Maschinen

2

Die Bewegung der Schüttung im Arbeitsbehälter wird hauptsächlich auf zwei Arten bewerkstelligt:

- Der gesamte Behälter oder Teile des Behälters drehen sich und übertragen so ihre Bewegung auf den Inhalt. Das führt dazu, dass Schleifkörper und Werkstücke aufeinander „abgleiten“ (Glocke, Fliehkraftmaschine).

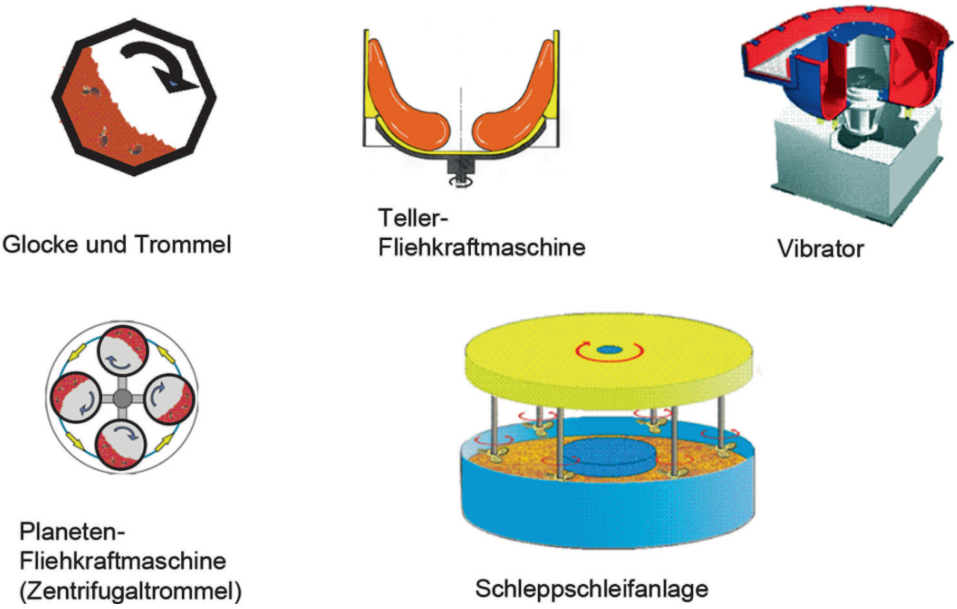


Abb. 2.1 Typen von Gleitschleifmaschinen

© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

H. Prüller, *Praxiswissen Gleitschleifen*, DOI 10.1007/978-3-658-09489-8_2

- Der Behälter wird durch Unwuchtmotoren zur Vibration gebracht (Vibratoren). Die Bewegung des Inhalts ist dabei eine Mischung aus Gleiten und „Hüpfen“.

Eine dritte Sorte von Gleitschleifmaschinen, die Schleppschleifmaschinen, nehmen eine Sonderstellung ein. Bei diesem Typ bleibt die Schleifkörperschüttung in Ruhe, und die aufgespannten (!) Werkstücke werden durch das ringförmige Schleifkörperbett gezogen.

Eine Übersicht über die gängigen Maschinentypen zeigt die Abb. 2.1.

Eine komplette Gleitschleifmaschine enthält nicht nur den Arbeitsbehälter mit dem Antrieb, sondern darüber hinaus Zusatzeinrichtungen wie Dosiergeräte für Wasser und Compound.

Werden Serienteile bearbeitet, kommen oft Zuführ- und Abgabevorrichtungen für die Werkstücke hinzu. Nahezu alle Arbeitsbehälter sind innen mit Gummi oder Polyurethan ausgekleidet, damit die Behälterwand nicht genauso schnell abgeschliffen wird wie die Werkstücke selbst.

2.1 Drehende Arbeitsbehälter

2.1.1 Trommeln

Trommelanlagen werden nur noch selten und in kleinen Abmessungen eingesetzt.

In der Münzfertigung und der Schmuckindustrie dienen sie vereinzelt zum Polieren. Der Vorteil dieser Bearbeitung ist, dass Werkstücke und Polierkörper sehr schonend aufeinander abgleiten und die Werkstücke wenig zerkratzen. Dem steht der Nachteil einer langen Bearbeitungsdauer (etliche Stunden) gegenüber.

