



AUSGEGEBEN AM
3. JUNI 1929

REICHSPATENTAMT
PATENTSCHRIFT

№ 476812

KLASSE 31c GRUPPE 26

S 72993 VI/31c

Tag der Bekanntmachung über die Erteilung des Patents: 8. Mai 1929

Dr. Leo Szilard in Berlin-Dahlem

Verfahren zum Gießen von Metallen in Formen unter Anwendung elektrischer Ströme

Patentiert im Deutschen Reiche vom 20. Januar 1926 ab

Beim Gießen von geschmolzenen Metallen in Formen erfolgt die Beförderung des flüssigen Metalls in die Form unter dem Einfluß der Erdschwere, oder es wird, wie z. B. beim Spritzgußverfahren, ein erhöhter Druck verwendet. Beim Spritzgußverfahren wird das flüssige Metall in den Fällen, in welchen es sich um leicht schmelzende Legierungen handelt, zumeist mit Hilfe einer mechanischen Vorrichtung, etwa eines sich in einem Zylinder bewegenden Kolbens, in die Form hineingepreßt. Dieses mechanische Preßverfahren führt beim Spritzen von höher schmelzenden Metallen und Legierungen zu großen Schwierigkeiten, so daß man in diesen Fällen das Spritzen zumeist mit Hilfe von Druckluft bewerkstelligt. Jedoch sind auch bei Anwendung von Druckluft bekanntlich beträchtliche Schwierigkeiten technischer Art zu überwinden.

Die vorliegende Erfindung gestattet es nun, unter Vermeidung von mechanischen Vorrichtungen mit beweglichen Teilen oder der Anwendung von Druckluft, das flüssige Metall auf elektrischem Wege in die Gußform zu bringen und dabei im Bedarfsfalle jeden praktisch in Betracht kommenden Druck zu erzielen. Sie ermöglicht es auch, noch bei sehr hohen Temperaturen und unter veränderlichem Druck zu spritzen. Die Bewegung des flüssigen Metalls und der gegebenenfalls gewünschte hohe Druck wird erfindungsgemäß dadurch erzeugt, daß man elektrischen Strom durch das flüssige Metall schickt unter gleichzeitiger Einwirkung eines Magnetfeldes auf das stromdurchflossene Metall.

Abb. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel der Erfindung im Schema gezeichnet, welches zur Erläuterung des Grundgedankens der Erfindung dienen soll. 1 ist eine Flüssigkeitssäule des geschmolzenen Metalls, in welche zwei Elektroden 2 und 3 hineinragen, zwischen denen ein Strom quer durch die Metallsäule hindurch aufrechterhalten wird. Senkrecht zu den Stromlinien im Metall wird durch die Magnetpole 4 und 5 ein Magnetfeld aufrechterhalten, welches auch zu der Flüssigkeitssäule senkrecht steht. Hierdurch entsteht nun eine Kraftwirkung auf das flüssige Metall, und zwar steht die Kraft jeweils senkrecht sowohl zu den Stromlinien wie auch zu den magnetischen Kraftlinien. Ist die Polarität der Elektroden und des Magnetfeldes so, wie dies in Abb. 1 gezeichnet ist, so entsteht in der Flüssigkeitssäule ein Druck nach unten.

Abb. 2 zeigt ein anderes Ausführungsbeispiel, im Schema gezeichnet. 6 ist der Eisenkern eines Transformators. 7 ist die Primärwicklung des Transformators, welche an eine Wechselstromquelle angeschlossen wird. Die Sekundärwicklung wird durch den Leiter 8 gebildet, und sein Stromkreis wird durch die Säule flüssigen Metalls zwischen den beiden Backen 9 und 10 geschlossen. Das Magnetfeld wird durch die Pole 11 und 12 eines Elektromagneten erzeugt, dessen Kraftfluß senkrecht zu den Backen 9 und 10 gerichtet ist, in Abb. 2a also senkrecht auf der Zeichenebene zu denken ist, und welcher durch dieselbe Wechselspannungsquelle gespeist werden kann wie die Primärwicklung 7 des Transformators. Man

wird dafür sorgen, daß Sekundärstrom und Magnetfeld möglichst in Phase sind, damit sie beide gleichzeitig ihre Richtung wechseln, so daß die Kraft, die auf das geschmolzene Metall wirkt, stets dieselbe Richtung hat und ein möglichst hoher mittlerer Druck erzielt wird.

Wie Abb. 2 zeigt, kann die sekundäre Wicklung vollkommen innerhalb eines aus einem Isolator oder schlechtem Leiter bestehenden Gefäßes verlaufen und so angeordnet sein, daß sie trotzdem einen geschlossenen Eisenkern umschließt. Auf diese Weise wird eine Durchführung von Elektroden durch die Gefäßwand vermieden, was besonders dann von Vorteil ist, wenn das Gefäß unter Vakuum steht oder gasdicht geschlossen sein soll.

Abb. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei welchem keine besonderen Elektroden verwendet werden, sondern bei welchem das geschmolzene Metall sich innerhalb einer Röhre befindet, deren Wand ein elektrischer Leiter ist, so daß der Strom durch die Gefäßwand hindurch in das geschmolzene Metall eintreten kann. Abb. 3b zeigt einen Querschnitt. 13 und 14 sind die Pole des Elektromagneten, 15 ist der Querschnitt des Rohrs, in welchem sich das flüssige Metall befindet. 16 und 17 sind die stromführenden Zuleitungen zu der Rohrwandung, welche angelötet oder angeschweißt sind. In Abb. 3a sieht man dasselbe in der Ansicht von vorn. Das Rohr 15 ist abgebrochen, so daß oben und unten der Polschuh 13 sichtbar wird. Im Fall des Ausführungsbeispiels nach Abb. 3 fließt ein Teil des Stroms durch die Rohrwand selbst von 18 zu 19, und nur ein Teil des Stroms durchflutet also das geschmolzene Metall. Um eine möglichst hohe Stromdichte im Metall zu erzielen, wird man die Rohrwand aus einem Material mit möglichst hohem elektrischem Widerstand herstellen.

Bei den Ausführungsbeispielen 1 bis 3 liegen die Verhältnisse so, daß, homogenes Magnetfeld und gleichförmige Verteilung des elektrischen Stroms vorausgesetzt, das Linienintegral der wirkenden Kraft entlang jeder innerhalb des flüssigen Metalls verlaufenden geschlossenen Linie gleich Null ist. In diesem bemerkenswerten Fall hat das Kraftfeld ein Potential, und es entsteht überhaupt keine Strömung im flüssigen Metall, falls man den Ausfluß durch die Ausflußöffnung verhindert. Der erzielte Druckunterschied zwischen zwei Punkten im flüssigen Metall ist dann gleich dem Linienintegral der Kraft zwischen diesen beiden Punkten, genommen entlang einer beliebigen, im flüssigen Metall verlaufenden Linie. Da die Kraftwirkung auf das geschmolzene Metall der elektrischen Stromdichte und dem wirkenden Magnetfeld proportional ist, ist die Berechnung des erzielten Druckunterschiedes in diesem Falle sehr einfach. Zum Beispiel ist im Fall des

Ausführungsbeispiels nach Abb. 2 bei gegebener Stromdichte und gegebener magnetischer Feldstärke der erzielte Druckunterschied einfach der Länge der Flüssigkeitsstrecke zwischen den beiden Backen 9 und 10 proportional.

