

Arbeitsweise der selbsttätigen Drehbänke Kritik und Versuche

Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktor - Ingenieurs.

Von der Königlichen Technischen Hochschule zu Stuttgart genehmigt.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Herbert Kienzle

aus Schwenningen a. N.

Berichterstatter: Professor A. Widmaier.

Mitberichterstatter: Professor E. Veesenmeyer.

Vorgelegt am 22. Juli 1912

Genehmigt am 3. Februar 1913

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913.

Arbeitsweise der selbsttätigen Drehbänke Kritik und Versuche

Dissertation

zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs.

Von der Königlichen Technischen Hochschule zu Stuttgart genehmigt.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Herbert Kienzle
aus Schwenningen a. N.

Berichterstatter: Professor A. Widmaier.

Mitberichterstatter: Professor E. Veesenmeyer.

Vorgelegt am 22. Juli 1912

Genehmigt am 3. Februar 1913

Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH

1913.

ISBN 978-3-662-24540-8 ISBN 978-3-662-26686-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-26686-1

Meinen Eltern gewidmet

ARBEITSWEISE DER SELBSTTÄTIGEN DREHBÄNKE, KRITIK UND VERSUCHE.

Entwicklung.

Das in der Massenfabrikation herrschende Bestreben, ein bestimmtes Arbeitsstück mit dem kleinsten Aufwand an Zeit, Arbeit und Kosten herzustellen, führte von der einfachen Drehbank mit dem von Maudslay 1790 geschaffenen Support über die Revolverbank zur hochentwickelten, vielseitigen selbsttätigen Revolverdrehbank.

Der erste Support trug ein einziges Werkzeug, mit dem ohne Änderung der Gestalt, Stellung und Bewegungsrichtung der Schneide des Werkzeugs an dem Arbeitsstück nur

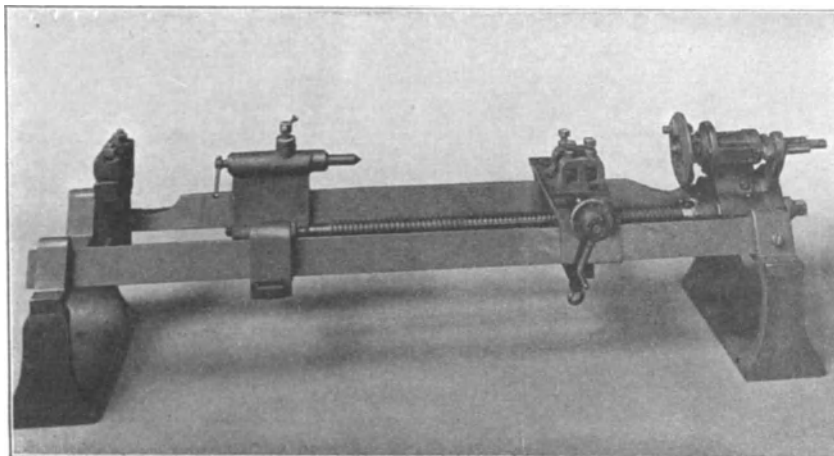


Fig. 1.

Erste Schraubenschneidmaschine von Maudslay.

eine Schnitarbeit vorgenommen werden konnte. Die Längsbewegung des Schlittens wurde durch die von Hand getriebene Leitspindel bewirkt.

Die erste Stufe der Verbesserung war die zwangsläufige Verbindung der den Support bewegenden Leitspindel mit einem sich drehenden Teil der Antriebvorrichtung (Fig. 1)*. Dem bedienenden Arbeiter war aber die Wahl der Werkzeuge, Geschwindigkeiten und Vorschübe und die Reihenfolge der Arbeiten noch freigestellt. Die nächste Stufe brachte die Verwendung mehrerer Werkzeuge, deren Reihenfolge und Gestalt im voraus festgelegt wurde. Sie wurden von dem Revolver getragen, einem drehbaren Kopf, der mit dem Support bewegt und auf ihm gedreht und verriegelt werden konnte. Der erste Revolver wurde von Hand geschaltet (Fig. 2), wobei jede der einzeln vorzunehmenden Bewegungen, wie das Zurückziehen des Schlittens, das Entriegeln und Drehen des Revolvers, das Vorholen des Schlittens, von Hand eingeleitet werden mußte. Das Be-

streben war, diese Tätigkeit der Hand auszuschalten und gleichzeitig die Bewegungen in ihrer Reihenfolge zu sichern, so daß mit dem Hin- und Hergang des Revolverschlittens das Entriegeln, Drehen, Verriegeln der Reihe nach eingeleitet wurde. Die Ausführungsarten der Schaltung und Verriegelung des Kopfes durch den Selbstgang des Schlittens sind verschieden.

Mit der Forderung der Austauschbarkeit der Stücke und Ein-

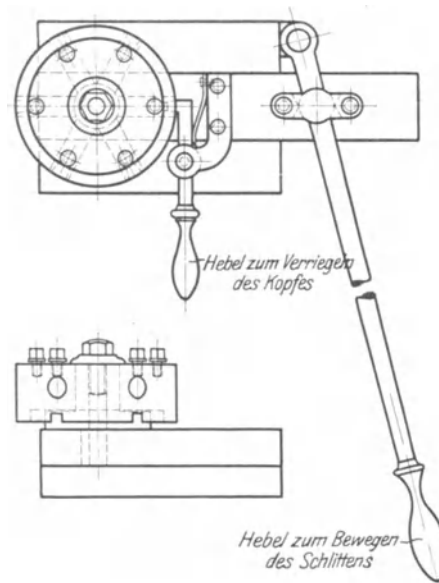


Fig. 2.

Erster Revolver.

führung der Normalisierung im Maschinenbau trat das Bedürfnis nach Herstellung gleichmäßiger austauschbarer Drehteile auf. Entsprechend dem großen Bedarf und bei dem Mangel an Arbeitskräften stellte sich in Amerika zuerst das Bedürfnis ein, die Werkstücke vollständig selbsttätig herzustellen. Und so war es Amerika vorbehalten, aus der Revolverbank über die Stufe der halbautomatischen Drehbank die vollautomatische Drehbank zu entwickeln.

Verschiedene amerikanische Firmen hatten schon von 1855 an die Herstellung von Revolverbänken aufgenommen (Jones and Lamson, Pratt & Whitney, Brown & Sharpe). Die Schwierigkeit bestand vor allem in der Schaffung eines geeigneten Vorschub- und Spannmechanismus für Stangenmaterial, der es ermöglicht, die Stange ohne Anhalten der Spindel vorzuschieben und zu spannen. Durch das Parkhurst-Patent 1871 (U. St. P. 118 481) für Handrevolverbänke (Fig. 3)* war zugleich eine wichtige Vorbedingung für

*) Amerikanische Patentschrift 118 481. Diese Vorrichtung wurde in Deutschland erst im Jahre 1880 angewendet (s. Werkstattstechnik 1. August 1912), S. 386.

*) Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure 1912. 9. III.

die selbsttätige Maschine geschaffen. Es wird durch einen Hebel ein Schieber hin und her bewegt. Beim Rechtsgang löst er zuerst die Festspannung des Materials durch Verschieben einer Kegelhülse, die zwei Spannhebel freigibt. Das durch die Spindel hindurchgehende Rohr kann zurückgehen, die Spannpatrone läßt die Stange los, die dann erst

volverbänke diese Vorrichtung unverändert beibehalten haben. Der Arbeiter hat also den Revolverschlitten bis zum Angriff des Werkzeuges zu bringen und mit der entsprechenden Arbeitsgeschwindigkeit entlang dem Arbeitstück zu bewegen, die Querschlitten von und zu dem Stück zu führen und die Materialvorschub- und Spannvorrichtung von Hand zu betätigen.

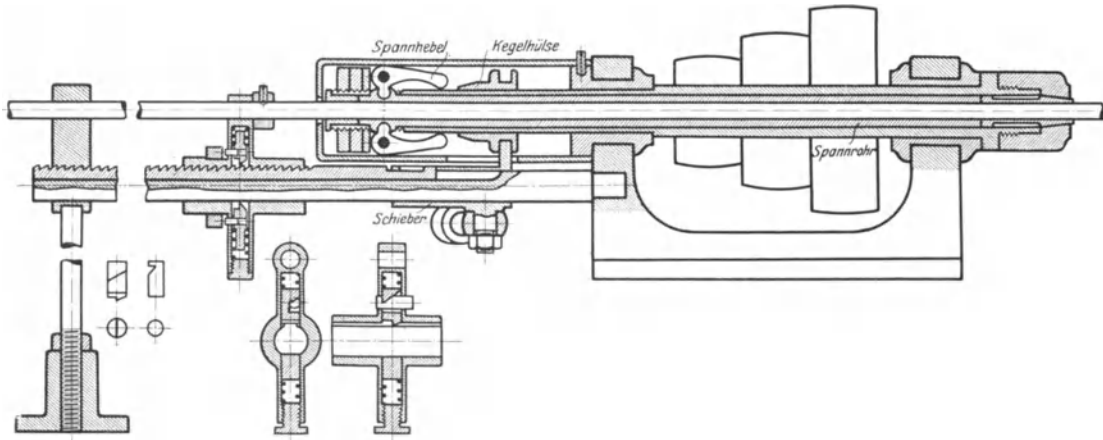


Fig. 3.

Erste Vorrichtung zum gleichzeitigen Schieben und Spannen von Stangenmaterial. Patent Parkhurst.

durch Sperrstange und Sperrstift vorgeholt wird. Beim Linksgang des Hebels drückt der Spannhebel das Spannrohr und die geschlitzte Patrone gegen den aufgeschraubten Kegel, wodurch die Stange festgehalten wird. Der Materialvorschub ist durch Verschieben eines Spannringes einstellbar. Die Kegelhülse und die Spannhebel laufen mit der Spindel.

4*) stammt aus dem Jahre 1873. Der Vorschub- und Spannmechanismus ist gegenüber dem von Parkhurst durch ein Vorschubrohr verbessert, das durch die Hohlspindel geht, die Stange mit genügender Reibung greift und bis zum Spannfutter schiebt, so daß das Material bis auf einen kleinen Rest verarbeitet werden kann. Dieses Rohr, auf welches das Schiebefutter aufgeschraubt wird, ist heute ganz allgemein bei allen Stangenautomaten angebracht. Schon hier taucht für das Gewindeschneiden die Verwendung verschiedener Geschwindigkeiten der Material- und Werkzeugspindel auf, was dann verlassen und später mit der verlangten Leistungssteigerung in anderer Form wieder aufgenommen wurde. Das Wesen des Vollautomaten, die Steuerung aller Bewegungen durch eine mit Kurven versehene Welle, ist in der Patentzeichnung schon vorhanden. Ein Anspruch darauf besteht aber nicht, obgleich diese Steuerwelle das wesentliche Merkmal für die selbsttätige Maschine ist.

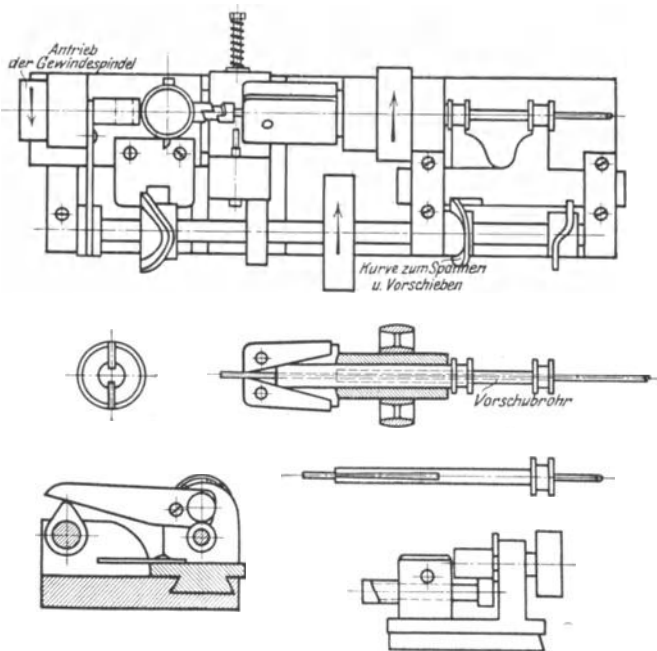


Fig. 4.

Erster Spencer-Automat.

Die Spannung ist durch axiales Verstellen der Spannhebel einstellbar. Wird der Schieber nach links bewegt, so muß die Stange stehen bleiben, der gefederte Sperrstift gleitet über die Zähne der Sperrstange weg, der Schieber selbst ist gegen Zurückgehen gesichert. Durch eine Hin- und Herbewegung des Hebels ist der Materialvorschub vollzogen. Schon in diesem Patent sind alle Anforderungen an einen Vorschub- und Spannmechanismus, wie Änderung der Vorschublängen und der Spannung, leichte Betätigung durch eine einzige Hebelbewegung, erfüllt, so daß noch neuere Re-

Für jede einzelne Bewegung ist eine Kurve notwendig. Da die Vorgänge bei jedem Arbeitstück derselben Art die gleichen sind, müssen entweder gleiche Kurven aufeinanderfolgen, oder es ist für die Einleitung einer bestimmten Bewegung nur eine Kurve nötig, wodurch die Bewegung rhythmisch gestaltet wird. Während einer Umdrehung der Steuerwelle erfolgen alle einzelnen Bearbeitungsvorgänge, d.h. auf eine Umdrehung der Steuerwelle ist ein Arbeitstück fertig, ganz unabhängig von der Zahl der zur Fertigstellung der Stücke nötigen Arbeitsvorgänge.

In seinem weiteren Patent vom Jahre 1880 (U. St. P. 232255) schuf Spencer die eigentliche Bauart Spencer, die zuerst von der Hartford Machine Screw Co. fabrikmäßig hergestellt wurde (Fig. 5**). Das Hauptkennzeichen ist die unter dem Spindelkopf und dem Revolverschlitten angeordnete Kurvenwelle. Auf dieser befindet sich für die Bewegung des Revolverschlittens eine Trommel von großem Durchmesser, auf welcher Kurvenstreifen in verschiedener Stellung angebracht werden können. Für die Bewegung der Querschlitten sind zwei Kurvenscheiben vorhanden, für Riemenumschaltung Knaggen, die auf einer Scheibe verstellbar sind und durch einen Hebel den Riemen zu verschieben haben. Schon damals***) stellte sich die Notwendigkeit heraus, zur Ver-

*) U. St. P. 143 306.

***) U. St. P. 232 255.

***) Also nicht zuerst im Jahre 1892 von James Bruce Clyne in Cleveland angewendet (s. Werkstattstechnik 1. August 1912, S. 389).

ringerung der toten Zeit, d. h. für raschen Werkzeugwechsel und rasches Heranführen des Revolverschlittens in Arbeitsstellung wie für Riemenschaltung, die Steuergeschwindigkeiten durch ein Wechselgetriebe gegenüber der Arbeitsgeschwindigkeit zu steigern. Die Bauart Spencer ist bis heute von amerikanischen Firmen wie Pratt & Whitney u. a. beibehalten worden und war auch das Vorbild für die von Löwe in Berlin und Herbert in Coventry (England) gebauten Automaten. Wenn bauliche Verbesserungen angebracht wurden, geschah dies nur, um größere Genauigkeit und Leistungsfähigkeit sowie eine vielseitigere Verwendbarkeit zu erzielen.

Der Cleveland-Automat*) (Fig. 6) der Cleveland Automat Machine Co ist in seiner Arbeitsweise dem Spencer-Typ ähnlich, weicht aber in seinem äußeren Aufbau stark von diesem ab. Der Spindeltrieb erfolgt mittels zweier Räder mit zwei Geschwindigkeiten, von denen die kleinere zum Gewindeschneiden dient. Für rasche Leerlaufbewe-

Eine Weiterentwicklung der Spencer- und der Cleveland-Automaten vollzog sich in der Schaffung von Maschinen mit Doppelspindel, wobei die Spindeln in derselben Achse gegeneinanderliegen und das Arbeitstück nach einseitiger

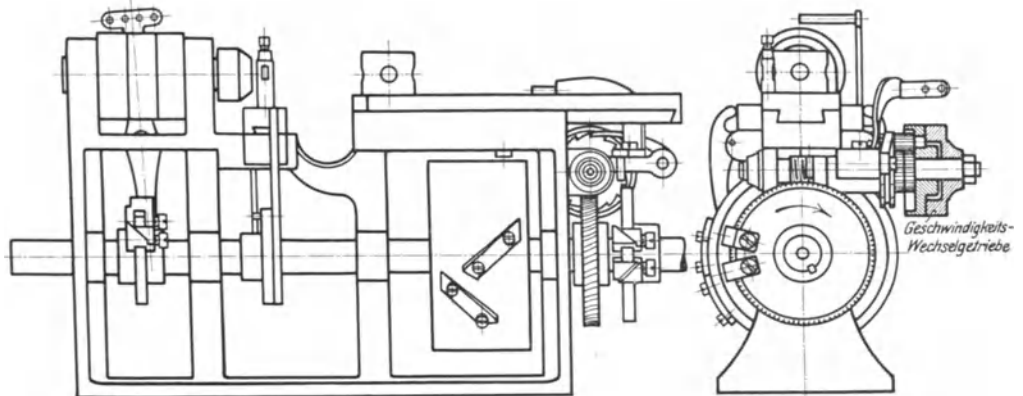


Fig. 5.

Zweite Bauart Spencer.

Bearbeitung in der zweiten Spindel festgespannt wird. Diese Maschinen eignen sich für doppelseitige Bearbeitung von Stücken mit zwei Gewinden oder zwei Ansätzen; sie haben aber nur geringe Verbreitung gefunden.

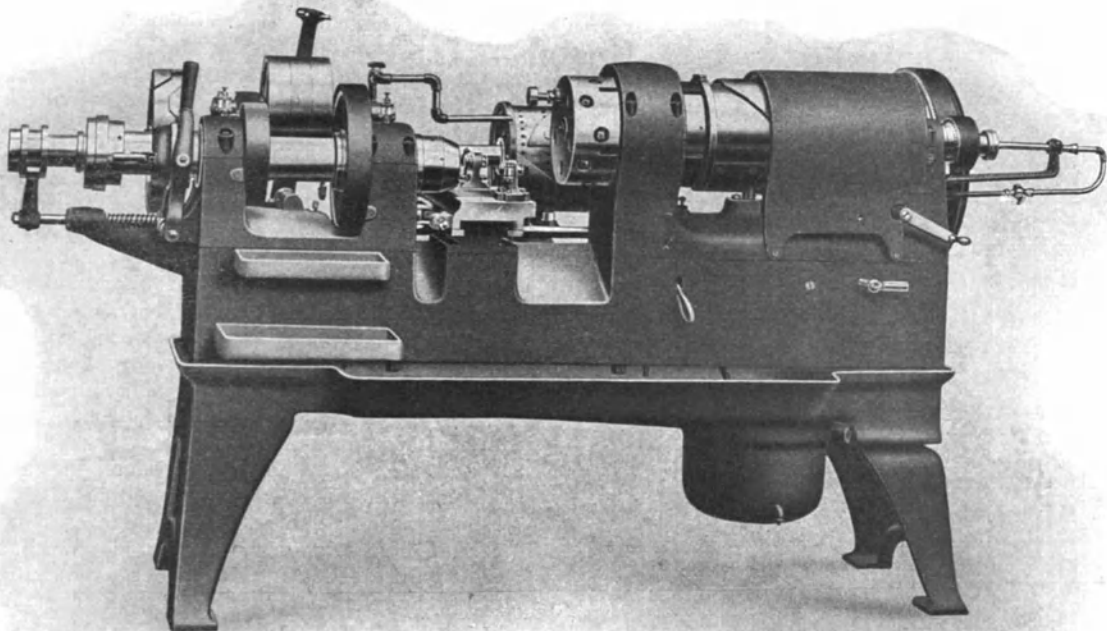


Fig. 6.

Cleveland-Automat.

gungen und langsame Arbeitsbewegungen wurde in späteren Ausführungen der Steuertrieb über Differentialräder mit einem einstellbaren Reibungsgetriebe für verschiedene Arbeitsvorschübe verbunden. Die Steuerkurven sind auf einer Trommel aufgebracht, die sich auf der an der Rückseite der Maschinen angebrachten Steuerwelle befindet, so daß das Maschinengestell mit Rücksicht auf die Trommeln nicht durchbrochen werden muß. Die Bauart eignet sich vor allem für schwere Schnitte.

Eine weitere Verbesserung brachte der Gridley-Automat (Fig. 7), der sich durch Trennung der Werkzeugbewegungen auszeichnet. Die Trommeln haben einen großen Durchmesser und sind mit auswechselbaren Kurvenstücken versehen. Der Vierkantrevolver ist wagrecht gelagert und übernimmt nur die Dreheinstellbewegung. Das Heranholen der Werkzeuge geschieht auf Schiebern, die auf dem Vierkantkopf einzeln herangeführt werden können, so daß hier die bewegten Massen und damit Kraftverbrauch und Abnutzung klein sind. Die Steuerwelle erhält durch ein Differentialwechselgetriebe einen raschen und einen langsamen

*) D. R.-P. 66 734 und 100 009.

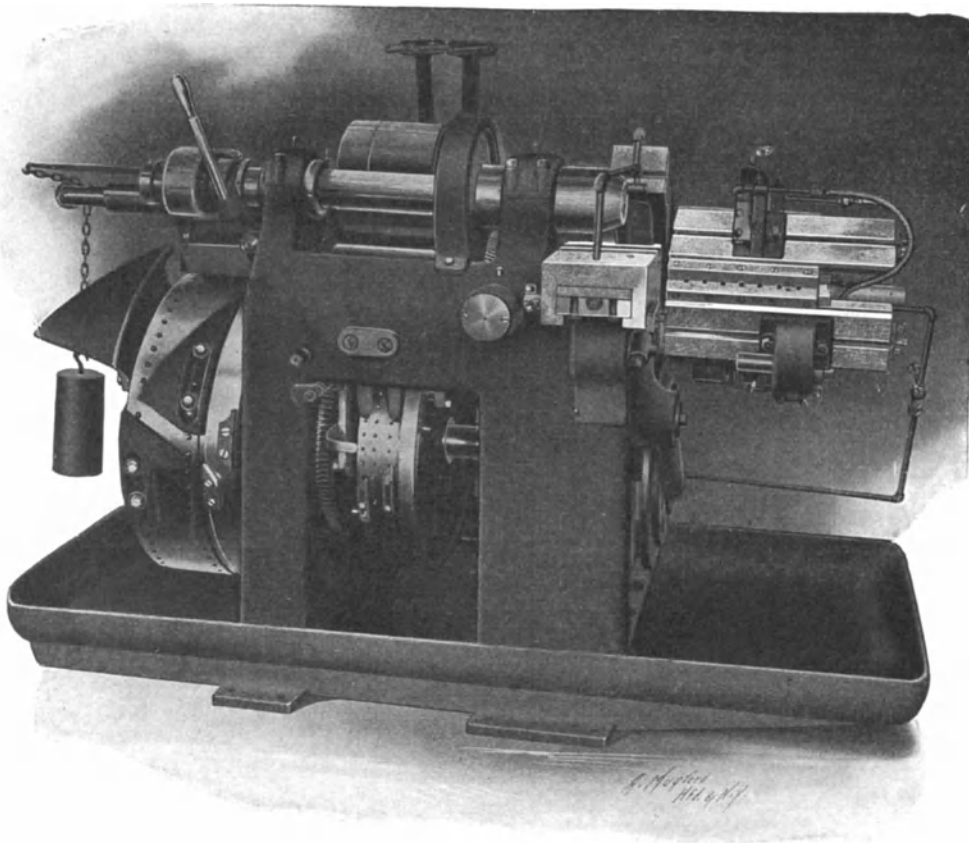


Fig. 7.

Gridley-Automat.

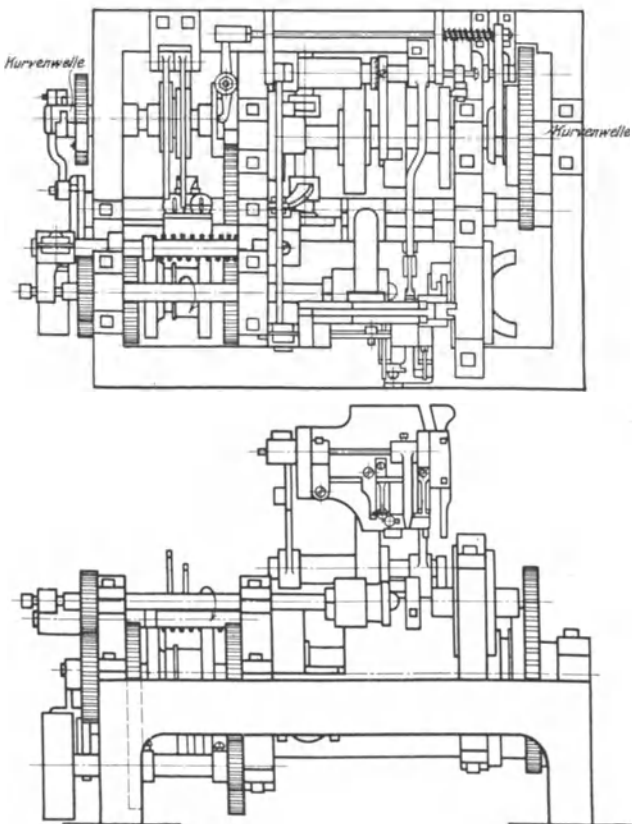


Fig. 8.

Gewindeschneidautomat für Stiftschrauben.

Antrieb. Die Drehung des Revolverkopfes erfolgt unabhängig durch direkten Antrieb mittels Schnecke und Rad. Der Automat wird in neuerer Zeit auch durch zwei regelbare Elektromotoren, je einer für die Arbeitsspindel und die Steuerung, angetrieben. Ihre Regelung geschieht durch besondere Kurventrommeln.

Einen ganz anderen Weg schlugen Brown & Sharpe in Providence ein. Schon im Jahr 1880 hatte Worsley ein Patent auf einen Gewindeschneidautomaten für Stiftschrauben erhalten (Fig. 8*). Dieser wurde aber wohl nie in größerem Maßstab ausgeführt. Das Prinzip der Ableitung aller Bewegungen von einer Kurvenwelle wurde in folgerichtiger Weise durchgeführt. Das Arbeitstück wird einem Vorratsraum entnommen, festgehalten und das Gewinde von einem sich drehenden Gewindeschneidkopf auf eine bestimmte Länge geschnitten. Durch Umkehrung der Drehrichtung läuft der Schneidkopf ab.

Eine grundlegende Bedeutung erlangte erst der in dem Worsley-Patent U. St. P. 424527, 1890 (Fig. 9) beschriebene Automat. Der Revolver besitzt an Stelle einer senkrechten

Achse eine wagerechte, wodurch die Zugänglichkeit zu den Werkzeugen erhöht wird und die Revolverwerkzeuge aus dem Bereich der Quersupporte kommen. Rein äußerlich kennzeichnet sich der Automat durch möglichst nahen Zusammenbau der Einzelteile. Alle Steuerungsteile sind eingeschlossen und wenig zugänglich. Er besitzt, im Gegensatz zum Spencer-Automaten, keine großen Kurventrommeln, sondern kleine Kurvenscheiben. Die Spindel wird durch zwei entgegengesetzt laufende Riemenscheiben angetrieben. Die Umschaltung für Gewindeschneiden geschieht durch eine Doppelreibungskupplung, nicht durch Riemenumschaltung. Während der Spencer-Automat durch eine Trommelwelle gesteuert wird, deren Geschwindigkeit den Arbeits- und Leerlaufzeiten entsprechend durch ein Wechselgetriebe verändert wird, wendet Worsley als erster das Prinzip der Hilfststeuerwellen an. Es sind dies Steuerungsteile, auf denen Kurven angebracht sind, welche regelmäßig wiederkehrende Schaltbewegungen, wie Spindelumschaltung, Revolverkopfschaltung, Zurückziehen des Abstechsupportes, Materialvorschub, Spannen und Zurückholen des Vorschubrohres, durch eine stoßweis einsetzende Vollandrehung einer Hilfststeuerwelle vollziehen. Dieser Hilfststeuerwelle kann eine hohe Geschwindigkeit gegeben werden, die nicht zulässig wäre, wenn sie dauernd umliefe und Bewegungen für andere Glieder des Automaten hervorbringen müßte. Die Welle macht nur eine Umdrehung für die benötigte Schaltung und ruht, bis derselbe Vorgang wiederholt werden muß. Eingeleitet werden diese Schaltungen durch Kurven und Knaggen auf der Hauptsteuerwelle, die sich mit gleichmäßiger Geschwindigkeit dreht, wobei mit einer Umdrehung, d. h. während einer Arbeitsperiode, ein Arbeitstück mit hllen Arbeitsvorgängen fertiggestellt wird. Alle nicht nutzbaren Bewegungen werden von der

*) U. St. P. 232 869.

raschlaufenden Hilfsteuerwelle abgeleitet, von der mit gleichbleibender Geschwindigkeit laufenden Hauptkurvenwelle werden nur die nutzbaren Tätigkeiten ausgeführt. Die toten Zeiten werden so auf ein Mindestmaß gebracht, und der Wirkungsgrad der Maschine, d. h. das Verhältnis der nutzbaren Zeit zur Gesamtherstellungszeit eines Stückes, wird gesteigert.

Dieser Automat wurde seit 1890 von Brown & Sharpe gebaut. (Fig. 10, Ausführung des 1. Br.-&Sh.-Automaten.) Er zeichnet sich vor allem durch die Ausbildung außerordentlich rasch schaltender Vorrichtungen aus, die seither auch im weiteren Werkzeugmaschinenbau Verwendung gefunden haben. Das Umschalten der Spindel geschieht durch eine Reibungskupplung, wobei zwei Scheiben entgegengesetzt angetrieben werden und nur die Massen der Kupplung und der Hohlspindel umzusteuern sind. Die plötzliche Umschaltung erfolgt durch zwei gespannte Federn, die in dem bestimmten Augenblick den Kupplungshebel herumwerfen. Abweichend von der bisher üblichen Revolverkopfschaltung mittels Sperrrad und Klinke beim Selbstgang des Schlittens wird der Revolverkopf durch ein sich stoßweis einmal drehendes Zahnrad geschaltet. Die Schaltung des Kopfes erfolgt während einer Umdrehung der Welle, indem durch eine Kurve das Entriegeln, Drehen und Verriegeln des Kopfes der Reihe nach vollzogen wird. Um für verschiedene Arbeitslängen den Leergang des Revolver Schlittens zu vermeiden, sind Spindelstock und Abstech Schlitten zusammengebaut und können auf dem Gestell gegen den Revolverkopf verschoben und festgespannt werden. Die Vorschublänge wird durch einfaches Verstellen einer Hülse beliebig geändert, ohne daß es nötig ist, die Maschine abzustellen. Die Kurven für Materialvorschub und Spannung wie für Änderung der Drehrichtung der Spindel bleiben für alle Arbeitstücke gleich. Der Querschlitten ist zweiteilig, um den Vorschub beliebig auf einen bestimmten Durchmesser des zu bearbeitenden Stückes einstellen zu können. Der Unterschlitten wird durch ein Zahnsegment und eine Zahnstange bewegt, der Oberschlitten ist beliebig einstellbar. Das Zurückholen des Abstech Schlittens geschieht zwangsläufig.

Auf dieser Grundlage entstand der Brown-&Sharpe-Automat nach Patent Davenport U. St. P. 604306 vom Jahr 1898, der in seiner Ausführung bis heute noch keine Änderung erfahren hat, da er außerordentlich rasch und sicher arbeitet. Die bauliche Anordnung ist übersichtlicher, die Kurven liegen frei und sind zugänglicher. Die Revolverkopfschaltung ist durch einen vereinigten Kurbel- und Schaltradantrieb, der stoßfreier ist als die Schaltung über Zahnsegment und Zahnrad, verbessert. Durch die Vereinigung dieser Schaltvorrichtungen werden die Werkzeuge rascher in Arbeitstellung gebracht und wieder zurückgeholt. Es sind zwei unabhängige Querschlitzen vorhanden, die von zwei auf der Hauptsteuerwelle angebrachten Kurven durch Zahnsegmente gesteuert werden, wobei für den hinteren Schlitten doppelte Übertragung durch ein zweites Zahnsegment nötig ist. Mit diesem Automaten ist die Ent-

wicklung des Einspindelautomaten für die Massenfabrikation bis heute abgeschlossen. Er genügt in seinen letzten Stufen den Bedingungen einer schnellen Arbeit, die in bestimmten Grenzen auch den Anforderungen der Genauigkeit entspricht.

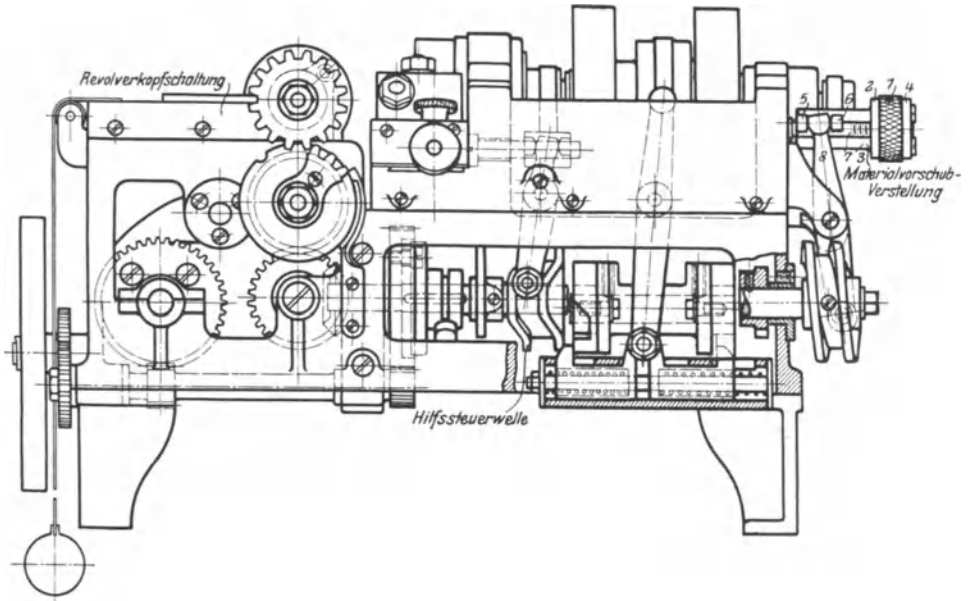


Fig. 9.

