

Wechsel, hat mit sehr großer Sorgfalt zu erfolgen, da der so zusammengebaute Mantel unter die Bohrmaschine gelangt, unter der die Nietlöcher genau auf Maß gebohrt werden. Nicht richtig anliegende Kesselteile würden nachher beim Nieten eine Verschiebung erfahren, in folgederen die Nietlöcher nachher nicht mehr genau aufeinanderpassen würden.

9. Das Bohren.

Ein Lochen der Nietlöcher ist streng zu meiden, da sich der zerstörende Einfluß — Strukturveränderungen und Rißbildungen — den das Stanzen auf das Blechmaterial ausübt, oft noch in einer Entfernung von 5 bis 10 mm von dem Lochrande zeigt, so daß auch durch ein nachheriges Aufbohren um einige Millimeter die schädlichen Folgen des Stanzens nicht voll aufgehoben werden können.

Vielfach ist es Gebrauch, die Heftlöcher zu stanzen, da sie doch einen kleineren Durchmesser erhalten als später das Nietloch. Nach dem Vorhergesagten sollte aber auch dieses nicht statthaft sein. Es ist vielmehr erforderlich, die fertig aneinandergehefteten Mantelschüsse zusammen mit den Böden bzw. die fertig zusammengebauten und vorher in die Bodenhalungen eingepaßten Flammrohrschüsse unter die Bohrmaschine zu bringen und die Nietlöcher gleichzeitig durch alle Blechdicken zu

bohren. Ebenso werden die Nietlöcher in den Bodenhalungen erst nach dem Einfahren der Flammrohre und gleichzeitig durch diese gebohrt.

Die am meisten gebräuchliche Maschine zum Bohren von Mänteln ist die Radialbohrmaschine ähnlich Fig. 469, die entweder einzeln an einer Wand bzw. an Säulen oder zu mehreren an einem langen wagerechten Träger befestigt wird. Für das Bohren von Rundnähten erhalten die Bohrschlitten Schrägstellung, um, ohne ein jedesmaliges Drehen, in derselben Lage des Kessels mehrere Löcher der Rundnaht hintereinander bohren zu können.

Zahlentafel Nr. 96

zur Schnellauf-Radial-Bohrmaschine, Fig. 469.

Durchmesser des Kesselmantels . . . mm	1200	1500	1800	2200	2400	2500	
Wandstärke "	12	15	18	21	23	25	
Nietlochdurchmesser "	21	23	23	25	27	29	
Umlaufzahl des Bohrers "	510	460	460	420	390	360	
Zeitdauer zum Bohren } in überlappter Naht, d. h. doppelte Blechstärke							
von 100 Löchern } in Längsnaht mit Außen- und Innenlaschen	Minuten	25	30	35	40	50	60
Kraftbedarf der Maschine an der Motorwelle gemessen PS		6	6	6	6	6	

Die Bohrspindel der Radialbohrmaschine, Fig. 469, ist ausbalanciert und in einer langen Büchse geführt, die in konischen, nachstellbaren Lagern läuft. Der Vorschub erfolgt selbsttätig kontinuierlich durch Wechselrädergetriebe in vier verschiedenen Geschwindigkeiten

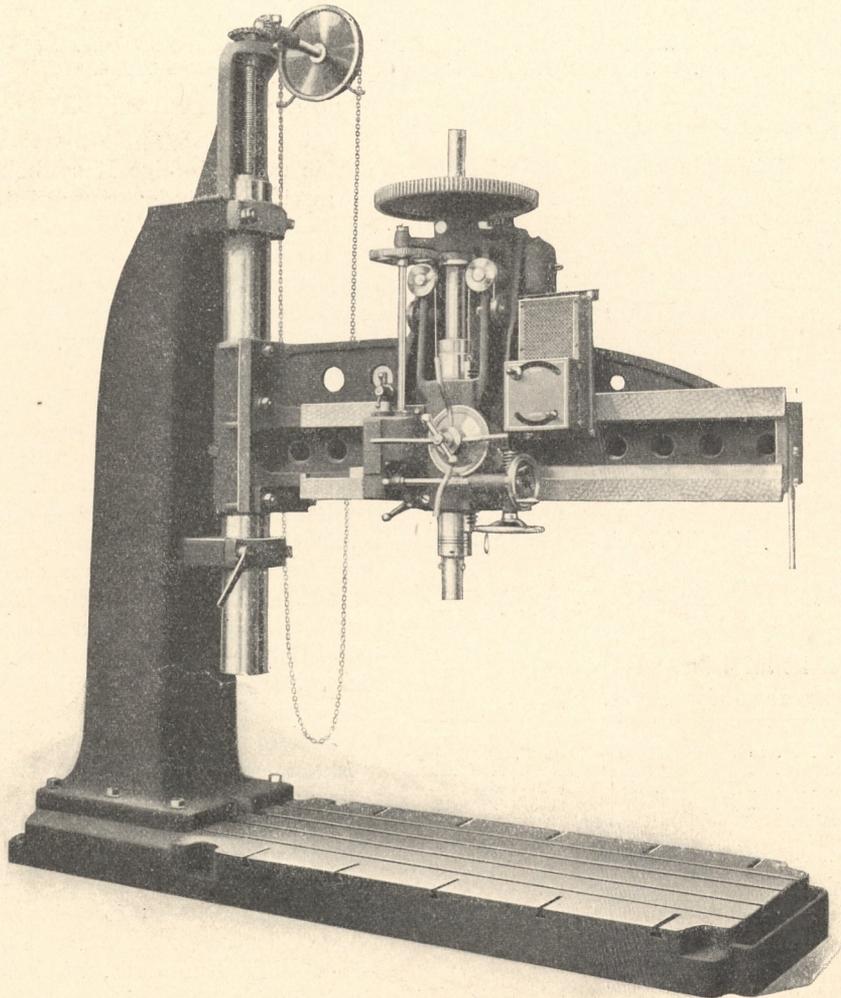


Fig. 469. Schnellauf-Radialbohrmaschine. 80 mm Spindeldurchmesser, 2000 mm Ausladung.
Ausführung: E. Hettner, Münstereifel.