Um beim Polieren den Anpressdruck und damit den erreichbaren Glanz zu erhöhen, wird oft mit Stahlkugeln als Poliermedium gearbeitet.

Im Gegensatz zu anderen Gleitschleifmaschinen läuft die gesamte Bearbeitung mit der zu Anfang eingefüllten Prozesswassermenge, d. h. der gesamte Abrieb bleibt in der Masse.

Das Bild einer solchen Trommelanlage ist in Abb. 2.2 wiedergegeben.

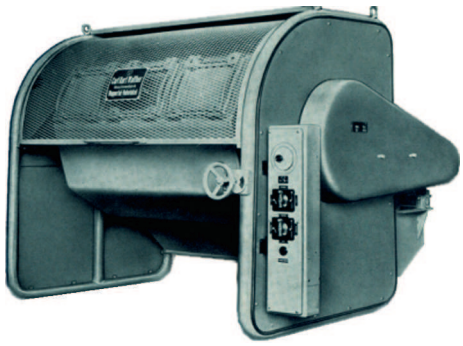


Abb. 2.2 Gleitschleiftrommel

Grundsätzlich werden Trommeln zur Hälfte mit dem Gemisch aus Polierkörpern und Werkstücken gefüllt, wobei das Verhältnis Polierkörpervolumen zum Volumen der Werkstücke ca. 5 : 1 beträgt.

Ein höherer Anteil an Werkstücken erhöht die Gefahr von Kratzern, die auf einer hochglanzpolierten Oberfläche sofort auffallen würden.

Wasser wird soweit eingefüllt, dass es die Schüttung gerade ganz bedeckt.

An Compound gibt man etwa 2 % der eingefüllten Wassermenge zu. Die Drehzahl richtet sich nach dem Trommeldurchmesser. Ist sie zu gering, so passiert in der Trommel zu wenig. Ist sie zu hoch, so werden die Werkstücke zu weit an der Wand nach oben gefördert, so dass sie schließlich auf die Masse herunterfallen und sich beschädigen können. Bei weiterer Erhöhung der Drehzahl bleibt die Füllung an der Wand kleben und es gibt keine Relativbewegung zwischen Werkstücken und Schleifkörpern.

In einer Trommel von 50 cm Durchmesser wird mit ca. 30 U/min gearbeitet.

Trommeln können einen runden oder einen sechs- bzw. achteckigen Querschnitt haben. Ein als Polygon ausgebildeter Querschnitt transportiert die Masse leichter an der Wand hoch und vermindert ein Durchrutschen der gesamten Schüttung.

2.1.2 Glocken

Eine Weiterentwicklung der Trommeln stellen die Glocken dar, die einseitig auf eine schräg stehende Achse gesetzt sind. Sie werden mit doppeltkonischem Querschnitt hauptsächlich für Polierarbeiten eingesetzt. Ihre Nutzvolumina betragen bis zu 100 Litern.

In der Kugellagerfertigung sind große Glocken mit rundem Querschnitt noch im Einsatz, obwohl die Bearbeitungszeit über 24 Stunden dauern kann.

Eine kleine Glocke mit ca. 50 l Inhalt ist in Abb. 2.3 zu sehen.

Glocken haben gegenüber Trommeln vor allem den Vorteil, dass sie zur bequemeren Entleerung gekippt werden können. Bei sehr großen Glocken kann allerdings die einseitige Lagerung zum Problem werden.

Glocken mit doppeltkonischer Form sorgen während der Drehung dafür, dass Werkstücke, die sich in der Nähe des Achsenansatzes oder der oberen Öffnung aufhalten, durch die Schräge in Richtung der Behältermitte laufen. Dadurch wird eine bessere Durchmischung des Behälterinhaltes und somit ein gleichmäßigeres Bearbeitungsergebnis erzielt.

Für die Füllmenge, die Drehzahl und das Prozesswasser der Glocken gilt das Gleiche wie für die Trommeln.