Erster Brown & Sharpe Automat.

Von einem Arbeiter mit normaler Geschicklichkeit kann die Maschine leicht bedient werden. Einzelheiten ihrer Mechanismen sind später von anderen Automaten übernommen worden. Das Prinzip der Hilfsteuerung durch raschkreisende,

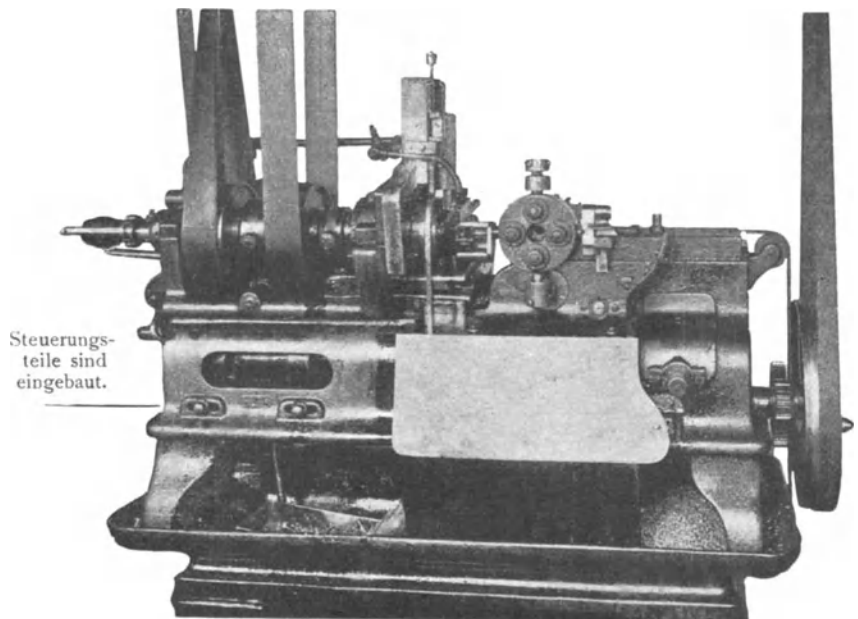


Fig. 10.

Ausführung des ersten Brown & Sharpe Automaten.

stoßweis angetriebene Kurvenwellen ist erst in neuerer Zeit aufgenommen worden, so z. B. in dem Steinhäuser- (Fig. 11) und in dem Gerstatt-Automaten (Fig. 12). Der letztere zeigt schon äußerlich die Verwandtschaft mit dem Brown-&Sharpe-Automaten (Fig. 10 u. 61); er besitzt Einzelantrieb, Räderkasten für verschiedene Spindelgeschwindigkeiten und für verschiedene Vorschübe.

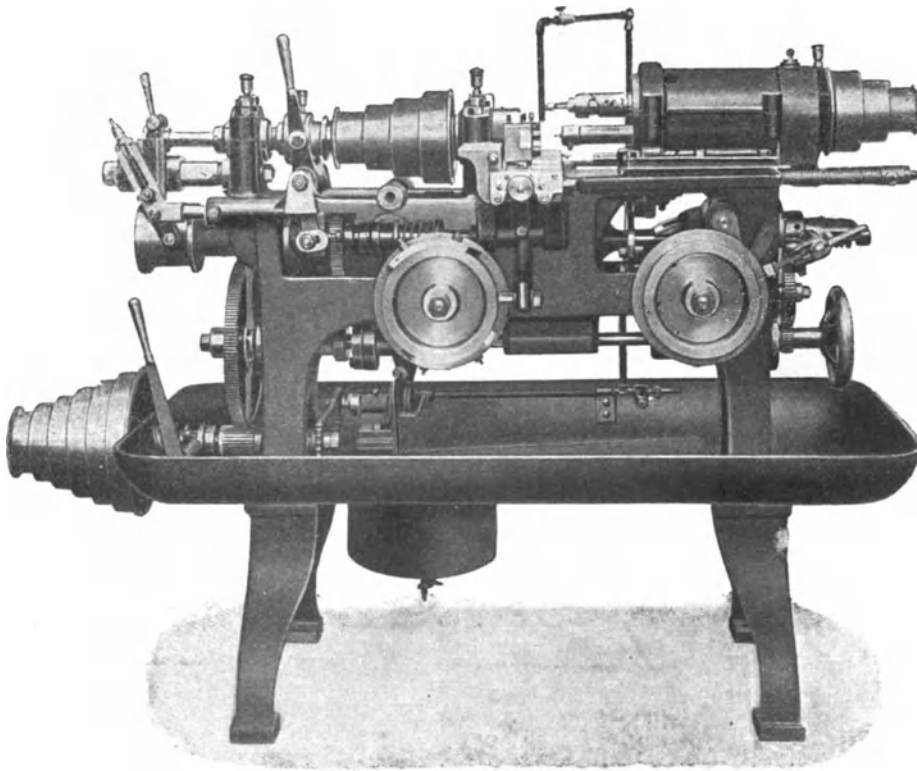


Fig. 11.
Steinhäuser-Automat.

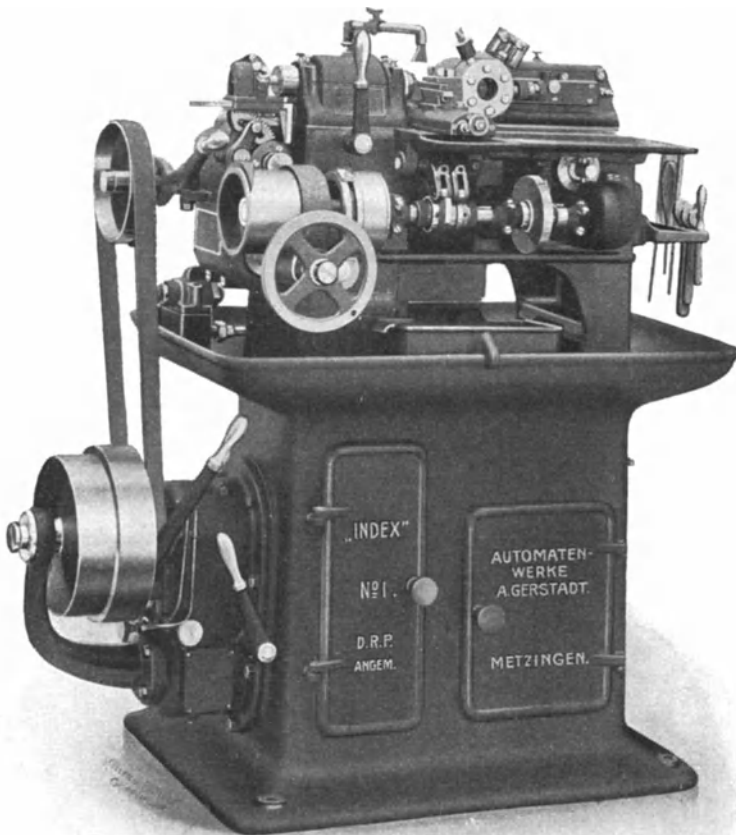


Fig. 12.
Gerstatt-Automat.

In der Schweiz entstand schon 1876 unabhängig von den in Amerika geschaffenen Automaten ein Kleinautomat für Taschenuhldrehteile. Das Verdienst, einen solchen geschaffen zu haben, gebührt Jakob Schweizer. Da jedoch der Patentschutz in der Schweiz damals ungenügend war, so wurden diese Automaten bald allgemein bekannt. Der zuerst von der Hartford Machine Screw Co. gebaute Stehli Automat ist eine Nachahmung des Systems Schweizer. Die Materialstange wird in der Spindel wie gewöhnlich eingespannt und bewegt sich mit dieser. Der Spindelstock selbst erhält Längsbewegung in der Richtung der Spindelachse. Die Stange wird an der Schnittstelle in einer glasartigen, genau geschliffenen Hülse geführt, die in der Mitte der Spindelachse sitzt. Die Werkzeugschlitten erhalten nur eine Bewegung senkrecht zur Spindelachse. Durch die Längsbewegung des Spindelstockes und die Querbewegung der Werkzeugschlitten ist eine allseitige Bearbeitung des Stückes direkt an der Hülse ermöglicht, so daß Teile von jeder Form und Länge mit großer Genauigkeit hergestellt werden können. Ein nach diesen Regeln gebauter Automat ist in Fig. 13 dargestellt, die Figur zeigt die Maschine mit offenen Kurven.

Aus der einspindligen automatischen Revolverdrehbank entwickelte sich Anfang der 90er Jahre die mehrspindlige, bei welcher mehrere Spindeln in einem drehbaren Körper, dem Spindelzylinder, gelagert sind und eine gleichzeitige Bearbeitung mehrerer Stücke stattfindet. Während bei dem Einspindler die Arbeitspindel in ihrer Lage bleibt und der Werkzeugwechsel durch den Revolver vorgenommen wird, fällt bei dem Mehrspindler dem Spindelzylinder die Aufgabe zu, durch Drehen um einen bestimmten Betrag das Arbeitstück zum nächsten Werkzeug zu bringen. Der Werkzeugträger führt alle Werkzeuge gleichzeitig in Arbeitstellung, so daß der Vorschub für alle derselbe ist. Die Herstellungszeit für ein Stück ist gleich der Zeit des längsten Arbeitsvorgangs, vermehrt um die Zeit für Rück- und Vorholen des Werkzeugkopfes, während welcher der Spindelzylinder die Drehung vollzogen hat. Der erste Mehrspindler war der Acme-Vierspindel-Automat der National Acme Manufacturing Co. in Cleveland mit 4 Arbeitspindeln (Fig. 14). Einen Fortschritt in bezug auf die Bauart brachte der von der Windsor Machine Co. in Vermont, Ver. Staaten, gebaute Gridley Vierspindel-Automat (Fig. 15) durch die gemeinsame Lagerung des durch einen Schaft verbundenen Spindelzylinders und Werkzeugschlittens; es wird dadurch dauerndes zentrisches Zusammenarbeiten gesichert. Neben diesen beiden amerikanischen Vierspindlern wäre noch der Simplexautomat (Fig. 16) der Acme Lathe Co. in England zu nennen, der im wesentlichen mit dem Acme-Automaten verwandt ist und sich von diesem nur durch die Art der Revolverschaltung und des Gewindegewindenscheidens unterscheidet. Der Automat wird heute nicht mehr gebaut. Der Universal-Fünfspindler der Universal Machine Screw Co., Hartford Ver.

Staaten, weist neben diesen keine besonderen Merkmale auf. Der Lester-Automat (Fig. 17) der Davis Sewing Machine Co. Dayton hat 3 Arbeitsspindeln, denen sechs Werkzeugspindeln gegenüberstehen. Durch einen Vorschubrüderkasten lassen sich 24 verschiedene

Arbeitsgeschwindigkeiten ohne das sonst übliche Einsetzen von Wechselrädern erzielen.

Die neueste Entwicklungstufe zeigt der Davenport Fünfspindler (Fig. 18) der Davenport Machine Tool Co. New Bedford Ver. Staaten, der die Vorzüge des Einspindlers mit denen des Mehrspindlers vereinigt. Jedes Werkzeug wird auf einer besonderen Spindel durch eine besondere Kurvenscheibe unabhängig von den anderen in Arbeitstellung gebracht, wobei der Vorschub beliebig geändert werden kann. Jede Werkzeugspindel ist auf eine genaue Arbeitslänge einstellbar. Wie bei den rasch arbeitenden Einspindlern übernimmt auch hier eine rasch laufende, stoßweis angetriebene Hilfsteuerwelle mit gleichbleibenden Kurven die Steuerung regelmäßig wiederkehrender Schaltbewegungen. Außer den fünf im Werkzeugspindelkopf geführten Werkzeugen können noch vier weitere Werkzeuge arbeiten, wovon zwei auf Seitenschlitten, zwei durch Schwinghebel an die Arbeitsspindeln herangeführt werden; für jedes sind besondere Anschläge vorhanden.

In Deutschland ging die Entwicklung dahin, vor allem die Spencer- und Cleveland-Bauart zu vervollkommen. So haben Ludwig Loewe & Co., Berlin, besonders die Herstellung des Spencer-Automaten aufgenommen, während die Leipziger Werkzeugmaschinenfabrik sich mit dem Ausbau des Cleveland-Automaten und in neuerer Zeit auch mit dem Bau von Mehrspindlern (Bauart Acme) befaßt hat. Es sind, unabhängig von den amerikanischen Vorbildern, verschiedene Arten von Schraubautomaten ohne Revolverkopf geschaffen worden, wie z. B. der Wuttig - Automat von Georg Wuttig in Dresden (Fig. 19), der es ermöglicht, einfache Arbeitstücke mit Gewinde sehr rasch herzustellen, ohne beim Gewindeschneiden die Spindel stillzusetzen. Eine ähnliche Bauart haben die sich wenig von einander unterscheidenden Automaten von Heyne, von Hau und von Schmit (alle in Offenbach) und Schwerdtfeger, Wiesbaden, bei welchen die Steuerwellen sich vorn und hinten an der Maschine befinden und die Werkzeuge meist auf Schwenkarmen dem Stück genähert werden.

Damit ist die Entwicklungsreihe der Einspindler und

Mehrspindler in Hinsicht auf die wichtigsten Arbeitsbedingungen abgeschlossen.

Neben den zum Teil genannten Systemen entstanden noch verschiedene Typen, die aber im wesentlichen keine

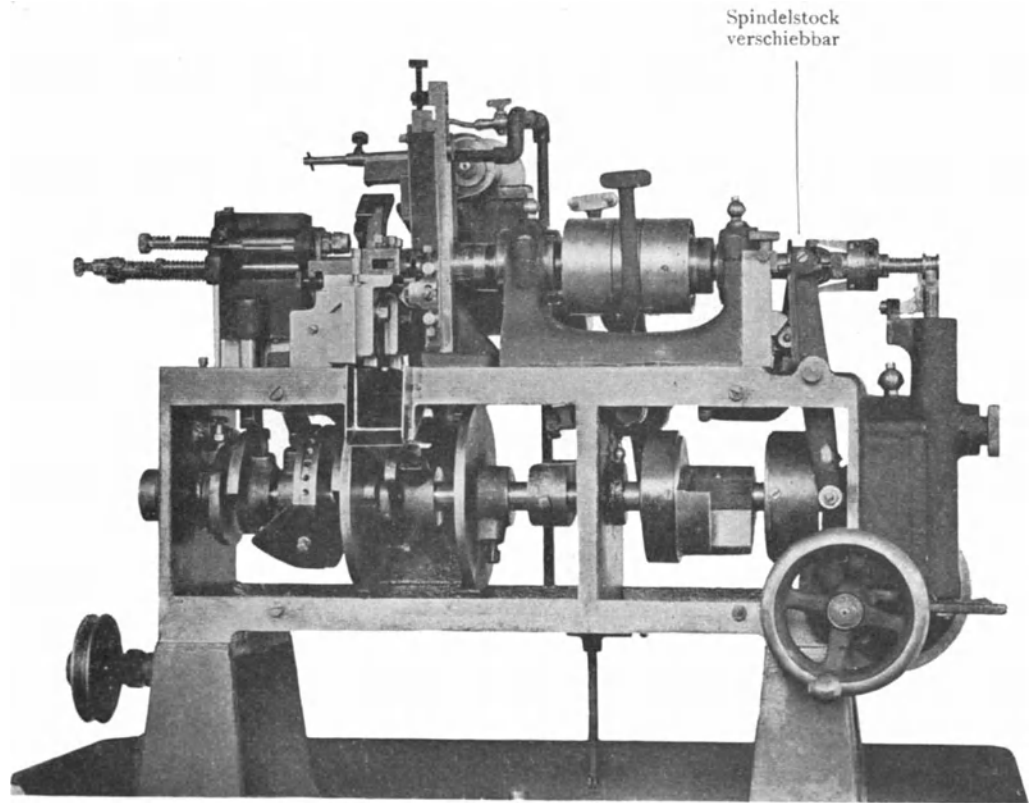


Fig. 13.

Stehli-Automat.

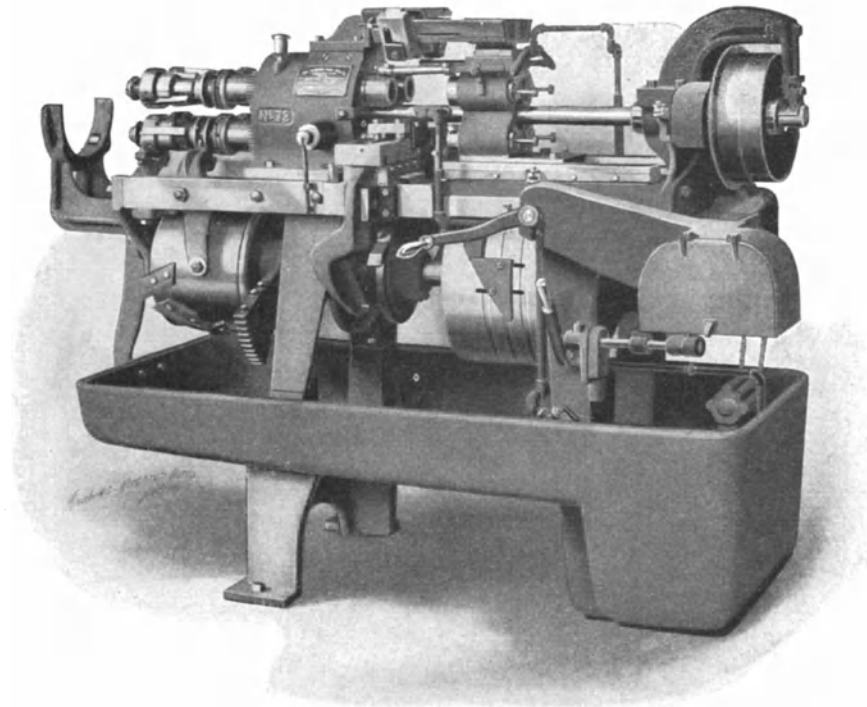


Fig. 14.

Acme-Vierspindelautomat.

weiteren Entwicklungstufen aufweisen. Die für Sonderzwecke gebauten Automaten enthalten keine besonderen Merkmale. Die automatische Revolverdrehbank ist also eine

der jüngsten Werkstattmaschinen, die erst aus dem Bedürfnis der Massenfabrikation entstanden ist. Nur wenig mehr als 30 Jahre sind verflossen, seitdem der erste von Spencer geschaffene Automat die amerikanische Werkstatt verlassen hat. Während dieser Zeit hat sich der Automat in allen

mäßige Arbeit liefert, wie sie der Automat für kleinere Stücke und vor allem für Stangenarbeit leistet. Den Anforderungen auf Anpassung der Geschwindigkeiten und Vorschübe an das Werkstück, Material und Arbeitsvorgang kann dieser Automat weitgehend gerecht werden. Die Werkstücke werden von Hand eingespannt. Die acht Arbeitsspindeln sind in dem wagrechten Drehtisch senkrecht gelagert, der die Stücke der Reihe nach unter die arbeitenden Werkzeuge bringt. Jede der Spindeln hat neben den allen Spindeln gemeinsamen acht Geschwindigkeiten noch 3 unabhängige Geschwindigkeiten. Jedes Werkzeug besitzt universale Vorschubbewegungen gegen das Arbeitstück und quer zum Arbeitstück. Der Vorschub der Werkzeuge und die Tischbewegung geschehen hydraulisch, wodurch eine Sicherung für die Werkzeuge geschaffen ist, die bei ganz zwangläufigen Bewegungen fehlt. Die Vorschubgeschwindigkeiten werden durch Einstellen von Steuerstiften selbsttätig geändert. Durch die verschiedenen Bewegungen, wie Werkzeugbewegung in der Längsrichtung der Arbeitsspindel und durch die Tischbewegung, wird die Bewegung der steuernden Organe eingeleitet. Die Steuerräder bewirken teils hydraulisch, teils mechanisch die verschiedenen Schaltbewegungen, wie Regelung der Vorschubgeschwindigkeiten, Umschaltung für Rückholbewegungen und Tischschaltungen.

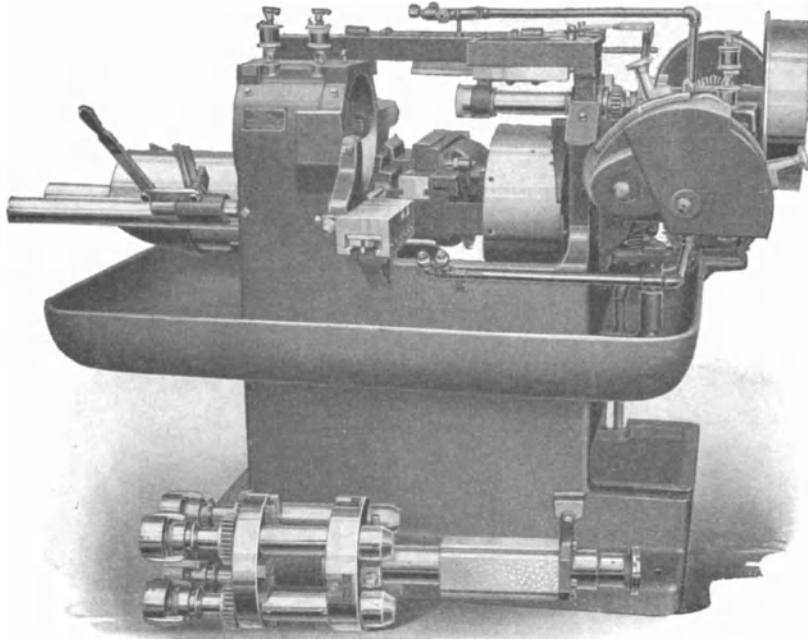


Fig. 15.
Gridley-Vierspindelautomat.

zweckmäßig arbeitenden Werkstätten eingebürgert. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen; es hat in erster Linie der rasch arbeitende Automat große Aussichten für neue Anwendungsgebiete.

einer bestimmten Zeit mit einem Mindestmaß von Arbeitsaufwand selbsttätig hergestellt werden. Nach der Art der zu bearbeitenden Arbeitstücke scheiden sich die Automaten in Stangenautomaten, Magazinautomaten, Futterautomaten.

Verschiedenheit der Automaten in Beziehung auf Verwendungszwecke.

Der Automat kennzeichnet sich als eine Werkzeugmaschine, mit der durch Anhäufung von gleichzeitig oder nacheinander arbeitenden Werkzeugen ein oder mehrere Arbeitstücke in einer bestimmten Zeit mit einem Mindestmaß von Arbeitsaufwand selbsttätig hergestellt werden. Nach der Art der zu bearbeitenden Arbeitstücke scheiden sich die Automaten in Stangenautomaten, Magazinautomaten, Futterautomaten.

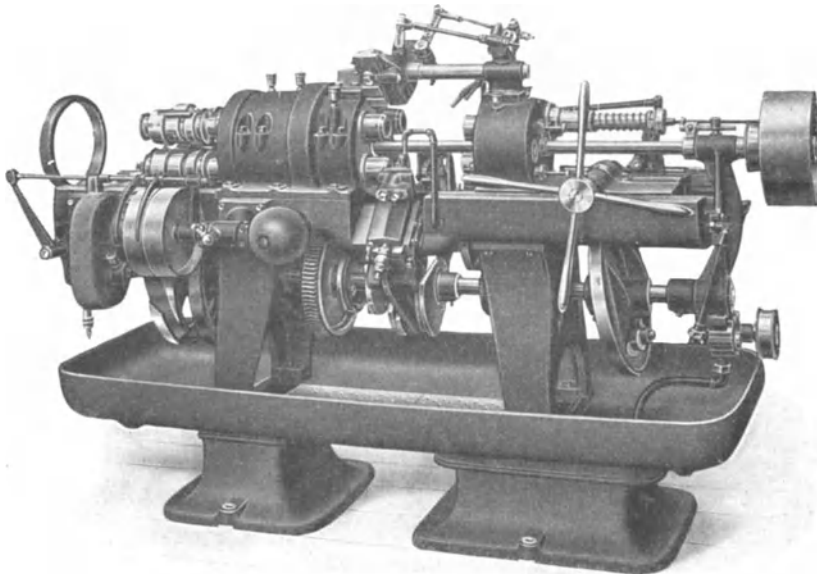


Fig. 16.
Simplex-Automat.

Ganz neu und vollständig von den Bauarten der selbsttätigen Revolverdrehbänke abweichend ist die selbsttätige Maschine von Wanner in Horgen (siehe Schlesinger, Werkstattstechnik, Mai 1911), die für die Bearbeitung von Guß- und Schmiedestücken ebenso selbsttätige und zweck-

Als Vollautomaten sind nur die beiden ersten zu betrachten. Die Grenze für den Materialdurchgang ist beim Stangenautomaten nach oben durch die Schwierigkeit festgelegt, schwere Stangen von 2–3 m Länge ohne ungünstigen Einfluß auf die Spindellagerung und damit auf die Arbeitsgenauigkeit mit einer entsprechenden hohen Umdrehungszahl laufen zu lassen. Die Stangen sind nie ganz gerade, und die auftretenden Erschütterungen sind infolge der nur einseitigen Festhaltung im Spannfutter auch bei kleinen Maschinen so stark, daß die Spindellagerung darunter leidet. Da auch für Stangenarbeit von großem Durchmesser der Bedarf klein ist und die Maschinen für größeren Durchgang entsprechend teuer sind, so sind die größten Stangenautomaten in ihrem Materialdurchgang begrenzt auf 100 bis 150 mm (Gridley-Einspindel und Cleveland). Für sehr starke Schnitte sind Revolverbänke billiger und geeigneter. Mit Schneideisen auf dem Automaten geschnittene Gewinde werden bei großem Durchmesser des Arbeitstückes ungenau. Diese Arbeiten werden immer mehr von Gewindefräsmaschinen übernommen, die damit in die Reihe der Halbautomaten einrücken.

Magazin-Automaten kommen bei zweiseitiger Bearbeitung in Verwendung, wenn ein halbfertiges Stück in einem zweiten Arbeitsgang fertiggestellt werden soll. Die halbfertigen Stücke werden in ein Magazin eingelegt (Fig. 20). Das Heranführen desselben geschieht entweder auf dem

Querschlitzen (Fig. 20 a) oder durch Einschwingen auf einem besonderen Hebel und durch besondere Kurvenscheiben (Fig. 20 b und c) oder durch den bei Magazinarbeiten frei werdenden Vorschubmechanismus (Fig. 20 d). Das unterste der im Magazin liegenden Stücke wird gewöhnlich vom Revolverkopf aus durch einen Dorn in das Futter geschoben und dort festgespannt. Es kann jeder Stangenautomat zum Arbeiten mit Magazinvorrichtungen eingerichtet werden.

Die Futterautomaten oder Halbautomaten dienen zur Bearbeitung von Guß- und Schmiedestücken, die von Hand eingespannt werden. Sie verlangen für die größeren Drehdurchmesser eine kräftige Ausbildung des Spindelstockes. Da für die oft bedeutenden Unterschiede im Drehdurchmesser desselben Arbeitstückes die Möglichkeit eines raschen und bequemen Wechsels der Geschwindigkeiten nötig ist, besitzen die Halbautomaten wie die Revolverbänke einen Räderkasten für mehrere Spindelgeschwindigkeiten. Die Stelle der Leitspindel übernimmt die Steuertrummel. Für Vorschubwechsel während des Arbeitens müssen Vorkehrungen getroffen sein, die den Vorschub automatisch dem Stück und dem Arbeitsvorgang anpassen.

Der Potter- & Johnston-Halbautomat (Fig. 21) besitzt einen dreifachen selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel; außerdem ist der normale Geschwindigkeitswechsel durch einen Satz Wechselräder für 6 Geschwindigkeiten möglich, so daß zusammen 18 Spindelgeschwindigkeiten vorhanden sind. Um eine Verstellung der Kurven für den Revolver Schlitten und zugleich unnötigen Überhang der Werkzeuge zu vermeiden, ist der Spindelstock für verschiedene Arbeitslängen auf dem Bett einstellbar. Der Querschlitten ist einteilig und kann in der Richtung der Spindelachse verschoben werden. Für den Vorschubantrieb sind zwei selbsttätige Geschwindigkeitswechsel vorgesehen: eine rasche, direkt vom Hauptantrieb abgeleitete Geschwindigkeit und eine durch ein Differentialgetriebe verlangsamte. Die selbsttätigen Umschaltungen werden durch eine Scheibe mit einstellbaren Nocken bewerkstelligt. Der Querschlitten wird durch Zahnstange und Trieb von einer zylindrischen Kurve aus gesteuert. Die Steuertrummel für den Revolver macht vier Umdrehungen während einer Umdrehung der Steuerwelle, d. h. während einer vollen Arbeitsperiode. Es ist also für alle vier Werkzeuge nur eine Vorschubkurve erforderlich, wobei der Arbeitsvorschub für alle derselbe bleibt. Bei dem älteren System ist die Anordnung einer großen Trommel auf der Hauptsteuerwelle nötig, auf der für jedes einzelne Werkzeug eine besondere einstellbare Kurve vorhanden ist. Bei

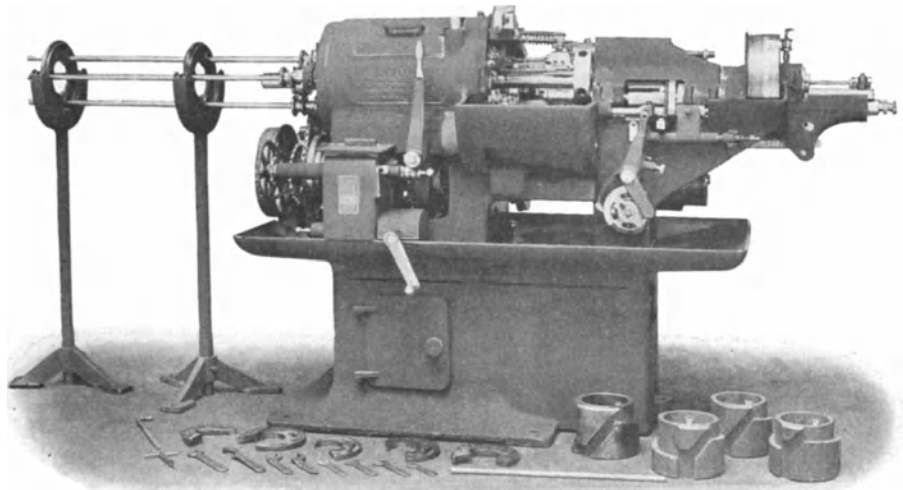


Fig. 17.
Lester-Automat.

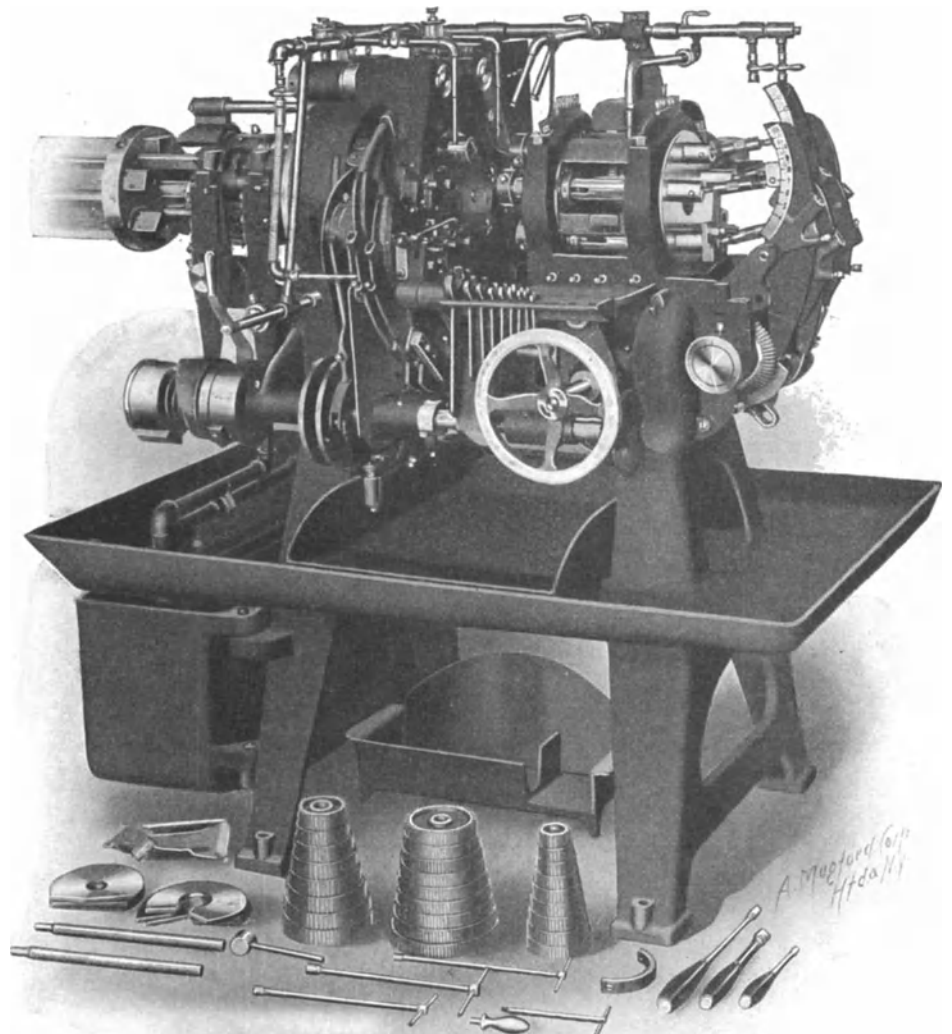


Fig. 18.
Davenport Fünfspindelautomat.

der neueren Maschine ist der Revolverkopf oben durch einen Arm gestützt, so daß sich die Werkzeuge für schwere Schnitte eignen. Die neue Maschine zeichnet sich durch den

geschlossenen kräftigen Bau des kastenförmigen Gehäuses aus, das nur zur Aufnahme der leicht zugänglichen Steuerscheibe unterbrochen ist. Der Halbautomat eignet sich auch zur Bearbeitung von Stangenmaterial und ist für solches ohne weiteres Vollautomat.