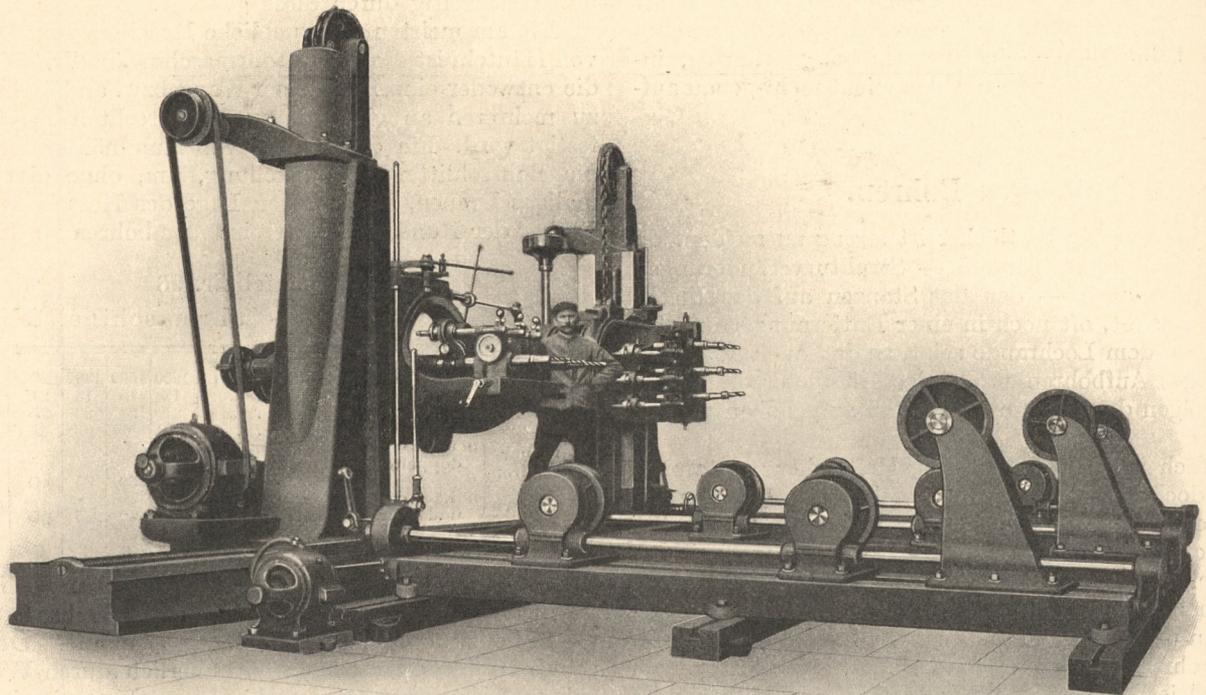


Fig. 470. Doppelte Kesselbohrmaschine mit 6 Spindeln und Rollgang.
Ausführung: Carl Klingelhöffer, G. m. b. H., Grevenbroich i. Rhld.

oder von Hand mittels Handrades durch Schnecke und Schneckenrad. Die Vorschubschnecke läuft in einem Ölbehälter. Dabei ist es möglich, den Vorschub der Bohrspindel an jeder Stelle auszulösen, worauf die Spindel durch Zahnstange und Rad rasch in die Höhe geführt werden kann. Ausleger und Schlitten sind vor dem Imgangsetzen der Maschine durch Klemmvorrichtungen derartig festzuziehen, daß sie beim Bohren zusammen mit dem Ständer ein starres Ganzes bilden. Beim Bohren von Löchern von 59 mm Durchmesser in Gußeisen wurde bei 120 Umläufen der Bohrspindel und 0,3 mm Vorschub, nachdem ein Loch von 20 mm vorgebohrt war, ein Nachgeben des Auslegers von nur 0,2 mm gemessen. Die Maschine wird durch einen Stufenmotor mit senkrechter Welle angetrieben, welcher für 13 Geschwindigkeiten regelbar und direkt auf dem Ausleger montiert ist.

Zahlentafel Nr. 97
betr. Bohrmaschine, Fig. 470.

Länge des Kesselmantels mm	7000	8000	9000	10000	11000	12000
Durchmesser des Kesselmantels "	1500	1800	2000	2200	2400	2500
Blechstärke "	12	15	18	21	23	25
Nietlochdurchmesser "	21	23	23	25	27	29
Tourenzahl d. Bohrers in 1 Minute	320	320	320	285	285	285
Zeitdauer z. Bohren von 100 Löchern ohne Einrichtung der Maschine resp. Umspannen des Kessels	überlappte Rundnaht Minuten		Längsnaht mit Außen- und Innenlasche Minuten			
	20	22	28	36	40	45
Kraftbedarf der kompletten Maschine zum gleichzeitigen Bohren von Längs- und Rundnaht	PS					
Zahl der Bohrer, die gleichzeitig im Betriebe sind.	6	6	6	6	6	6
Zahl des erforderlichen Personals für den vollen Betrieb.	1	1	1	1	1	1