Bei anderen Ausführungsbeispielen, die zum Teil aus praktischen Gründen den Ausführungsbeispielen 1 bis 3 vorgezogen werden können, ist das Linienintegral der Kraft entlang geschlossener Linien, welche innerhalb des flüssigen Metalls verlaufen, von Null verschieden. Bei diesen Ausführungsbeispielen entsteht auch bei abgesperrter Ausflußöffnung eine Bewegung im geschmolzenen Metall, so daß man zur Bestimmung des Druckunterschiedes zwischen zwei Punkten auch bei abgesperrter Ausflußöffnung nicht rein statisch vorgehen kann, sondern auch die Strömungsverhältnisse und im besonderen die Reibungskräfte mit berücksichtigen muß.

Ein solches Ausführungsbeispiel ist in Abb. 4 dargestellt. Das geschmolzene Metall wird aus einem in der Abbildung nicht gezeichneten Behälter durch ein verzweigtes Rohr 20, welches man in Abb. 4b im Schnitte sieht, zur Gußform geführt. Der Zufluß aus dem Behälter kann etwa vom unteren Ende her erfolgen, während der Zufluß zur Gußform dann auf der oberen Seite liegt. In diesem verzweigten Rohr wird dann mit Hilfe des Eisenkerns 21 eines Transformators ein Strom induziert. In der Gegend des Verzweigungspunktes 22 ist das Rohr abgeflacht, um hier eine möglichst hohe Stromdichte zu erzielen. Hier wirkt ein durch einen Elektromagneten 23 erzeugtes Magnetfeld auf das stromdurchflossene Metall, so daß beim Gießen oder Spritzen eine Strömung bzw. ein Druck im Metall nach oben entsteht.

Wird das Rohr etwa aus Stahl oder einem anderen magnetischen Material hergestellt, so verläuft ein Teil der Kraftlinien in der Rohrwand selbst, ohne das flüssige Metall zu durchfluten. Es ist dann zweckmäßig, den Gesamtfluß hoch zu wählen, damit in der Rohrwand eine Sättigung und entsprechend eine geringe Permeabilität erzielt wird. Auch wird man möglichst ein Material mit geringer magnetischer Sättigung wählen.

Abb. 5 zeigt ein Ausführungsbeispiel, bei welchem der Strom in einem ringförmigen Rohr 24 transformatorisch erzeugt wird. An der abgeflachten Stelle zwischen 26 und 27 wirkt ein Elektromagnet 25 auf das stromdurchflossene Metall. Die Zuführung des flüssigen Metalls erfolgt an der Stelle 26, während die Abführung zur Gußform bei 27 erfolgt. Das geschmolzene Metall wird zum Teil durch den transformatorisch erzeugten Strom warm gehalten; außerdem können aber Teile der Rohrleitungen, im besonderen die Ausflußöffnung, durch besondere Vorrichtungen elektrisch erhitzt werden.

Dies ist durch die Drahtwindungen 28 und 29 angedeutet.

Bei den angeführten Ausführungsbeispielen 4 und 5 kommt zwar die Flüssigkeitsmasse auch dann in Bewegung, wenn ein Ausfluß an der Mündung verhindert wird, weil ja das Integral der wirkenden Kraft entlang einer im flüssigen Metall verlaufenden, geschlossenen Linie nicht verschwindet; jedoch ist diese Flüssigkeitsbewegung keineswegs die Ursache des auftretenden Drucks. Es könnten aber auch Ausführungsbeispiele angegeben werden, bei welchen letzteres der Fall ist und bei denen der Druck etwa dadurch zustande kommt, daß das flüssige Metall unter der Wirkung des Magnetfeldes innerhalb eines feststehenden Gehäuses in Rotationsbewegung gerät, wobei dann ein Druck infolge der Zentrifugalkraft auftritt. Angesichts der großen Reibung, welche zwischen dem flüssigen Metall und dem feststehenden Gehäuse dann entstehen würde, erscheinen Ausführungsbeispiele von diesem Typus wenig aussichtsreich.

Bei Verwendung von Wechselstrom muß dafür gesorgt werden, daß der Phasenunterschied zwischen dem Sekundärstrom im flüssigen Metall und dem Magnetfeld, welches auf das Metall wirkt, nicht in der Nähe von 90° liegt. Der Idealfall liegt vor, wenn Sekundärstrom und Magnetfeld gleichzeitig ihr Vorzeichen ändern. Dann ändert nämlich die auf das Metall wirkende Kraft überhaupt nicht ihr Vorzeichen, und der erzielte mittlere Druck im Metall hat den größtmöglichen Wert, während er im Falle einer Phasenverschiebung von 90° den Wert Null hätte. Man erreicht zumeist schon genügend günstige Phasenbeziehungen dadurch, daß man die primäre Wicklung des Transformators und die Wicklung des Magneten in Serien schaltet. Das Magnetfeld ist in Phase mit dem Primärstrom des Transformators und damit auch angenähert in Phase mit dem Sekundärstrom des Transformators, vorausgesetzt, daß der $\cos. \varphi$ des Transformators nicht allzusehr von 1 abweicht. Falls Drehstrom zur Verfügung steht, kann man die Wicklung des Transformators und des Magneten an verschieden verkettete oder an eine verkettete und eine Phasenspannung anlegen und dadurch die gewünschten Phasenbezeichnungen erreichen.

Bei den bisher angeführten Ausführungsbeispielen 1 bis 5 waren stets zwei getrennte Stromkreise vorhanden. Der Strom, der durch das geschmolzene Metall geschickt wurde, war verschieden von dem Strom, der jenes Magnetfeld erzeugte, dessen Einwirkung auf das stromdurchflossene Metall den Druck hervorbrachte. Es werden nun Ausführungsbeispiele angegeben, bei welchen der Strom, der durch das geschmolzene Metall geschickt wird, bereits ein solches Magnetfeld erzeugt, daß unter dessen Ein-

wirkung im stromdurchflossenen Metall der gewünschte Druck entsteht.