Für lange Stücke und Arbeit mit Stangenwerkzeugen wird dieselbe Bauart mit einem getrennten Mechanismus für rasches Vorholen des Revolverschlittens in Arbeitstellung und rasches Zurückholen desselben ausgestattet*). Dieser Mechanismus besteht aus einem Wendegetriebe, das in Verbindung mit Zahnstange und Trieb eine rasche Längsbewegung hervorruft. Die Vergrößerung der Trommel, die durch längere

eignet sich für aufeinanderfolgende Bohr-, Ausdreh- und Gewindeschneidarbeiten.

Eine Sondermaschine für die Bearbeitung von Riemenscheiben ist der Fay-Automat der Fay Machine Tool Co., Philadelphia, der keinen Revolverkopf besitzt. Der Spindeltrieb erfolgt durch Schnecke und Rad, wobei eine erhöhte

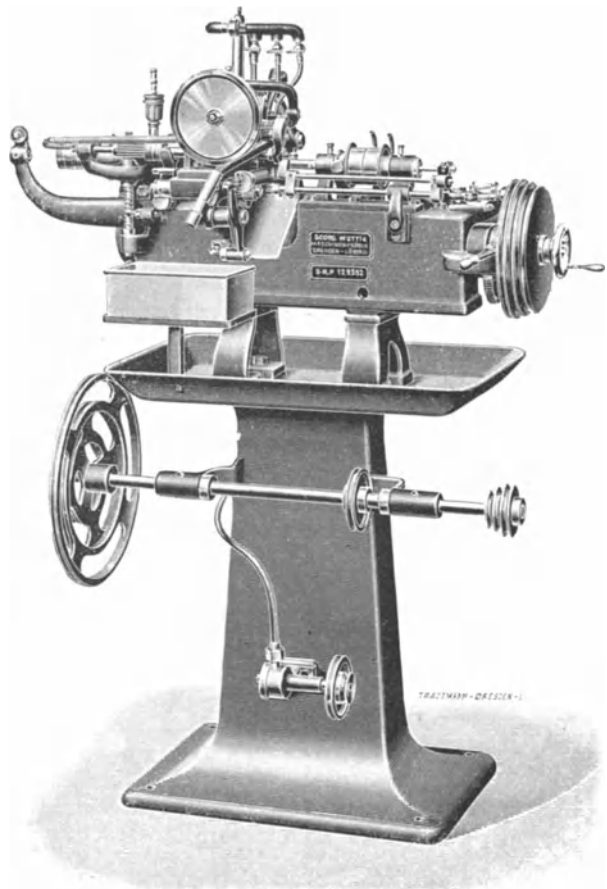


Fig. 19.

Wuttig-Automat.

Wege des Schlittens und entsprechend geeignete Kurven notwendig wäre, wird dadurch überflüssig.

Beim Prentice-Automat von George Prentice and Co., New Haven (Fig. 22) rotieren die 4 Werkzeugspindeln. Der Revolver, der zur Aufnahme von 5 Arbeitstücken geeignet ist, übernimmt die Dreheinstell- und Vorschubbewegung. Von den 5 Spannfuttern sind 4 axial mit den 4 Werkzeugspindeln. In das jeweils obenliegende Spannfutter wird während der Bearbeitung der 4 eingespannten Werkstücke ein neu zu bearbeitendes Stück eingelegt. Eine der Werkzeugspindeln ist für Gewindeschneiden umsteuerbar, drei Spindeln sind durch besondere Riemen angetrieben. Bei dem neuesten Modell ist an Stelle eines Riemenantriebs mit Vorteil eine Räderübersetzung angebracht worden. Die Hauptantriebswelle ist durch einen kräftigen Arm gestützt. Der Spannkopf wird durch einen Winkel in Arbeitstellung gestützt, der auf einer am Bett befestigten Schiene gleitet und vor dem Drehen des Revolvers zurückgezogen wird. Die Schaltung des Spannkopfes erfolgt durch eine Rolle und ein mit radialen Schlitz versehenes Schaltrad (Malteserkreuz). Der Automat

*) D. R. P. 216 428.

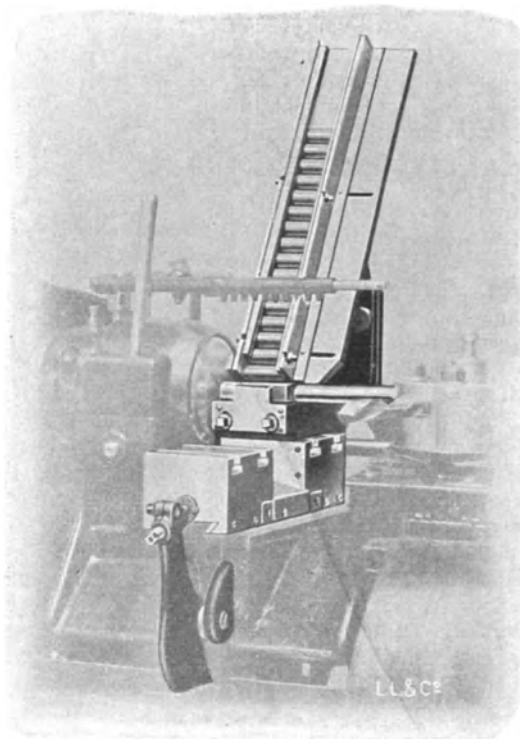


Fig. 20 a.

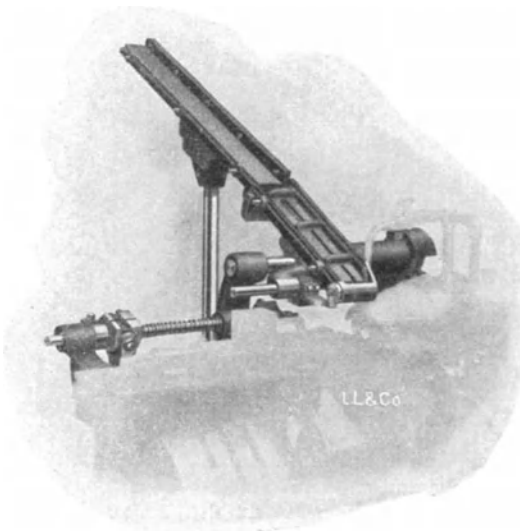


Fig. 20 b.

Fig. 20 a u. b. Magazineinrichtungen am Loewe-Automaten.

Durchzugkraft durch Anwendung zweier Schwungräder erzielt werden soll. Der Support ist schwingend gelagert und erhält seine Längsbewegung von einer durch das Bett der Maschine hindurchgehenden Welle. Die Steuerwelle erhält selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel für raschen und langsamen Gang.

Die Mehrzahl der genannten Automatentypen ist universal, d. h.: es lassen sich damit alle Drehteile von Stangenmaterial mehr oder weniger zweckmäßig bearbeiten. Für bestimmte, häufig vorkommende Arbeiten haben sich jedoch Sondertypen und -werkzeuge durchgebildet, mit

deren Hilfe eine schnelle und genaue Bearbeitung der Stücke möglich ist. Solche Automaten brauchen keine Vorrichtungen, wie sie bei den universalen Automaten zur Regelung der Geschwindigkeiten in Antrieb oder in der Steuerung notwendig sind. Vor allem gehören hierzu die kleinen Schraubenautomaten ohne Revolverkopf. Die Werkzeuge sind sternförmig um das Stück auf Schlitten angeordnet und können einzeln oder gleichzeitig in Arbeitstellung gebracht werden, ohne daß sie sich gegenseitig im Wege sind. Das Weglassen des Revolverkopfes ist bei einer verlangten größeren Leistung gerechtfertigt, wenn zur Fertigstellung des Stückes wenig Werkzeuge genügen. Dabei fällt die Schaltung des schweren Revolverkopfes und der damit verbundene Zeit- und Kraftverlust fort, während das Bewegen einzelner Werkzeugschlitten rasch und gleichzeitig vor sich gehen kann. Jedes Werkzeug kann für sich eingestellt werden. Zugleich ist die Möglichkeit vorhanden, auf einem Kreuzsupport durch zwei Hebel den Stahl längs und quer zur Spindel und nach beiden Richtungen gleichzeitig zu führen. Es kann auf diese Weise durch zwei entsprechend gestaltete Kurven jede Form hergestellt werden. Diese Art der Werkzeuganordnung bestimmt bei kleinen Arbeitstücken durch das gleichzeitige Arbeiten mehrerer Werkzeuge eine große Leistung. Durch die vielfache Führung und die sternförmige Anordnung der Werkzeuge ist man gezwungen, die Steuerwelle zu unterteilen, d. h. die Kurven da anzubringen, wo die Übertragung auf die Werkzeuge günstig ist. Diese Anordnung der Steuerhebel und der Schlitten macht einen kräftigen und einheitlichen Bau schwierig. Die Maschinen besitzen fast allgemein einstellbare Kurven für verschiedene Arbeitstücke. Vorrichtungen zur Steigerung der Arbeitsleistung durch Verminderung der toten Zeit sind bei kleinen Automaten infolge der verwickelten Bauart und erheblichen Verteuerung nicht vorhanden; dagegen besitzen die größeren Automaten dieser Bauart Schnellgangvorrichtungen für die Steuerwelle (z. B. Wuttig). Diese Fassonautomaten eignen sich vor allem für große Leistungen, wobei die Forderung großer Genauigkeit an zweiter Stelle steht. Der hohe Genauigkeitsgrad, den die Kleinautomaten System „Schweizer“ bieten, wird erreicht durch das Bearbeiten des Stückes direkt an der genau geschliffenen Hülse und durch Anwendung von Hebelübersetzungen, durch die der Weg am Arbeitstück um ein Mehrfaches kleiner wird als der Kurvenweg. Die Leistungsfähigkeit spielt hier gegenüber der ver-

langten Genauigkeit die kleinere Rolle. Es sind bei den sog. Plattenmaschinen ein oder mehrere Querschlitten vorhanden, auf denen die Werkzeuge herangeführt werden. Die Vorbewegung dieser Schlitten erfolgt durch Vorschieben von Schablonen, die von einer gleichbleibenden

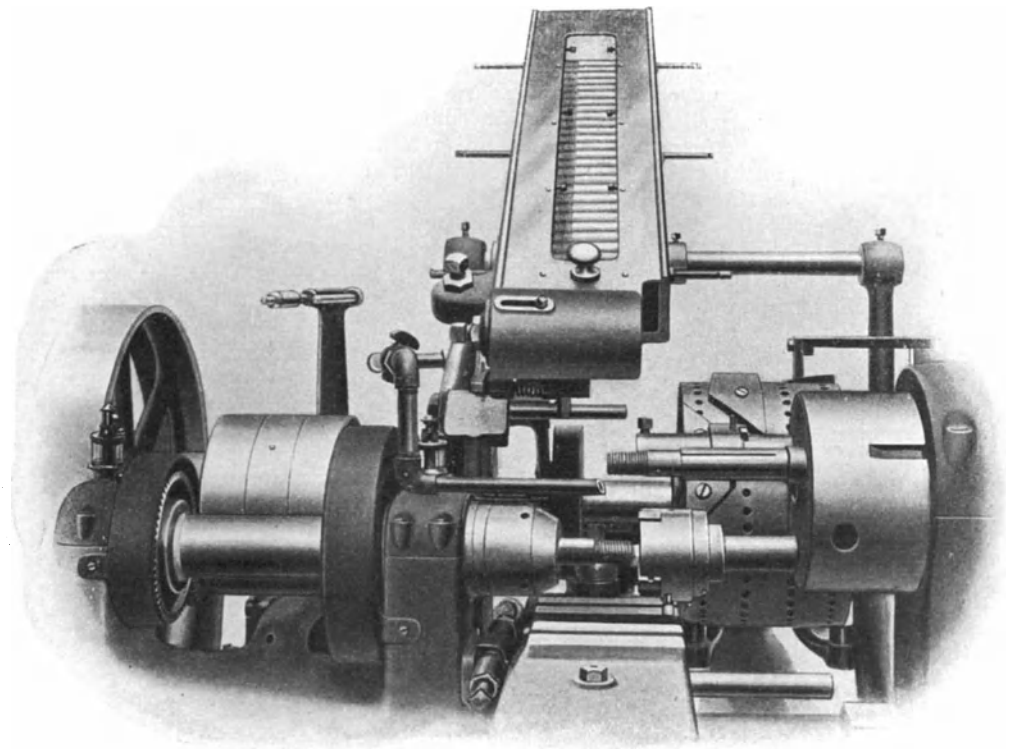


Fig. 20 c.

Magazineinrichtung am Cleveland-Automaten

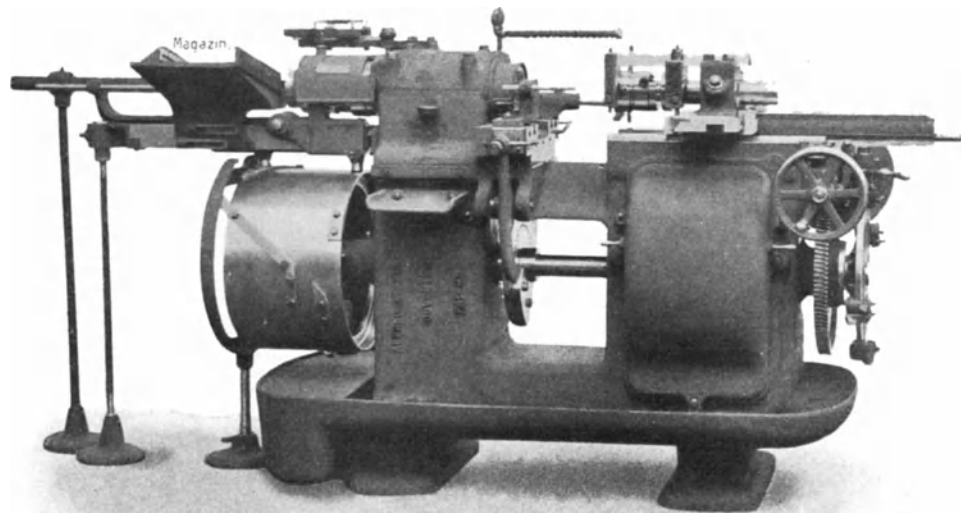


Fig. 20 d.

Stiftschraubenautomat mit Magazineinrichtung von Alfred Herbert in Coventry.

Kurve aus über ein verstellbares Zwischenglied bewegt werden. Statt dieser Schlitten findet man vielfach Wagebalken A (s. Fig. 23), d. h. Werkzeugträger, an denen auf beiden Seiten der Schwingungsachse a Stichel b1 und b2 befestigt sind, die sich radial gegen das zu bearbeitende Stück c bewegen. Diese Wagebalken ermöglichen bei der einfachen und kräftigen Ausführung eines Zapfenlagers direkt

unter oder über dem Arbeitstück zugleich eine große Übersetzung von der Kurve auf den Arbeitsweg des Werkzeuges und damit eine genaue Übertragung des Arbeitsweges der Kurve. Für beide Stichel ist nur eine Kurve nötig. In der Schweiz werden diese Automaten schon seit 1892 ausgeführt (Junker in Moutier). Das Prinzip der Befestigung der Werkzeuge an schwenkbaren Armen war schon früher an anderen Automaten aufgenommen worden (Heyne, Offenbach)*). Der Automat von Bechler & Co., Moutier, wendet zum Aufbringen aller Kurven nur eine Steuerwelle an, wobei die Kurven an den Enden der Steuerwelle sitzen und leicht abnehmbar sind. Neu und eigenartig ist die Anwendung mehrerer Wagebalken, die eine Bearbeitung ebensovieler Materialstangen gleichzeitig ermöglicht (Schweizer Patent Sandoz-Moritz, Tavannes), womit für Kleinautomaten ein Mehrspindler geschaffen ist, bei welchem mit einem Satz Kurven gleichzeitig mehrere Stücke fertiggestellt werden. Die Spindeln liegen bei dieser Maschine wie die Wagebalken senkrecht übereinander; der Kurven-

stückes bei jedem Arbeitsvorgang die Lage und das Spannfutter gewechselt wird.

Das Gebiet der Sonder- und der Universalautomaten kann nicht scharf getrennt werden. Fast jede Bauart nimmt für sich die Bezeichnung „Universalautomat“ in Anspruch. Maßgebend ist die Zahl der verschiedenen Arbeitstücke, die auf einem bestimmten Automaten hergestellt werden können, und die Zeit, die ein Automat für seine Schaltbewegungen braucht, d. h. die Leerlaufkonstanten eines Automaten, die bei den einzelnen Systemen verschieden sind. Für einen Universalautomaten soll ein günstiges Verhältnis der

$$\frac{\text{wirklichen Arbeitszeit}}{\text{Gesamtarbeitszeit}} = \frac{\text{Gesamtarbeitszeit} - \text{Summe aller Leerlaufzeiten}}{\text{Gesamtarbeitszeit}}$$

im Bau der Maschine gegeben sein.

Beim Bau eines Sonderautomaten für eine bestimmte Arbeit sind bestimmte Geschwindigkeiten und Vorschübe festgelegt. Es ergibt sich hieraus immer eine einfache Ausführung desselben, so daß für manche Arbeiten Universalautomaten ungünstig sind. Es wird sich also oft lohnen, für besondere Arbeiten Sonderautomaten herzustellen.

Als Universalautomat ist derjenige zu bezeichnen, durch den man ohne besondere Vorrichtungen alle vorkommenden Arbeitsvorgänge für ein bestimmtes Stück in zweckmäßiger Weise vollziehen kann und bei dem das Einrichten für ein neues Stück ohne großen Zeitverlust geschieht. Es bleibt hierbei gleichgültig, ob sogenannte Universalkurven Verwendung finden, die ohne Austausch entweder teilweise oder als Ganzes einstellbar oder drehbar sind, oder ob für ein neues Stück ein besonderer Kurvensatz Anwendung findet. Für die Leistungsfähigkeit des Automaten ist jedoch zu unter-

suchen, welche Kurven bei den gegebenen Mechanismen der Maschine mit Rücksicht auf kleine Leerlaufzeiten vorteilhaft sind.

Über Materialvorschub und Spannung, Hauptantrieb, Steuerungsantrieb, Revolverkopf und Revolverkopfschaltung, Werkzeuge und Vorrichtungen.

a) Materialvorschub und Spannung.

Grunderfordernisse für den Automaten sind selbsttätiger Materialvorschub und selbsttätige Materialspannung ohne Stillsetzen der Maschine. Die Vorgänge sind folgende:

- Öffnen des Spannfutters nach Abstechen,
- Vorholen des Materials durch das Vorschubrohr,
- Schließen des Spannfutters,
- Rückholen des Vorschubrohres.

Anforderungen: Die Summe dieser Bewegungen soll in einer möglichst kurzen und gleichbleibenden Zeit erfolgen.

Materialvorschub und Grad der Spannung müssen genau einstellbar sein. Das Spannfutter soll keine Endbewegung, sondern nur eine zur Achse senk-

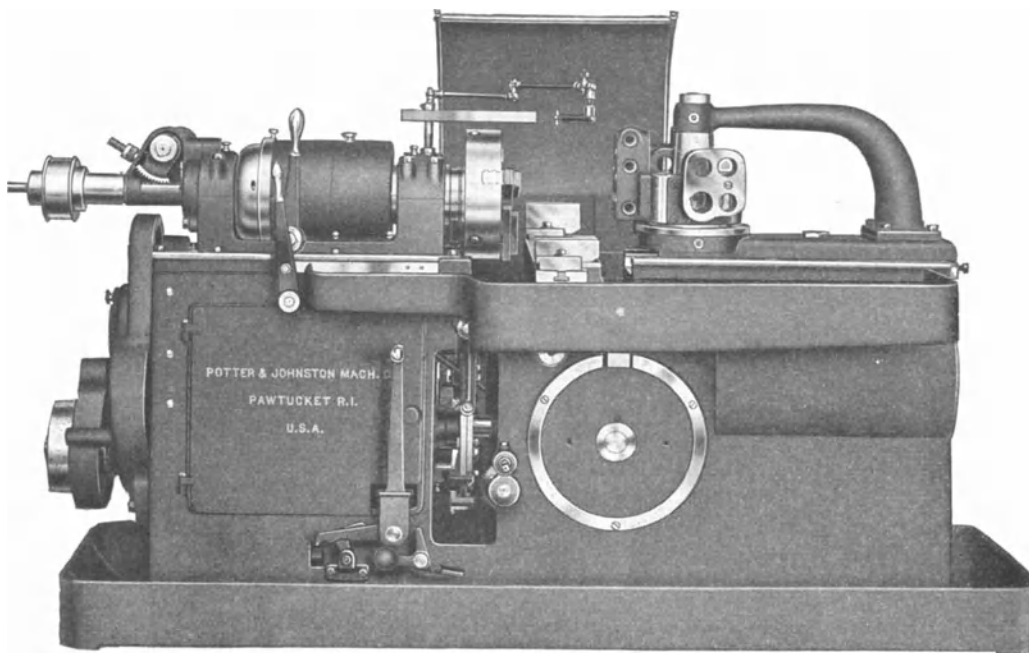


Fig. 21.

Potter- & Johnston-Automat.

satz befindet sich leicht zugänglich und abnehmbar an der vorderen Seite der Maschine am Ende der Steuerwelle.

Die Sonderautomaten finden eine sehr vielseitige Verwendung. Verbreitet ist das Prinzip der Förderung der Arbeitstücke von Werkzeug zu Werkzeug durch Schwinghebel, so daß nur einfache Werkzeugbewegungen jeweils für eine Operation nötig sind. Die zuvor abgestochenen Stücke werden von einem Magazin durch Greifer in ein anderes Futter gebracht, wo die Weiterbearbeitung erfolgt. Für jede einzelne Bewegung, wie Drehen und Heben der Greifer, Einspannbewegung, Vorschub und Arbeitsbewegung, ist eine besondere Kurve vorgesehen. Ein Umstellen ist bei der großen Zahl der Kurven nicht vorteilhaft. Durch Beschleunigen der leeren Bewegung kann auch hier die Leistung der Maschine gesteigert werden. Die Zeiten für jede Teilarbeit sind dieselben, für die gesamte Arbeitszeit ist daher die Zeit für den längsten Schnitt maßgebend, wie bei den Mehrspindelautomaten, wo die Weiterbewegung des Arbeitstückes durch Drehen des Spindelzylinders vorgenommen wird. Das Stück verbleibt dabei in demselben Spannfutter, während bei dem Sonderautomaten mit Förderung des Arbeit-

*) Siehe auch Fischer, Werkstattstechnik 15. Juli 1912, S. 361.

rechte Bewegung haben, damit der Vorschub unabhängig von kleinen Verschiedenheiten im Durchmesser des Materials bleibt.

Es sind gewöhnlich zwei Gleitführungen vorhanden: die eine, um das Vorschubrohr hin und her zu bewegen, die andere, um über eine kegelförmige Muffe, über Spannhebel und Spannrohr das Spannfutter zu schließen. Die Spannhebel laufen dauernd mit der Spindel.

Im Material (blankgezogener Eisendraht) sind Unterschiede von $\pm 1/10$ mm vorhanden (bei schwarzem Material bis 0,5 mm). Für Spielraum mit Rücksicht auf Verbiegung der Stangen ist noch ein Zuschlag zu geben, so daß der Spannweg senkrecht zur Spindelachse $1/2$ bis 1 mm betragen muß. Um diese Bewegung genau von einer Kurve ableiten zu können, darf kein zu kleiner Kurvenweg gegeben sein oder muß dessen Übersetzung zur Erzeugung des Spannweges groß genug sein. Die Übersetzungen liegen in dem Kegel der Muffe, in den Spannhebeln und dem Kegel des Spannfutters, der gewöhnlich 12 bis 15° Steigung hat. Dieser Hub ist bei einigen Automaten durch Hebelübersetzungen von der Kurve auf den Weg der Muffe noch vergrößert worden. Die Rücksichtnahme auf kleine Leerlaufzeiten und auf Beschränkung des Trommeldurchmessers verlangt aber kleine Kurvenwege für die Betätigung des Vorschub- und Spannmechanismus. Bei Ableitung von einer unveränderlichen Kurve auf einer raschlaufenden Welle und unter Benützung einer besonderen Spann- und Vorschubtrommel sind die Kurvenwege für die Trommel in ihrer Länge un-

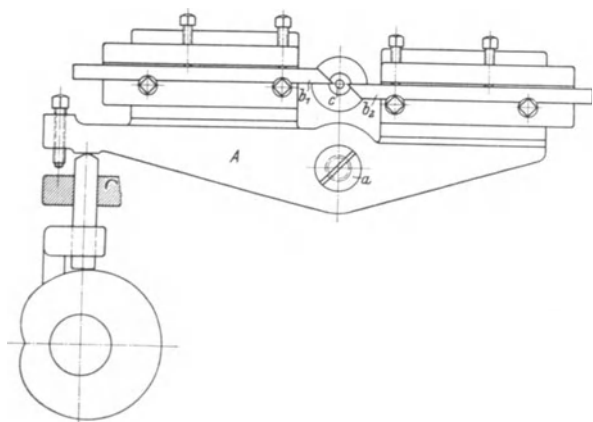


Fig. 23.

Werkzeugträger als Wagebalken.

schränkt, so daß der Kurvenhub zur Erzeugung des Spannwegs auch entsprechend groß gemacht werden kann, Abnützungen der Kurve sich nicht fühlbar machen und die Spannung sicher und genau erfolgt.

Die in der hohlen Spindel untergebrachten Vorschub- und Spannrohre verhindern eine volle Ausnützung der Spindelbohrung. Bei Herstellung der Vorschubzange und des Vorschubrohres aus einem Stück an Stelle des Aufschaubens der Zange auf das Rohr ist es möglich, Stangen von etwas größerem Durchmesser zu verarbeiten; die Möglichkeit des Auswechslens der Zange geht aber hierbei verloren. — Bei

Revolverbänken kann durch Anwendung eines selbstzentrierenden Keilspannfutters und eines Rollenvorschubes eine volle Ausnützung der Spindelbohrung erzielt werden. Bei beiden geschieht die Einleitung der Spann- und Vorschubbewegungen nicht durch Rohre, die durch die Hohlspindel hindurchgeführt sind, sondern unmittelbar von außen.

Beim Rollenvorschub von Jones & Lamson*) kann das Material beliebig vorgeschoben werden, wobei der Vorschub

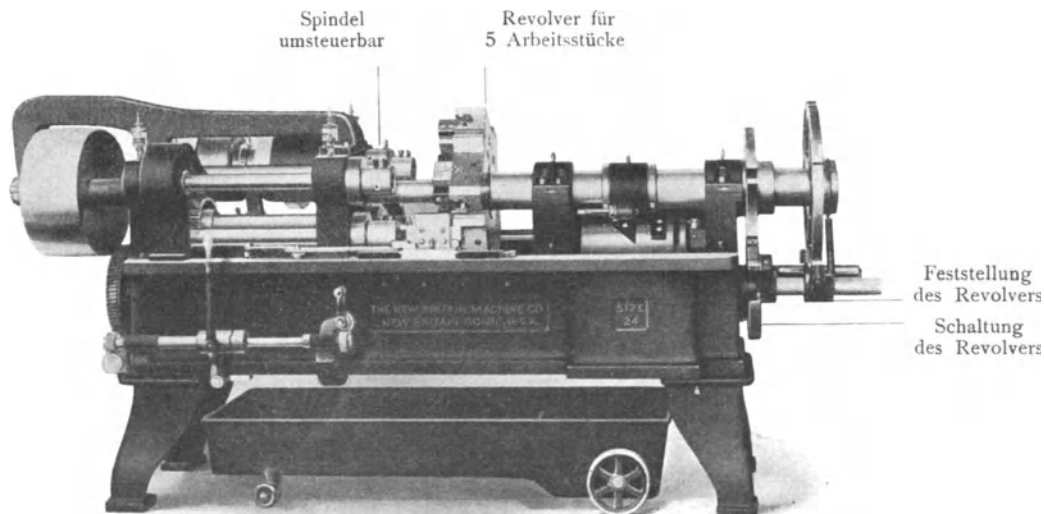


Fig. 22.

Prentice-Halbautomat.

durch zwei im umlaufenden Futter gelagerte Rollen erfolgt, sobald das Planrad festgehalten wird. Durch Verstellen der Rolle ist Einstellbarkeit auf jeden Materialdurchmesser vorhanden.

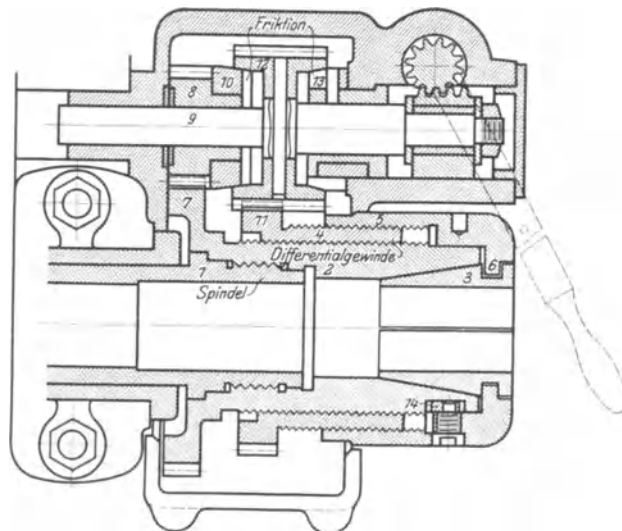


Fig. 24.

Differentialspannfutter.

Ein auf anderen Grundsätzen beruhendes Spannfutter ist das Differentialspannfutter von Alfred Herbert in Coventry (Fig. 24). Auf das Spindelende 1 ist der Spannkörper 2 aufgeschraubt, der außen ein Gewinde hat und auf seinem großen Durchmesser zu einem Zahnrad ausgebildet ist. Die Kappe 6 bewirkt Öffnen und Schließen des dreiteiligen Spannfutters 3 durch Zahnrad 11 und Büchse 4, die mit Innen- und Außengewinde versehen ist, wobei die Gewindesteigungen einen kleinen Unterschied aufweisen. Büchse 4

*) Siehe Hülle, Werkzeugmaschinen, S. 142, 2. Aufl.

kann über Rad 7 und 8, Reibungskupplung 10, Rad 12 und 11 rascher angetrieben werden als die Spindel oder kann durch Kupplung von Rad 12 mit Konus 13 stillgesetzt werden, wodurch die gewünschte Längsbewegung des Gewindestückes 5 zum Öffnen und Schließen des Futters entsteht. Wenn die Spannbacken das Stück genügend stark festhalten, gleitet die Reibungskupplung 12. Das Spannen selbst wird vom Handhebel H vorgenommen. Das Differentialspannfutter läßt infolge der größeren Endbewegung starke Schwankungen im Materialdurchmesser zu.

Wichtig bei allen Stangenautomaten ist es, das Material bis auf ein ganz kurzes Stück auszunützen, das durch die geringste Entfernung zwischen Spannfutter und Schiebefutter bestimmt ist.

An die Spindel werden infolge des dauernden Laufes bei hohen Umdrehungszahlen erhöhte Anforderungen gestellt.

Zwischenglieder erreicht. Nur die Rückholkurve wird drehbar angeordnet; da das Zurückholen während der Bearbeitung erfolgt, kommt es dabei nicht auf möglichst kleinen Kurvenweg an. Die Vorschublänge ist bei Anwendung von Steuertrommeln durch die Breite der Trommel begrenzt. Bei Anwendung von Zwischengliedern und stoßweis laufenden Hilfstrommeln kann durch Wiederholen der zum Vorschieben nötigen Umdrehung der Hilfssteuerwelle das Material beliebig weit vorgeschoben werden, oder es kann das Stück zuerst bei kurzer Einspannung bearbeitet und dann erst auf die ganze Länge vorgeschoben werden. Vorschubregelung über Zwischenglieder besitzt der im Patent Worsley 424 527 beschriebene Automat (Fig. 9). Durch eine Kurventrommel erhält ein doppelarmiger Hebel einen festbestimmten Höchstauschlag. Das freie Hebelende bewegt sich zwischen zwei Stiften 5 und 6, von denen der eine Stift (5) fest mit einer

Büchse 3 verbunden ist, der andere (6) durch eine Griffschraube 1 verschoben werden kann, wodurch der vom Hebel 8 auf die Büchse übertragene Weg kleiner wird. Von der Büchse aus wird die Vorschubbewegung durch einen gegabelten Hebel auf die Vorschubseele übertragen.