Die mehrspindlige Kesselbohrmaschine, Fig. 470, ist mit zwei Bohrständern ausgerüstet und gestattet, Löcher bis zu 30 mm Durchmesser in Kesselwänden von etwa 800 bis 3500 mm Durchmesser und beliebiger Länge zu bohren. Jeder Bohrstand trägt einen Bohrschlitten mit je drei Spindeln, welche zum Bohren der Rund- und Längsnähte einstellbar sind. Die Bohrschlitten sind ausbalanciert und werden in der Höhe mit Schraubenspindeln eingestellt. Für das Bohren von Rundnähten sind die Bohrspindelstöcke radial verschiebbar, wobei die Bohrspindeln mit den Antriebsmechanismen durch Kugelgelenke verbunden sind. Während dabei die mittlere Bohrspindel festliegt, sind die beiden äußeren auf entsprechende Lochentfernung einstellbar. Die Verwendung ungleich langer Bohrer, deren Vorschub immer automatisch erfolgt, ist durch besondere Feineinstellung der einzelnen Bohrspindeln ermöglicht. Der Antrieb eines jeden Bohrschlittens wird durch einen an dem betreffenden Ständer angebrachten Elektromotor bewirkt, welcher seine Bewegung durch Stufenscheiben und Räderübersetzung auf die Bohrspindel sowohl als auch auf die Mechanismen zur Ständerverschiebung überträgt, während zum Drehen des Kessels mittels Rollganges ein weiterer Motor vorgesehen ist. Sämtliche Bewegungen können leicht vom Stande des Arbeiters aus geregelt werden, wodurch es auch ermöglicht wird, daß beispielsweise ein Arbeiter in zehn Stunden 600 bis 700 Löcher von 27 mm Durchmesser, abwechselnd für Längs- und Rundnaht, zu bohren vermag, und zwar einschließlich des Zeitraumes für das Aufspannen des Kessels und für das Auswechseln von Bohrern während der Arbeit.

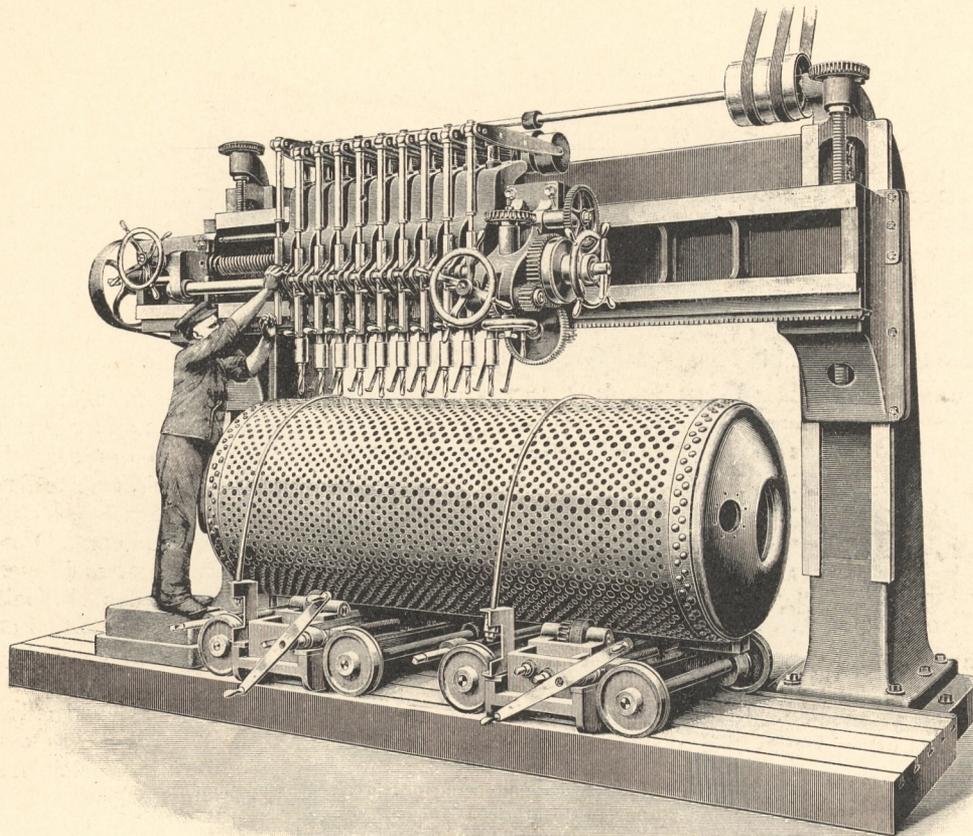


Fig. 471. Zehnspindlige Vertikal-Bohrmaschine.
Ausführung: Berliner Werkzeugmaschinenfabrik, Akt.-Ges., vorm. L. Sentker, Berlin N.

Zahlentafel Nr. 98
betr. Bohrmaschine, Fig. 471.

Blechstärke der Rohrwand mm	20			22			25			28		
	30	70	100	30	70	100	30	70	100	30	70	100
Tourenzahl des Bohrers in 1 Minute	250	80	60	250	80	60	250	80	60	250	80	60
Zeitdauer zum Bohren von 10 Löchern Sekunden	36	82	110	38	95	125	42	105	140	45	120	150
Kraftbedarf, an der Motor- welle gemessen PS	30	10-15	15	30	10-15	15	30	10-15	15	30	10-15	15

NB. Die 30er Löcher werden mit Vollbohrern gebohrt, während die 70er und 100er Löcher mit Vollbohrern vorgebohrt und dann mit dem Messer ausgeschnitten werden.