Ein einfaches Modell von dieser Art zeigt Abb. 6. Ein zylindrisches Rohr 30 ist mit dem geschmolzenen Metall angefüllt. Durch das darin befindliche geschmolzene Metall wird in der Richtung der Zylinderachse Gleichstrom oder Wechselstrom hindurchgeschickt. Dies kann mit Hilfe der Stromzuleitungen 31 und 32 geschehen, wobei dann der Strom durch die das Rohr rechts und links verschließenden Wände hindurch in das geschmolzene Metall eintritt. Wird der Zylinderinhalt in der Achsenrichtung durch den elektrischen Strom homogen durchströmt, so entsteht ein Druckgefälle von der Peripherie nach der Rohrachse hin. Dieses Druckgefälle bewegt dann das geschmolzene Metall durch die Ausflußöffnung hindurch zur Gußform. Die Nachlieferung des Gießmetalls wird durch das Rohr 34 aus einem größeren Behälter, etwa unter der Wirkung des Drucks der Atmosphäre, erfolgen.

Man kann diesen gegen die Mittellinie des Rohrs hin entstehenden Druck auffassen als die Wirkung des durch den Strom selbst erzeugten Magnetfeldes auf das stromdurchflossene Metall und kann ihn einfach aus der Stromstärke und dem Zylinderdurchmesser bekannten Gesetzen der Elektrodynamik entsprechend berechnen.

Abb. 7 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel dieser Art. 35 ist ein kurzes, flaches Rohr. Durch das darin befindliche geschmolzene Metall wird mit Hilfe der Stromzuleitungen 36 und 37 ein elektrischer Strom aufrechterhalten. Das Druckgefälle, welches dann entsteht, treibt das geschmolzene Metall von den peripherischen Teilen 38 und 39 nach der Mittellinie hin, so daß das Metall durch die Ausflußöffnung 40 zur Gußform getrieben wird. Die Anordnung der Ausflußöffnungen in der Mittellinie ergibt sich aus der Tatsache, daß bei der symmetrischen Anordnung nach Abb. 7 der höchste Druck in der Mittellinie entsteht.

Abb. 8 zeigt ein Ausführungsbeispiel, welches dem in Abb. 7 dargestellten ähnlich ist. Durch die nicht symmetrische Anordnung eines Eisenkörpers 41 ist jedoch das Magnetfeld verändert, so daß sich, gleiche Stromstärke und Rohrdimensionen vorausgesetzt, ein wesentlich höherer Druck ergeben kann als beim vorigen Ausführungsbeispiel. Bei dem Modell nach Abb. 8 tritt der höchste Druck nicht in der Mittellinie auf. Darum ist auch die Zuführung 42 zur Gußform Abb. 7 gegenüber entsprechend verschoben angebracht.

Wird Wechselstrom verwendet, so wird man keinen massiven Eisenkörper benutzen, sondern einen Eisenkörper aus Lamellen. Die Lamellen werden so angeordnet, daß die magnetischen Kraftlinien möglichst nicht durch die volle

Fläche der Bleche geschlossen werden. Im Fall eines Ausführungsbeispiels nach Abb. 8 würden z. B. die Lamellen gerade so liegen, daß sich die Bleche in Abb. 8a verdecken. Die

5 Bleche werden voneinander am besten mit Glimmer oder Asbestpapier isoliert.

Bei sehr hoher Temperatur läßt sich keine sehr hohe magnetische Sättigung mehr bei Eisen erzielen. Ersetzt man jedoch das Eisen durch

10 Kobalt oder Kobaltlegierungen, deren Umwandlungspunkt wesentlich höher liegt als der Umwandlungspunkt des Eisens, so kann man auch beim Gießen von Messing in der hier geschilderten Weise eine wesentliche Verstärkung

15 des Magnetfeldes erzielen.

Abb. 9 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel. Abb. 9a ist ein Schnitt durch den Apparat, in welchem der Druck im geschmolzenen Metall

20 erzeugt wird. Der Eintritt des geschmolzenen Metalls erfolgt durch das Rohr 43 und der Ausfluß zur Gußform durch das Rohr 44. Dazwischen fließt das Metall in einem Spalt in einer eingefügten Scheibe 45. Die Scheibe 45

besteht aus einem ferromagnetischen Material mit hohem magnetischen Sättigungswert. Abb. 9b

25 zeigt einen Schnitt durch die Scheibe 45, aus welchem die Form des genannten Spaltes ersichtlich ist. Der elektrische Strom tritt durch die ebene Gefäßwand 48 bzw. 49 in das geschmolzene Metall ein. Die Stromzuführung

30 zu der Gefäßwand erfolgt durch die Kupferleiter 46 bzw. 47. Um zu vermeiden, daß zwischen den beiden als Elektroden wirkenden Gefäßwänden ein großer Teil der Stromlinien

35 sich durch die Scheibe 45 schließt, ist die letztere von den genannten Gefäßwänden 48 und 49 durch eine zwischengelegte Schicht, etwa Glimmer oder Asbestpapier, isoliert; dies ist

40 durch die Zwischenräume 52 bzw. 53 angedeutet. Um zu vermeiden, daß ein wesentlicher Teil der Stromlinien zwischen den beiden Kupferzuführungen 46 und 47 sich durch die Gefäßwandung selbst schließt, sind jene Teile der Gefäßwand, welche als Elektroden im geschmol-

45 zenen Metall wirksam sein sollen, durch tiefe Spalte 50 und 51 getrennt. Indem man diese Spalte mit einer geeigneten feuerfesten Substanz

50 vollfüllt, verhütet man das Eindringen der Schmelze in dieselben. Wird nun zwischen den beiden Kupferleitern 46 und 47 eine Spannung aufrechterhalten, so fließt der Strom im wesentlichen nur durch das geschmolzene Metall im Spalte der Scheibe 45. Die durch den Strom erzeugten magnetischen

55 Kraftlinien, welche in der Scheibe 45 verlaufen, schließen sich durch den Spalt und erzeugen dort ein starkes Magnetfeld. Infolge der Einwirkung dieses Magnetfeldes auf das stromdurchflossene Metall entsteht ein Druckgefälle entlang des Spaltes, welches die Schmelze zur

60 Mündung des Rohrs 44 treibt.

Man wird am besten die beiden Kupferzuführungen 46 und 47 zu einer aus einer einzigen

65 Windung bestehenden Sekundärwicklung eines Transformators ergänzen, welche man gegen den Eisenkern und die Primärwicklung des Transformators mit Chamotte oder Asbest gegen Wärmeübergang isoliert.

Man kann auch dadurch ein verstärktes Magnetfeld und entsprechend eine erhöhte Druckwirkung erzielen, daß man die stromführenden Kupferleiter in der unmittelbaren Nachbarschaft der stromdurchflossenen Schmelze einige Male hin und her führt, etwa so, daß eine Spule entsteht, in deren Mitte sich die stromdurchflossene Schmelze befindet, wobei dann die Spule und das geschmolzene Metall von demselben Strom durchflossen werden.