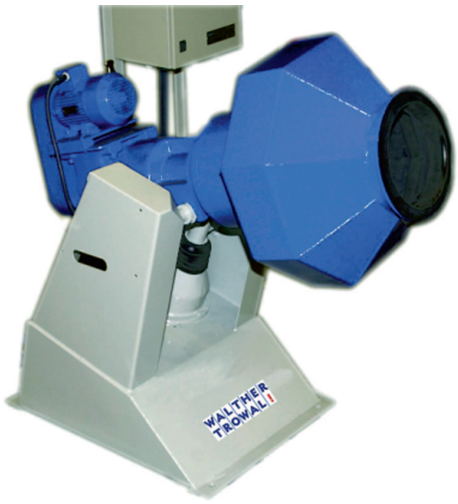


Abb. 2.3 Gleitschleif-Glocke

2.1.3 Planeten-Fliehkraftmaschinen

Setzt man langsam drehende Trommeln in ein schnell laufendes „Karussell“, dann erhöht sich durch die Fliehkraft der Druck der Schleifkörper auf die Werkstückoberflächen, und die Schleifleistung der Maschine steigt gewaltig an.

Diese Art Maschinen wurde bis etwa 1980 in riesigen Dimensionen gebaut, sie verschwanden aber nach und nach wieder wegen ihres hohen Wartungsaufwandes.

Heute laufen Planeten-Fliehkraftanlagen in kleinen Abmessungen mit wenigen Litern Inhalt zum Schleifen und Polieren von Kleinstteilen, z. B. bei der Schmuckherstellung und der Elektroindustrie. Hersteller für diese Anlagen ist z. B. die Firma Dr. Dreher in Engelsbrand. Größere Maschinen werden noch in Großbritannien, USA und Asien hergestellt.

Ein Problem bei diesem Maschinentyp ist die wegen der hohen Leistung entstehende Wärme sowie die Reparaturanfälligkeit großer Maschinen.

Da Planeten-Fliehkraftmaschinen gegenüber den im Folgenden beschriebenen Teller-Fliehkraftmaschinen kaum noch eine Rolle spielen, versteht man heute unter dem Begriff „Fliehkraftmaschine“ im Allgemeinen die Teller-Fliehkraftmaschine.

Das Prinzip einer Planeten-Fliehkraftmaschine mit der Aufsicht von oben auf die Drehachsen ist in Abb. 2.4 skizziert.

2.1.4 Teller-Fliehkraftmaschinen

Auch wenn Teller-Fliehkraftanlagen gänzlich anders aufgebaut sind als Trommeln oder Glocken, gehören sie zu den Maschinen mit gleitender Schüttung.

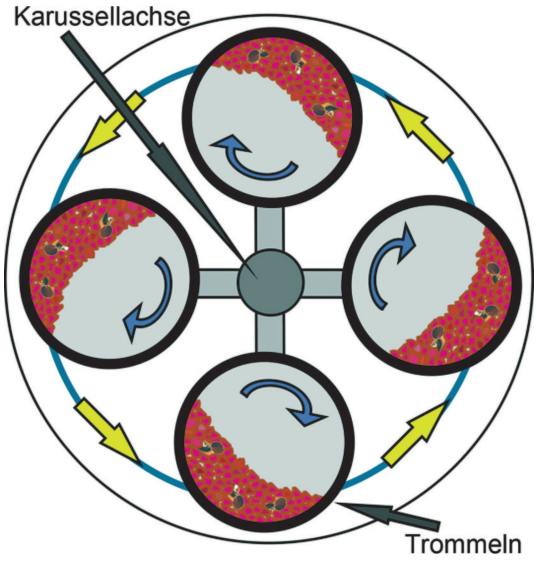


Abb. 2.4 Prinzip der Planeten-Fliehkraftmaschine

Diese Fliehkraftmaschinen bestehen aus einem senkrecht stehenden zylindrischen oder birnenförmigen Arbeitsbehälter. Der Behälterboden ist von der Behälterwand durch einen schmalen Spalt getrennt.