Eine zehnspindlige Vertikal-Bohrmaschine zum Bohren von 50 mm-Löchern in zylindrische Kesselmäntel bis 2000 mm Durchmesser zeigt Fig. 471. Der erste Vorschub kann entweder selbsttätig oder von Hand erfolgen. In ersterem Fall ist er kontinuierlich und durch Wechselräder dreifach veränderlich, sowie durch Umlagen eines Exzenters bei jeder Spindel einzeln aus- oder einrückbar. Im ausgerückten Zustande ist jede Spindel durch einen bequem zur Hand liegenden Griff in senkrechter Richtung frei beweglich und sind die Bohrspindeln durch Gegengewicht ausbalanciert. Andererseits können sämtliche Spindeln nach dem Lösen einer Friktion durch Betätigung eines Handrades gleichzeitig gehoben oder gesenkt werden. Durch ein Handrad am linken Ende des Schlittens können die Spindelgehäuse in beliebigen Abstand voneinander gebracht werden, auch ist das Querbett in der Höhe verstellbar.

In Fig. 472 ist eine neunspindlige Bohrmaschine zum Bohren von Wasserkammern abgebildet, wobei der zu bohrende Gegenstand mittels Gleitbettes in die jeweils

gewünschte Lage unter die seitlich und in der Höhe verstellbaren Bohrer gebracht wird.

Einen Bohrkörper zum Ausschneiden von größeren Rohrlöchern in Kesselböden zeigt Fig. 473.

Durch diese Konstruktion ist das Vorbohren von Führungslöchern für das Ausschneiden größerer Löcher mit Messern entbehrlich. Die hohle Bohrspindel enthält im Innern eine Körnerstange mit gehärteter Körnerspitze, die mittels Handrades fest in einen in den Mittelpunkt des auszuschlagenden Loches geschlagenen Körner gedrückt wird. Die Körnerstange macht die Drehbewegung und den Vorschub der Bohrspindel nicht mit und dient daher dieser, bzw. den Messern als sichere Führung. Ein Verlaufen der Messer ist ausgeschlossen; durch den Druck der Körnerstange auf das Blech wird der Ausschnitt herausgedrückt, ehe die Messer das Blech vollständig durchgeschnitten haben, so daß auch bis zum Schlusse der Selbstgang mit starkem Vorschub benutzt werden kann, ohne daß die Messer einhaken und zerbrechen. Abgesehen von dem Fortfall des zeitraubenden Vorbohrens von Führungslöchern hat die Einrichtung den Vorteil, daß der Ausschnitt für mancherlei Zwecke verwendet werden kann, weil kein Loch im Mittelpunkt des Abfallstückes entsteht. Der Messerkopf ist auswechselbar gegen einen Einsatz für Spiral- und Gewindebohrer. Am Bohrkörper ist ein Rädervorgelege mit Übersetzung 1:4 angebracht, wodurch bei Verwendung eines 5 PS-Stufenmotors, regulierbar 1:3, die Bohrspindel eine Veränderlichkeit von 1:12 erhält. Dieses entspricht bei der Maschine Fig. 473 einem Wechsel der Umlaufszahl von 18 bis 216 Umläufen in der Minute.

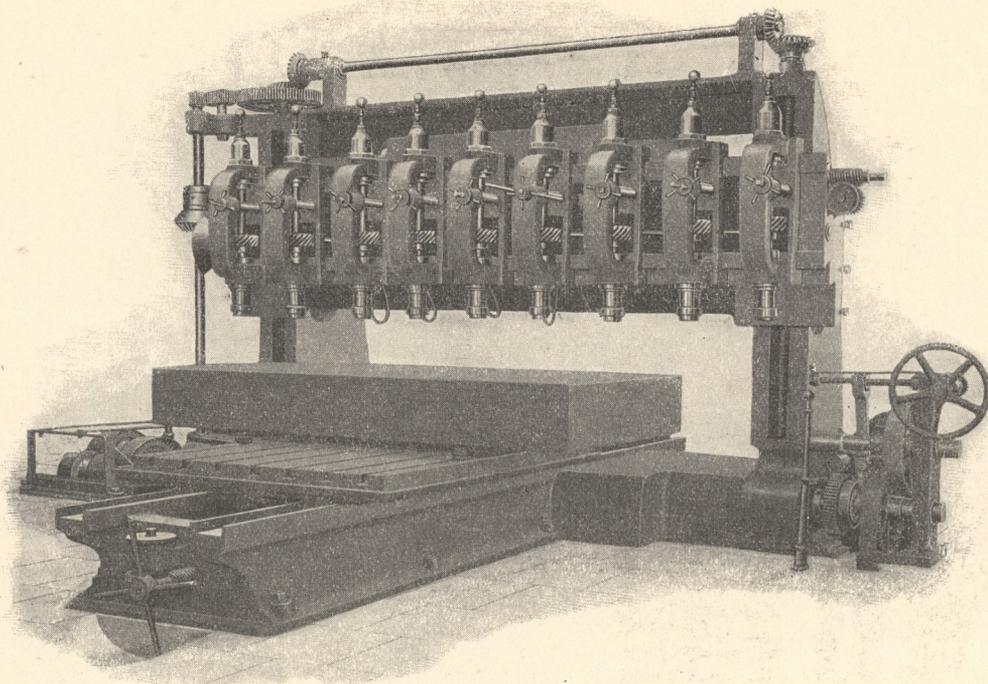


Fig. 472. Neunspindlige Bohrmaschine zum Bohren von Wasserkammern.
Ausführung: Otto Froiep, G. m. b. H., Rheydt.