70

75

80

85

90

95

100

105

110

115

120

125

130

135

140

145

150

155

160

165

170

175

180

185

190

195

200

205

210

215

220

225

230

235

240

245

250

255

260

265

270

275

280

285

290

295

300

305

310

315

320

325

330

335

340

345

350

355

360

365

370

375

380

385

390

395

400

405

410

415

420

425

430

435

440

445

450

455

460

465

470

475

480

485

490

495

500

505

510

515

520

525

530

535

540

545

550

555

560

565

570

575

580

585

590

595

600

605

610

615

620

625

630

635

640

645

650

655

660

665

670

675

680

685

690

695

700

705

710

715

720

725

730

735

740

745

750

755

760

765

770

775

780

785

790

795

800

805

810

815

820

825

830

835

840

845

850

855

860

865

870

875

880

885

890

895

900

905

910

915

920

925

930

935

940

945

950

955

960

965

970

975

980

985

990

995

PATENTANSPRÜCHE:

1. Verfahren zum Gießen von Metallen in Formen unter Anwendung elektrischer Ströme, dadurch gekennzeichnet, daß unter gleichzeitiger Einwirkung elektrischer Ströme durch Erzeugung von Magnetfeldern auf das stromdurchflossene Metall ein Druck ausgeübt wird, welcher das Metall zur Gußform treibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Verstärkung der Wirkung des magnetischen Feldes in der Nähe des stromdurchflossenen Metalls ferromagnetische Körper angeordnet werden, zweckmäßig innerhalb der das geschmolzene Metall umgebenden Gefäßwände.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß als ferromagnetische Masse Kobalt oder Kobaltlegierungen verwendet werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, da-

durch gekennzeichnet, daß als Elektrode eine das geschmolzene Metall umgebende Gefäßwandung verwendet wird, welche aus einem elektrisch leitenden Material hergestellt ist.

5

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß jener Teil der Gefäßwandung, an welchem der Strom in das

geschmolzene Metall eintreten soll, von dem übrigen Teil der Wandung durch einen Spalt getrennt ist. 10

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schmelze selbst einen geschlossenen Sekundärkreis bildet, in welchem ein Strom transformatorisch induziert wird. 15