Versetzt man den Boden (Drehteller genannt) des mit dem Schleifkörper-Werkstückgemisch gefüllten Arbeitsbehälters in Drehung um seine (senkrecht stehende) Achse, so wird die auf dem Teller liegende Masse mitgenommen und im Kreis bewegt. Gleichzeitig drückt sie die Fliehkraft nach außen und schafft in der Behältermitte einen Trichter.

An der feststehenden Außenwand wird die Masse abgebremst und weicht nach oben aus. Von dort kann sie auf der Oberseite nur nach innen ausweichen und an der Trichterwand spiralförmig wieder nach unten auf den Drehteller rutschen.

Die größte Kraft zwischen den sich ungleich schnell bewegenden Schleifkörpern und Werkstücken entsteht unten in der Nähe der Wand des Behälters, wo die Schüttung abgebremst und umgelenkt wird. Der geschilderte Bewegungsablauf verleiht diesem Maschinentyp eine mehr als 50-fache Schleifleistung gegenüber einer Glocke. Das Prinzip einer Teller-Fliehkraftmaschine ist in Abb. 2.5 wiedergegeben.

Die linke Skizze zeigt einen vertikalen Schnitt durch den Arbeitsbehälter, während die linke Seite den Bewegungsablauf in dreidimensonaler Darstellung wiedergibt.

Blickt man von oben in den Arbeitsbehälter einer Fliehkraftmaschine während des Betriebes, so sieht man das in Abb. 2.6 gezeigte Bild. Sehr gut ist der Trichter in der Mitte des Drehtellers zu sehen.

Eine quantitative Beschreibung der Bewegung in einer Teller-Fliehkraftmaschine stammt von Körber [6]. Eine anwendungsbezogene Betrachtung der Fliehkraftmaschine ist bei Hinz [7] zu finden.

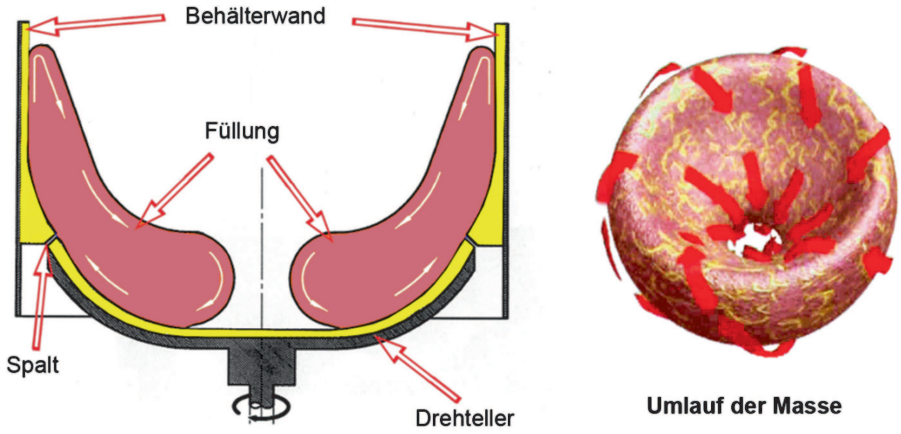
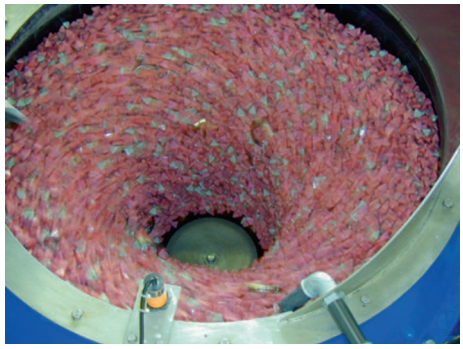


Abb. 2.5 Prinzip der Teller-Fliehkraftmaschine

Abb. 2.6 Blick von oben in eine Fliehkraftmaschine



Teller-Fliehkraftanlagen sind sehr weit verbreitet. Sie werden überall da eingesetzt, wo eine hohe Schleifleistung gebraucht wird und die Werkstücke nicht mehr als faustgroß sind.

Die Nutzvolumina der Fliehkraftmaschinen reichen von 30 bis zu etwa 400 Litern.