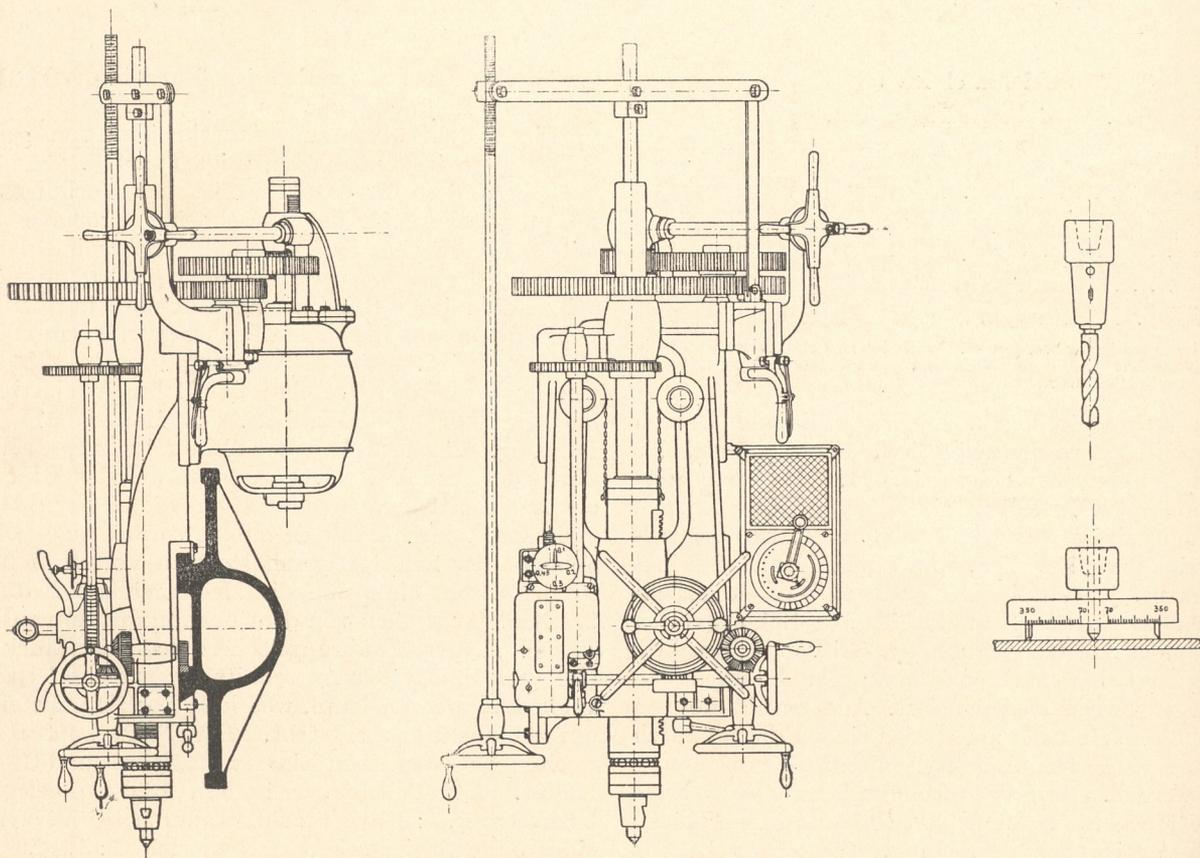


Fig. 473. Bohrkörper mit Körnerstange für Messerbohrer.
Ausführung: E. Hettner, Münstereifel.

In neuerer Zeit kommt zum Ausschneiden größerer Öffnungen (Mannloch- und Stutzenausschnitte) vielfach und mit großem Erfolge das Sauerstoff-Schneidverfahren, Fig. 474, in Anwendung. Hierbei wird, ähnlich wie bei den auf S. 306 beschriebenen autogenen Schweißungen, ein Brenner benutzt, welchem Wasserstoff und Sauerstoff unter entsprechend hohem Druck zugeführt werden. Der Vorgang des Schneidens vollzieht sich alsdann in der Weise, daß eine Heizflamme (Wasserstoffflamme) fortlaufend eine kleine Stelle des zu schneidenden Gegenstandes auf diejenige Temperatur bringt, bei welcher das

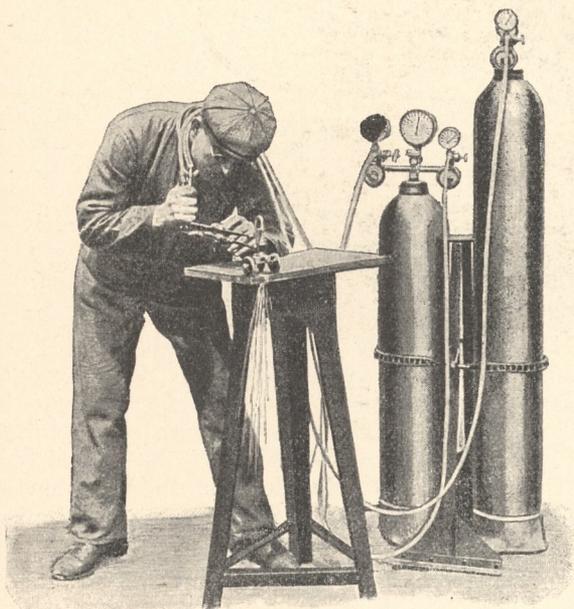


Fig. 474. Autogenes Schmelz- und Schneidverfahren. D. R. P. Ausführung: Chemische Werke Griesheim-Elektron, Frankfurt a. M.

Eisen im Sauerstoffstrom anfängt zu verbrennen, während durch die nachfolgende Sauerstoffflamme das Eisen geschmolzen wird bzw. verbrennt und durch die lebendige Kraft des Sauerstoffstrahles unter lebhaftem Funken-sprühen fortgeblasen wird. Es entsteht hierdurch ein schmaler Schnitt, der entsprechend der Geschicklichkeit des Arbeiters bzw. der sicheren Führung des Brenners mehr oder weniger glatt ausfällt. Eventuell wird auch der Brenner unter Zuhilfenahme einer maschinellen Führung fortbewegt, wenn es sich um besonders glatte Schnitte oder um das Ausschneiden einer größeren Zahl gleicher Stücke handelt.