Hierzu 3 Blatt Zeichnungen

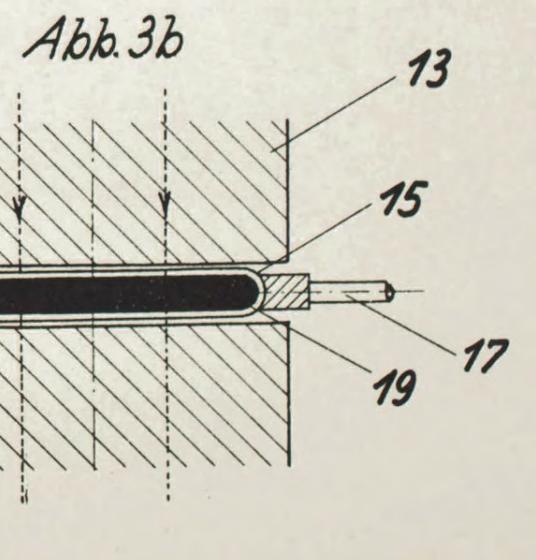
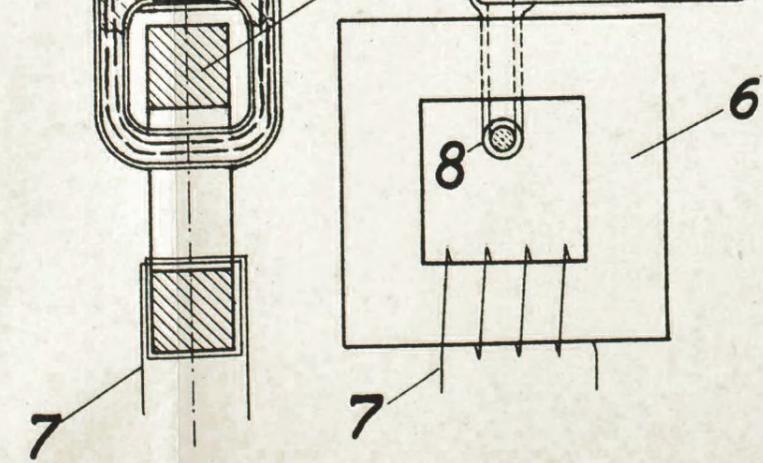
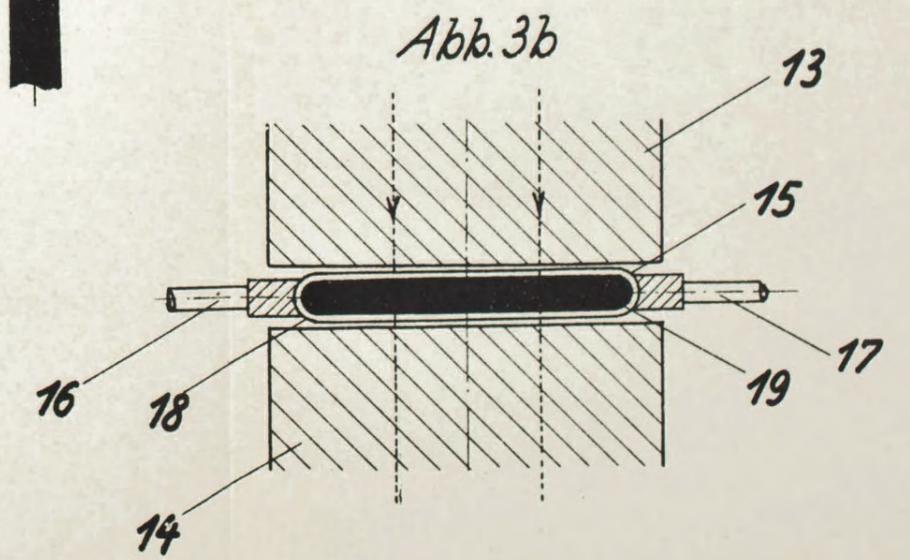
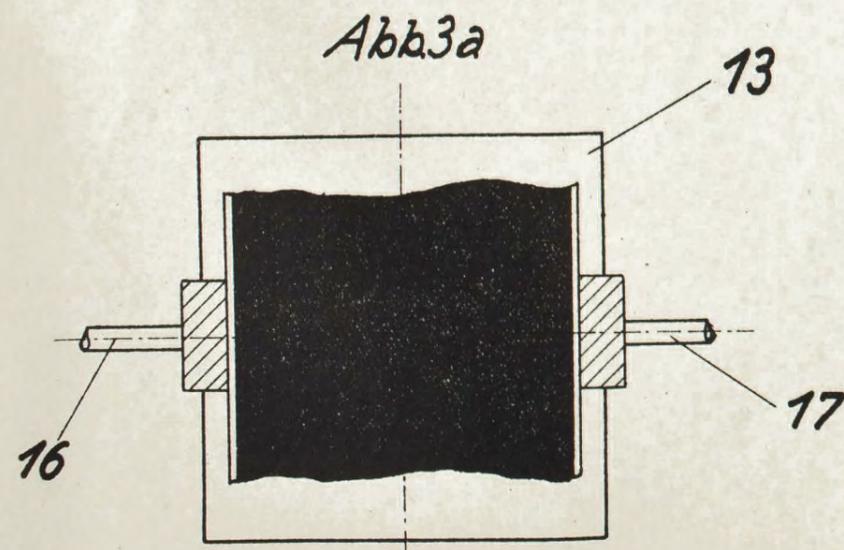
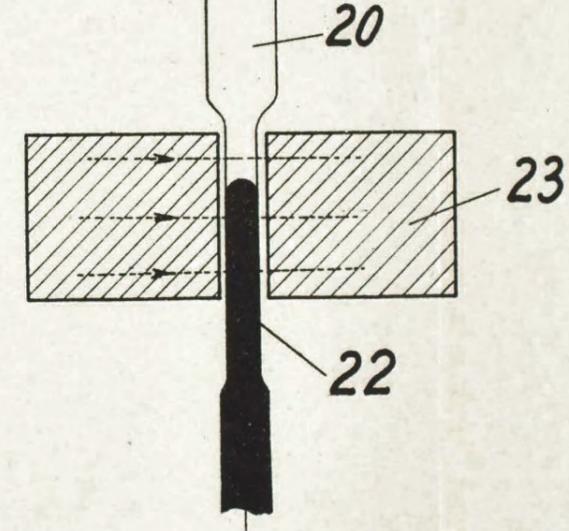