Eine Verbesserung schufen Brown & Sharpe durch Verstellung eines im doppelarmigen Hebel geführten Steins, der dem Vorschubschlitten einen um so größeren Weg erteilt, je weiter er vom Drehpunkt entfernt ist, ohne unnötige Bewegungen am Vorschubmechanismus zu erzeugen. Vorschub und Spannung vollziehen sich, wie folgt (Fig. 25): durch beliebig einstellbare Nocken auf Scheibe C wird über Hebel 39 und 40 die Kupplung F eingertückt. Rad 41 und 42, Welle VI, Trommel Sp, V erhalten eine Umdrehung. Die Kurven für Spannen und Vorschieben sind gleichbleibend. Der um Achse 43 drehbare Hebel 44 erhält einen bestimmten, unveränderlichen Ausschlag durch Kurve V. Die Übertragung dieses Ausschlages auf den Vorschubschlitten 45 kann geändert werden durch Verstellen des Steins 46 mittels Handkurbel 47. In der äußersten Stellung vorn ist die Führung für den Stein 46 auf Schlitten 45 und der Schlitz am Hebel 44 parallel, so daß das Material bis zu demselben Punkt vorgeschoben wird, unabhängig von der Länge des Vorschubes. Die Vorschubzange ist mit dem Schlitten durch einen Hebel verbunden, der in die Hülse 48 des Vorschubrohres paßt; durch Hochheben des Hebels kann der Materialvorschub ausgerückt werden.

Der Loewe-Automat (Fig. 26) erhält Einstellbarkeit des Vorschubes durch Verstellen eines Anschlages 10 im Schieber 53.

Die Ausschaltung des Materialvorschubes ist für Einrichtarbeiten erwünscht. Sie wird durch Herumklappen der Nocken an dem die Steuerung einleitenden Hebel erreicht, wodurch die Steuernocken nicht mit der entsprechenden Steuervorrichtung in Berührung kommen (Brown & Sharpe-Automat). Dasselbe wird beim Davenport-Automaten bewirkt durch Herumschwenken des oberen Teiles eines doppelarmigen Hebels.

Für die Vorschublänge ist eine Genauigkeit nur in den Grenzen $\pm 0,3$ mm zu erzielen. Dies hängt von der wech-

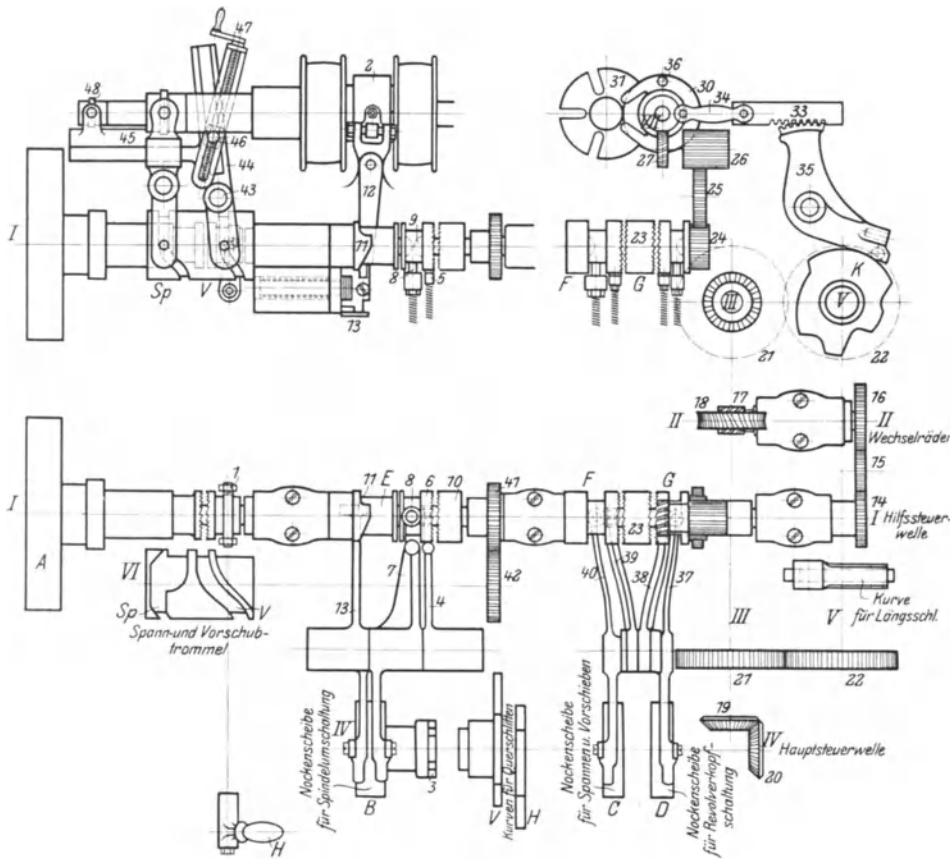


Fig. 25.

Schematische Darstellung der Arbeitsweise des Brown & Sharpe-Automaten.

Zu diesen gehören lange und nachstellbare Spindellagerung, besondere Drucklager und gutwirkende Schmierung. Vorteilhaft ist eine Außenlagerung des Vorschubrohres zur Vermeidung von Erschütterungen und zur Erzielung zentralen Laufens; sie besteht z. B. beim Davenport-Fünfspindler aus gehärteten und geschliffenen auf den Vorschubrohren sitzenden Muffen, welche in besonderen Lagerbüchsen laufen. Die Vorschubseele ist in einem Schlitten gelagert, der die Materialvorschubbewegung des Hebels überträgt.

Der Materialvorschub geschieht entweder zwangsläufig durch eine Kurve oder durch ein Gewicht, das über eine Rolle geführt ist. Letzteres erfordert einen besonderen Anschlag für eine bestimmte Vorschublänge. Der zwangsläufige Vorschub durch eine Kurve ist vorzuziehen. Das Vorholen geschieht dabei unter festbestimmtem günstigen Winkel der Vorschubkurve, der nicht zu steil sein darf (etwa 50°). Es soll andererseits der zum Vorschieben nötige Kurvenweg nicht zu groß sein. — Vorschubregelung wird entweder durch Verstellen der Kurven oder durch regelbare

selnden Spannung der Vorschubpatrone und dem Unterschied im Materialdurchmesser ab. Von Einfluß sind ferner Abnützungen an den verschiedenen Gliedern des Vorschubmechanismus, so z. B. zwischen der Hülse am umlaufenden Vorschubrohr und den feststehenden Fingern des Schiebers. Bei teilweise aufgebrauchter Stange ist der Vorschub größer als nach Einlegen einer neuen Stange, da hierbei die zu beschleunigenden Massen größer sind und die Stange infolgedessen von der Vorschubzange nicht sofort gefaßt wird. Ein Materialanschlag ist deshalb bei genau auszuführenden Teilen unvermeidlich; der Materialvorschub wird dann immer größer genommen, als der Länge des Arbeitsvorschubes entspricht.

Nachdem die Stange bis auf das letzte Stück verarbeitet worden ist, soll die Maschine oder der Vorschubantrieb stillgesetzt werden. Dies wird beim Zurückgehen des Vorschubrohres bewirkt, wenn das letzte Stück nicht mehr von der Vorschubpatrone gefaßt wird, wobei die Rückholbewegung leicht vor sich geht. Dadurch wird z. B. beim Loewe-Automaten der Schieber 53 (Fig. 26)* durch eine federnde Nase 52 auf der Kurventrommel weiter zurückgezogen und durch Hebel und Seile der Antriebsriemen auf die lose Scheibe verschoben,

Beim Brown & Sharpe-Automaten wird der Schieber 45 (s. Fig. 25) beim Leergang weiter zurückgeworfen, er gleitet über einen gefederten Keil weg und rückt beim Zurückgehen direkt den Vorschubantrieb durch Herumwerfen des Handhebels H und der Kupplung 1 aus. Hierdurch wird eine Beschädigung des Werkstückes oder der Werkzeuge bei zu kurz eingespannten Stücken vermieden, und durch das Stillsetzen der Steuerung wird der Arbeiter sofort an das Einspannen einer neuen Stange gemahnt. Ein Glockenzeichen nach Verbrauch der Stange, wie es z. B. der Brown & Sharpe-Automat besitzt, wird in den meisten Fällen überhört werden.

b) Hauptantrieb.

Die Anforderungen an den Antrieb von Automaten sind zunächst ganz andere als für Drehbänke. Während bei der Drehbank ein Wechsel des Arbeitstückes und der Spindelgeschwindigkeit nur in größeren Zwischenzeiten vorgenommen wird, sind die Bedingungen für den Automaten vollständig verschieden. Bei der Drehbank hat sich der Einzelscheibenantrieb in Verbindung mit Räderkasten herausgebildet, bei dem eine größere Kraft in die Maschine eingeleitet und die Geschwindigkeit bequem und rasch geändert werden kann. Der breitere Riemen erhält eine gleichmäßige große Geschwindigkeit, bei der er am meisten durchzieht. Der Automat ist ausschließlich eine Maschine für die Massenfabrication, und es scheinen die Grenzen für Geschwindigkeitsabstufungen, sei es durch Stufenscheibe oder durch Räderkasten, zunächst eng gezogen zu sein. Tatsächlich hat auch die große Mehrzahl der automatischen Maschinen den einfachen Riementrieb ohne Abstufung beibehalten; bei den Sondermaschinen für kleine Teile ist auch eine einzige Geschwindigkeit — die als die günstigste ermittelte — vollständig ausreichend.

*) D. R.-P. 222 253.

An die Universalautomaten, die ganz verschiedene Stücke wechselnden Durchmessers und anderen Materials herzustellen haben, werden jedoch folgende Anforderungen gestellt:

1. Wechsel der Spindelumdrehungszahl für die verschiedenen Arbeitstücke desselben oder verschiedenen Materials,

2. Wechsel der Spindelumdrehungszahl für ein bestimmtes Stück zur Anpassung an verschiedene Drehdurchmesser und verschiedene Arbeitsvorgänge.

Der ersten Bedingung wird ein Antrieb über Stufenscheibe oder über einfache Scheibe mit Stufenscheibe am Deckenvorgelege gerecht; der zweiten Bedingung genügen nur wenige Antriebe, und dies nur in geringem Maße durch Einschaltung einer zweiten Geschwindigkeit, die meist Rücklaufgeschwindigkeit ist. Diese beiden Geschwindigkeiten werden durch offenen und gekreuzten Riemen erzeugt. Die

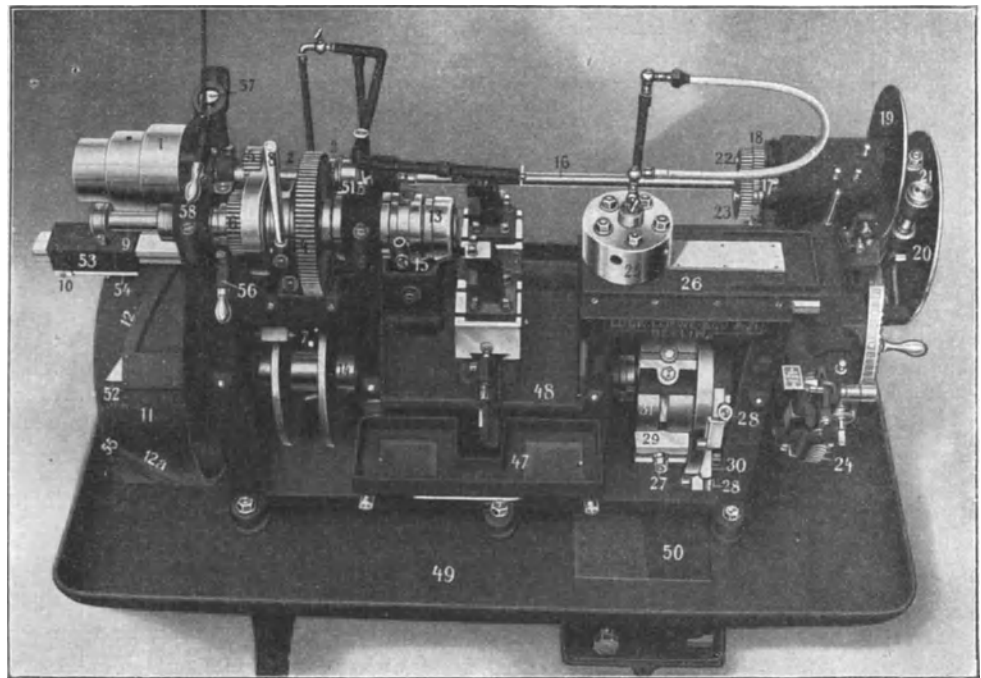


Fig. 26.

Loewe-Automat.

Forderung der Mehrleistung durch Wahl der richtigen Geschwindigkeit verlangt aber diesen Geschwindigkeitswechsel in demselben Maße, wie dies bei der Drehbank der Fall ist. Während bei der Drehbank das Verhältnis der Schaltzeit zur gesamten Herstellungszeit sehr klein ist, ist dieses Verhältnis beim Automaten für Arbeitstücke, die in weniger als einer Minute fertiggestellt werden müssen, unter Umständen für seinen Wirkungsgrad ausschlaggebend. Hauptschwierigkeiten in der Einrichtung von selbsttätigen Geschwindigkeitswechseln bieten folgende Forderungen:

1. raschlaufende Räder während des Betriebs zu schalten,
2. diese Umschaltung ohne Zeitverlust vorzunehmen,
3. sie selbsttätig vor sich gehen zu lassen.

Dieser Geschwindigkeitswechsel erfordert also Vorrichtungen, die an und für sich den Bau des Automaten erschweren und verteuern, die der Abnutzung unterworfen sind und zur Einstellung mehr Verständnis verlangen als der direkte Riementrieb. Für Automaten mit kleinem Materialdurchgang, welche hohe Spindelgeschwindigkeiten brauchen, ist daher ein Geschwindigkeitswechsel durch die starke Abnutzung raschlaufender Räder unvorteilhaft. Bei größeren Automaten hat man es vorgezogen, für ein bestimmtes Stück mit ver-

schiedenen Arbeitsvorgängen, wie Drehen mehrerer abgestufter Drehdurchmesser und Bohren kleiner Löcher eine mittlere Geschwindigkeit zu wählen. Eine zweite, selbsttätig einzuschaltende Geschwindigkeit dient zum Gewindeschneiden, sofern nicht zur Einleitung größerer oder kleinerer Umdrehungszahlen besondere Vorrichtungen vorhanden sind. Zwei Bauarten sind normal:

1. automatische Riemenschaltung mit Antriebscheibe entweder direkt auf der Spindel oder auf einer zur Spindel parallel gelagerten Welle.

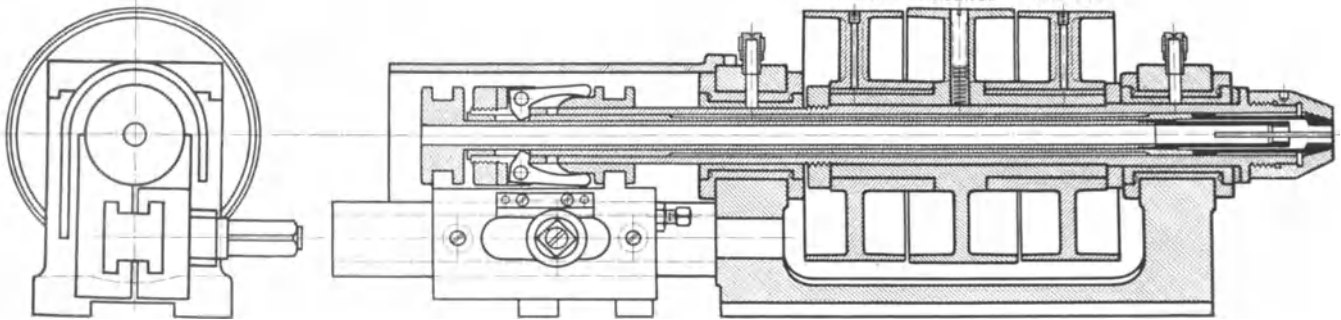


Fig. 27.

Antrieb des Pratt & Whitney-Automaten.

2. Riemenantrieb mit Links- und Rechtslauf der Spindel durch Umschaltung mittels Reibungskupplung, Antrieb entweder direkt oder indirekt über ein Rädervorgelege.

Der Antrieb über eine zur Spindel parallel gelagerte Welle entlastet die Arbeitspindel vom Riemenzug, ermöglicht die Anwendung von Scheiben mit größerem Durchmesser und liefert hohe Durchzugkraft.

Eine Ausführung für selbsttätige Riemenverschiebung

liefert der Pratt-&-Whitney-Automat mit zwei losen Scheiben und einer festen Scheibe in der Mitte (Fig. 27). Die beiden Riemen werden durch eine Scheibe mit einstellbaren Nocken über eine doppelte Riemengabel umgelegt. Die Scheibe hat doppelte Riemenbreite, die Spindel erhält eine erhebliche Länge.

Einen Antrieb mit Riemenschaltung und einem einfachen Rädervorgelege zeigt

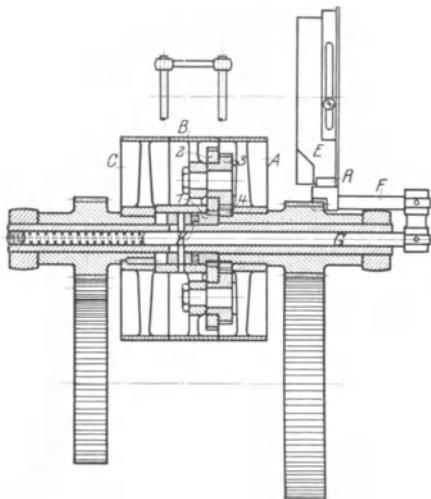


Fig. 28.

der Gridley-Einspindler (Fig. 7). Die Riemenscheiben erhalten zwei verschiedene Geschwindigkeiten in derselben Richtung oder Links- und Rechtslauf. Die Übersetzung vom Rädervorgelege beträgt 3:1; die Riemenverschiebung erfolgt von der Steuertrummel aus über eine einfache Kurve und zwei Riemengabeln. Die Spindellänge zwischen den Lagern wird gleich der vierfachen Riemenbreite plus Breite der Zahnräder. Die Festscheibe besitzt doppelte Riemenbreite.

Ebenso hat der Cleveland-Automat (Fig. 6) ein einfaches Rädervorgelege mit zwei festen und einer losen Scheibe. Durch Verschieben des Riemen erhält man eine Vorwärts- und Rückwärts- und Geschwindigkeit, wobei die Spindelgeschwindigkeit für Gewindeschneiden kleiner gehalten wird als für das Zurückholen des Gewindeschneidkopfes. Um einen weiteren

Geschwindigkeitswechsel für das Schneiden von Gewinden auf größere Durchmesser und mit starker Gewindesteigung zu erhalten, ist am Cleveland-Automaten noch eine Vorrichtung für eine dritte Geschwindigkeit vorgesehen (Fig. 28). Die erste Scheibe A liefert eine langsame Rückwärts- und Geschwindigkeit. In die zweite Scheibe B ist zur Erzielung einer kleinen Schnittgeschwindigkeit für Gewindeschneiden ein Umlaufgetriebe eingebaut. Dieses kann von einer Nockenscheibe E ein- und ausgeschaltet werden, so daß durch Festhalten des Trieb 1 eine kleine Geschwindigkeit erzielt wird. Die dritte

Scheibe liefert die normale Drehgeschwindigkeit. Das Ein- und Ausrücken des Trieb 1 geschieht durch Nocken auf Scheibe E über Rolle R, Arm F, innere Welle G, Klauenkupplung K.

Der Brown-&-Sharpe-Automat besitzt Links- und Rechtslauf der Spindel durch Umschaltung einer Reibungskupplung. Auf der Spindel sind zwei Scheiben, die mit offenem und gekreuztem Riemen angetrieben werden. Die Umschaltung wird durch besondere Mechanismen ohne Zeitverlust vollzogen*) (Fig. 25). Mit der Hauptsteuerwelle IV kann eine bei Arbeiten ohne Gewindeschneiden abschaltbare Steuerwelle durch eine feste Kupplung 3 verbunden werden. Auf dieser befindet sich eine Scheibe mit Nocken, die auf beiden Seiten angebracht und beliebig einstellbar sind. Auf der rasch umlaufenden Hilfsteuerwelle I befindet sich lose die Exzentertrummel E, die normal durch einen unter Federdruck stehenden Hebel 4 festgehalten wird, dessen Schneide 5 in einem Rast-schlitz der Trummel E ruht. Die Zahnkupplung 6 wird durch einen am Hebel 7 befindlichen Stift 8 ausgerückt, der vor einer Kurve 9 ruht. Wird durch einen Nocken auf der rechten Seite der Scheibe B der Hebel 7 mit Stift 8 angehoben, dann wird die Zahnkupplung 6 freigegeben und springt unter Wirkung einer Feder in die mit der Welle gleichmäßig laufende Zahnkupplung 10 ein. Die Kurventrummel E wird einmal gedreht, bis die Kurve 9 wieder auf den Stift 8 aufläuft und die Zahnkupplung durch axiales Verschieben ausgelöst wird. Durch die federnde Schneide 5 wird genau eine Umdrehung gesichert. Schon während des ersten Viertels der Umdrehung hat Exzenter 11 auf der Trummel E den Hebel 12 und damit die Reibungskupplung 2 in die rechte Scheibe geworfen und zugleich die Feder gespannt, die auf den Hebel 12 wirkt. Durch einen Nocken auf der linken Seite der Steuer-scheibe B wird Hebel 13, der die Feder gespannt hält, angehoben. Die Feder wirft über Hebel 12 die Kupplung 2 augenblicklich in die linke Scheibe. Die Hilfsteuerwelle macht hierbei 120 Drehungen in der Minute. Das Umschalten der Reibungskupplung durch die Kurve erfordert also bei einer Viertelumdrehung $\frac{1}{4} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{8}$ Sekunde; das Umschalten durch die Feder geschieht noch rascher, so daß es möglich ist, ein Gewinde bis auf einen ganz bestimmten Ansatz zu drehen. Durch doppeltes Aufbringen der Kurven und Rast-schlitzte kann bewirkt werden, daß die Kurventrummel mit einer halben Umdrehung die Umschaltung vollzieht. Dies ist

*) S. auch Schlesinger. Werkstattstechnik 1911, April.

bei den größeren Modellen möglich, da ein genügender Trommeldurchmesser zur Verfügung steht. Zwei weitere Spindelgeschwindigkeiten können selbsttätig erhalten werden durch Antreiben der einen Vorgelegewelle über zwei Scheiben mit verschiedenem Durchmesser und automatisches Umschalten durch eine Hilfststeuerwelle, die über eine lange Stange durch eine Kurbelbewegung die Umschaltung am Deckenvorgelege vornimmt.

Es ergeben sich durch das Deckenvorgelege mit vier Stufen 16 verschiedene Spindelgeschwindigkeiten, von denen zwei selbsttätig durch die Reibungskupplung und zwei durch Umschaltung am Deckenvorgelege erzeugt werden (Fig. 29 B. & Sh. Nr. 0).

Einen Antrieb mit Rädervorgelege und dreifacher Stufenscheibe mit Links- und Rechtslauf der Spindel durch Reibungsumschaltung zeigt der neuere Loewe-Automat (s. Fig. 26). Die Stufenscheibe ist fliegend gelagert. Die Spindel erhält über zwei Zahnradpaare zwei Geschwindigkeiten für Links- und Rechtslauf. Die Umschaltung erfolgt direkt durch die darunter gelagerte Steuerwelle und durch die auf zwei Scheiben einstellbaren Kloben.

Der Gerstadt-Automat (Fig. 12) besitzt einen Räderkasten mit 18 Spindelgeschwindigkeiten und Einzelantrieb.

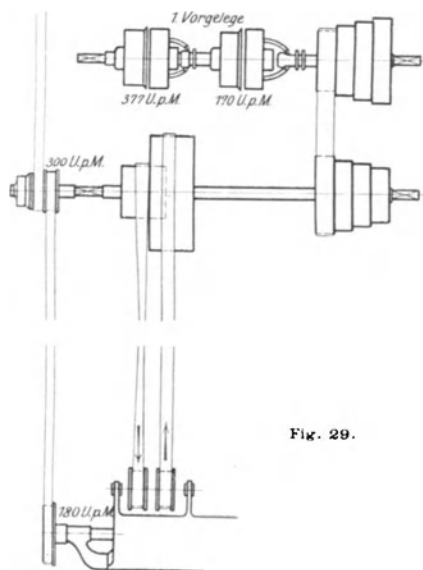


Fig. 29.

Der Räderkasten befindet sich im Untergestell der Maschine; zwei automatische Geschwindigkeitswechsel sind vorhanden, die mit einer halben Umdrehung der raschlaufenden Hilfststeuerwelle sofort erzielt werden. Die Umschaltung erfolgt durch Auslösen eines Hebels und Zahngesperris mittels auf der Hauptkurvenwelle verstellbarer Nocken. Der Antrieb erfolgt durch einen Riemen, der vollständig abgedeckt ist. Die Spindel besitzt nur eine Antriebscheibe und kann sehr kurz gehalten werden. Der Riemenzug wirkt nach unten; die Abnutzung der Schlittenführungen und der Spindellagerung geht in derselben Richtung vor sich und wirkt nicht so schädlich wie bei entgegengesetzter Beanspruchung.

Einen Antrieb mit stufenfreiem Geschwindigkeitswechsel bildet der Antrieb durch Verschiebung des Riemens auf kegelförmigen Scheiben. Mit diesem Antrieb ist der Wuttig-Automat zur Herstellung von Muttern ausgestattet, der bei Abstearbeiten mit zunehmender Geschwindigkeit durch Verschieben des Riemens mittels Kurvensteuerung arbeitet (Fig. 30).

Die Anforderungen der Anpassung der Geschwindigkeit an Material, Stück- und Arbeitsvorgang werden also bei der

Mehrzahl der verschiedenen Bauarten nur bis zu einem gewissen Grade berücksichtigt. Die Riemenumschaltung hat sich trotz der starken Abnutzung und der größeren Umschalzeit erhalten. Rascher und genauer arbeitet die Reibungskupplung, die bei den in kurzer Zeit sich wiederholenden Schaltungen vorzuziehen ist. Die neuere Entwicklung brachte bei einzelnen Bauarten verbesserten selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel, in erster Linie bei den Halbautomaten, bei denen eine Anpassung der Geschwindigkeit infolge der stärkeren Verschiedenheiten der zu drehenden Durchmesser noch mehr gerechtfertigt ist.

Diese Entwicklung zeigt zuerst der Potter-&Johnston-Automat mit einem 3- bis 4fachen automatischen

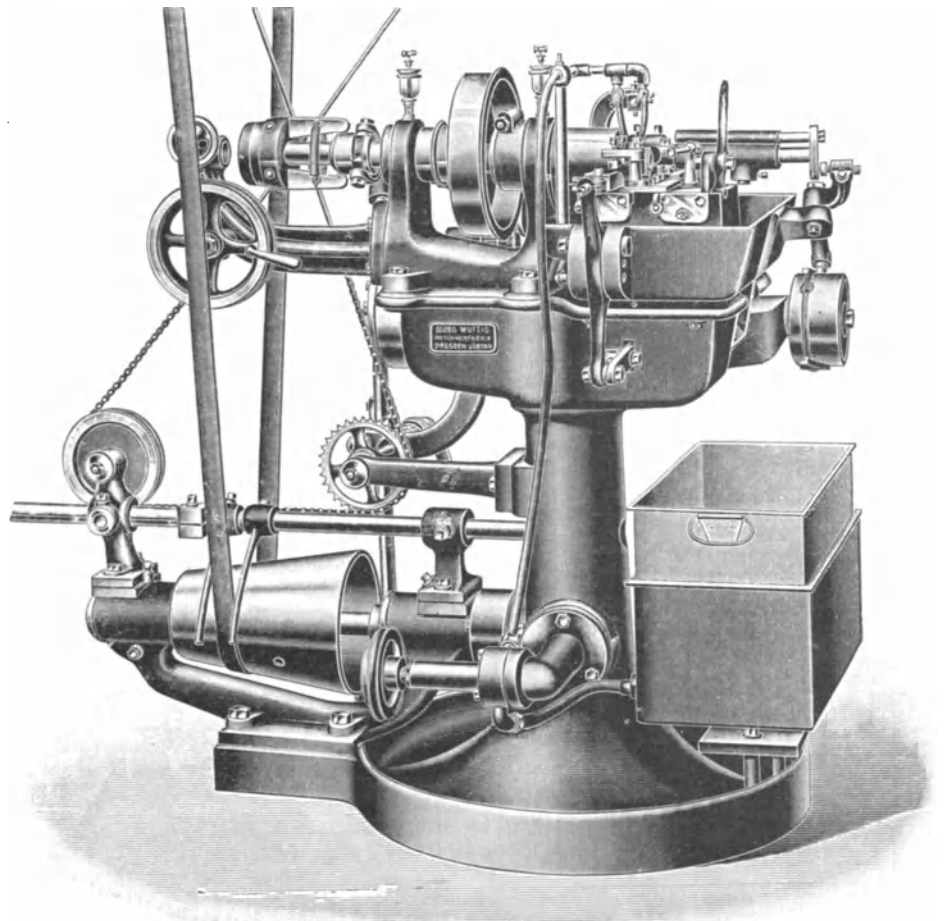


Fig. 30.

Geschwindigkeitswechsel. Die Antriebscheibe A (Fig. 31) treibt über Welle B die Räder C, D, E, die dauernd mit den Rädern F, G, H auf Welle J in Eingriff sind. Das Rad F besitzt eine Rollenkupplung. Beim Einschalten eines der beiden anderen Räder durch eine selbsttätige Kupplung wird Welle J rascher angetrieben, wobei durch eine Klemmrollenkupplung der Antrieb über Rad F ausgelöst wird. Man erhält so drei selbsttätige Geschwindigkeitswechsel mittels zweier Kupplungen. Außerdem sind Wechselräder K und L für 6 Geschwindigkeiten vorhanden, so daß zusammen 18 Spindelgeschwindigkeiten zur Verfügung stehen.

Der neue Brown-&Sharpe-Automat (Fig. 32) erfüllt in seinem Antrieb die Bedingungen eines selbsttätigen Geschwindigkeitswechsels mit je zwei Geschwindigkeiten vorwärts und rückwärts und liefert in Verbindung mit Wechselrädern 12 Spindelgeschwindigkeiten vorwärts und 12 rückwärts. Der Automat hat Einzelscheibenantrieb. Der Antrieb erfolgt über Riemenscheibe A, Räder B, C, Welle I, Räder E, F, Welle II. Auf Welle II sind die Kupplungshälften J und H lose, Rad K ist fest verbunden mit Kettenrad L; H und K sind in Eingriff mit Rädern O und R, die mit Kettenrad P

auf einer Büchse verkeilt sind. Die Spindel erhält ihren Antrieb durch die Kettenräder Q und N. Die Kupplung auf der Spindel dient zum Umkehren der Drehrichtung; Reibungskupplung H, J ist Geschwindigkeitskupplung. Der Antrieb geht folgendermaßen vor sich:

$$\begin{matrix} B \\ C \end{matrix} \begin{matrix} I \\ E \\ F \end{matrix} \begin{matrix} II \\ II \\ II \end{matrix} \left\{ \begin{array}{l} \frac{K}{O} \frac{P}{Q} \\ \frac{L}{N} \\ \frac{H}{R} \frac{P}{Q} \\ \frac{H}{R} \frac{O}{K} \frac{L}{N} \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{langsam vorwärts,} \\ \text{„ rückwärts,} \\ \text{schnell vorwärts,} \\ \text{„ rückwärts.} \end{array}$$

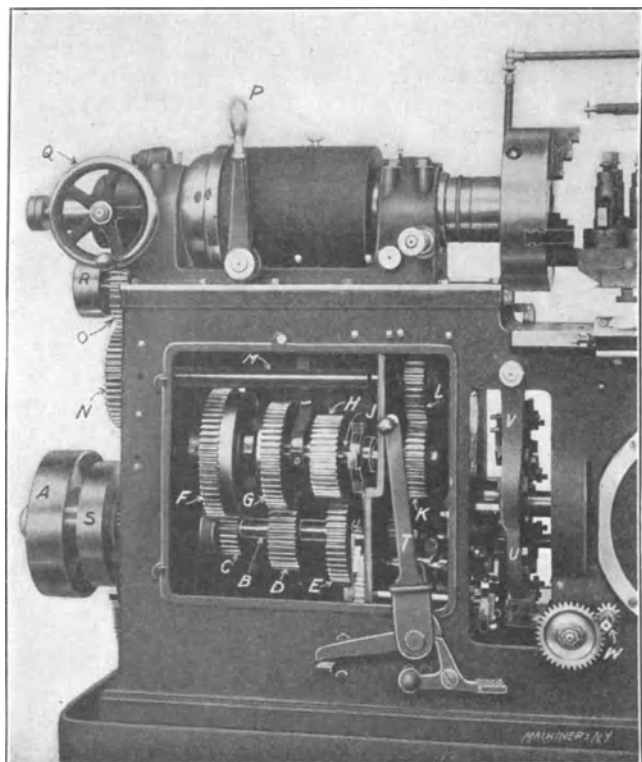


Fig. 31.

Antrieb des Potter & Johnston-Halbautomaten mit 3fachem selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel.

Räder O und K haben gleichviele Zähne, die Übersetzung $\frac{P}{Q}$ und $\frac{L}{N}$ über Kette ist gleich; also sind die Vorwärts- und Rückwärtsgeschwindigkeiten dieselben.

Obere Reibungskupplung rechts

$$\begin{matrix} B \\ C \end{matrix} \begin{matrix} I \\ E \\ F \end{matrix} \begin{matrix} II \\ II \\ II \end{matrix} \text{ konst. } \left\{ \begin{array}{l} \text{vorwärts} \\ \text{rückwärts} \end{array} \right\} \text{ langsam,}$$

Obere Reibungskupplung links

$$\begin{matrix} B \\ C \end{matrix} \begin{matrix} I \\ E \\ F \end{matrix} \begin{matrix} II \\ II \\ II \end{matrix} \text{ konst. } \left\{ \begin{array}{l} \text{vorwärts} \\ \text{rückwärts} \end{array} \right\} \text{ rasch,}$$

wobei

$$\text{konst.} = \frac{P}{Q} = \frac{L}{N},$$

$$K = \frac{H}{R}.$$

Es ist möglich, die Geschwindigkeits- und Umkehrschaltung gleichzeitig einzuleiten. Die Umkehrkupplung benötigt eine halbe Umdrehung der stoßweis umlaufenden Hilfsteuerwelle. Die Geschwindigkeitskupplung wird durch eine zweite Hilfsteuerwelle gesteuert, die mit einer halben Umdrehung die Schaltung vollzieht, während die erste Steuerwelle hierzu eine Umdrehung benötigt. Die Übersetzung von der ersten auf die zweite Hilfsteuerwelle beträgt 1:2. Die Umkehrschaltung beansprucht also nur halb soviel Zeit, wie die Geschwindigkeitschaltung. Ein Nachteil ist, daß alle Räder und beide Ketten dauernd leer mitlaufen. Der Antrieb durch Kette beseitigt die Mängel des Riemenantriebs; die Spindel ist vom Riemenzug entlastet, das schädliche Gleiten und die wechselnden Dehnungen des Riemens fallen weg.