Zahlentafel Nr. 99 enthält einige Angaben über den Gasverbrauch und die Kosten für 1 m Schnittlänge.

Zahlentafel Nr. 99

betr. autogenes Schneidverfahren, Fig. 474.

Blech- stärke mm	Schneide- zeit für 1 m Schnitt- länge Minuten	Gasverbrauch in Litern		Gaskosten in Pfennigen bei einem Preise von		
		Wasser- stoff	Sauer- stoff	M. 1,00 für 1 cbm Wasserstoffgas, M. 3,00 " " " Sauerstoffgas	Wasser- stoff	Sauer- stoff
10	5—6	100	140	10,0	42,0	52,0
50	6—7	125	650	12,5	195,0	207,5
100	8—9	325	1400	33,0	420,0	453,0
200	10—12	425	3350	43,0	1005,0	1048,0

Transportable Bohrmaschinen.

Kleinere transportable Bohrmaschinen zum Bohren von Löchern an zusammengebauten Kesseln — beispielsweise zwischen Feuerrohr und Bodenhalbung — sowie zum Aufreiben und Versenken von Nietlöchern, sind in einer modern eingerichteten Kesselschmiede fast unentbehrlich. Die Zeitersparnis, welche bei Anwendung solcher Maschinen erzielt wird, ist eine ganz bedeutende, da diese kleinen, transportablen Maschinen an Leistungsfähigkeit großen schweren Ständermaschinen nicht so sehr viel nachstehen. Die schweren Kesselteile aber brauchen dabei nicht transportiert zu werden, sondern die kleinen Bohrmaschinen werden mit Hilfe von Spann-winkeln usw. an dem Arbeitsstück befestigt. Solche Bohrarbeiten können daher auch eventuell vorgenommen werden, während der betreffende Teil des Kessels gleichzeitig von anderen Maschinen bearbeitet wird.

Der Antrieb transportabler Bohrmaschinen erfolgt in der Regel

- elektrisch oder
- durch Preßluft,
- seltener durch Transmission.

Bei der elektrisch angetriebenen transportablen Kesselbohrmaschine, Fig. 475, wird ein Rohr durch zwei sternartige Böcke in der Mitte des Kesselmantels und parallel zu seiner Längsachse befestigt, indem die mit gehärteter Spitze versehenen Spindeln nach außen geschraubt werden. An diesem Rohre ist drehbar und längs verschiebbar der durch ein Laufgewicht gut ausbalancierte Bohrrapparat angebracht.

Der auf letzterem befestigte Motor wird als Stufenmotor ausgebildet, wodurch alsdann die Bohrspindel bei Benutzung eines Regulieranlassers beispielsweise 160 bis 230 Umdrehungen in der Minute, regelbar in 13 Stufen, erhält. Zur bequemen Handhabung ist auf jeder Seite ein Handrad vorgesehen, durch welches die Bohrspindel in ihrer Längsrichtung verschiebbar ist. Eventuell kann auch außer dem Vorschub von Hand maschineller Vorschub in drei verschiedenen Stufen, Fig. 476, ausgeführt werden.

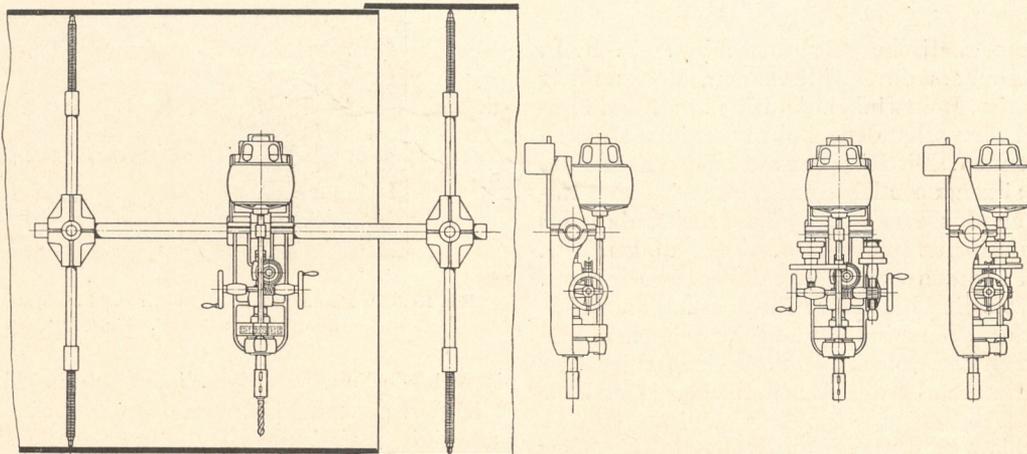


Fig. 475 u. 476. Transportable Bohrmaschinen. Ausführung: E. Hettner, Münstereifel.