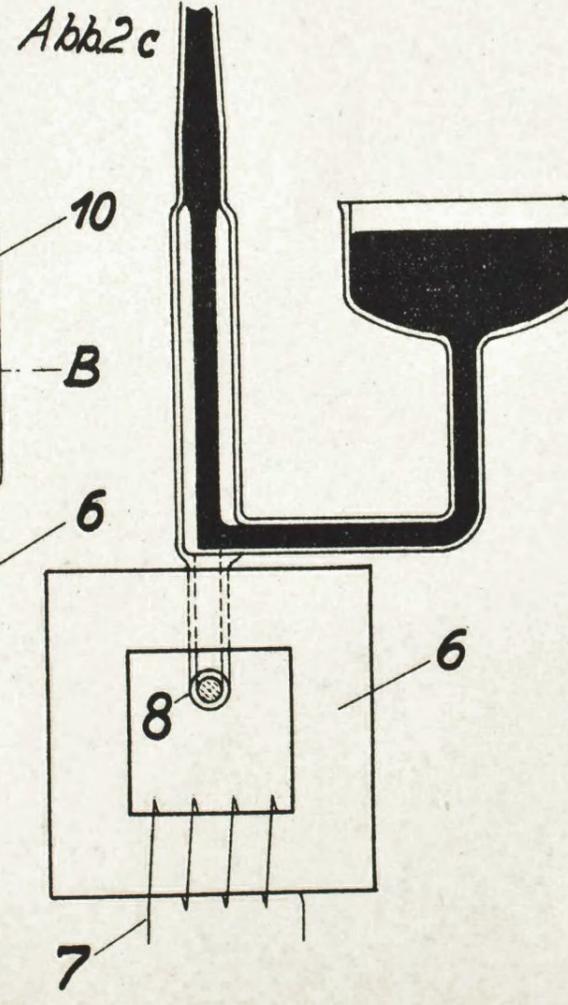
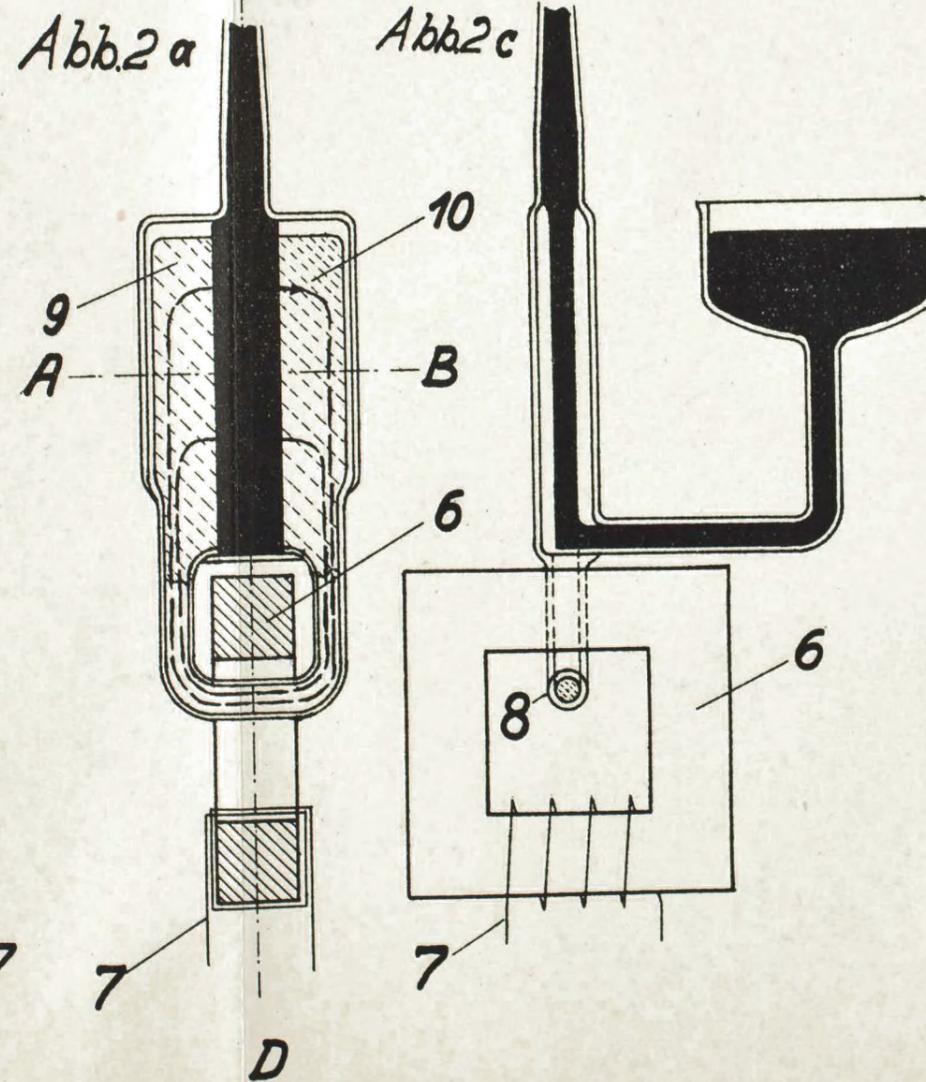
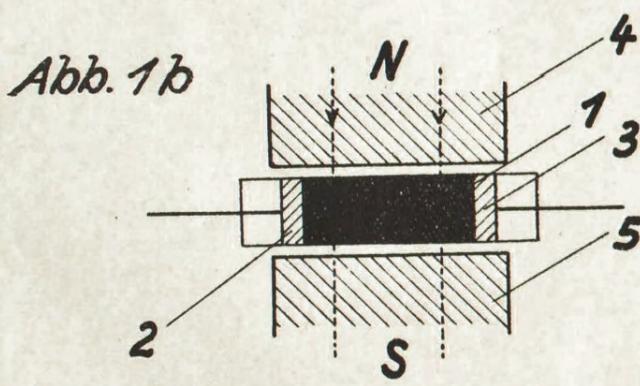
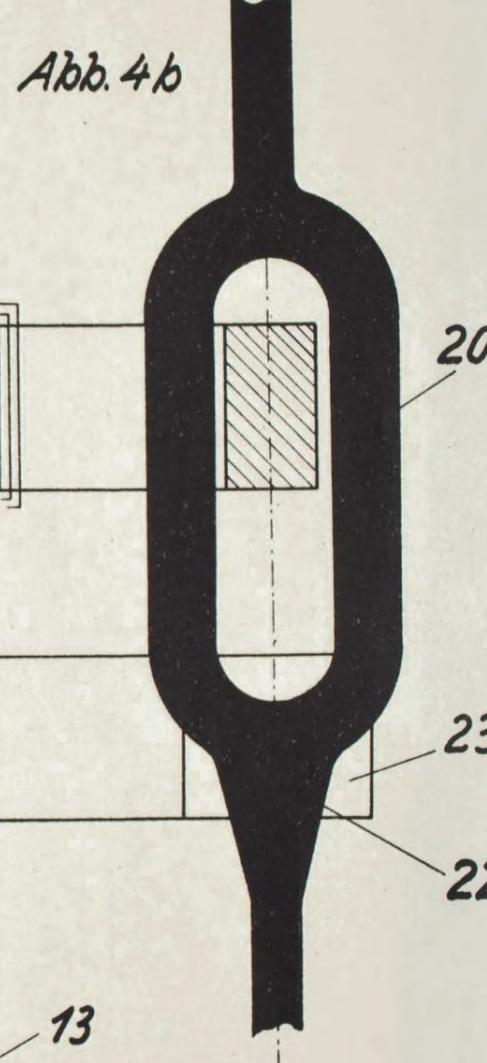
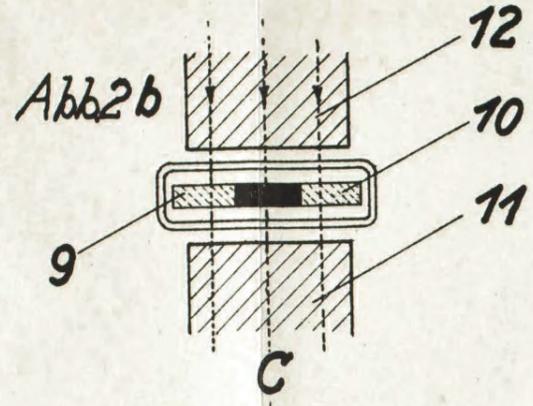
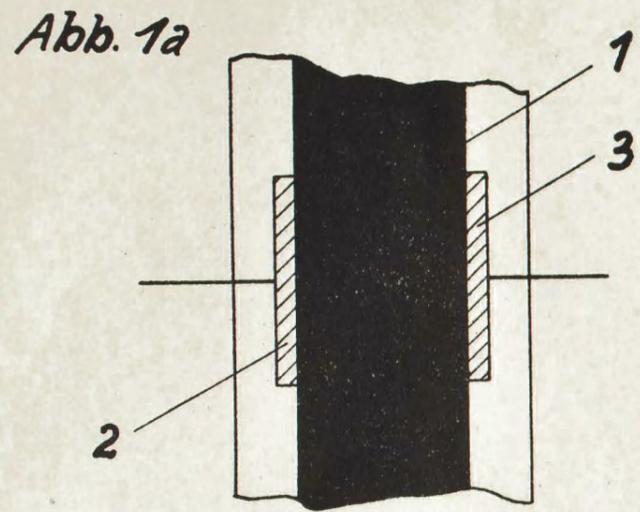