Die Masse wird gut umgewälzt und der Teller rutscht nicht durch, wenn die Bewegung der Schleifkörper im Trichter in Form einer Spirale deutlich nach unten läuft und nicht auf gleichbleibender Höhe im Kreis fährt. Weiterhin muss die Masse auch am Behälterrand langsam umlaufen und nicht stehen bleiben.

Im Gegensatz zu Trommeln und Glocken läuft kontinuierlich Prozesswasser durch den Arbeitsbehälter und hält so den Inhalt sauber.

Die richtige Füllmenge einer Fliehkraftmaschine erkennt man daran, dass die umlaufende Masse einen kreisförmigen Trichter von etwa einem Drittel des Behälterdurchmessers erzeugt, der bis auf den Tellerboden reicht.

Die kritische Stelle in Teller-Fliehkraftmaschinen ist der notwendige Spalt zwischen der Behälterwand und dem Drehteller. Er muss so breit sein, dass Wasser und Abrieb ungehindert abfließen können, aber auch so schmal eingestellt werden, dass flache Werkstücke oder kleine Schleifkörper nicht in den Spalt gelangen können.

Das führt im Betrieb zu folgenden Problemen:

- Abwasser mit dem abrasiv wirkenden Abrieb fließt dauernd durch den Spalt und verschleißt Teller sowie Behälterwand (besonders an den Kanten).
- Schleifkörper-Splitter oder flache Werkstücke können den Spalt blockieren.
- Durch Erwärmung dehnt sich der Teller aus. Dadurch kann sich ein schmaler Spalt schließen, was zum Festschweißen von Teller und Wand führt.

Es reicht nicht die gewünschte Spaltbreite einmal einzustellen, sie muss auch über einen längeren Zeitraum gewährleistet bleiben. So hat es seitens der Hersteller viele Lösungsansätze gegeben, die z. T. auch in Kombinationen eingesetzt werden wie:

- Verstärkung der Ränder von Teller und Verschleißring durch Verwendung von Keramik oder Metall,
- Temperaturmessung am Spalt,
- Drehmomentüberwachung für den Teller,
- Messung der Spaltbreite.

Bei kleineren Maschinen ist das Problem durch Erwärmung nicht so gravierend, daher genügt es, periodisch die Spaltbreite zu messen und nachzustellen.

Bei großen Maschinen (über 100 l Nutzvolumen) bekommt man die Erwärmung des Tellers durch Überwachung der durchfließenden Wassermenge in den Griff.

Damit bei verschlissenem unterem Behälterrand nicht der gesamte Arbeitsbehälter erneuert werden muss, sind alle größeren Fliehkraftmaschinen mit einem „Verschleißring“ ausgerüstet, der dem Spalt außen gegenübersteht. Dieser Ring ist (wie auch der Teller) ein Verschleißteil.

Durch besondere Formgebung des Übergangs zwischen Drehteller und Verschleißring lässt sich der Verschleiß auf ein akzeptables Maß herabsetzen. Insgesamt hängt natürlich der Verschleiß von Teller und Ring stark von der Art der Bearbeitung ab.

Eine der aufwendigsten und sichersten Methoden zum Schutz von Teller und Verschleißring durch automatische Überwachung und Nachstellung der Spaltbreite hat Walther Trowal entwickelt. as Prinzip dieser Überwachung ist in Abb. 2.7 dargestellt.