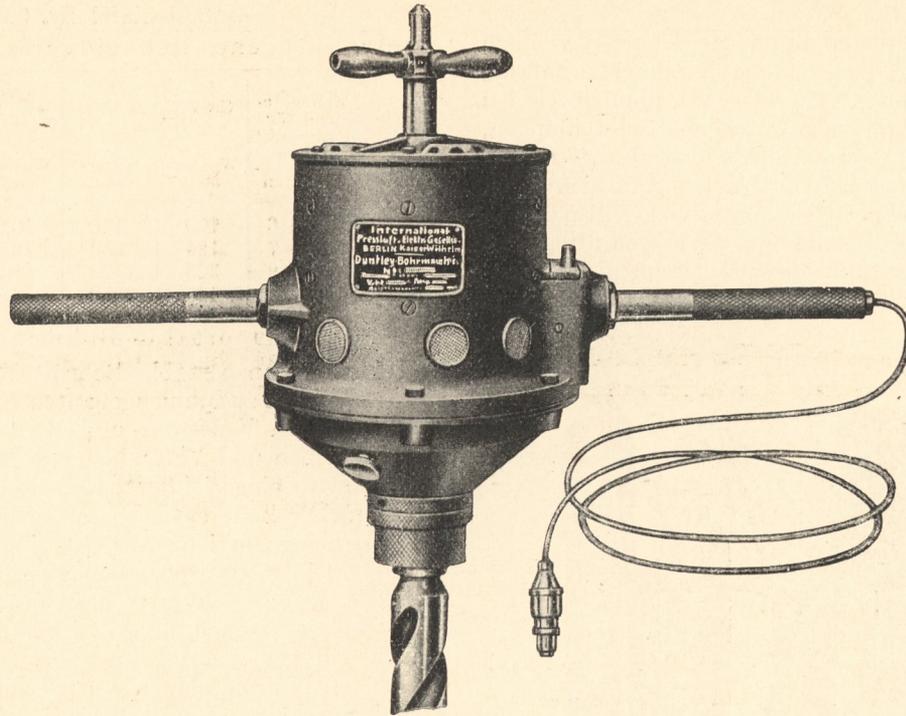


Fig. 477. Transportable elektrische Bohrmaschine, System Duntley.
Ausführung: Internationale Preßluft- und Elektrizitäts-Ges. m. b. H., Berlin C.

Die Fig. 477 zeigt eine elektrisch angetriebene transportable Bohrmaschine, wie sie mit einem, zwei oder drei Motoren ausgerüstet, für Gleich- oder Wechselstrom geliefert werden. Die Kühlung der eingekapselten Motoren erfolgt während des Betriebes selbsttätig und in intensiver Weise durch Luftzirkulation.

Maschine in wenigen Sekunden für die Vornahme der Arbeit eingestellt werden kann. Die Polschuhe an den Enden der Magnetspulen sind auswechselbar eingerichtet, um der Form der Arbeitsfläche angepaßt zu werden. Es

Zahlentafel Nr. 100

betr. elektrische Bohrmaschine, Fig. 477.

Art der Maschine	Type	Größt. Loch-durchmesser in Stahl in mm	Touren in 1 Minute	Stromverbrauch bei 110 Volt Amp.	Abmessungen				Gewicht der Maschine kg
					von Körperspitze bis Morsekonus mm	Vor-schub mm	von Außenseite Gehäuse bis Spindelmitte mm	Morse-konus Nr.	
Ein-motor-masch.	B	10	700	4	355	Brustplatte	54	Bohr-futter	7,2
	1-M-1-10	13	400	4	460	50	86	1	8,0
	1-M-2-12	22	220	8	445	88	113	2	15,5
	1-M-3-19	32	130	8	465	"	"	3	17,5
Zwei-motor-masch.	2-B-3-30 ¹⁾	32	160	10	395	108	76	3	22,5
	2-BM-4-44 ¹⁾	50	110	10	"	"	95	4	25
Drei-motor-masch.	3-M-4-36 ¹⁾	45	110	15	410	108	124	4	29
	3-M-4-48 ¹⁾	50	85	15	"	"	"	4	"

Die elektromagnetische Bohrmaschine, D. R. P. Fig. 478, ist besonders dort willkommen, wo es lästig und zittraubend ist, Bohrwinkel, Andrückhebel und ähnliche Hilfsmittel für vorhandene Bohrmaschinen anderen Systems anzuwenden. Mit Hilfe der auf beiden Seiten der Arbeitsspindel sitzenden Elektromagnete wird die Maschine so fest an das Werkstück angedrückt, daß das Bohren und Aufreiben von Löchern, Versenkungen usw. anstandslos und überaus schnell ausgeführt werden kann.

Dabei gestattet eine besondere Einrichtung die axiale Verschiebung der Bohrspindel und ein schnelles und genaues Zentrieren der Bohrspitze auf einen Körner an einem bestimmten Punkt der Arbeitsfläche, so daß die



Fig. 478. Elektromagnetische Bohrmaschine, System Burckhardt.
Ausführung: C. & E. Fein, Stuttgart.

ist erforderlich, daß sich die Polschuhe möglichst glatt mit ihrer ganzen Fläche an das Werkstück anlegen, weil sonst die anziehende Kraft der Magnete sich stark verringert.

¹⁾ Diese Maschinen werden auch für Rechts- und Linksgang ausgeführt.

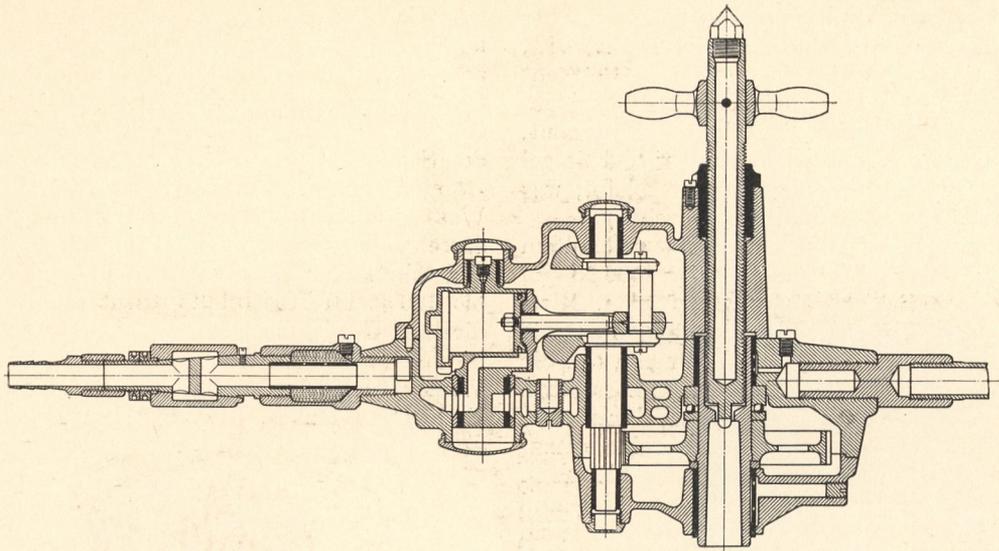


Fig. 479. Transportable Preßluftbohrmaschine. Bauart: W. Kühn.
Ausführung: Pokorny & Wittekind, Akt.-Ges., Frankfurt a. M.