Abb. 5a

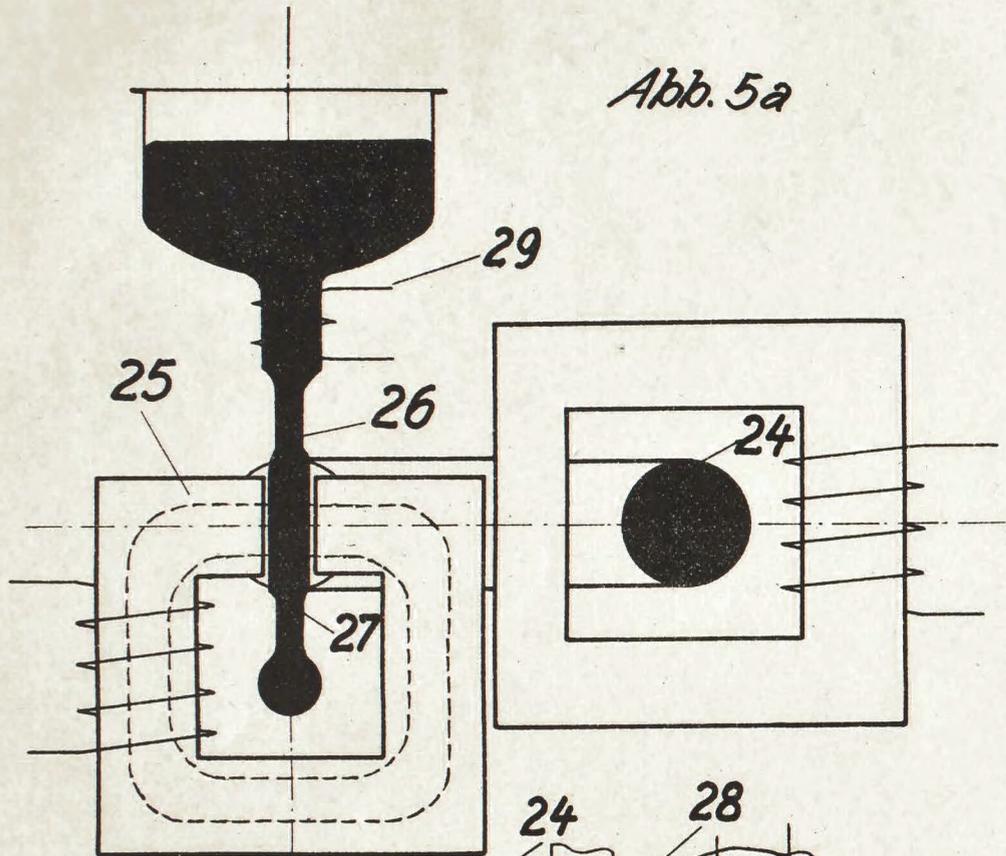


Abb. 6a

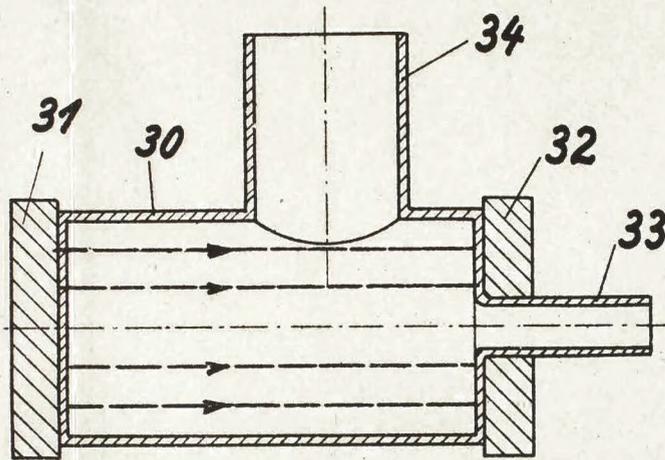


Abb. 6b

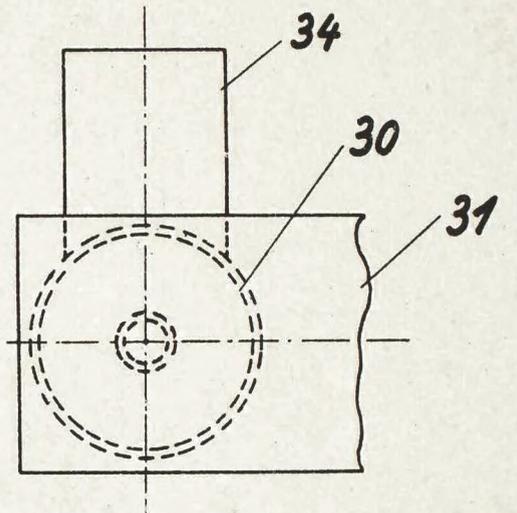


Abb. 5b

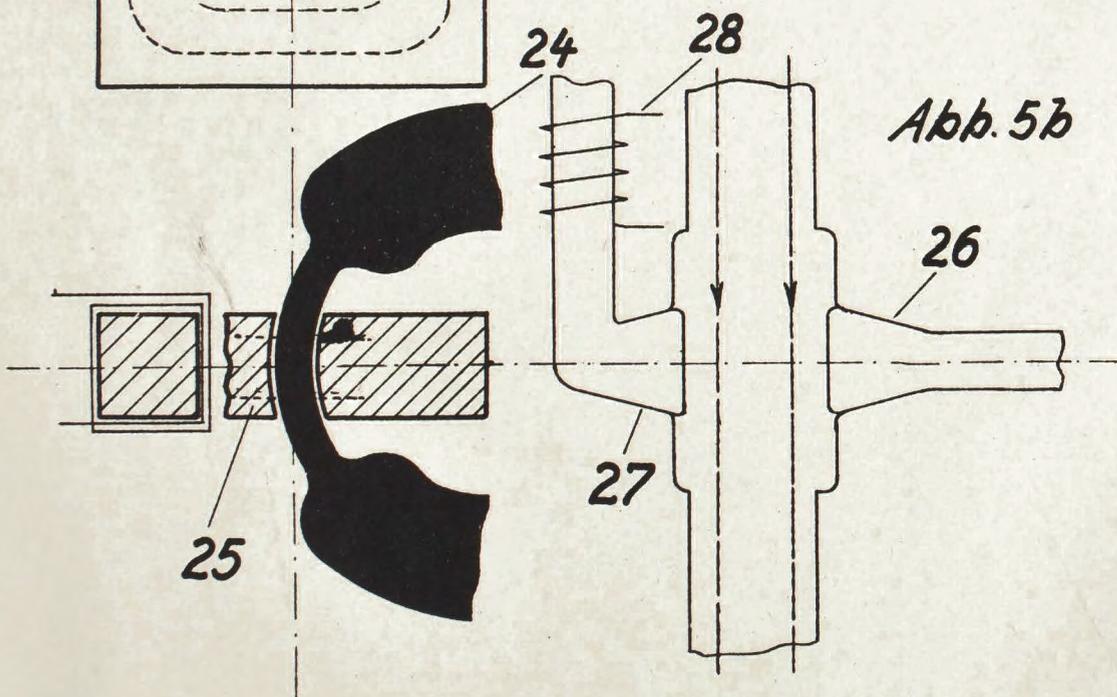


Abb. 7a