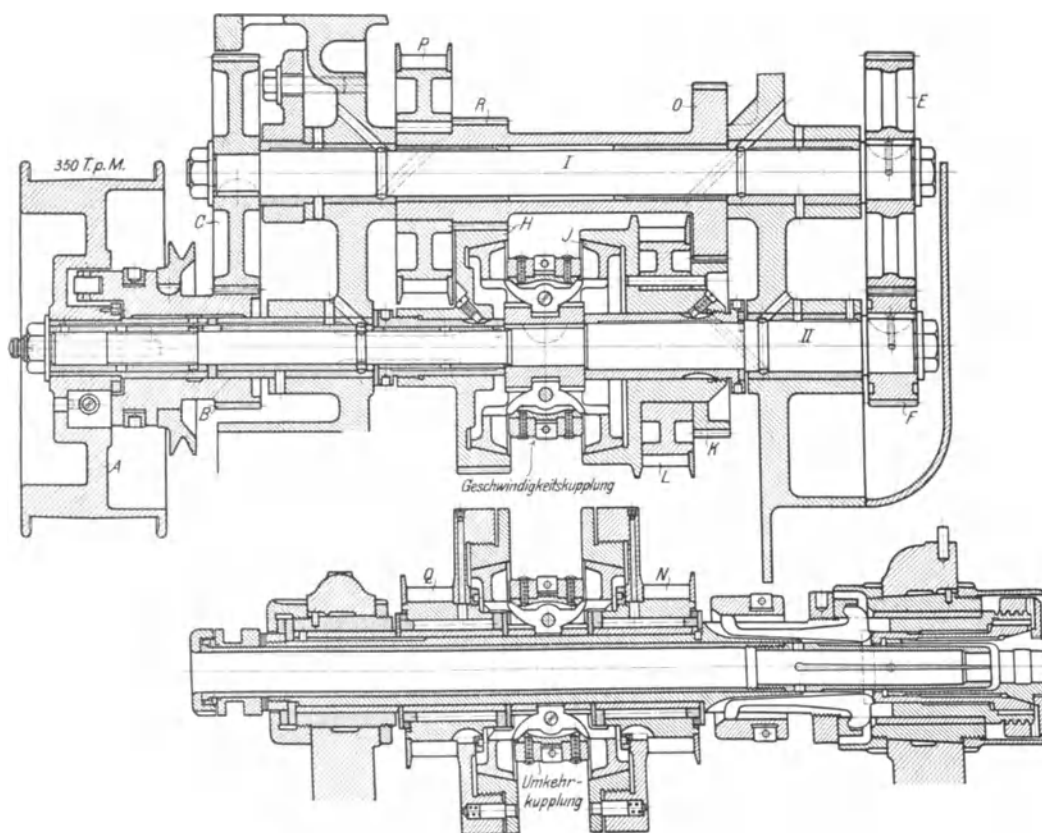


Fig. 32.

Antrieb des Brown & Sharpe-Automaten Nr. 2 G.

Fast alle Mehrspindelautomaten haben als gemeinsames Antriebsglied eine zentrale Welle mit Riemenscheibe an dem einen Ende und Zentralrad am anderen, das mit den Antriebrädern der Spindel im Eingriff steht. Die Welle geht durch den Werkzeugkopf und Spindelzylinder hindurch. Die Spindeln sind in einem gemeinsam drehbaren Spindelzylinder gelagert, dessen Aufgabe es ist, die umlaufenden Werkstücke anderen Werkzeugen gegenüber zu bringen und sie in der jeweiligen Arbeitsstellung festzuhalten. Die konstruktive Ausbildung der Spindel ist dieselbe wie bei dem Einspindelautomaten. Materialvorschub und Spannung finden immer in einer ganz bestimmten Stellung des Spindelzylinders beim Drehen desselben statt. Alle Spindeln besitzen dieselben Umdrehungszahlen.

Beim Acme-Vierspindler kann jede Spindel durch eine

auf der Spindel sitzende Reibungskupplung in einer bestimmten Stellung des Spindelzylinders stillgesetzt werden.

Für verschiedene Arbeitstücke sind Wechselräder für die entsprechenden Geschwindigkeiten vorhanden. Für Gewindeschneiden ist ein besonderer Mechanismus für den Antrieb der Gewindeschneidspindel vorgesehen. Das Lösen der Spannung, das Vorschieben des Materials und das Spannen vollziehen 3 verschiedene Hebel nacheinander beim Drehen des Spindelzylinders.

Der „Universal-automat“ - Fünf-spindler hat für jede Spindel 2 Geschwindigkeiten. Für Dreh- und Bohrarbeiten besitzt die Spindel einen schnellen Linkslauf, für Gewindeschneiden langsamen Rechtslauf. Jede Spindel hat 2 Antriebräder. Die eine Gruppe dieser Räder wird durch die zentrale Hohlwelle angetrieben, die andere durch die innere Welle, welche eine andere Drehrichtung besitzt und welcher durch Wechselräder verschiedene Geschwindigkeiten für Schneiden von Grob- und Feingewinde erteilt werden können. Die Spindel erhält in einer bestimmten Lage des Spindelzylinders durch eine Kupplung zwischen den beiden Rädern selbsttätigen Rechts- und Linkslauf.

Abweichend von dem Antrieb durch Zentralwelle ist bei dem Davenport - Fünf-spindler (Fig. 33) der Antrieb nach außen verlegt. Alle 5 Spindeln werden durch ein innen verzahntes Rad A angetrieben. Um einen zentralen Eingriff zu sichern, läuft das Rad auf den Naben B der die Spindel treibenden Zahnräder. Da der Nabendurchmesser der Zahnräder gleich deren Teilkreisdurchmesser ist, so läuft das Antriebsrad auf einem von den Naben gebildeten Rollenlager. Die Spindeln besitzen alle dieselben Geschwindigkeiten. Für verschiedene Arbeitstücke lassen sich durch Wechselräder 8 gemeinsame Spindelgeschwindigkeiten von 395 bis 1310 Drehungen in der Minute erzielen. Zum Gewindeschneiden ist ein besonderer Antriebmechanismus für eine der Werkzeugspindeln nötig. 2 Zahnräder auf der Werkzeugspindel sind mit verschiedenen Geschwindigkeiten angetrieben. Durch eine Reibungskupplung C wird beim Gewindeschneiden die kleinere, nach dem Gewindeschneiden die größere Geschwindigkeit eingeschaltet.

Die Mehrspindelautomaten besitzen also im Antrieb noch nicht dieselbe Universalität wie die Einspindler. Es erhalten alle Spindeln für verschiedene Arbeitsvorgänge dieselbe Geschwindigkeit. Zur Erzielung einer kleineren Gewindeschneidgeschwindigkeit erhalten die Werkzeugspindeln einen besonderen Antriebmechanismus, wie er zum Teil auch bei den Einspindlern ausgebildet ist. Diese Vorrichtungen für Gewindeschneiden ersetzen die Spindelumschaltung mittels Riemenverschiebung und Umsteuerung

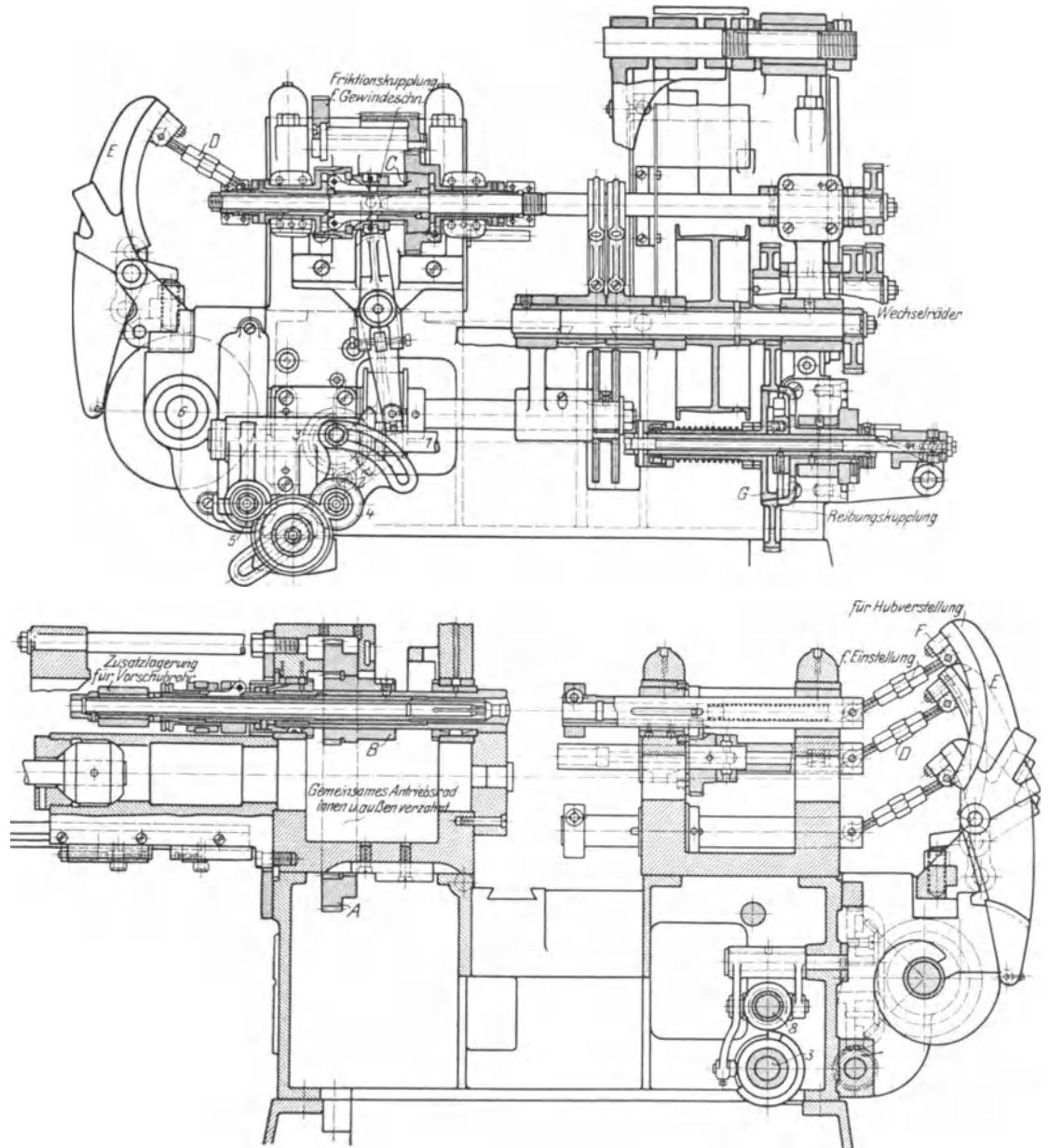


Fig. 33.

Antrieb und Werkzeugbewegung des Davenport-Fünfspindler.

durch Reibungskupplung und beruhen auf dem Prinzip des Überholens.

Gewindeschneiden durch Überholen.

Es erhalten beim Gewindeschneiden und beim Zurückholen des Schneidkopfes Materialspindel oder Gewindeschneidspindel eine größere oder kleinere Geschwindigkeit in derselben Richtung. Der Unterschied beider Umlauffahlen liefert eine günstige kleine Geschwindigkeit für Gewindeschneiden, und die Summe beider Umlauffahlen eine große Geschwindigkeit für das Ablauen des Schneideisens vom Arbeitstück, wobei

$$v_g = v_m - v_w$$

die Schnittgeschwindigkeit für Gewindeschneiden und

$$v_r = v_m + v_w$$

die Geschwindigkeit für das Ablufen des Schneideisens darstellt, wenn

- v_g Geschwindigkeit für Gewindeschneiden,
- v_m „ „ Materialspindel,
- v_w „ „ Werkzeugspindel,
- v_r Rücklaufgeschwindigkeit.

Es sind dabei folgende Variationen möglich:

1) Materialspindel und Gewindespindel laufen in derselben Richtung, Gewindespindel rascher. Nach dem Schneiden der Gewinde erfolgt Festhalten der Gewindespindel. Die Schneidbacken laufen vom Gewinde ab. (Wuttig- und Simplex-Automat.)

2) Materialspindel läuft rascher in derselben Richtung für Gewindeschneiden, Stillsetzen der Materialspindel, Ablufen vom Stück. (Acme, Linksgewinde.)

3) Stillsetzen der Materialspindel für Gewindeschneiden, kleine Geschwindigkeit der Gewindespindel, dann bei der Materialspindel rascher Lauf in derselben Richtung Ablufen vom Gewinde (Acme, Rechtsgewinde.)

4) Materialspindel bewegt sich rascher in derselben Richtung, nach Gewindeschneiden erhält Gewindespindel eine größere Geschwindigkeit, dadurch Ablufen des Schneidkopfes vom Gewinde. (Lester, Gridley-Vierspindler Rechtsgewinde, Steinhäuser-Schraubenmaschine, Davenport-Fünfspindler.)

5) Gewindespindel läuft rascher als Materialspindel in derselben Richtung; nach Gewindeschneiden geht die Gewindespindel langsamer, dadurch Ablufen vom Gewinde. (Gridley-Vierspindler Linksgewinde.)

Es ergibt sich also folgendes Schema für alle verschiedenen Möglichkeiten beim Gewindeschneiden:

Gewindeschneiden Ablufen vom Gewinde

- | | | |
|----|-------------|-------------|
| 1) | $v_w > v_m$ | m fest |
| 2) | $v_m > v_w$ | m fest |
| 3) | v_m fest | $m > w$ |
| 4) | $v_m > v_w$ | $g > m$ |
| 5) | $v_w > v_m$ | $m > w$ |
| 6) | w fest | m rückwärts |
| 7) | w fest | $w > m$ |
- m Materialspindel, w Werkzeugspindel.

Es bedeutet v_w die Geschwindigkeit der Werkzeugspindel, v_m die Geschwindigkeit der Materialspindel. (Der Fall 6 stellt den normalen Fall des Gewindeschneidens mit Umkehrung der Arbeitspindel dar. Fall 7 bietet keine Vorteile.)

Es ist bei jedem Fall möglich, Links- und Rechtsgewinde zu schneiden, sofern nur beide Drehrichtungen geändert werden. Bei den Mehrspindlern laufen die Materialspindeln immer in derselben Richtung; da wegen der die Schaltung des Spindelzylinders unterstützenden Wirkung des von dem gemeinsamen Antriebsrad ausgeübten Zahndruckes keine Umdrehung der Drehrichtung möglich ist, sind für das Schneiden von Rechts- und Linksgewinden zwei verschiedene Vorrichtungen nötig. Bei den so erhaltenen kleinen Schnittgeschwindigkeiten für Gewindeschneiden werden die Werkzeuge geschont und man erhält saubere Schnitte. In den meisten Fällen ist der Gewindedurchmesser klein gegenüber dem Außendurchmesser, so daß das Verhältnis noch günstiger

wird. Die Werkzeuge gestalten sich mit diesen Vorrichtungen einfach; die Verwendung eines selbstöffnenden Schneidkopfes, der bei einfachem Spindeltrieb ohne Umkehrung nötig ist, wird überflüssig. Auch bei Automaten, die mit Umkehrung der Drehrichtung der Arbeitspindel versehen sind, werden diese Überholmechanismen mit Vorteil angebracht, um die wirkliche Schnittgeschwindigkeit zu erniedrigen.

Die Verwendung dieser Gewindeschneidvorrichtungen erhöht die Leistung bei Schonung der Werkzeuge; es können normale Schneidwerkzeuge zur Verwendung kommen.

c) Steuerungsantrieb.

Bei der Mehrzahl der Automaten ist getrennter Antrieb für die Schnitt- und Vorschubbewegungen vorhanden; dies ist bei kleinen und Sonderautomaten berechtigt, bei größeren Automaten dagegen ist Einzelscheibenantrieb von Vorteil.

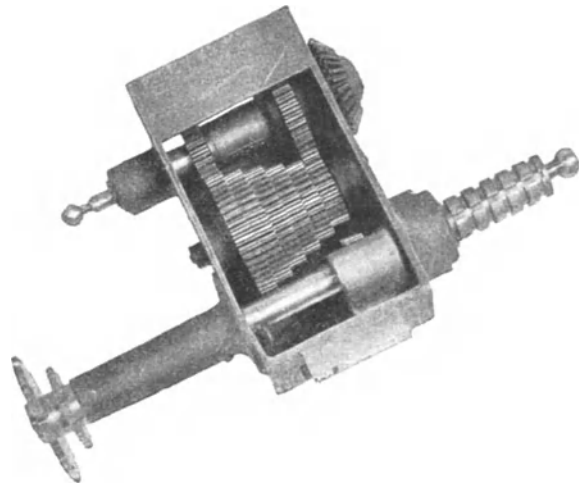
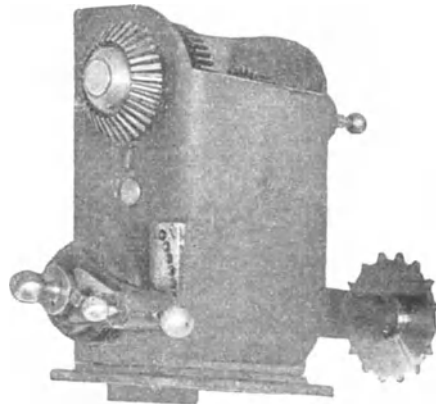


Fig. 34.

Bei Versagen des Antriebsriemens steht dann die ganze Maschine still; eine — bei getrenntem Antrieb vorkommende — Zerstörung von Werkzeugen oder von Gliedern des Antriebs durch Aussetzen des einen Antriebs, beispielsweise des Spindeltriebs und Weiterlaufen des Steuerungsantriebs, kann nicht eintreten. — In erster Linie maßgebend ist ein richtiges Verhältnis der Umlaufzahl der Spindel und des Vorgeleges für den Vorschub, d. h.: für Herstellung eines bestimmten Arbeitstückes ist bei Festsetzung der für die verschiedenen Arbeiten nötigen Vorschübe für eine Umdrehung und der nötigen Zeiten für die Leerschaltungen eine ganz bestimmte Umlaufzahl nötig. Dieses bestimmte Umlaufverhältnis kann nicht eingehalten werden, wenn beide Antriebe getrennt sind, bei Ableitung des Vorschubantriebs vom Hauptantrieb dagegen werden die Vorschübe positiv. Da der Vorschubantrieb keine so gleichmäßigen Widerstände wie die Spindel bei Schnittbewegungen zu überwinden hat, sondern plötzlich starke Stöße erhält, z. B. beim Materialspannen und beim Umsetzen des Revolvers der Trommel- oder der Spindelzylinder, so ist mit Sicherheit anzunehmen, daß bei getrenntem Antrieb ein Riemenschlupf stattfindet, der andererseits für starke Überlastungen eine elastische Sicherung bildet. Bei Kleinautomaten führt jedoch die Durchführung des Einzelscheibenantriebs zu verteuernenden Komplikationen, so daß dort die Trennung der Antriebe berechtigt ist.

Geschwindigkeitswechsel.

Wenn es vorteilhaft ist, die Geschwindigkeiten der Spindel dem Material, dem Durchmesser und dem Arbeitsvorgang anzupassen, so gilt dies in erhöhtem Maße für die An-

derung der Geschwindigkeiten der Steuerwelle. Diese Geschwindigkeitswechsel müssen stattfinden:

- 1) um die tote Zeit der Leerlaufbewegungen und Schaltungen auf ein Mindestmaß herabzusetzen,
- 2) um die Arbeitsvorschübe dem Stück und dem Vorgang anzupassen, soweit dies nicht durch Änderung der Kurvensteigung erreicht wird.

Der Vorschubantrieb muß neben einem automatischen Geschwindigkeitswechsel während des Arbeitsganges für ein bestimmtes Arbeitsstück eine Einrichtung besitzen, um für verschiedene Arbeitsstücke möglichst viele Totalarbeitszeiten herauszubekommen, d. h. die Zeit für eine Umdrehung der Trommel zur Herstellung eines Arbeitstückes in weiten Grenzen zu ändern. Die Mittel hierzu sind:

Stufenscheibe an Maschine oder an Deckenvorgelege,
Wechselräder an der Maschine,
Vorschubräderkasten.

Kleine Fassonautomaten besitzen gewöhnlich Stufenscheibe, bei größeren Automaten haben sich Räderkasten herausgebildet. Der Lester-Automat besitzt einen Räderkasten für 24 verschiedene Geschwindigkeiten, die durch Verstellen eines Hebels und Ziehknopfes augenblicklich erhalten werden. (Fig. 34.) Ebenso besitzt der Gridley-Vierspindler einen Vorschubräderkasten für den Steuerantrieb, wobei 3 verschiedene Übersetzungen für verschiedene Kurvenlängen und 6 verschiedene Geschwindigkeitswechsel für ein bestimmtes Verhältnis der Spindelumlaufzahl auf 1" Vorschub des Werkzeugschlittens erzielt werden. (Fig. 35.)

Der französische Automat von Bourel & Vieira, der mit den bekannten Typen ohne Revolverkopf verwandt ist, besitzt auch bei kleinen Modellen Räderkasten mit Geschwindigkeitswechsel durch Verstellen eines Ziehkeils.

Vornahme des selbsttätigen Geschwindigkeitswechsels.

In der Hauptsache besitzen die Automaten nur zwei Geschwindigkeiten für die Steuerwelle: eine langsame für Arbeitsbewegungen und eine rasche für die Leerbewegungen. Die Zeiten für die Leer- oder Schaltbewegungen setzen sich zusammen aus den einzelnen Zeiten für Vorschub des Materials, Spannen, Umsteuern der Spindel, Vor- und Zurückholen und Schalten des Revolvers.

Um einen raschen Geschwindigkeitswechsel selbsttätig vorzunehmen, kommen verschiedene Mechanismen in Anwendung:

- einfache Riemenscheibe,
- Zahnradkupplung,
- Reibungsgetriebe,
- Verbindung von Umlauf- und Reibungsgetrieben.

Neben diesen ist von großer Bedeutung für jede selbsttätige Maschine das Prinzip:

Trennung aller vorzunehmenden Bewegungen in Einzelbewegungen und Vornahme jeder einzelnen Bewegung durch eine Welle, deren Geschwindigkeit der betreffenden Bewegung angepaßt ist. Es können hierbei mehrere Geschwindigkeiten gleichzeitig und dauernd zur Verfügung stehen.

Ältere Bauarten besitzen zum großen Teil nur Geschwindigkeitswechsel durch Riemenverschiebung, wobei die eine Scheibe raschen Gang liefert, die andere über Zahnradgetriebe eine verminderte Arbeitsgeschwindigkeit erzeugt. Die Riemenverschiebung ist indessen nicht zuverlässig

und erfordert eine beträchtliche Schaltzeit. Eine Verbesserung brachte die Anwendung von augenblicklich umschaltenden Klauenkupplungen. Diese Entwicklung zeigt der Acme-Automat, bei dem sowohl Einzelscheibenantrieb als auch Geschwindigkeitswechsel durch Klauenkupplung anstatt Riemenverschiebung eingeführt wurde. (Fig. 36.) Sein Steuerantrieb wird abgeleitet von der Scheibe A über Kegelräder 1, 2 Welle I, Schraubenräder 3, 4 auf Welle II über Zahnrad 5, Zwischenrad 6 auf Rad 7, Klauenkupplung 8. Ist die Kupplung 8 im Eingriff mit Kupplungshülse 9, dann erhält die Steuerwelle raschen Antrieb über Kettenrad 9, Kette, Rad 15, Welle IV, Schnecke 16 und Rad 17. — Ist die Kupplung im

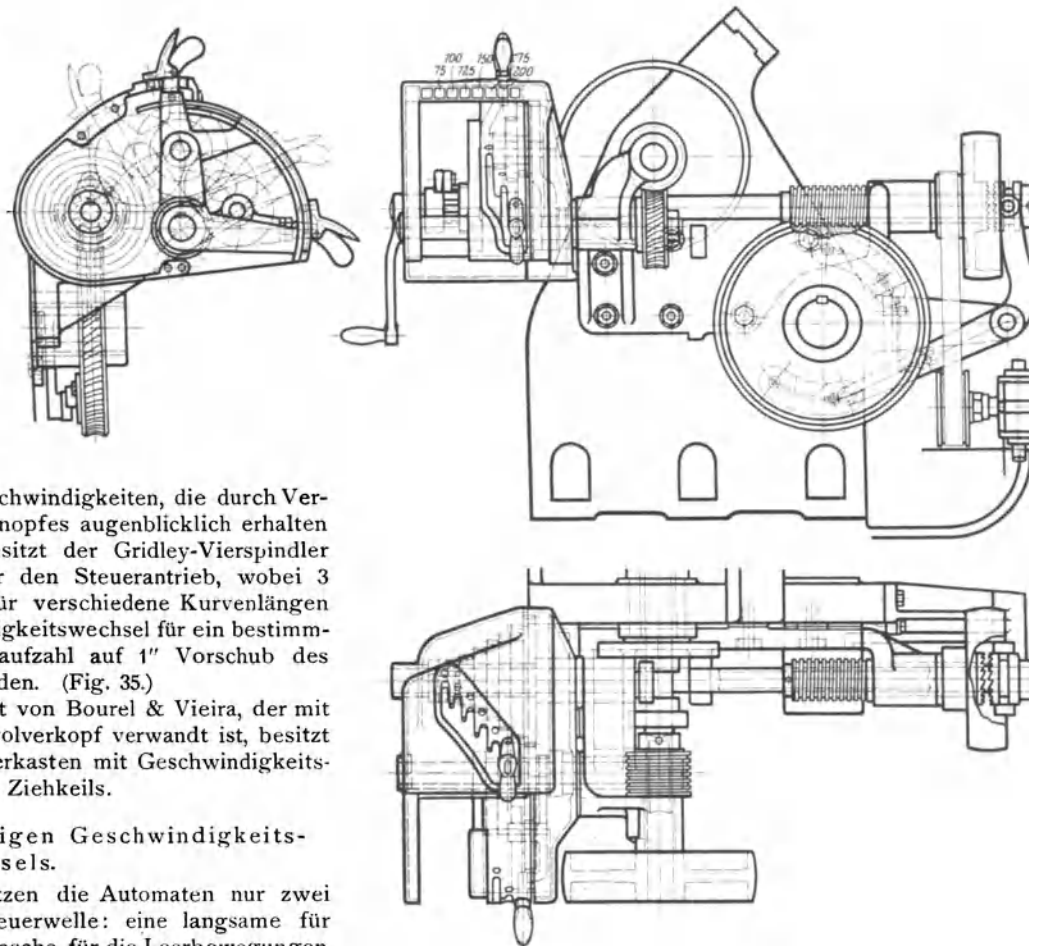


Fig. 35.
Vorschubantrieb der Gridley-Vierspindler.

Eingriff mit dem Kupplungsring auf der anderen Seite, so geht der Antrieb über Welle III (s. Fig. 37), Reibungskupplung F, Wechselräder 12, 11, 10, 13, Klemmrollenkupplung K auf Kettenrad 9, wobei die Steuerwelle eine kleinere Arbeitsgeschwindigkeit erhält. Durch die Klemmrollenkupplung K bleiben die Wechselräder während des raschen Ganges in Ruhe, da infolge Überholens durch die Kupplungshülse die Rollen r im tiefsten Einschnitt der Kurve sitzen. Wird der innere Teil der Rollenkupplung angetrieben, so gleiten die Rollen r auf den Kurven hoch, und der äußere Teil wird durch Festklemmung der Rollen r mitgenommen. — Die Reibungskupplung F mit einstellbaren Federn soll beim Einschalten des Arbeitsganges Stöße auf die Steuerungsteile verhüten und Überlastungen vermeiden. Eine weitere Sicherung ist in der einstellbaren Reibungskupplung 18 auf Welle IV gegeben. Das Umschalten erfolgt durch die auf Steuerscheibe S befindlichen Nocken 19, die über Hebel 20, Stangen 27, Hebel 21, 22 die Klauenkupplung einschaltet. Die augenblickliche Umschaltung vollzieht der unter Federdruck

stehende Bolzen 25. Zum Ausschalten von Hand dient der Handhebel H, der den Hebel 20 aus dem Bereich der Nocken 19 entfernt.

Der Automat von Alfred Herbert liefert für die Steuerwelle selbsttätig 7 verschiedene Geschwindigkeiten. Auf einer besonderen Scheibe befinden sich einstellbare Nocken, von denen jede mit 7 Löchern versehen ist. In diese Löcher können Stifte eingesetzt werden, die infolge

bei ausgerückter Kupplung über das Differentialgetriebe. Die Umlaufräder wälzen sich dabei um das durch Klinke D und Sperrrad A festgehaltene Rad B ab. Das Rad C, das einen Zahn mehr oder weniger hat, wird in der einen oder anderen

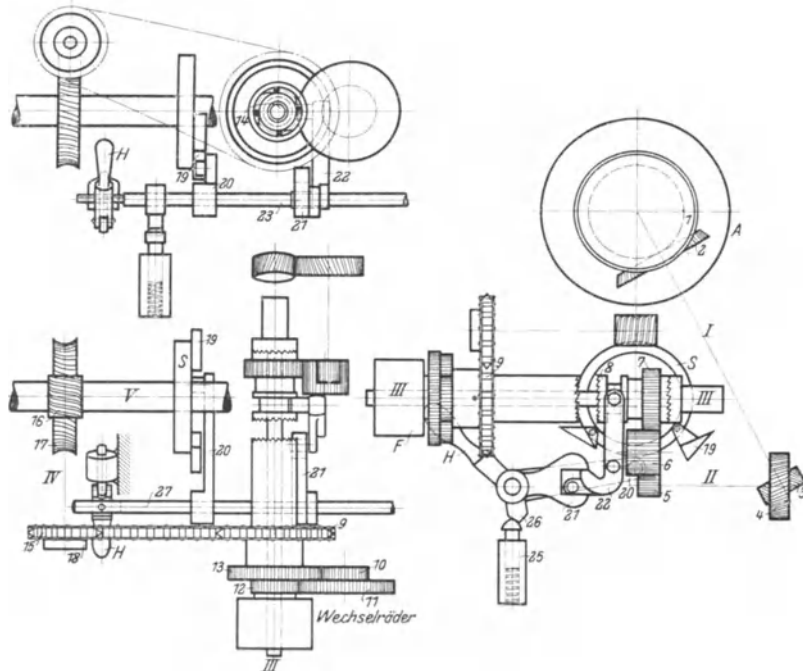


Fig. 36.

Steuerungsantrieb des Acme-Vierspindelautomaten.

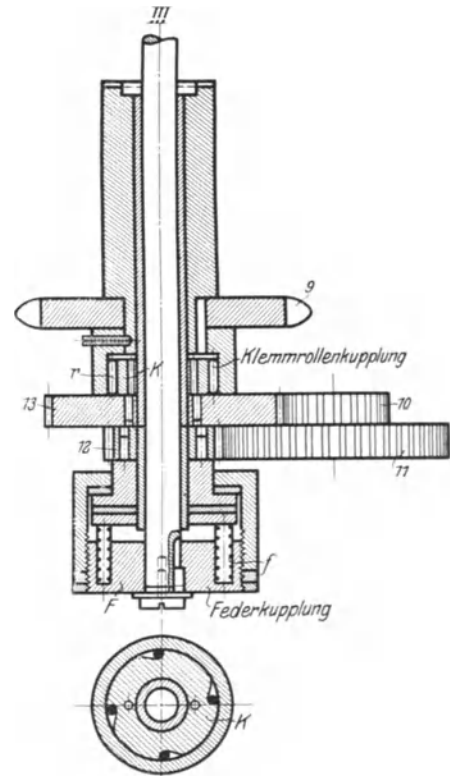


Fig. 37.

ihrer verschiedenen Stellungen einen Hebel verschieben, der in den Räderkasten verschiedene Übersetzungen einschaltet. (Fig. 38.)

Infolge der großen Übersetzung, die das Differentialgetriebe bietet, wird es im Steuerungsantrieb vielfach ange-

Richtung bei einer Umdrehung der Scheibe um einen Zahn weiter bewegt.

Einen Differentialantrieb mit Riemenverschiebung besitzt der Gridley-Einspindler, wobei die Schneckenwelle auf 40 Umdrehungen der Scheibe eine Umdrehung macht (Fig. 40).