Eine pneumatische, d. h. mit Preßluft angetriebene Bohrmaschine, zeigt Fig. 479. Vorhanden sind drei doppelwirkende, schwingende Zylinder mit Expansionssteuerung, die mit nur etwa 35 v. H. Füllung arbeiten und derart angeordnet sind, daß keine Stellungen auftreten können, bei welchen die Maschine nicht anspringt.

Zahlentafel Nr. 101

Zur Preßluftbohrmaschine, Fig. 479.

Modell Nr.	BO	BI	B I/II	B II	B II/III	B III
Für normale Bohrer bis mm	75	50	40	32	32	22
Morse-Konus Nr.	5	4	4	3	3	2
Gewicht der Bohrmaschine ca. . . . kg	35	25	17	16	11,5	11
Umdrehungen des Bohrers in 1 Minute im Belastungszustand	55	80	80	100	105	130
Luftverbrauch ¹⁾ in 1 Minute cbm	1,6	1,6	1,3	1,3	1,0	1,0
Schlauchweite mm	19	19	16	16	13	13

Das Abgraten der Nietlöcher.

Nachdem der Kesselmantel im fertig zusammengebauten Zustande gebohrt ist, werden die einzelnen Schüsse wieder voneinander getrennt, um den Bohrgrat entfernen und die aufeinander zu nietenden Teile der Platten auch von Rost und Zunder nochmals gründlich säubern zu können. Gleichzeitig mit dieser Arbeit wird meist auch das Versenken der Nietlöcher mittels leichter, elektrisch oder durch Preßluft angetriebener transportabler Bohrmaschinen vorgenommen.

10. Das Nieten.

In der Regel werden Flußeisennieten, und zwar mit vorgepreßtem Kopf, dem sog. Setzkopf, verwendet, so daß nach dem Einbringen des Nietschaftes nur noch der Schließkopf zu bilden ist. Die Stiftnietung, bei welcher nur einzelne, auf passende Länge zugeschnittene Stücke Rundeisen erforderlich sind, beide Köpfe also beim Nieten erst gebildet werden, kommt seltener zur Anwendung.

Zwecks leichteren Einbringens der Niete in die Löcher sind diese um 1 mm größer gebohrt, als der Durchmesser des Nietschaftes beträgt. Letzterer muß also entsprechend zusammengestaucht werden, um das Loch vollkommen auszufüllen, wofür das gleichmäßige

Ausglühen des Nietschaftes und das Einbringen der Niete in rotwarmem Zustande von großer Wichtigkeit ist.

Die Reihenfolge der Nietung erfolgt in der Weise, daß zuerst die Längsnaht des betreffenden Mantelschusses bis auf einige Entfernung, an die Rundnaht und dann letztere selbst genietet wird. Sowohl in der Längs- wie in der Rundnaht werden erst einige Niete in der Nähe der Heftschrauben und dann die dazwischenliegenden Niete eingezogen, da sich sonst die Bleche leicht verschieben und infolgedessen die letzten Nietlöcher nicht mehr genau aufeinander passen würden.

Man unterscheidet grundsätzlich zwischen

1. Handnietung und
2. Maschinennietung.

Die Handnietung hat gegenüber der Maschinennietung den einzigen Vorteil, daß zu ihrer Ausübung nur geringe Anlagekosten erforderlich sind, denn abgesehen von einem Gegenhalter werden zum Schlagen der Niete nur ein Schellhammer und einige Zuschlaghämmer gebraucht. Außer dem Nietenwärmer, Nietenstecker bzw. Vorhalter und dem Kesselschmied, der den Schellhammer führt, sind bei der Handnietung je nach Nietgröße 2 bis 3 Zuschläger erforderlich, während bei der Maschinennietung diese Zuschläger fehlen, da hierbei außer dem Nietenwärmer und Nietenstecker nur ein Maschinenführer benötigt wird. Sodann geht die Maschinennietung viel schneller vor sich, wodurch der Betrieb leistungsfähiger wird und sich schließlich sogar die Kosten der beiden Verfahren ohne Berücksichtigung der leichteren Stemmarbeit bei der Maschinennietung ungefähr wie 4 bis 6:1 verhalten.

Der größte Nachteil der Handnietung ist außer der Unwirtschaftlichkeit der, daß bei Niete von größerem Durchmesser und größerer Länge der Schaft mit Handhämmern nicht mehr genügend zusammengestaucht werden kann, und infolgedessen das Nietloch nicht so vollkommen wie bei der Maschinennietung ausgefüllt wird. Demzufolge hat denn auch die Handnietung eine geringere Festigkeit und Dichtigkeit gegenüber der Maschinennietung. Ferner ist der Gleitwiderstand bei der Handnietung etwa um 50 v. H. geringer als bei der Maschinennietung.

Fast bei jedem Kessel wird nun eine Rundnaht — meist am vorderen Boden — von Hand genietet, weil ihr mit der Maschine nicht beizukommen ist. Da die

¹⁾ Sämtliche Angaben über Luftverbrauch beziehen sich auf die angesaugte Luftmenge, d. h. Luft von atmosphärischer Spannung.