens auf, belastet diesen also wechselnd.

Zur Ermittlung der eigentlichen Kolbenkraft  $P$ , die den Kolben antreibt und ihn, als Ganzes betrachtet, belastet, kommt bei Dampfmaschinen der Überdruck  $p_u$ , d. i. der Unterschied der Ein- und der Ausströmspannung  $p_e$  und  $p_a$ , in dem betreffenden Zylinder in Frage:

$$p_u = p_e - p_a; \quad P = p_u \cdot F. \quad (261)$$

An Verbrennungsmaschinen setzt man den vollen, während der Verbrennung auftretenden Druck ein, der im Durchschnitt beträgt:

bei gasförmigen Brennstoffen, Benzol und Spiritus . . . . .	$p = 25-30 \text{ kg/cm}^2$ ,
bei Petroleum und Benzin . . . . .	$p = 20 \text{ kg/cm}^2$ ,
an Diesel-(Gleichdruck)maschinen . . . . .	$p = 35 \text{ kg/cm}^2$ ,
an Schnellläufern und Teerölmotoren . . . . .	$p = 45 \text{ kg/cm}^2$ .

Durch Frühzündungen können stoßartige Drucksteigerungen um 50 bis 80% auftreten, so daß es sich empfiehlt, mäßige Beanspruchungen zugrunde zu legen.

β) Die zur Beschleunigung nötigen Massenkräfte. Bei Kraftmaschinen werden sie, soweit es sich nicht um außergewöhnlich raschlaufende Maschinen handelt, aus dem Druck des Betriebsmittels bestritten; dagegen können sie bei Arbeitsmaschinen, z. B. Kolbenpumpen, die Beanspruchung durch den unter α) genannten Druck erhöhen.

γ) Die Schwere, die das Eigengewicht des Kolbens bedingt.

δ) Die Kolbenreibung, die bei liegenden Maschinen und bei Störungen oft einseitig und dadurch namentlich auf die Kolbenstange biegend wirken kann.

ε) An Hohlkolben der Druck der im Innern des Kolbens eingeschlossenen Luft, wenn diese durch das Betriebsmittel erwärmt wird; an gekühlten Kolben der Druck des Kühlmittels, der oft auf mehreren Atmosphären gehalten werden muß, wenn Störungen durch die hin- und hergehende Bewegung vermieden werden sollen.

Neben den durch diese Kräfte erzeugten Beanspruchungen ruft das Wärmegefälle in den Kolbenstirnwänden von Verbrennungsmaschinen, das durch die große Wärmeentwicklung auf der einen Seite, durch die Ausstrahlung oder Kühlung auf der anderen erzeugt wird, Wärmespannungen hervor, die, wenn sie beträchtlich sind, zu Ribbildungen führen und oft für die Lebensdauer der Kolben entscheidend sind.

Außergewöhnlichen, aber sehr hohen Beanspruchungen können die Kolben durch Wasserschläge oder in dem Falle ausgesetzt sein, daß fremde Teile, wie sich lösende Schrauben, Verschlußpfropfen, oder vom Betriebsmittel mitgerissene Stücke zwischen sie und die Zylinderdeckel geraten. Ein Wasserschlag entsteht, wenn eine größere Menge Wasser zwischen dem Kolben und dem Zylinderdeckel eingeschlossen wird und nicht entweichen kann, so daß die in Bewegung befindlichen Massen infolge der Unzusammen-drückbarkeit der Flüssigkeit ganz plötzlich gehemmt werden. Die dabei auftretenden heftigen Stöße und hohen Pressungen treffen zunächst den Kolben sowie den Zylinder-