Durch diese Vorrichtungen sind nur zwei Geschwindigkeiten, eine langsame Arbeitsgeschwindigkeit und eine rasche Schaltgeschwindigkeit, zu erzielen. Um verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten zu erhalten, ist noch ein zweiter Mechanismus notwendig, der eine allmähliche Veränderung der Geschwindigkeiten der Steuerwelle gestattet. Dies wird durch ein verstellbares Reibungsgetriebe erreicht. Die Verbindung mit dem Planetengetriebe wurde zuerst im Cleveland-Automaten geschaffen. Es können hierbei Normalkurven für den Revolverkopfvorschub in Verwendung kommen. Der günstigste Vorschub wird durch Verstellen von kleinen Kurvenstreifen während des Ganges der Maschine erreicht und kann für jedes Werkzeug kontrolliert werden. Scheibe K (Fig. 41) treibt entweder langsam über Scheibe A, Rolle B, Scheibe A₁, Rad C, D über Differentialgetriebe E auf Schneckenwelle F, Schnecke H oder rasch mit Muffe L in Linksstellung über

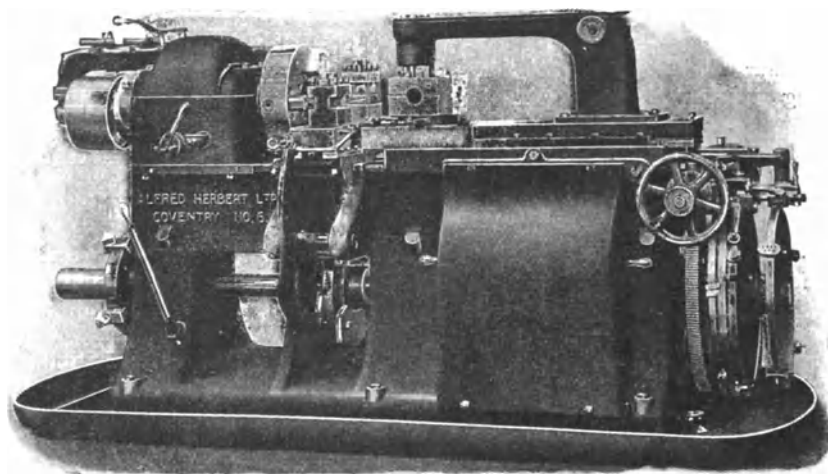


Fig. 38.

Automat von Alfred Herbert.

wandt, so z. B. bei allen zur Bauart Spencer zu rechnenden Maschinen, ebenso bei der Bauart Cleveland.

Eine Ausführungsform ohne Riemenschiung zeigt der Automat von Pratt & Whitney, bei dem durch eine selbsttätige Kupplung von der Riemenscheibe direkt rascher Antrieb erhalten wird (Fig. 39). Indirekten Antrieb erhält man

Welle F auf Rad G der Revolverkopfwelle. Durch eine Räderübersetzung wird die Steuerwelle von der Revolverkopfwelle angetrieben. Durch Verstellen der Kurvenstreifen M wird die Reibungsrolle B durch Zahnsegment N gehoben und gesenkt und der Vorschub des arbeitenden Werkzeuges beliebig eingestellt. Mit Hilfe einer

an der Maschine angebrachten Skalenscheibe kann der Revolverkopfvorschub für jede Spindelumdrehung leicht auf einen im voraus berechneten Vorschub gebracht werden (Fig. 42). Die Vereinigung der Geschwindigkeitswechsel durch Differential- und Reibungsgetriebe gewährleistet eine gute Ausnutzung der Maschine und eine Anpassung der Vorschübe an Stück, Material und Arbeitsvorgang.

Wie der Cleveland-Automat besitzt der neue Loewe-Automat (Fig. 43 u. Fig. 26) einen raschen Leergang über Wechselräder, 17 und 18, 22, 23, Schnecke und Schneckenrad 24 und einen langsamen, selbsttätig durch Reibungscheiben 19, 20, Schnecke und Rad 24 gesteuerten Gang. Der Steuerantrieb wird vom Spindeltrieb direkt abgeleitet. Da die Schaltbewegung immer mit einer gleichbleibenden Höchstgeschwindigkeit erfolgen soll, müssen zwischen Haupttrieb und Steuerungsantrieb Wechselräder zur Herstellung dieser Geschwindigkeit vorhanden sein.

Das zweite Prinzip des Geschwindigkeitswechsels zeigt der Brown-&Sharpe-Automat. Es ist für alle Schaltbewegungen je eine dauernd festgelegte Schaltgeschwindigkeit vorhanden. Die Hauptkurvenwelle besitzt eine für jedes Arbeitstück im voraus zu bestimmende, innerhalb der Vorgänge gleichmäßige Geschwindigkeit. Da ein Ausgleich durch einen rascheren Lauf der Trommelwelle nicht stattfindet, müssen für jedes einzelne

Arbeitstück besondere Kurven angefertigt werden. Die Schaltbewegungen werden von der dauernd umlaufenden Hilfsteuerwelle I (Fig. 25) abgeleitet. Die Hilfsteuerwelle II für Betätigung des Vorschubes und der Spannung, die über die Welle I geschobene Kurventrommel E zur Umsteuerung der Spindel, die Hülse G zur Schaltung des Revolverkopfes machen jeweils nur eine Umdrehung. Diese unterbrochenen Umdrehungen werden durch die auf der Hauptsteuerwelle verstellbaren Nocken eingeleitet, die die Klauenkupplung einrücken und nach einer vollzogenen Umdrehung selbsttätig ausrücken. Der Antrieb von der Hilfsteuerwelle I geht über Wechselräderpaare 14, 15, 16, Schnecke 17 und Rad 18, Welle III, Kegelhäder 19, 20 auf die Hauptsteuerwelle IV über die Räder 21 und 22 auf den Teil V der Hauptsteuerwelle. — Einen ähnlichen Aufbau hat der Automat von James Brockie, England, beschrieben im D. R. P. 126 903. Die Kurvenstücke sitzen gewöhnlich lose auf der Steuerwelle und werden nur zur Hervorrufung einer Schalt- oder Arbeitsbewegung mit dieser gekuppelt und nach einer halben oder ganzen Umdrehung wieder entkuppelt. — Ebenso besitzt der von Gerstadt in Stuttgart gebaute Index-Automat einen Steuerungsantrieb, bei welchem die Revolverkopfschaltung und Spindelumschaltung durch eine raschlaufende Hilfsteuerwelle vorgenommen, während der Vorschub und die Festspannung des Materials wie gewöhnlich durch Kurven auf der Hauptkurvenwelle vollzogen wird. Durch einen Räderkasten können für Hauptsteuerwelle 20 verschiedene Geschwindigkeiten mittels einer Ziehkeilkupplung rasch eingestellt werden.

Dasselbe Prinzip ist im Davenport-Fünfspindler durchgeführt. Die Maschine hat Einzelscheibenantrieb, der Vorschubantrieb geht über eine Reibungskupplung G (Fig. 33), welche als Ausrückkupplung und zugleich als Sicherung dient, da sie nur durch eine Feder angedrückt ist und bei Überlastung gleiten kann. Der Antrieb geht weiter über Welle 1, Kegelhäder 2, Handradwelle 3, Wechselräder 4, Schneckenwelle 5

auf die Hauptsteuerwelle 6. Diese umgibt auf drei Seiten die Maschine so, daß die Kurven unmittelbar unter den zu steuernden Teilen angebracht werden können. Die Hilfsteuerwelle zum Schalten des Spindelkopfes und des Materialvorschubs und der Spannung befindet sich vorn an der Maschine und erhält ihren stoßweisen Antrieb für eine Umdrehung von der sich rasch drehenden Handradwelle aus. Die darüber befindliche Steuerwelle 8 leitet die Schaltung ein und rückt nach vollzogener Umdrehung wieder aus. In der Regel laufen die Hauptsteuerwellen wie beim Brown-&Sharpe-Automaten dauernd auch während der Schaltzeiten für den Revolverkopf und für Einleitung der Vorschub- und Spannbewegungen. Beim Davenport-Automaten ist die Möglichkeit vorhanden, während der Leerschaltungen die Hauptsteuerwelle stillzusetzen. Dies wird durch eine auf der Hilfsteuerwelle sitzende Kurve bewirkt, die eine Klauenkupplung ausrückt und nach einer Umdrehung wieder einrückt. Der ganze Umfang des Kurvenkreises bleibt dann für nutzbare Kurvenlängen frei

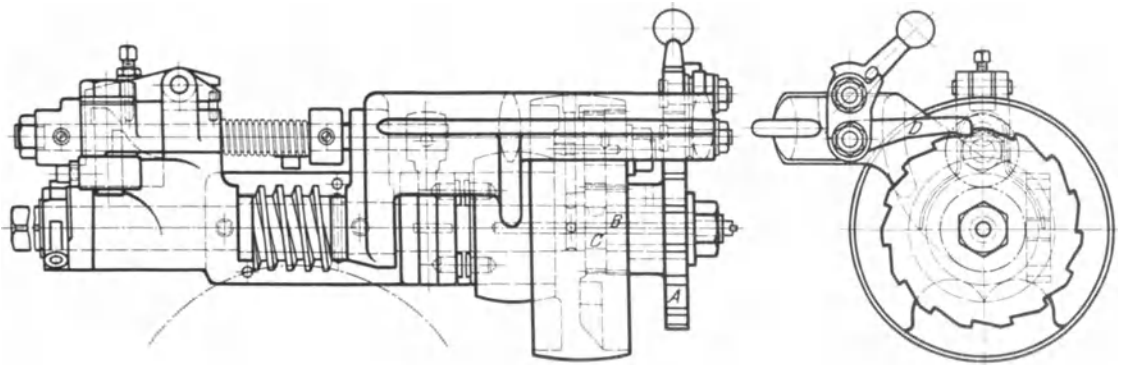


Fig. 39.

Vorschubantrieb des Pratt & Whitney-Automaten.

Durch Wechselräder lassen sich Herstellungszeiten für ein Stück von 3 bis 51 Sekunden einstellen.

Die Entwicklung des Vorschubantriebes führt also bei hochentwickelten Automaten infolge der Forderung guter Ausnutzung und kleiner Leerlaufzeiten zur Loslösung von der einfachen Trommelwelle mit einer Geschwindigkeit,

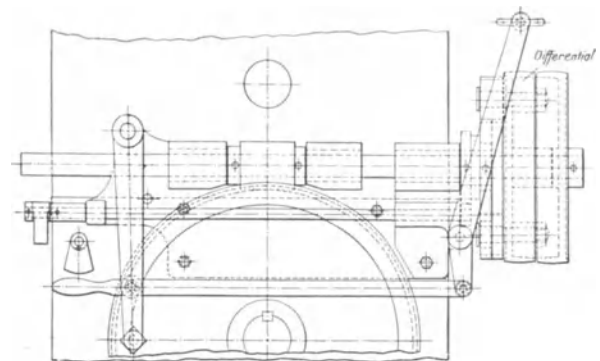


Fig. 40.

Vorschubantrieb des Gridley-Einspindler.

wobei einerseits eine vollständige Anpassung der Geschwindigkeiten der Trommelwelle, andererseits eine Trennung der Bewegungen in eine Arbeitsbewegung und verschiedene gleichbleibende Schaltbewegungen zustande kommt. Handausschaltung muß bei allen Automaten möglich sein, ebenso ist für Einrichtarbeiten eine langsame Schaltung durch Handkurbel zur Kontrolle der Werkzeuge nötig. Im Steuerungsantrieb müssen Sicherungen gegeben sein, die ein Gleiten im Falle von Überlastung erlauben.

Der Grundsatz des Ausschaltens der Hauptsteuerwelle während der Vornahme der gleichbleibenden Schaltbewe-

gungen (wie beim Davenport-Fünfspindler), d. h. des Aufeinanderfolgens einer langsamen und einer raschen Schaltung, kann noch weiter ausgebaut werden, besonders bei Automaten, bei denen regelmäßige und unregelmäßige Bewegungen aufeinanderfolgen. Wenn der Automat als eine Maschine angesehen wird, bei der infolge der gleichmäßig verlaufenden Vorgänge dieselben Bewegungen in den gleichen Zeiten wiederkehren, so kann durch Aufeinanderfolgen von ganz verschiedenen schnellen und langsamen Vorgängen ein mehrfacher Rhythmus dadurch geschaffen werden, daß die eine Bewegung die nächstfolgende fortlaufend aus- und einlöst, wobei immer nur eine voranschreitet und der Kreisprozeß seinen gleichmäßigen Verlauf nimmt. Ein Beispiel hierfür bietet der Wanner-Automat; doch ist auch für einfachere Sondermaschinen diese Regel fruchtbar.

d) Revolverkopf und Revolverkopfschaltung.

Der Revolverkopf hat die Aufgabe, alle Einstellbewegungen für die einzelnen Werkzeuge der Reihe nach durch die hin und her gehende Bewegung des Schlittens oder während derselben selbsttätig vorzunehmen. Die hierbei nötigen Schaltbewegungen sind: Zurückziehen des Werkzeugs, Entriegeln des Kopfes, Drehen bis zur Arbeitstellung des nächstfolgenden Werkzeuges, Verriegeln in der neuen Arbeitstellung, Vorschieben bis zum Angriff des Werkzeugs. Diese Bewegungen sind schon der Reihe nach bei der Revolverbank durch den Selbstgang des Revolverschlittens vereinigt worden.

Die Revolverkopfsarten sind bei den einfachen Revolverbänken infolge der größeren Vielseitigkeit der Werkzeuge mannigfacher als bei den Automaten.

Die Schaltung des bei der Bauart Spencer ganz allgemein üblichen Sternrevolvers mit einer zur Spindel senkrechten Achse geschieht beim Selbstgang des Revolverschlittens. Zunächst wird der Riegel durch eine schiefe

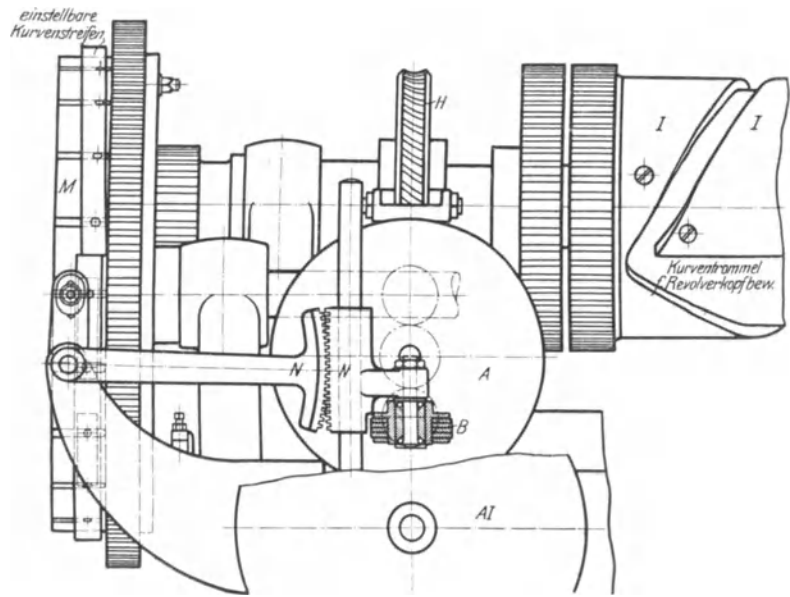


Fig. 41.

Vorschubantrieb des

Ebene zurückgezogen, dann erfolgt über Klinke und Rad die Teildrehung, worauf der Riegel durch Federdruck wieder einspringt. Bewährt hat sich hierbei die Verriegelung durch Flachriegel mit einer radialen und abgeschragten Seite. Die Führung des Riegels ist durch kegelförmige Leisten nachstellbar. Wichtig ist es, die Verriegelung am Rande des größten Revolverkopfdurchmessers vorzunehmen. Der Angriffspunkt der Rolle für die Längsbewegung des Schlittens soll möglichst in der Mitte zwischen den Führungen liegen, um Kippwirkung zu vermeiden. Es sind Einrichtungen vorhanden, bei welchen der Schlittenweg für den Werkzeugwechsel nicht für alle Werkzeuge gleich groß sein muß.

Damit unnützes Drehen vermieden wird, wenn weniger Werkzeuge verwendet werden, als Revolverlöcher vorhanden sind, so sind bei einigen Bauarten Vorkehrungen getroffen, um entweder den Revolverkopf ohne Vorlauf des Schlittens zu schalten oder die Drehbewegung des Kopfes in eine schwingende zu verwandeln*).

Neu und eigenartig ist die bei der Bauart Gridley durchgeführte Trennung der Werkzeugbewegungen**). Der Revolverkopf ist frei zugänglich (Fig. 44); er vollzieht nur die Dreheinstellbewegung. Die einzelnen Werkzeuge werden auf besonderen Werkzeugschlitten in Arbeitstellung gebracht, und zwar nur das jeweils arbeitende Werkzeug. Die Längsbewegung des schweren Revolvers fällt weg; es sind keine großen Kräfte für die Schaltung nötig, und die Abnützungen werden kleiner, da der einzelne Werkzeugschlitten während der Bearbeitung eines Stückes sich nur einmal hin- und herbewegt. Eine gute Lagerung des Revolverkopfes ist durch eine lange, durch das Bett der Maschine reichende Nabe gesichert. Das Heranholen der Werkzeugschlitten geschieht durch die am anderen Maschinenende gelagerte Trommel in Verbindung mit einer durch die hohle Nabe hindurchreichenden Zugstange. Auf den Schiebern können mehrere Werkzeuge hintereinander aufgesteckt werden. Die Werkzeuge haben keinen Überhang, wie solche, die mit einem Zapfen im Revolver sitzen. Es lassen sich also auch bei sehr langen Stücken schwere und genaue Schnitte erzielen, da die Werkzeuge direkt unter der Schnittstelle gestützt sind. Die

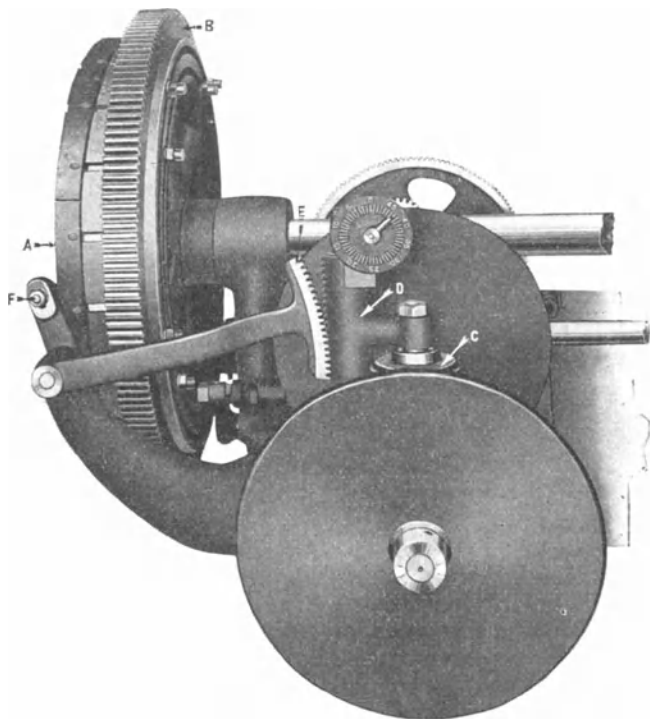
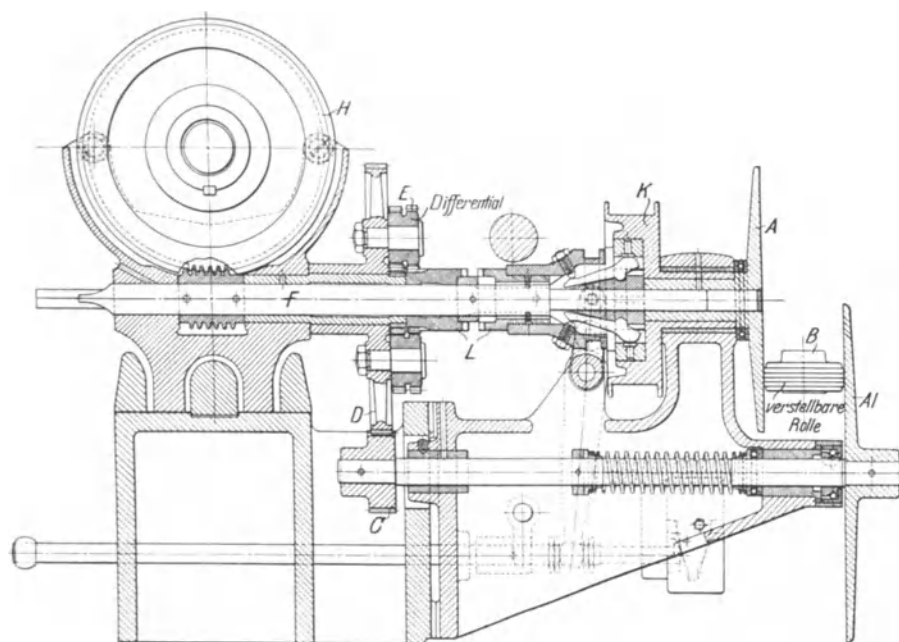


Fig. 42.

Vorschubanzeiger.

*) D. R.-P. 99 715 (Loewe).

***) D. R.-P. 156 322.



Cleveland-Automaten.

Drehung des Revolverkopfes geschieht durch Schnecke und Rad (Fig. 45). Durch Rolle F einer Kurvenscheibe wird mit dem Hebel E der Riegel D herausgezogen, wobei gleichzeitig die Klinke G angehoben wird. Die Welle I mit Reibscheibe wird dadurch axial verschoben und mit der dauernd laufenden zweiten Reibscheibe gekuppelt. Der Revolverkopf vollzieht seine Vierteldrehung, bis der Riegel D in die Paßstücke C der Scheibe D wieder einspringt und die Reibungskupplung ausrückt. Um nach Einspringen des Riegels die Bewegung nicht augenblicklich anhalten zu müssen, ist an Stelle des einen Drucklagers der Schnecke eine Feder N angebracht, so daß die Schnecke nach Verriegeln des Revolvers eine axiale Bewegung vollziehen kann.

Die Schaltung des Brown- & Sharpe-Revolverkopfes stellt eine geistreiche Verbindung zweier verschiedener Mechanismen dar, die durch ihr Zusammenwirken das Zurückholen, Drehen und Vorschieben des Drehkopfes rasch und teilweise gleichzeitig bewirken. Während sonst das Drehen des Revolverkopfes erst in der äußersten Rückwärtsstellung des Schlittens erfolgen kann, dient hier der zum Drehen des Revolvers bestimmte Mechanismus zugleich zur Beschleunigung des Rücklaufs, und es erfolgt unmittelbar nach Schluß des Arbeitshubs die Schaltung. Die Werkzeuge werden dabei rasch zurückgeholt, die Drehung vollzogen und die Werkzeuge rasch in Arbeitstellung gebracht. Jetzt erst beginnt der eigentliche Arbeitsvorschub durch die gleichmäßig laufende Kurve. Die Trennung und das Zusammenwirken rascher Leerbewegungen und

langsamer Arbeitsbewegung ist also hier vorteilhaft durchgeführt. Der Verlauf einer Schaltperiode ist folgender (s. Fig. 25 und 46). Die Rolle des Hebels 35 befindet sich auf dem höchsten Punkt der Kurve K, d. h. ein Arbeitsvorgang sei eben vollendet. Durch die auf Scheibe D einstellbaren Nocken und durch Hebel 38 erhält Hülse G und Zahnkupplung 23 eine Umdrehung. Die Welle VII, Scheibe 30 und 31 erhalten damit durch Zahnräder 24, 25, 26, Schraubenräder 27 und 28 eine Umdrehung. Zahnrad 26 erhält eine solche Breite, daß bei jeder Schlittenstellung Rad 25 mit 26 in Eingriff bleibt. Die starre Verbindung, die das Kurbelgetriebe bei ruhender Welle VII zwischen Schlitten 32 und Zahnstange 33 darstellt, wird bei Einschaltung der Welle gelöst. Im ersten Augenblick wirkt nun auf den Schlitten zum Zurückholen nur die Kraft einer Zugfeder; der Schlitten wird also zunächst nur durch Federkraft zurückgeholt. Der Hebel 35 mit Zahnsegment, der dem Schlitten 32 den Längsvorschub erteilt, wird nun durch die Drehung der Welle VII über Kurbelstange 34 und Zahnstange 33 von der Kurve K abgehoben, bis er mit seinem Ansatz 35a am Maschinengestell anschlägt. Jetzt erst be-

ginnt der Zwangslauf. Beim Weiterdrehen der Scheibe wird der Schlitten um die volle Hublänge (38 mm für eine halbe Umdrehung bei Automat Nr. 0) gegen die Zahnstange 33 zurückgezogen. Nach einer Drehung von 120° (beim Revolverkopf von B. & Sh. bei Nr. 00 6-Loch-Revolver) tritt Rolle 36 in einen der radialen Schlitze der Scheibe 31 ein, und es beginnt die Drehung des Kopfes, die bei dem 6-Loch-Kopf nach weiteren 120° vollzogen ist. Die eigentliche Schaltung beginnt also nach Zurückholen des Schlittens um etwa 30 mm, vorausgesetzt, daß der Zwangslauf sofort eintritt. Bis zur vollzogenen Schaltung ist eine weitere Drehung der Scheibe um 120° nötig. Da Welle I 120 Umdrehungen

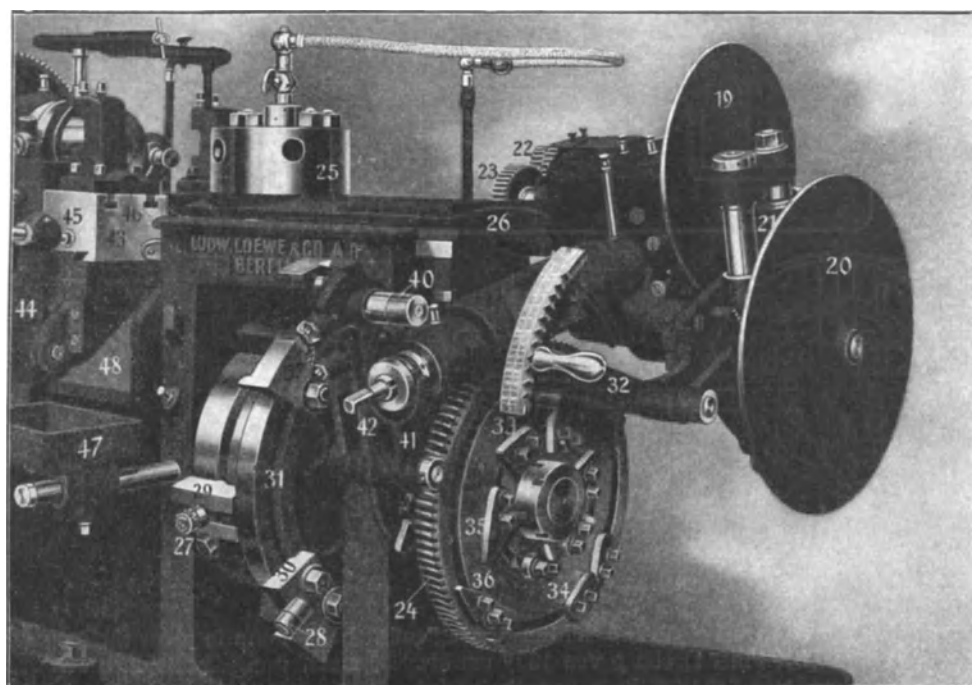


Fig. 43.

Vorschubantrieb des Loewe-Automaten.

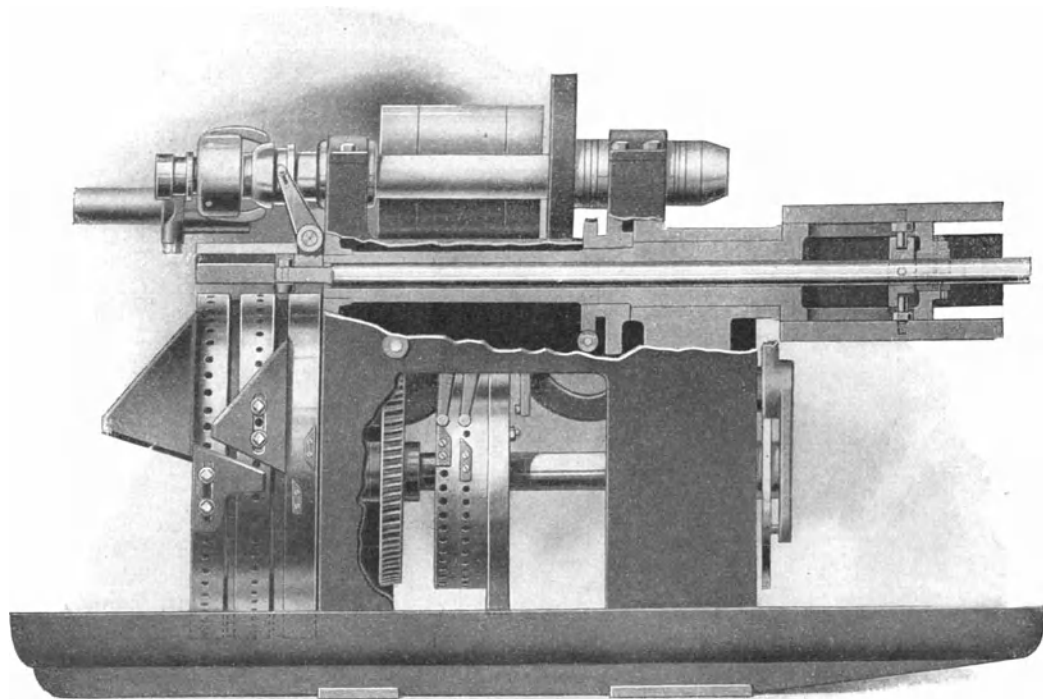


Fig. 44.

in der Minute macht, braucht die Scheibe 30 eine halbe Sekunde zur vollen Umdrehung. Die Drehung des Revolverkopfes benötigt hierbei $\frac{1}{3}$ der Drehung der Scheibe, d. h. vollzieht sich in $\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$ Sekunde. Tritt die Rolle radial in den Schlitz der Scheibe 19 ein, so geschieht die Drehung ohne Stoß. In der zweiten Hälfte der Drehung von Scheibe 30 wird zunächst der Hebel 35 gedreht, bis die Rolle auf der

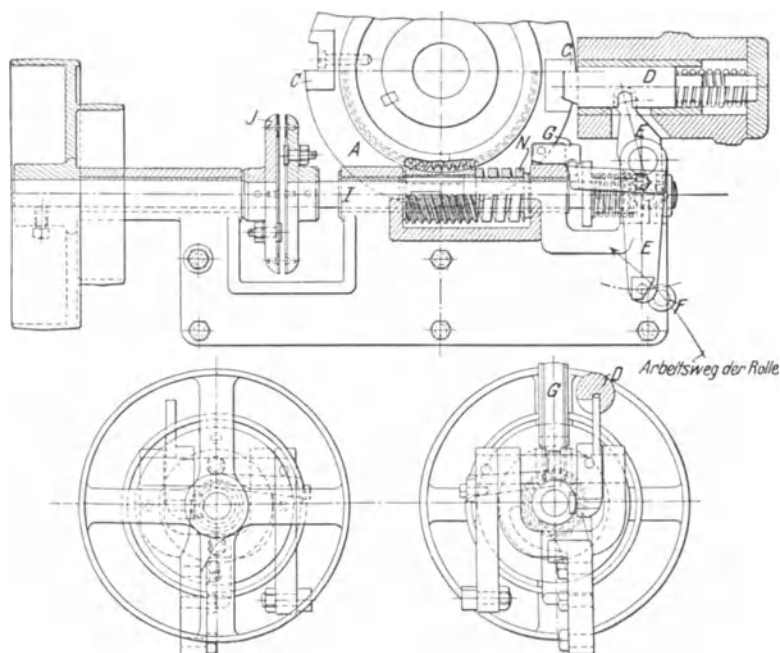


Fig. 45.

Kurve K anliegt, worauf der Schlitten zwangsläufig beschleunigt, d. h. bei einer Drehung von 120° um etwa 30 mm binnen $\frac{1}{6}$ Sekunde in Arbeitstellung vorgeholt wird. Damit beginnt erst der Arbeitsvorschub über die starre Verbindung von der Längsschlittenkurve aus. Während der Umdrehung der Welle VII wird der Revolverkopf durch ein Kurven-

stück 50, Hebel 51, Riegel 52 entriegelt und verriegelt, und zwar so, daß der Revolverkopf erst frei wird, wenn die Rolle in einen der radialen Schlitz der Schaltscheibe eingetreten ist, so daß der Kopf immer in einer Stellung gesichert ist. Die Schaltbewegung des Revolverkopfes kann durch mehrere aufeinanderfolgende Nocken auf der Steuerscheibe D beliebig oft wiederholt werden, so daß leere Werkzeuglöcher rasch übersprungen werden können, ohne dem Schlitten eine Hin- und Herbewegung von der Kurve aus zu geben. Die Geschwindigkeitsverhältnisse dieser Schaltung sollen später noch eingehend einer Kritik unterzogen werden. — Infolge der Anwendung der Schaltvorrichtung am Revolverschlitten und durch den immer vorhandenen Eingriff mit dem Triebtrieb 26 ist es unnötig, den Schlitten in eine bestimmte Stellung zu bringen, um die Schaltung vorzunehmen. Die Schaltung

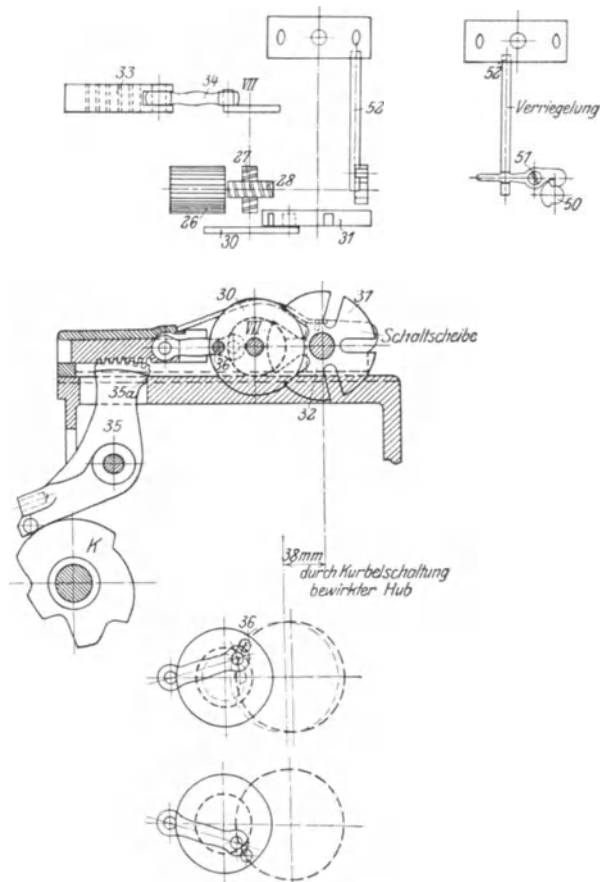


Fig. 46.

kann in jeder Stellung des Schlittens und während der Bewegung des Schlittens vorgenommen werden. Dadurch, daß der Drehmechanismus gleichzeitig zum raschen Vor- und Zurückholen des Kopfes dient, wird die Zeit zwischen aufeinanderfolgenden Schnitten sehr kurz und der Wirkungsgrad der Maschine gesteigert.