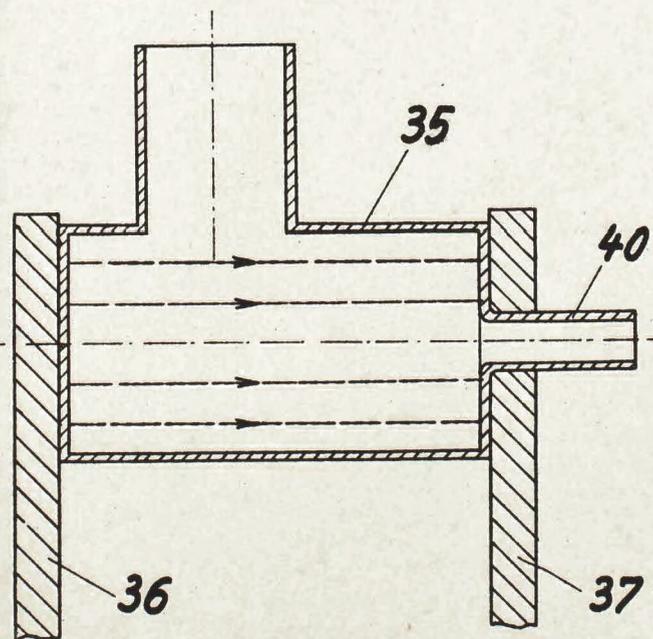


Abb. 7b

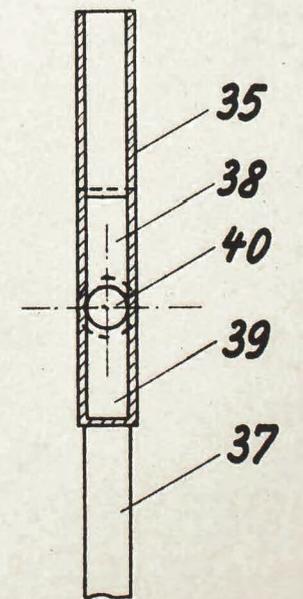


Abb. 8a

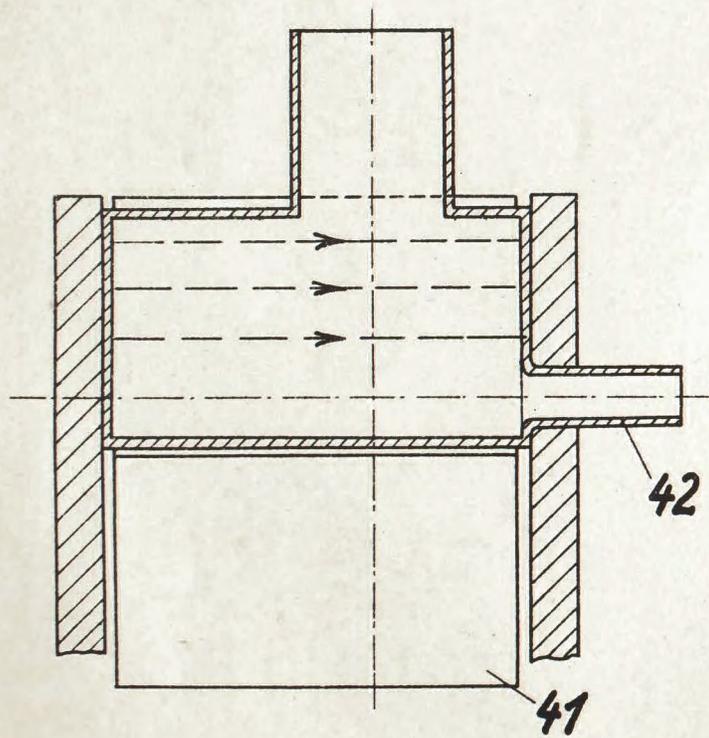


Abb. 8b

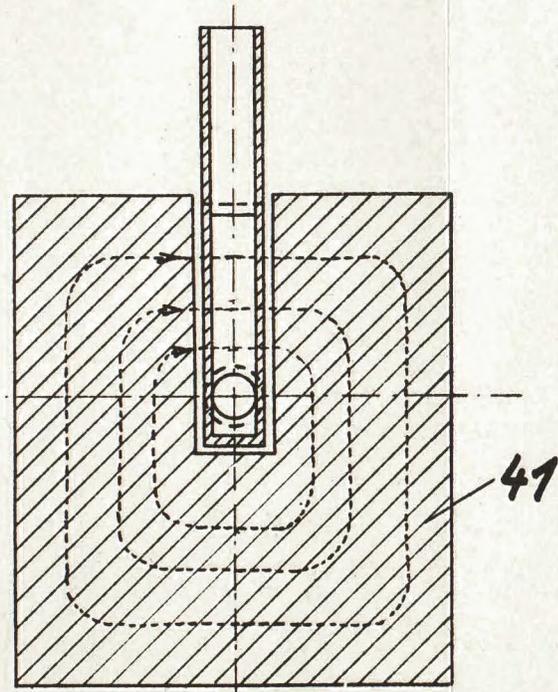


Abb. 9a

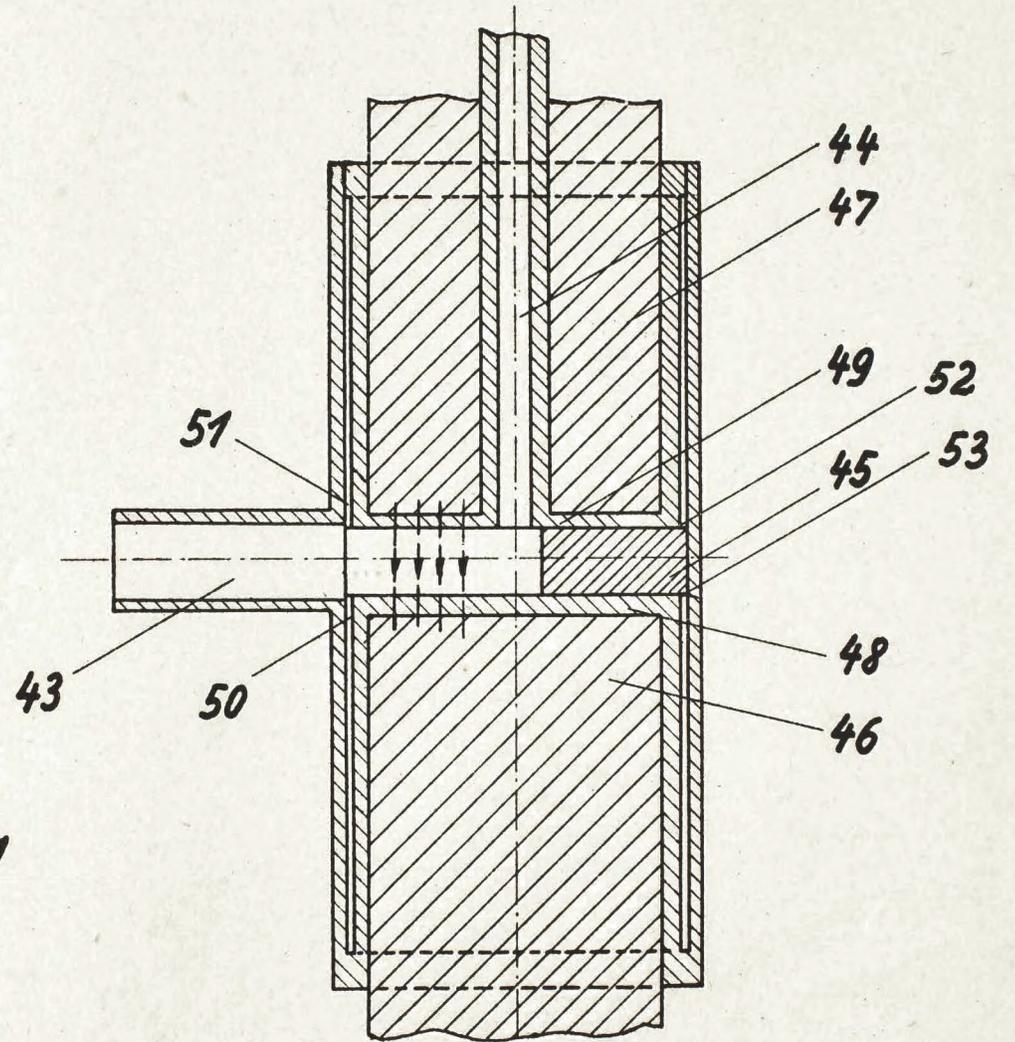


Abb. 9b