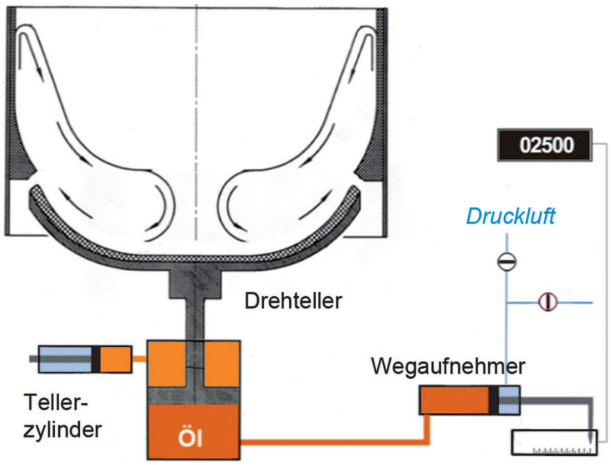


Abb. 2.7 Automatische Überwachung der Spaltbreite

Dabei wird der Teller durch einen Hydraulikzylinder gehoben oder gesenkt und so die Breite des schrägstehenden Spaltes verstellt. Das dazu nötige Öl steht mit einem zweiten Zylinder in Verbindung, dessen Kolben einen Wegaufnehmer steuert. Dieser überträgt die Stellung des Drehtellers und somit die aktuelle Spaltbreite in die elektronische Steuerung der Maschine. Durch Vergleich des Messwertes mit dem Sollwert kann die Spaltbreite gut kontrolliert werden.

2.1.4.1 Ausführungen von Fliehkraftmaschinen

Nahezu alle großen Fliehkraftmaschinen verfügen über eine stufenlose Drehzahleinstellung. Damit kann die Schleifleistung gezielt gewählt und damit eine schonende bzw. kräftig schleifende Bearbeitung erreicht werden.

Große Fliehkraftanlagen ab 100 l, wie in Abb. 2.8 gezeigt, werden mit Schleifkörperschütte, Pufferbehälter und Siebmaschine ausgerüstet. Sie können durch zusätzliche Zuführ- und Abtransport-Einrichtungen voll automatisiert werden.

Während der Zeit, in der die Werkstücke von den Schleifkörpern abgesiebt werden, muss mit der Bearbeitung der nächsten Charge gewartet werden. Erst wenn die Schleifkörper vollständig in die Zuführschütte zurückgeführt sind, kann man die nächste Charge starten. Diese Unterbrechung bedeutet besonders bei kurzen Bearbeitungszeiten eine unbefriedigende Auslastung der Maschine.

Eine moderne Ein-Chargen-Anlage zeigt Abb. 2.8.

Eine bessere Auslastung der Maschine erreicht man durch Einsatz von zwei Schleifkörperfüllungen. Während eine Füllung abgesiebt wird, kann die Maschine bereits die nächste Charge im Arbeitsbehälter bearbeiten. Derartig ausgerüstete Maschinen heißen daher „Zwei-Chargen Anlagen“.