Der von Steinhäuser in Feuerbach gebaute Automat (Fig. 11) hat die rasch laufende Hilfsteuerwelle vom Brown-&Sharpe-Automaten übernommen und bringt neben raschem Materialvorschub und rascher Spannung eine Schnellschaltung des Revolverkopfes. Dies geschieht durch Eintreten dreier Rollen nacheinander in ein mit radialen Schlitz versehenes Schaltrad, das über Zahnräder die Drehbewegung auf den Revolver überträgt. Die Anwendung von drei Rollen nacheinander ist infolge der kleinen Schaltraddurchmesser nötig geworden; es ergibt sich hierbei jedoch nicht derselbe günstige Schaltverlauf wie bei Anwendung von nur einer Rolle. Der Kopf ist horizontal in der Richtung der Spindelachse gelagert; er wird am Schluß der Schaltperiode selbsttätig abgebremst*), um hohe Schaltgeschwindigkeiten anwenden zu können; es entsteht aber hiebei ungünstige Beanspruchung und starke Abnutzung. Die Schaltbewegung kann beliebig oft wiederholt werden; die Längsbewegung geschieht unabhängig durch eine besondere Kurve.

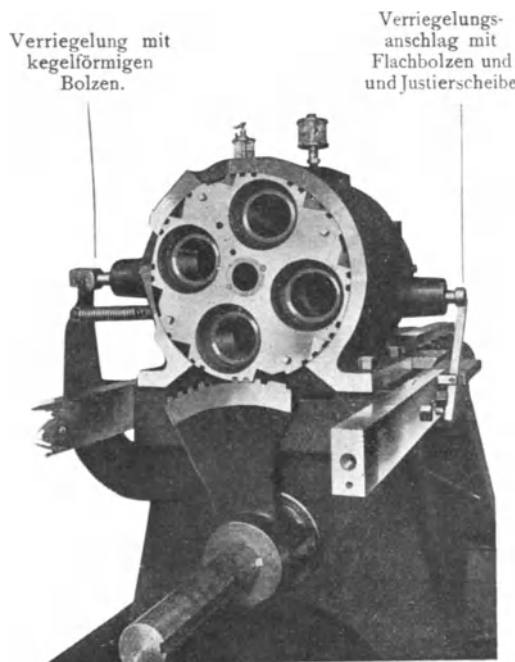


Fig. 47.

Schaltung der Spindeltrommel beim Acme-Automaten.

Der Gerstadt-Automat (Fig. 12) benützt ebenso die rasch laufende Hilfswelle zur Ableitung der Schaltbewegungen für den Revolverkopf. Die Schaltung vollzieht sich während einer Umdrehung der rasch laufenden Hilfsteuerwelle (200 Drehungen in der Minute bei kleiner Ausführung). Die Schaltung geschieht durch Zahnräder und eine Kurbel, die mit einer Umdrehung den Kopf um $\frac{1}{6}$ der Teilung schaltet. Durch die Kurbelbewegung ergibt sich sanftes, stoßfreies Schalten. Der Kopf wird durch zwei Schaltstangen, die auf zwei verschiedene, miteinander in Eingriff stehende Schalträder einwirken, gedreht. Es besteht die Möglichkeit, ihm eine fortlaufende oder bei Verwendung von nur zwei Werkzeugen eine schwingende Vor- und Rückwärtschaltung zu geben. Der Revolverkopf ist in einem Doppelkegel gelagert; die Verriegelung geschieht durch einen lang geführten und doppelt zugeschragten Keil. Der Durchmesser, an dem der Riegel angreift, ist kleiner als der äußere Revolverkopfdurchmesser. Das Schalten des Kopfes kann in jeder Stellung des Schlittens erfolgen, geschieht aber zweckmäßig in der rechten Totlage, da ein zwangsläufiges Zurückholen des Schlittens durch die Schaltung selbst nicht erfolgt. Das Zurückholen des Schlittens geschieht durch

*) D. R. P. 217 796 und 230 267.

eine Feder, das Vorholen durch Kurve und Hebel mit Zahnsegment.

Die Schaltung des axial mit der Spindel gelagerten Revolvers der Bauart Cleveland geschieht bei dem alten Modell durch ein Zahngetriebe mit Sperrvorrichtung. Zum Längsbewegen des Revolverkopfes dient eine auf der Schaltwelle verstellbare große Trommel, die zum Aufbringen der Schaltkurven mit eng nebeneinander befindlichen Gewindelöchern versehen und auf der für jeden Arbeitsgang eine besondere Kurve aufzubringen ist. Der Revolverkopf ist durch eine durchgehende Welle am hinteren Lager geführt. Bei dem neuen Modell (Fig. 41*) sind auf dem Revolverkopf selbst gleichbleibende Kurven aufgebracht, die beim Drehen des Kopfes über Schnecke und Rad den Vorschub und die Schaltung bewirken. Um unnötigen Überhang zu vermeiden, kann der Revolverkopf auf dem Drehbankbett verschoben und in einer bestimmten Stellung festgehalten werden, wodurch kurze und lange Stücke bearbeitet werden können. Die Verriegelung geschieht an einem Durchmesser, der größer ist als der der Werkzeuglöcher. Die Bewegungen der beiden Quersupporte sind unabhängig von einander.

Ähnlich der Schaltung der Revolverkopftrommel und den-

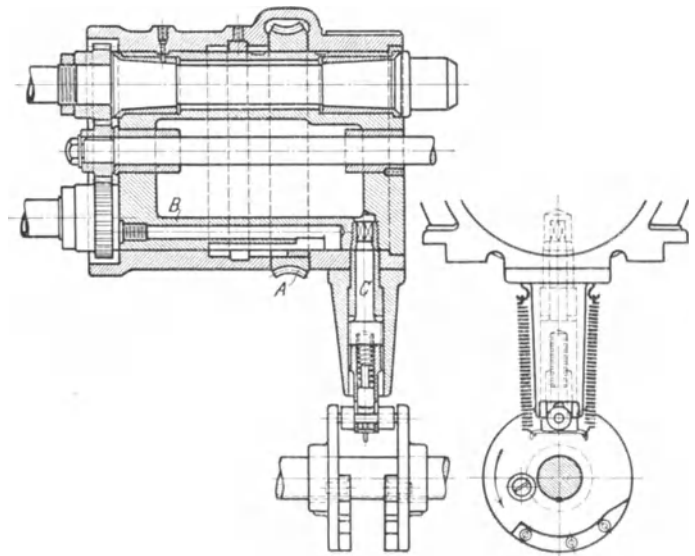


Fig. 48.

Spaltung des Spindelzylinders beim Simplex-Automaten.

selben Zweck der Werkzeugfolge erfüllend erfolgt die Schaltung der Spindelzylinder bei den Mehrspindelautomaten.

Beim Acme-Automaten geschieht die Drehung des Zylinders durch ein Zahnsegment, das mit einer Umdrehung der Steuerwelle den Zylinder um eine Vierteldrehung fortbewegt (Fig. 47). Das Verriegeln erfolgt durch zwei Bolzen, von denen der eine vorn kegelförmig ist und durch eine Kurve mit Hilfe eines Hebels automatisch herausgezogen wird. Nach beendeter Vierteldrehung des Kopfes tritt der Bolzen, gegen den oberen Teil der Büchse einwirkend, ein und drängt den Kopf zur Vermeidung von Spielraum gegen den flachen Teil des Riegels zurück. Der Kopf erhält eine Drehung, die größer ist als 90 Grad; seine genaue Einstellung wird durch eine Justierschraube erreicht. Um Abnutzungen im Gehäuse oder am Zylinder auszugleichen, ist ein Schlitz am Gehäuse vorgesehen, so daß dieses durch Schrauben zusammengezogen werden kann. Das Schalten der Spindeltrommel kann nicht ganz stoßfrei vor sich gehen, da im ersten Augenblick immer nur der erste kräftigere Zahn des Segments mit einem kräftigen Zahn des Zahnkranzes in Berührung kommt.

*) D. R. P. 146 569 John Brophy in Cleveland und D. R. P. 100 009 James Bruce Clyne in Cleveland.

Beim Simplex-Automaten findet die Drehung des Arbeitszylinders durch ein Schneckenrad (Fig. 48) statt. Das Rad A sitzt lose auf dem Zylinder B und läuft leer mit der gleichen Geschwindigkeit wie die Kurvenwelle. Durch einen in der Nute im Zylinder verschiebbaren und von einer Kurve gesteuerten Gleitstift wird die Kupplung des Rades mit dem Zylinder vorgenommen; das Riegeln und Entriegeln vollzieht ein kegelförmiger Schließkeil C. Ein Anheben des Zylinders wird bei dieser Übertragung vermieden. Das Spindelgehäuse ist zweiteilig, so daß das obere abgehoben werden kann.

Eine Schaltung der Spindeltrommel durch Zahnräder weist der Lester-Automat auf. Den drei Arbeitsspindeln stehen sechs Werkzeugspindeln am Werkzeugschlitten gegenüber, wobei die Spindeltrommel entweder um $\frac{1}{6}$ oder $\frac{1}{3}$ des Umfangs weitergeschaltet werden und auch Einzelwerkzeugstellungen überspringen kann. Das Festhalten des Zylinders in der jeweiligen Lage erfolgt durch einen Zahnkranz mit

rungen, so daß jedem Werkzeug ein beliebiger Vorschub von $\frac{1}{2}$ Kurvenhub bis zum vollen Kurvenhub erteilt werden kann. Jede Werkzeugspindel benötigt eine eigene Kurve, die aber infolge der Einstellbarkeit des Vorschubes für verschiedene Drehlängen nicht oder nur selten umgewechselt werden muß. Der günstigste Vorschub für jedes Werkzeug kann während des Arbeitens ermittelt und eingestellt werden.

Bei der Davenport-Triebsdrehmaschine sind zwei Revolverköpfe vorhanden. Der eine erhält seine Längs- und Drehbewegung durch Zahnsegmente, die von Kurven bewegt werden und beide Bewegungen gleichzeitig bewirken. Der zweite Revolverkopf hat eine zur Spindel parallele Achse; er gleitet in einer Führung senkrecht über der Spindel und steuert sich durch seine Längsbewegung durch Riegel und Sternrad selbst.

Die Anordnung von zwei gleichzeitig und unabhängig arbeitenden Revolverköpfen ist heute auch bei Revolverdrehbänken aufgenommen worden (System Lauf*).

Beim Gridley-Mehrspindler erfolgt die Schaltung durch einen Hebel K, der mit einer Rolle in einen Schlitz an

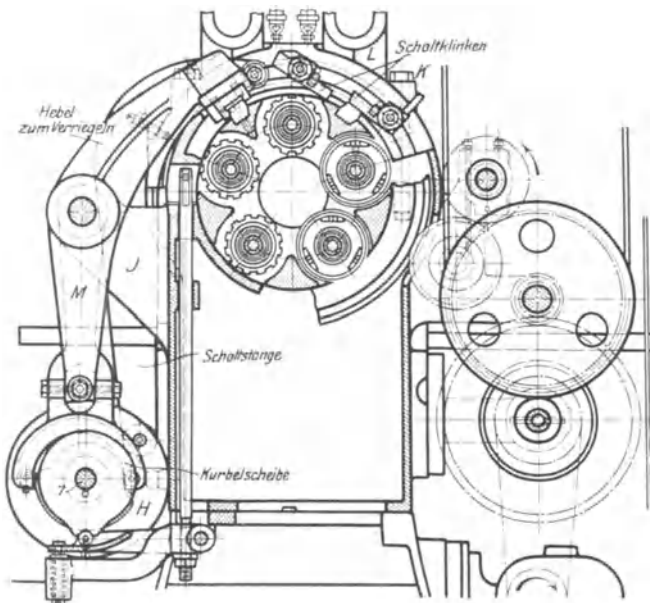


Fig. 49.

Schaltung des Spindelzylinders beim Davenport-Fünfspindler.

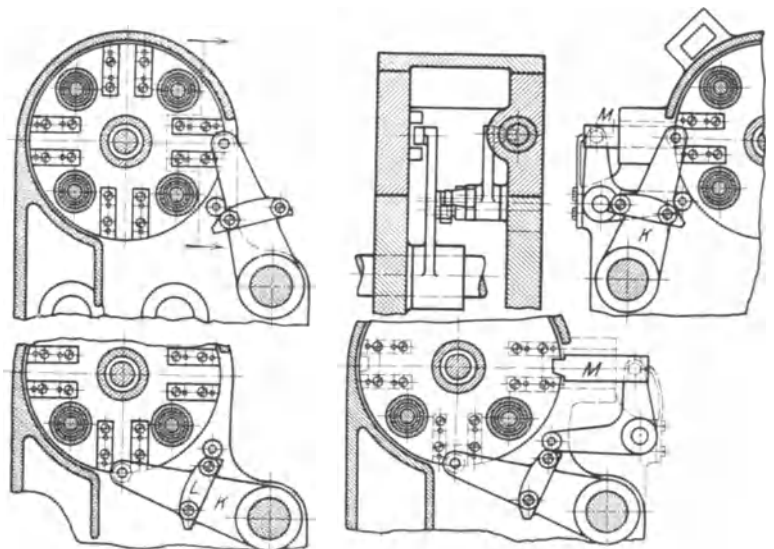


Fig. 50.

grober Teilung, in welchen ein durch Kurve gesteuerter Indexbolzen mit drei genau geschliffenen Zähnen eingreift.

Die Schaltung des Fünfspindlerkopfes des Peerless-Automaten der Peerless Automatic Machine Co. in Cleveland geschieht durch Kette und Rad. Das eine Zahnrad auf der Steuerwelle ist lose, kann aber zwecks Schaltung durch eine Kurve mit dieser gekuppelt werden.

Eine von dieser ganz abweichende Schaltung des Spindelzylinders besitzt der Davenport-Fünfspindler (Fig. 49 und 32). Die Schaltbewegung erfolgt durch eine von der Kurbelscheibe H gesteuerte Schubstange J, die auf zwei in einer Kreisringführung bewegte Schaltklinken K und L einwirkt. Die Einleitung der Schaltbewegung geschieht bei diesem Getriebe stoßfrei; das Verriegeln und Entriegeln des Zylinderkopfes erfolgt durch einen zwangsläufig zwischen den doppelten Kurvenscheiben und einer Gabel geführten Hebel M. Die Schaltung erfordert jeweils eine Sekunde. Die Werkzeuge können mit den Werkzeugspindeln einzeln gegen das Stück vorgeführt werden, so daß für jede Einstellmöglichkeit und Vorschubänderung vorhanden ist. Einstellbarkeit erhält man dadurch, daß die Verbindungstange D zwischen Werkzeugspindelende und Transporthebel E mit einem Schloß mit Links- und Rechtsgewinde versehen ist, wodurch die Werkzeugspindeln im Betrieb vor- und zurückgestellt werden können. Vorschubänderung erhält man durch Verstellen eines Gleitblocks F in den Hebelfüh-

der Stirnplatte der Spindeltrommel eintritt und die Trommel um eine Viertelumdrehung weiterschaltet (Fig. 50). An demselben Hebel ist eine Kurve L, die den Riegel M zurückholt. Der Winkel, unter dem die Rolle in den Schlitz eintritt, ist größer als 90° ; die Schaltung geht also nicht stoßfrei vor sich, was aber bei den kleinen Schaltgeschwindigkeiten unschädlich ist.

Neben diesen rein mechanischen Schaltungen finden sich Steuerungen durch eine Druckflüssigkeit (Hartneß und Brockie**), die aber eine weitere Verwendung für Revolverdrehbänke nicht gefunden haben. Beim Anstoßen des Schlittens wird ein elektrischer Strom geschlossen, der über einen Elektromagneten und elektrisch gesteuerte Ventile die Umschaltung bewirkt. Anstatt des Anschlags kann ein Schalter verwendet werden, der sich mit der Steuerung dreht und nacheinander den Stromschluß zur Umschaltung herstellt. Der Schlitten ist an dem Kolben eines Zylinders befestigt, in welchem eine Druckflüssigkeit den Schlitten in der einen oder anderen Richtung vorschiebt.

e) Werkzeuge und Vorrichtungen.

Die Leistungsfähigkeit eines Automaten ist in hohem Maße von der Beschaffenheit der Werkzeuge und Werkzeughalter abhängig. Manche Bauart ist in erster Linie durch ihre

*) Werkstattstechnik 1. VI. 12.

**) Hartneß D. R. P. 117 450, 125 777, Brockie D. R. P. 104 402.

gute Ausbildung für die Massenfabrikation brauchbar geworden und hat sich durch Sondervorrichtungen und -werkzeuge Verwendungsgebiete erobert, indem Arbeiten, die auf mehrere Maschinen verteilt waren, auf einer zusammengefaßt werden konnten. Von den Werkzeugen wird verlangt:

- leichte und genaue Einstellbarkeit,
- gute Festspannung im Revolver und im Werkzeughalter,
- Vermeidung schädlichen Überhangs,
- Möglichkeit des gleichzeitigen Arbeitens verschiedener Werkzeuge.

Für Universalautomaten ist es wichtig, ein Stück ohne weitere Nacharbeit fertigzustellen. Hierzu sind verschiedene Vorrichtungen geeignet, wie

- Schnellbohrvorrichtungen,
- Gewindeschneidapparate,
- Schlitzapparate,
- Fräsvorrichtungen,
- Querbohrvorrichtungen,
- Gewindestrehlvorrichtungen,
- Vorrichtungen zum Schlitzen von Kronenmuttern und viele andere.

Zum Weiterverarbeiten einseitig bearbeiteter Stücke dienen Magazinvorrichtungen. Weitere Sondereinrichtungen sind zum Trennen der Arbeitstücke von den Spänen getroffen worden, ferner besondere schwingende Materialanschlüge und weitere Quersupporte, die über dem vorderen Spindel-lager angeordnet sind. Arbeitsparend sind diejenigen Vorrichtungen, bei denen eine weitere Arbeit nicht mehr im Spannfutter selbst, sondern an einer zweiten Arbeitsstelle vorgenommen wird, wie z. B. bei Schlitzvorrichtungen, so daß die noch notwendige Arbeit gleichzeitig mit der Herstellung eines weiteren Arbeitstückes vor sich geht. Stillsetzen der Spindel beeinträchtigt die Leistungsfähigkeit der Maschinen.

Anforderungen an den Automaten und Kritik seiner Arbeitsweise in Beziehung auf Leistung und Genauigkeit.

Zur Beurteilung, ob sich ein Arbeitstück für die Herstellung auf dem Automaten eignet, kommen in Betracht:

- 1) der Betrag von Arbeit für jedes einzelne Stück,
- 2) die Anzahl der Stücke,
- 3) die Zeit, um die Maschine für das betreffende Stück einzurichten,
- 4) die Anzahl der nötigen Sonderwerkzeuge.

Die Berücksichtigung dieser Punkte entscheidet, ob das betreffende Stück unter Zuhilfenahme von Handarbeit — sei es auf der Drehbank oder auf der Revolverbank — oder vollautomatisch herzustellen ist. Mit dem Vollautomaten treten die Lohnkosten zurück. Für die Fabrikationsunkosten sind neben den ständigen Material- und Hilfsmaterialkosten nur noch die Werkzeugkosten maßgebend. Die Herstellungskosten unterliegen also keinen Schwankungen. Die Überlegenheit des Automaten beruht auf der Möglichkeit, die Wahl der geeigneten Vorschübe und Geschwindigkeiten, ebenso der Werkzeuge und ihrer Reihenfolge nicht dem Arbeiter zu überlassen, sondern sie mit Rücksicht auf die Maschine, Material und verlangte Genauigkeit vorher praktisch und rechnungsmäßig festzulegen. Die Einstellbewegungen für die Werkzeuge, die Wechsel in der Spindelgeschwindigkeit und im Werkzeugvorschub, Vorschub und Spannen des Materials übernimmt der Automat, der in einem Arbeitsprozeß durch möglichst rasches Aufeinanderfolgen und Zusammenwirken einzelner Funktionen das Arbeitstück fertigstellt. Dem in Amerika geschaffenen Grundsatz

„To cut costs cut time between cuts“

kann der Arbeiter nicht genügend gerecht werden. Der Automat bewerkstelligt jede Schaltbewegung mit den für Dauerbetrieb höchstzulässigen gleichbleibenden Geschwindigkeiten.

Die an einen Automaten zu stellenden Anforderungen sind bedingt:

- 1) durch die verlangte Leistung,
- 2) „ „ „ Genauigkeit der Arbeitstücke.

Auf dieser Grundlage haben sich Bauarten entwickelt, die, je nachdem Leistung oder Genauigkeit die größere Rolle spielen, entsprechende Einrichtungen zeigen, wobei eine dieser Forderung nur auf Kosten der anderen gehoben werden kann. Es sind hierbei zu unterscheiden:

- Maschinen für verschiedene Arbeitstücke mit großer Verwendungsmöglichkeit (Universalautomaten),
- Maschinen für gleichartige Arbeitstücke mit beschränkten Funktionen (Sonderautomaten).

An die Universalautomaten, d. h. die Automaten, die in der Lage sind, möglichst vielseitige Drehstücke mit kurzer Zeitdauer für das Einrichten mit einem bestimmten Genauigkeitsgrad fertigzustellen, werden folgende Anforderungen gestellt:

- eine größere Zahl von Geschwindigkeiten, die bequem und rasch eingestellt werden können, soll zur Verfügung stehen;
- Erhöhung der Durchzugskraft durch Einscheibenantrieb und Rädervorgelege;
- Umkehrbarkeit der Drehrichtung der Spindel, wozu ein selbsttätiger Geschwindigkeitswechsel nötig ist;
- möglichst Reibungskupplung, keine Riemenverschiebung;
- Entlastung der Spindel vom Riemenzug;
- Verwendbarkeit der Spannvorrichtung für blankes und schwarzes Material;
- möglichst Spannen durch Doppelkegel, weil fester als mit einfachem Kegel;
- Veränderlichkeit des Materialvorschubs und Zusatzlagerung für die Vorschubrohre;
- Gemeinsamkeit des Antriebs für Spindel und Steuerung;
- Wechselräder zur Steuerung für verschiedene Gesamtarbeitszeiten;
- Einrichtung zur Verminderung der Schaltzeiten entweder durch Kurvenwelle mit selbsttätig veränderlicher Geschwindigkeit und Kontrolle der Vorschübe für jede Spindelumdrehung, oder — noch besser — durch rasche, gleichbleibende Hilfsteuergeschwindigkeiten;
- Trennung in langsame Arbeitsbewegungen und rasche Leerlaufbewegungen zur Verminderung der unproduktiven Zeiten;
- Ableitung der Steuerbewegungen von einer oder mehreren stoßweis laufenden Steuerwellen mit dauernd gleichen angepaßten Geschwindigkeiten;
- Stillsetzen der Hauptsteuerwelle während der Vornahme der Schaltbewegungen;
- Unabhängigkeit der Mechanismen für Revolverkopfschaltung, Vorholen und Rückholen des Kopfes;
- Zwangläufigkeit der Schnittbewegungen ohne Verwendung einer Feder;
- höchstmögliche Geschwindigkeit des Materialvorschubs und der Spannung;
- Veränderlichkeit der Revolverkopfbewegung von Null bis zum längsten Weg;
- Unabhängigkeit der Schaltung von der Stellung des Schlittens;
- kräftige Lagerung für den Revolver bei trommel-förmiger und doppelter Lagerung in der Spindelachse;
- Vermeidung der Längsbewegung des schweren Revolvers, besser jedes Werkzeug unabhängig auf einer Spindel, die im Revolverkopf geführt ist; der Revolverkopf soll nur die Dreheinstellbewegung vollziehen);
- Unabhängigkeit der Quersupporte voneinander;
- Vorrichtungen, um die Maschine nach Verbrauch

- der Stange stillzusetzen;
- Sicherung im Steuerungsantrieb;
- leichtes Ausschalten der Steuerung und Ausschalten des Materialvorschubs;
- Kontrolle der Steuerbewegungen durch Handantrieb;
- bei Mehrspindlern gemeinsame Lagerung des Spindelzylinders und der Revolvertrommel.

Im allgemeinen gilt von diesen Forderungen: je kleiner die Maschine, desto kleiner das Bedürfnis für die Erfüllung derselben hinsichtlich Geschwindigkeitswechsel, Steuerantrieb und Einschaltung besonders schnell wirkender Mechanismen.

Einfluß der Kurven und der Steuerart auf den Bau des Automaten.

Für die Arbeit auf dem Automaten ist von der größten Wichtigkeit Form und Größe der Kurven, die nicht nur die Beschaffenheit und die Anzahl der in einer bestimmten Zeit

Maschine zwingt. Das Bestreben ist darauf gerichtet, möglichst gleichbleibende Kurven zu verwenden, um nicht für jedes Arbeitstück Kurven neu anbringen zu müssen. Dies wird bis zu einem gewissen Grad durch Verschieben und Schrägstellen der Kurven auf der Trommel erreicht. Bei den auf der Trommel anzubringenden Kurven ist zwischen

Schaltkurven und Arbeitskurven

zu unterscheiden.

Die ersteren sind auch bei verschiedenen Arbeitstücken unveränderlich; es sind die Kurven für Materialvorschub, Spannung, Riemenschtaltung, Umschaltung der Spindel für Rechts- und Linkslauf, Umschaltung der Steuergeschwindigkeit, Vor- und Rückholen des Revolvers von und zu der Arbeitstellung, Schalten des Revolvers. Arbeitskurven sind die Kurven für den Vorschub des Revolverschlittens und der Quersupporte für Schnittrarbeit, deren Hub- und Kurvenweg für jedes einzelne Arbeitstück veränderlich ist. Eine Trennung dieser Kurven

durch Anbringen derselben auf getrennten Vorrichtungen, einem oder mehreren dauernd raschlaufenden und einem langsamen Steuermechanismus, ist bis jetzt erst teilweise durchgeführt, z. B. in Patent Gabriel*), in dem zwei unabhängige Vorrichtungen in Form einer raschlaufenden Steuertrommel für die leeren

Werkzeugspindelbewegungen und langsam laufende Kurven für die Arbeitsbewegungen vorhanden sind, wobei immer nur ein Steuerungsteil ausgelöst wird. Diese Zerlegung der Steuerung ist durch die damit verbundene größere Einfachheit der Kurven, durch das raschere Einrichten der Maschine und vor allem durch die Verminderung der Leerlaufzeiten gerechtfertigt. Das wiederholte Beschleunigen und Anhalten einer Hauptsteuerwelle beansprucht mehr Zeit und Kraft als das Einschalten des jeweils benötigten Steuerungsteils. Bei Durchführung der Trennung fallen alle Vorholkurven auf der Haupttrommel für den Revolverschlitten weg. Diese Kurven

können auf dem Umfang einer zeitweise angetriebenen Trommel von kleinem Durchmesser angebracht werden, wodurch der gesamte leere Trommelweg überflüssig wird. Die Verminderung des Trommelwegs führt zu kleinen Trommeldurchmessern und damit zu kleineren, billigeren Maschinen. Da für jede Bewegung nur eine einfache Kurve nötig ist, wird durch Trennen der Werkzeugbewegungen außerdem eine Vereinfachung der Kurven erzielt.

Die Forderung der Trennung der Arbeits- und Schaltkurven durch getrennte Schaltmechanismen führt neben der Forderung einer besonderen Kurve für jedes Werkzeug, d. h. Trennen der Werkzeugbewegungen, zu einem rascharbeitenden Automaten.

Kurven.

Zur Erzeugung von hin und her gehenden Bewegungen werden auf Trommeln oder auf Scheiben aufgebrachte Kurven benützt. Scheibenkurven besitzen den auf Trommeln anzubringenden und dem Trommeldurchmesser an-

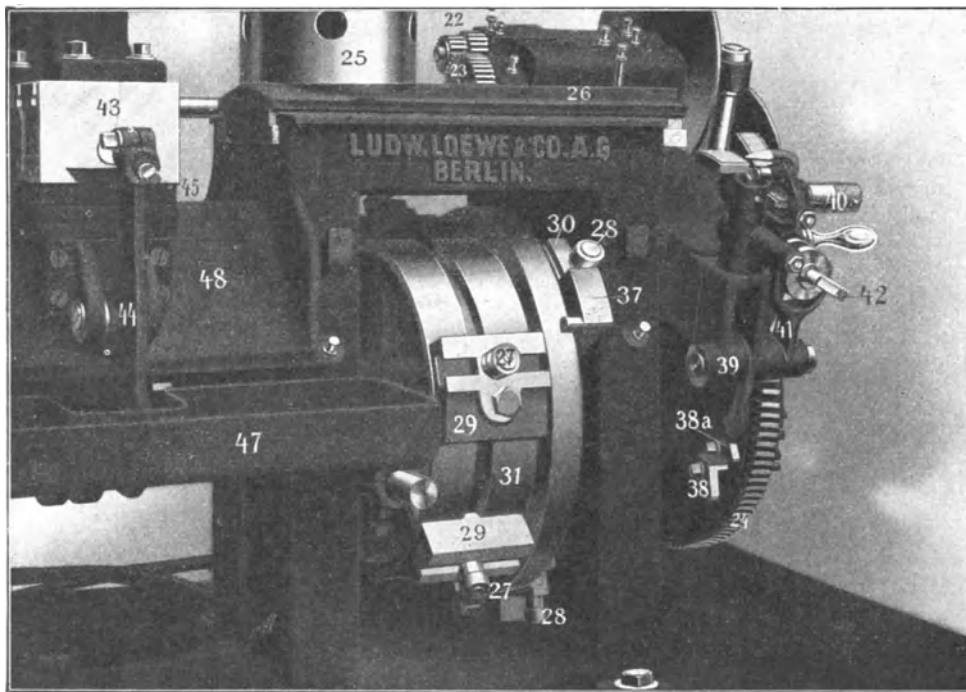


Fig. 51.

herzustellenden Stücke in hohem Maße beeinflussen, sondern auch gemeinsam mit der gewählten Steuerungsform den Aufbau der Maschine mitbedingen und bei der Mehrzahl das unterscheidende Merkmal bilden. Werden alle Bewegungen von einer Hauptsteuerwelle hervorgebracht, so sind Zwischengetriebe auszubilden, die selbsttätig großen Geschwindigkeitswechsel für Verminderung der Leerlaufzeiten und außerdem kleine Veränderungen im Arbeitsvorschub zulassen. Bei Anwendung von Zwischengetrieben ist innerhalb einer Arbeitsperiode für die Steuerwelle und das Getriebe mehrmals stoßweise Beschleunigungsarbeit nötig; die Getriebe für großen Geschwindigkeitswechsel sind also starker Abnutzung unterworfen. Um für die großen Steuergeschwindigkeiten die auf der Kurventrommel zur Hervorbringung der Leerbewegungen nötigen großen Kurvenwege anzubringen, sind Trommeln von großem Durchmesser nötig. Bei der Bearbeitung längerer Stücke sind bei schwachem Ansteigen der Kurven ohnedies große Wege und Trommeldurchmesser erforderlich. Ein Hauptkennzeichen aller Automaten, deren Steuerung eine mit selbsttätigem Geschwindigkeitswechsel versehene Welle übernimmt, ist daher die im Verhältnis zur Maschine groß auszubildende Trommel, die zu einem größeren Bau der ganzen

*) U. St. P. 776 353.

zupassenden gekrümmten Kurvenstücken gegenüber den Vorteilen leichter Herstellbarkeit und größerer Genauigkeit. Bestrebungen, mit möglichst einfachen Kurven auszukommen, sind vorhanden. So besitzt der Cleveland-Automat für

zweckentsprechend mit Berücksichtigung der Reihenfolge der Arbeiten und Festlegung der Vorschübe entworfener Kurvensatz gewährleistet eine höhere Leistung und genauere Arbeit als Kurven, deren nachträgliche Einstellung zeitraubend



Fig. 52 a.

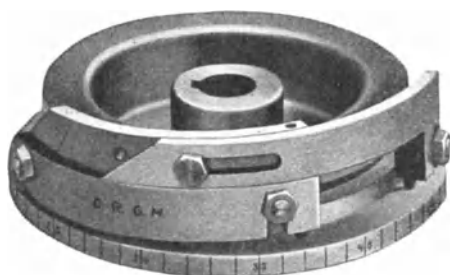
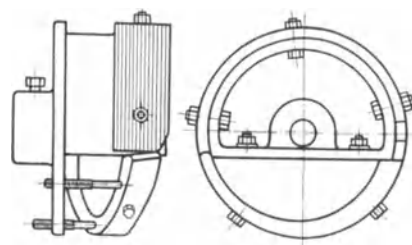


Fig. 52 b.



die Vor- und Rückholbewegung des Revolvers unveränderliche Kurven auf dem Revolverkopf, die über eine feste Rolle den Kopf vorholen. In Verbindung mit den Kurven für Vorschubänderung, die eine rasche oder langsame Umdrehung der Kurventrommel durch ein verstellbares Reibungsgetriebe bewirken, ist jeder Vorschub erzielbar. Für die Querschlitten wird eine Vereinfachung durch eine mit Gewindelöchern versehene Trommel erzielt, auf welcher Normalkurven beliebig eingestellt werden können. Es ist also eine Berechnung und Anfertigung von Kurven für den Revolverkopfvorschub entbehrlich. Beim erstmaligen Einrichten kann mit geringen Vorschüben begonnen werden, die gesteigert werden können, wenn Material und Werkzeuge es zulassen. Größeren Automaten, für welche große Kurventrommeln oder Scheiben nötig sind, bietet der einstellbare Vorschubmechanismus, besonders bei häufigem Wechsel der Arbeitstücke, Vorteile.