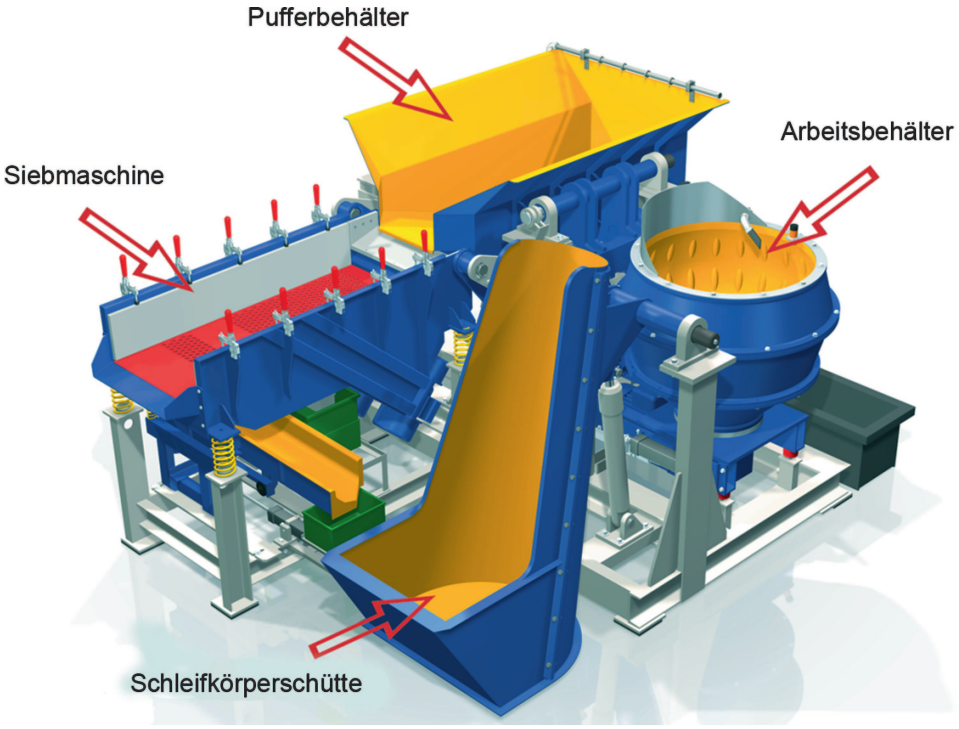


Abb. 2.8 Moderne Fliehkraftanlage mit 200 l Nutzvolumen

Eine besondere Konstruktionsart der Fliehkraftmaschinen sind die „Tandemanlagen". Bei dieser Version bedienen zwei Arbeitsbehälter eine Siebmaschine. Eine Tandemanlage schafft erst dann so viel wie zwei separate Maschinen, wenn die Bearbeitungszeit mindestens doppelt so lang ist wie die Separierzeit.

Kleine Fliehkraftmaschinen (bis 50 l Nutzvolumen), wie in Abb. 2.9 zu sehen, werden im Allgemeinen ohne Zusatzeinrichtungen betrieben.

Entleert wird der gesamte Inhalt der Maschine durch Kippen des Behälters von Hand, eventuell mit Unterstützung durch Federkraft oder Motor.

Um ein externes Sieben des Behälterinhaltes zu sparen, kann für Maschinen bis zu 60 l Inhalt eine Siebeinrichtung direkt an den Behälter angesetzt werden, wie es in Abb. 2.9 gezeigt wird.

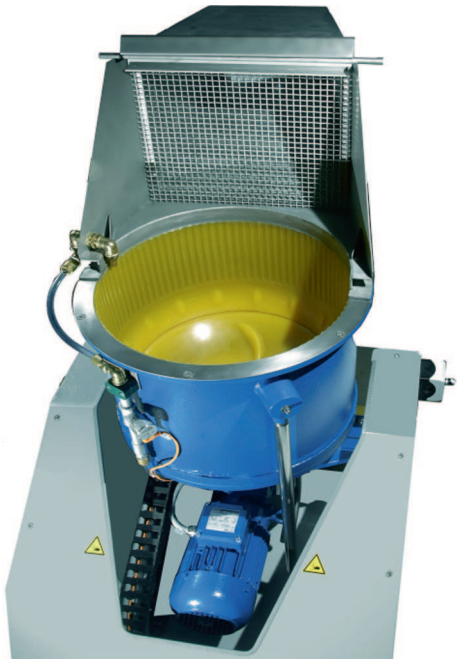


Abb. 2.9 Kleine Fliehkraftmaschine

2.2 Vibratoren

Vibratoren sind die am häufigsten eingesetzten Gleitschleifmaschinen.

Es werden Maschinen mit kastenförmigem Arbeitsbehälter gebaut, die „Trogvibratoren“ sowie Maschinen mit rundem Arbeitsbehälter, den „Rundvibratoren“. Deren Behälter ist im Allgemeinen ringförmig ausgebildet. Die Rundvibratoren machen bei weitem das Gros der Vibratoren aus.

2.2.1 Prinzip der Vibratortechnik

Der Arbeitsbehälter eines Vibrators ist fest mit einem Motor verbunden, der lediglich Unwuchtgewichte antreibt.

Arbeitsbehälter und Unwuchtmotor stehen frei schwingend auf einem Satz von Druckfedern, die ihrerseits auf einem Untergestell befestigt sind.

Die Unwuchten vibrieren bei sich drehendem Motor (normalerweise mit etwa 1400 l/min) und übertragen diese Schwingung auf den Arbeitsbehälter.

Die im Arbeitsbehälter enthaltene Füllung wird damit ebenfalls zum Schwingen angeregt. Dabei bewegen sich Schleifkörper und Werkstücke unterschiedlich und somit gegeneinander.

Ein Trogvibrator ist in Abb. 2.10 dargestellt.