Der neue Loewe-Automat*) erzielt dasselbe durch unveränderliche Kurven für Vor- und Rückholen des Revolvers an der Unterseite des Revolverschlittens selbst (Fig. 51). Universalität wird durch längs verstellbare Rollen 27 und 28 und Schieber 29 erhalten, die auf dem Umfang der Trommel verschiebbar sind. Die Verstellung des Schiebers 29 und Rollenhalters 30 auf dem Trommelumfang bewirkt eine Änderung der gewünschten Zeitpunkte für die Schaltung; die Verstellung der Rollen 27 in dem Schieber, 29, verursacht eine Änderung der Arbeitswege ohne Anfertigung neuer Kurven.

Bei verschiedenen Automaten wird als Ersatz neu anzufertigender Kurven für verschiedene Längen und feine, mittlere und grobe Vorschübe ein Satz von Kurventrommeln und Scheiben benutzt, die aber jeweils nur innerhalb bestimmter Grenzen eine volle Ausnützung der Maschine gewährleisten.

Einige Bauarten besitzen sogenannte Universalcurven, durch deren Einstellung auf beliebige Wege und Höhen es möglich ist, verschiedene Arbeitstücke herzustellen. Der Wuttig-Automat besitzt Universalcurven, die aus mehreren Sektoren bestehen und in verschiedener Weise nebeneinander angebracht werden können. Durch Abnahme von Einzelsektoren können verschiedene Stücke erzeugt werden. Der Steinhäuser-Automat besitzt für die Querschlitten verstellbare Kurvenstreifen, durch welche Kurvenweg und Hub verstellbar werden können (Fig. 52a). Ebenso hat der Hau-Automat Hubverstellung durch eine Universalfräskurve (Fig. 52b). Das gleiche wird ohne Kurvenwechsel beim Simplex-Automaten dadurch erreicht, daß eine Scheibe, die in den Werkzeugschlitten eingreift, um ihre Achse geneigt wird, wodurch der Hub geändert wird. Die stetige Bewegung des Werkzeugschlittens ist jedoch für die Vornahme der Schaltbewegungen ungünstig.

Diese Universalcurven erfüllen den Zweck der Einstellbarkeit auf verschiedene Arbeitstücke nur ungenügend. Ein

ist. Ein bestimmter Kurvensatz dagegen kann rasch ausgetauscht werden.

Bei Kleinautomaten wird eine gewisse Universalität

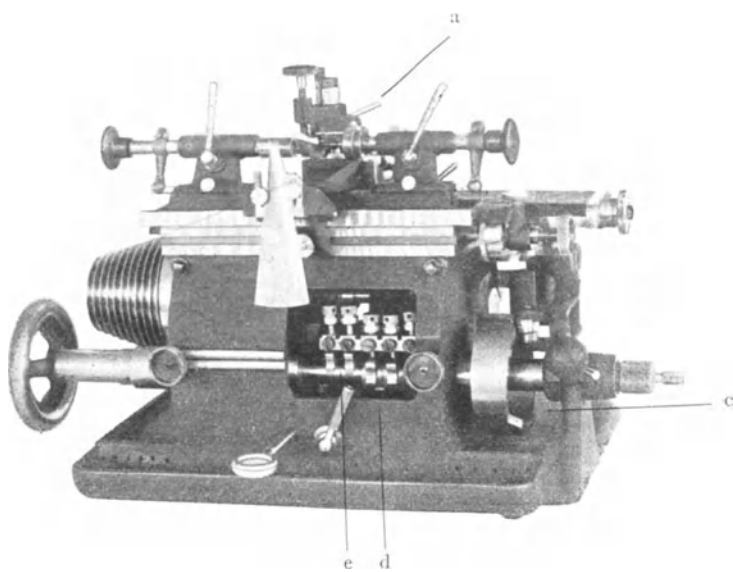
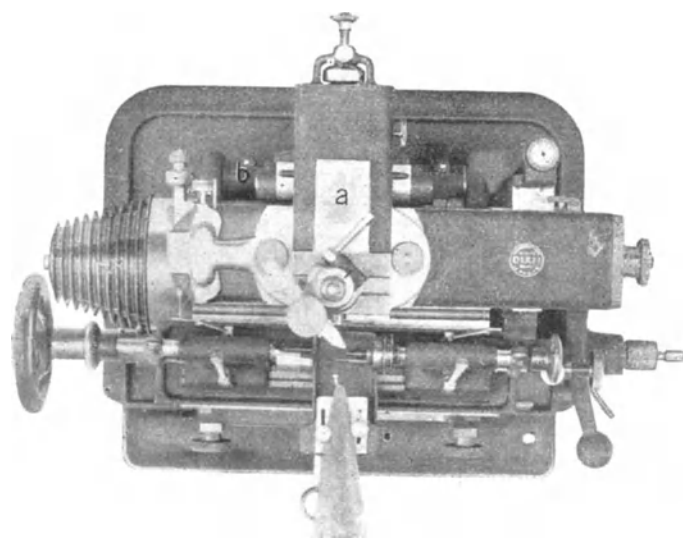


Fig. 53.

Kleinautomat mit besonderer Kurve für jeden Ansatz.

durch Anwendung von Hebelübersetzungen, Glockenexzentrern, schiefen Ebenen und schrägstellbaren Scheiben erreicht. Die Verteilung der Zeiten innerhalb des Arbeitsprozesses wird aber hierdurch ungünstig beeinflusst, da auf diese Weise

*) Schlesinger, Werkstatttechnik, April 1911.

nur die Wege, nicht aber die Einzelzeiten geändert werden. Sind viele verschiedene, aber sich nur wenig unterscheidende Arbeitstücke mit kurzer Arbeitsdauer und kleiner Leistung herzustellen, so bietet dieses System Vorzüge gegenüber dem eines Kurvensatzes für jedes Stück. — Die Kurven, die zur Herstellung eines anderen Arbeitstückes dauernd geändert

kann sich um einen Zapfen b drehen, er ist auf dem Längsschlitten angeordnet und wird durch eine trommelförmige Kurve c längs dem Stücke geführt. Da nur ein Stahl arbeitet, können für das Drehen mehrerer Ansätze ebensoviele Kurven d aufgebracht werden, für die zur Übertragung der Bewegung auf den Stahl je ein besonderer Hebel e angeordnet sein muß. Für jeden Ansatz wird dadurch genaue Einstellung ermöglicht, was bei dem Aufbringen der Kurven auf eine Scheibe und der Ableitung der Bewegung über einen Hebel nicht der Fall wäre.

Im allgemeinen ist die Forderung aufzustellen:

Für jedes Arbeitstück ist auf Grund eines Arbeitsplans ein besonderer Kurvensatz anzufertigen.

Genauigkeit der herzustellenden Arbeitstücke.

Fehlerquellen für Ungenauigkeiten sind vor allem die Kurven und die Glieder zur Übertragung der Bewegung auf das Arbeitstück. — Die Größe der Kurvenscheiben ist von wesentlichem Einfluß auf die Arbeitsgenauigkeit der Maschinen. Mittels kleiner Kurvenscheiben lassen sich keine genauen Vorschübe festlegen, weil die Ungenauigkeiten der Kurven am Arbeitstück entsprechend vergrößert werden. Wenn auch für einen bestimmten Drehdurchmesser oder Ansatz das Werkzeug eingestellt werden kann und hierfür Anschläge vorhanden sind, so können doch schwer gleichbleibende Vorschübe auf kleinen Wegelängen eingehalten werden, was für ein gleichmäßiges Arbeiten der Werkzeuge und ihre Schonung wichtig ist. Die Größe der Kurvenscheiben oder Trommeln ist also nach unten mit Rücksicht auf die Arbeitsgenauigkeit festgelegt. Von einer Kurve durch einfache Übertragung eine Genauigkeit von $\frac{1}{100}$ mm zu erzielen, ist nicht möglich; die Übertragung der Wege und Steigungen der Kurve auf das Stück muß also stark übersetzt werden. Es kommen zur Anwendung: Hebelübersetzungen, Verwendung zweier Glieder hintereinander, wie Kurve und schiefe Ebene, oder Kurve und Kegel zusammen, wodurch der Schlittenweg bedeutend kleiner ist als der Arbeitsweg auf der Kurve. Auf diese Weise können mit Sicherheit Genauigkeiten von $\frac{1}{100}$ mm erzielt werden. Die Kurven sollen möglichst alle auf derselben Welle aufgebracht sein, um sichere Übereinstimmung aller Kurvenpunkte zu erzielen. Sind mehrere getrennte Steuerwellen vorhanden, so wird keine hohe Genauigkeit gewährleistet, da die Übertragungsglieder immer mehr oder weniger Spielraum haben.

Der Einspindelautomat erzielt bei bester Ausführung und einfacher Hebelübertragung von den Kurven aus je nach der Beschaffenheit der Werkzeuge Genauigkeiten von $\pm \frac{2}{100}$ bis $\frac{3}{100}$ mm. Erhöhte Fehlerquellen entstehen bei Mehrspindlern durch die größere Abnutzung in dem Spindeltrommelkörper; es sind daher die Grenzen für die Genauigkeit noch weiter zu nehmen. Ungenaue Arbeit entsteht bei stark überhängenden Werkzeugen und Anwendung von Kreuzschlitten, ebenso durch Häufung von Steuerteilen.

Der Automat verlangt als Maschine, die mit wenig Unterbrechungen für Einrichten desselben dauernd arbeitet, in hohem Maße genaue Ausführung, gute Spindellagerung und Schlittenführung und kräftigen Bau. Erwünscht ist Nachstellbarkeit der Spindellager, der Spindeltrommel und der Schlittenführungen. Der Spindelkopf soll kurz sein, um Überhang zu vermeiden.

Leistung und Arbeitsgenauigkeit der Mehrspindler und Einspindler.

Bei den Mehrspindlern mit einem allen Werkzeugen gemeinsamen Werkzeugschlitten arbeiten alle Werkzeuge unter Zurücklegung des für eine bestimmte Arbeit nötigen längsten Weges mit demselben Vorschub. Um hohe Leistung zu erhalten, muß die Zeit für den längsten Weg klein gehalten, d. h.: es müssen große Vorschübe gewählt werden, die für die anderen Arbeiten ungünstig sind, oder es muß der gemeinsame Vorschub mit Rücksicht auf die anderen

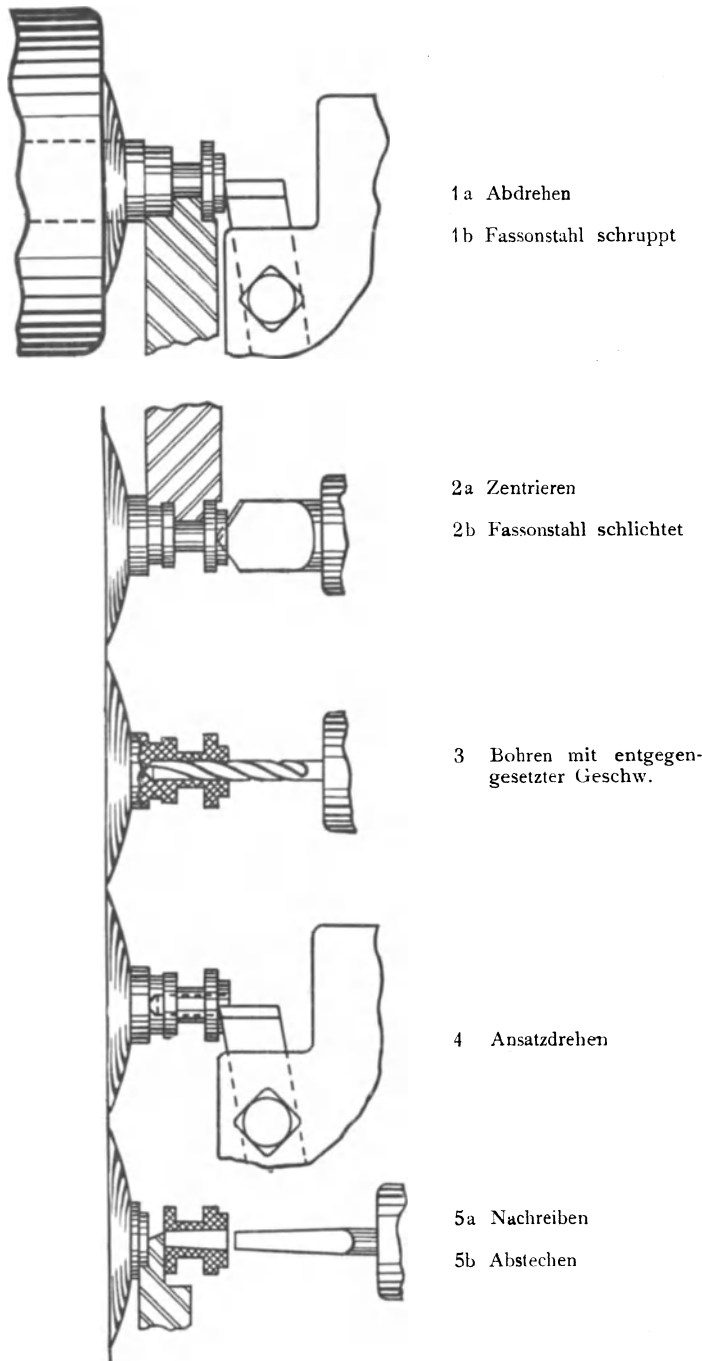


Fig. 54.

Herstellung eines Arbeitstückes (Hohltrieb) mit günstiger Zeitverteilung.

Bearbeitung bei getrenntem und verschiedenen Vorschub auf Davenport-Fünfspindler.

werden müssen, sollen an den Enden der Steuerwelle leicht abnehmbar untergebracht sein.

In der Trennung der Kurven für jedes einzelne Werkzeug geht ein schweizerischer Kleinautomat, Bauart Dixi, noch weiter, indem er den Grundsatz der Trennung der Kurven für jeden einzelnen Ansatz auch bei nur einem arbeitenden Werkzeug (Fig. 53) anwendet. Der Querschlitten a

Arbeiten klein und damit die Gesamtarbeitszeit groß genommen werden. Der Kompromiß führt gewöhnlich zu einem mittleren Vorschub, der keine günstigen Arbeitsbedingungen für alle Werkzeuge liefert. Die Arbeitsgenauigkeit wird dadurch wesentlich beeinflusst. Es sind allerdings durch geeignete Werkzeuge bei den Mehrspindlern Verbesserungen getroffen, die diese Nachteile teilweise ausgleichen. So sind beim Acme-Automaten oberhalb der Spindel zwei an einem Arm befestigte Werkzeugschlitten verwendet, die beim Vorgehen des Werkzeugkopfes durch zwei schiefe Ebenen gesteuert werden. Die Stahlhalter sind hierbei drehbar in dem Schlitten gelagert und zentrieren sich durch die Anbringung von Gegenrollen an der zu bearbeitenden Stelle selbst, so daß genaue und gleichmäßige Drehdurchmesser erhalten werden.

Die Mehrspindelautomaten besitzen alle den Nachteil des schwierigen Einrichtens für ein neues Arbeitstück. Wenn auch in der neueren Entwicklung der Mehrspindler (s. Davenport-Fünfspindler) mit weitgehender Einstellbarkeit und Hubänderung für jedes einzelne Werkzeug und Trennung aller Werkzeugbewegungen versehen ist, was sowohl die Genauigkeit erhöht, als das Einrichten erleichtert, so erfordert doch das Wechseln des Arbeitstückes mehrstündige Tätigkeit eines geschickten Arbeiters.

Die Leistung des Mehrspindlers beträgt bei gemeinsamem Werkzeugvorschub nie die entsprechend der Spindelzahl vervielfachte, sondern höchstens das 1,7- bis 2fache des Einspindlers, bei getrennter Werkzeugbewegung das 2- bis 3fache. Maßgebend für die Arbeitsdauer eines Stückes ist nur die Zeit für den längsten Arbeitsvorgang, denn innerhalb dieser Zeit vollziehen sich auch die anderen Arbeiten. Ein grundsätzlicher Nachteil aller Mehrspindler ist, daß die für die verschiedenen Arbeiten innerhalb einer Arbeitsperiode zur Verfügung stehenden Zeiten stets dieselben bleiben. Für die Bearbeitung auf dem Mehrspindler ist also nicht jedes Arbeitstück günstig; am vorteilhaftesten ist das, dessen Arbeitsvorgänge alle etwa gleiche Zeit beanspruchen. Es zeigt z. B. Figur 54 das gleichzeitige Arbeiten von fünf Werkzeugen mit getrenntem Vorschub, wobei die Verteilung der Zeiten auf die einzelnen Teilarbeiten vorteilhaft für den Mehrspindelautomaten ist. Günstig stellt sich der Mehrspindler in Beziehung auf die absoluten Schaltzeiten für den Revolver. Bei dem in Figur 54 dargestellten Stück kommt auf den Mehrspindler (Davenport-Fünfspindler) für die Spindeltrommel eine Schaltzeit von einer Sekunde. Bei Herstellung desselben Stückes auf dem Einspindler mit Revolver würde für einen fünfmaligen Werkzeugwechsel bei der geringsten Schaltzeit von $\frac{1}{2}$ Sekunde die gesamte Schaltzeit $2\frac{1}{2}$ Sekunden betragen.

Der Automat ohne Revolverkopf besitzt infolge Wegfalls der Schaltzeiten für den Revolver und wegen der Möglichkeit, den Gewindeschneidknopf dauernd antreiben zu können und das Gewinde durch Überholen ohne Anhalten oder Umkehren der Spindel herzustellen, eine erhöhte Leistung. Arbeitstücke, die eine große Anzahl von Arbeitsvorgängen erfordern, können infolge der Schwierigkeit, eine größere Anzahl von Werkzeugschlitten unterzubringen, nicht auf ihm hergestellt werden. Viele dieser Bauarten leiden unter dieser erzwungenen Werkzeuganhäufung durch Ausbildung zu schwacher Schlittenführungen, so daß genaue Arbeit für die Dauer nicht möglich ist und außerdem die Zugänglichkeit zu den Werkzeugen erschwert wird.

Es wird daher hier die Forderung gestellt:

Ohne Anwendung eines Revolvers ist eine Anhäufung von sternförmig gegen das Stück oder gleichachsig mit der Spindel geführten Werkzeugschlitten zu verwerfen.

Einfluß der Größe des zu bearbeitenden Stückes auf die Wahl des Automaten.

Aus den Betrachtungen über die Steuerung geht hervor, daß sich zwei Bauarten herausgebildet haben:

1. der Automat mit Trennung der Steuerung in rasche Hilfststeuerungen und eine langsame Hauptsteuerung;

2. der Automat, dessen Hauptsteuerwelle veränderliche Geschwindigkeit besitzt.

Bei der ersten Art werden alle Schaltbewegungen in unveränderlichen Zeiten vollzogen, die keine zu großen Schaltgeschwindigkeiten und Stöße ergeben. Bei der andern Art sind für die Schaltbewegungen auf der Haupttrommel bestimmte Trommelwege erforderlich, die mit Rücksicht auf die einzuleitenden Bewegungen, wie Revolverkopfschaltung beim Selbstgang, unter eine bestimmte Länge nicht hinabgehen dürfen. Es entstehen hierbei z. B. bei der Spencer-Bauart tote Schaltzeiten von 5 Sekunden für Materialvorschub und Spannen, 6 Sekunden für Revolverkopfschaltung, 10 Sekunden für Spindelumschaltung, die auch bei langen Gesamtarbeitszeiten schädlich sind. Lohnt sich infolge des zur Vornahme des Geschwindigkeitswechsels selbst notwendigen Zeitaufwands eine Umschaltung auf schnelleren Gang nicht, so geht Zeit verloren, weil dann durchweg mit langsameren Steuergeschwindigkeiten gearbeitet werden muß. Es entfällt auf die mit besonderer Schnellschaltung für jede einzelne Bewegung versehene Maschine die Arbeit, bei der das Verhältnis

$$\frac{\text{nutzbare Zeit}}{\text{Gesamtarbeitszeit}}$$

sowieso klein ist und nur durch außerordentlich schnelles Schalten dem Wert 1 näherkommt. Die Feststellung dieses Wirkungsgrades ergibt sich für jedes einzelne Stück ein direkter Vergleich ist nicht möglich, da für jedes einzelne Stück die Bedingungen andere sind. Tatsächlich beherrscht die erste Bauart das Gebiet der kleinen und kleinsten Arbeitstücke, deren Durchmesser weniger als 20 bis 25 mm beträgt. Bei großem Materialdurchmesser, d. h. bei großen Stücken, ist die Herstellungszeit absolut größer, während die Schaltzeiten fast gleich bleiben. Das obige Verhältnis wird also günstiger, auch wenn die absoluten Schaltzeiten noch wachsen; es können also hier beide Arten der Schaltungen vorteilhaft Verwendung finden. Doch besitzt auch hier der Automat mit langsamer Hauptsteuerung und rascher Hilfststeuerung den Vorzug der größeren Leistung. Ein größerer Automat für Materialdurchmesser über 30 mm ist bis jetzt noch nicht mit dieser Steuerungsform versehen; den Ausbau eines solchen mit raschschaltenden Vorrichtungen muß die nächste Entwicklung bringen. Der Automat mit Regelung der Steuergeschwindigkeit muß schon mit Rücksicht auf die größere Trommel stärker gebaut werden. Ein Ausbau der Maschine auf Materialdurchmesser bis 150 mm bietet keine Schwierigkeiten. Tatsächlich hat sich auch die Verteilung der Arbeiten verschiedenen Durchmessers auf diese beiden Bauarten in dieser Weise vollzogen.

Mit dem Bestreben, mehrere Arbeiten auf einer Maschine der Reihenfolge nach vorzunehmen, entstand der Automat aus der Drehbank. Mit der Werkzeughäufung in einer Maschine mußte der selbsttätige Werkzeugwechsel entstehen, für die Werkzeugbewegungen traten an die Stelle der Zug- oder Leitspindeln die Leitkurven. Der Antrieb erfuhr in den meisten Ausführungen bei der selbsttätigen Maschine zunächst eine Vereinfachung gegenüber dem Drehbankantrieb. Durch die Forderung des Geschwindigkeitswechsels zeigen sich jedoch hier dieselben Ansätze zum Einscheibenantrieb und Ausbildung von Räderkasten. Es ist jedoch abzuwarten, ob diese Räderkasten, die den Preis der Maschine wesentlich beeinflussen, sich für den Hauptantrieb auf die Dauer bewähren. Der Vorschubantrieb beim Automaten weist auch den Einbau von Wechselrädern und Räderkasten auf. Der Hauptwert wird auf Verminderung der nicht nutzbaren Zeiten durch Ausbilden von rasch schaltenden Mechanismen gelegt. Günstig ist die grundsätzliche Trennung aller Werkzeugbewegungen. Die Arbeitszeiten für Schnitтарbeit können nur auf Kosten der Qualität vermindert werden. Die Einführung des Schnelldrehstahls hat noch nicht in demselben Maße wie bei der Drehbank zu einem kräftigeren Bau geführt; nur bei den Halbautomaten hat eine Beeinflussung stattgefunden. In der Anpassung an erhöhte

Leistungen durch größere Stabilität der Schlitten, zweiseitige Lagerung des Revolvers und kräftigeren Bau der Maschine können auch hier noch Fortschritte erfolgen, wenn auch bei Verwendung von Stangenmaterial keine so großen Schruppleistungen nötig sind, wie bei der Drehbank. Die Schnittgeschwindigkeiten sind durch eine höhere Umlaufzahl der Spindel durchweg erhöht worden, doch nicht allgemein in dem Maße, wie es durch die Anwendung von Schnellschnittstahl ermöglicht ist. Große Aussichten bietet daher noch die Ausbildung von Schnellläufern für kleine Materialdurchmesser, d. h. Automaten mit einer Spindelumlaufrate, welche die bis jetzt höchste von 2400 Umläufen in der Minute übersteigt. Es können hierbei unter Beibehaltung derselben Vorschübe für Ausnützung der bei Messing und Zink gebotenen hohen Schnittgeschwindigkeiten bedeutende Mehrleistungen erzielt werden. Der Antrieb der Revolverwerkzeuge und Anbau von Sondervorrichtungen erweitert die Verwendungsmöglichkeit des Automaten. Mit diesen Vorrichtungen stellt der Automat durch seine Werkzeughäufung eine Vereinigung von verschiedenen Werkzeugmaschinen dar, die geschaffen ist, um sein Verwendungsgebiet für selbsttätige Arbeit zu vergrößern.

Kritik der schnellschaltenden Mechanismen.

Charakteristisch für den Automaten mit raschen Schaltbewegungen sind die hierfür ausgebildeten Mechanismen. Hierzu gehören vor allem diejenigen zur Schaltung des Revolverkopfes. Es haben hier mehrere Bauarten (Brown & Sharpe, Steinhäuser, Gridley-Vierspindler, Gerstatt, Davenport-Fünfspindler) Kurbelgetriebe in verschiedener Ausführung angewendet. Im folgenden sollen die Schalt- und Geschwindigkeitsverhältnisse dieser Mechanismen betrachtet werden, die für die Beurteilung schnellarbeitender Automaten wichtig sind.

Schaltung des Brown-&Sharpe-Revolverkopfes.
(Fig. 46.)

Die Schaltung geschieht durch Eintreten einer Rolle in eine radial geschlitzte Scheibe (Malteserkreuz). Kinematisch betrachtet stellt sie ein schwingendes Schleifkurbelgetriebe dar, dessen Bewegungsverhältnisse als bekannt angesehen werden sollen. Da die Rolle den Schlitz verläßt, wird die Bewegung in diesem besonderen Falle zu einer Aussetzbewegung. Es werde (nach Burmester, Lehrbuch der Kinematik) das örtliche, polare und das zeitliche Geschwin-



Fig. 55.

Schaltung des Revolvers (6 Loch 00).

digkeitsdiagramm aufgezeichnet. Das Wegediagramm erhält man, indem man die Bahnlängen, vom Anfangspunkt aus gemessen, als Ordinaten aufträgt. Das Höchstmaß der Geschwindigkeit ergibt sich aus den Ordinaten der Wendepunkte des Wegediagramms (Fig. 55).

Die im Abstand $c_{const} = 0,358$ m/sec von der Abszissenachse gezogene Parallele stellt die gleichmäßige Geschwindigkeit der Rollenscheibe im Rollenradius dar. Aus dem sinusförmigen Verlauf des Wegediagramms ergibt sich, daß die Schaltung ohne Stoß verläuft. Beträgt der Winkel, unter

dem die Rolle in den Schlitz eintritt, 90° , so beginnt die Schaltung stoßfrei. Bei der Untersuchung des Sechsevennerkopfes ergab sich, daß der Winkel größer als 90° ist, so daß die Rolle mit Stoß auf das Sternrad auftrifft. Dies erklärt sich wahrscheinlich daraus, daß der Sechsevennerkopf erst später gebaut wurde, wobei man aus Gründen der Normalisierung dieselben Konstruktionsmaße beibehielt. Durch Vergrößern des Sternraddurchmessers um 6 mm könnte der Stoß vermieden werden.

Uhrwerk für Trommelantrieb.

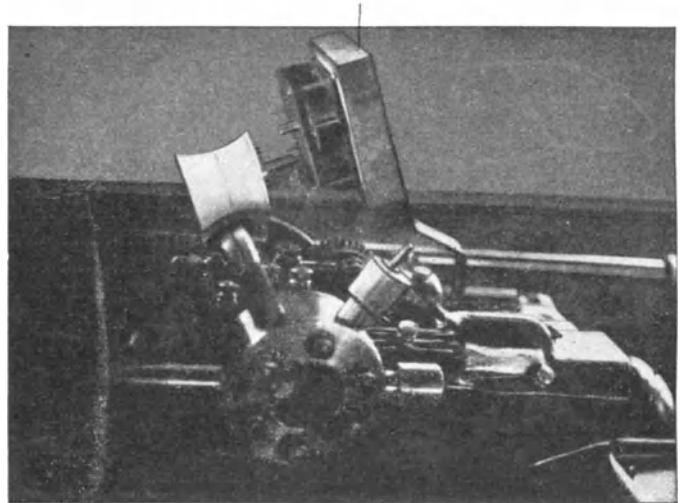


Fig. 56

Ermittlung der Schaltkurve durch Indizieren an dem Revolver während der Schaltung.

Die Schaltgeschwindigkeiten für die verschiedenen Ausführungen des Brown-&Sharpe-Revolvers ergeben sich aus den Diagrammen wie folgt:

B. & Sh.	Nr. 00	Nr. 00	Nr. 0	Nr. 2
	5 Loch	6 Loch	6 Loch	6 Loch
Schaltzeit i/Sec. . . .	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	1 Sek.
Geschwindigkeit der Kurbel i. m/Sec. . . .	0,41	0,358	0,29	0,24
Schaltgeschwindigkeit anfangs m/Sec. . . .	0	0,043	0,016	0
Schaltgeschwindigkeit max.	0,85	0,61	0,44	0,37

Die Schaltgeschwindigkeiten sind also die höchsten bei Nr. 00 entsprechend der kurzen Schaltzeit von $\frac{1}{2}$ Sek. insgesamt und $\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$ Sekunde für Kopfschaltung.

Man erhält das Wegediagramm direkt durch Indizieren an der Maschine selbst, wobei während der Schaltbewegung ein auf dem Sternrad angebrachter Stift die Kurve auf einer durch ein Uhrwerk angetriebenen Trommel aufzeichnet. Es ergibt sich in einfacher Weise die bereits oben ermittelte Wegekurve (Fig. 56).

Vorholen und Zurückholen des Schlittens beim Brown-&Sharpe-Revolver.

Ist beim Vorholen oder Zurückholen des Revolvers die Verbindung zwischen Schlitten, Zahnstange und Zahnsegment eine zwangsläufige, d. h. liegt beim Einschalten der Bewegung das Zahnsegment starr an, so wird durch die Drehbewegung eine rasche Vor- oder Rückholbewegung erzeugt, die mit der Schaltung des Revolverkopfes vereinigt wird. Es ist dies ein unabhängig vom Schwingkurbelmechanismus bestehender zweiter Mechanismus, der wenig bekannt ist. Denkt man sich den Drehpunkt des Rollenrades fest, so erhält man als Umkehrung der Bewegung ein zentrisches Schubkurbelge-

triebe, dessen Geschwindigkeitsverhältnisse in bekannter Weise ermittelt werden können (Fig. 57). Das zeitliche Geschwindigkeitsdiagramm werde über einer Strecke, die dem Umfang des Rollenkreises entspricht, aufgezeichnet. Das Wegediagramm ergibt sich durch Abtragen der vom Anfangspunkt aus gemessenen Bahnlängen als Ordinaten. Aus der Fig. 55 kann man sofort ersehen, daß nach 180° der Höchsthub von 38 mm (bei Automat Nr. 00) erreicht und daß der Schaltverlauf günstig ist. Zeichnet man nun zur Vervollständigung der Vorgänge während einer Umdrehung der Rollenscheibe auch die Geschwindigkeiten und Wege des Schaltmechanismus auf, so ergibt sich ein klares Bild der Wirkung der Br.-&Sh.-Schaltung. Nach 120° der Drehung der Rollenscheibe beginnt erst die Drehbewegung für den Revolver, d. h. erst dann, wenn der Kopf zwangläufig um 31 mm zurückgeholt ist, so daß die Werkzeuge sich ungehindert drehen können. Nach einer halben Drehung der Rollenscheibe ist die Drehgeschwindigkeit des Revolvers die größte und die Rückholgeschwindigkeit ist Null. Nach 240° ist die Revolverschaltung vollendet, und die Werkzeuge gehen rasch in Arbeitstellung vor.

Auch hier lassen sich durch Indizieren direkt die Wegekurven beim Vor- und Zurückholen verbunden mit der Schaltung aufzeichnen.

Der Mechanismus zum zwangläufigen Vor- und Zurückholen des Revolvers besitzt zwei tote Punkte, die bei senkrechter Stellung des Angriffspunktes der Kurbel über dem Mittelpunkt der Kurbelscheibe entstehen. Die Zerlegung der Antriebskraft P_{rot} in ihre Komponenten P_f und P_s ergibt für den Schlitten keine Horizontalkomponenten (Fig. 58). In dieser Stellung kann ein Vor- oder Zurückholen aus der Ruhe nicht erfolgen. Es muß also eine bestimmte Geschwindigkeit zur Überwindung der toten Punkte vorhanden sein, woraus es sich auch erklärt, daß bei raschem Drehen der Handkurbel für die Steuerung das Schalten leichter erfolgt.

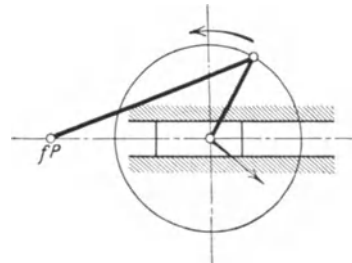


Fig. 57 a.

Brown & Sharpe Rückholmechanismus.

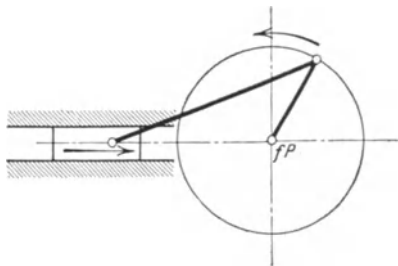


Fig. 57 b.

Schubkurbelmechanismus.

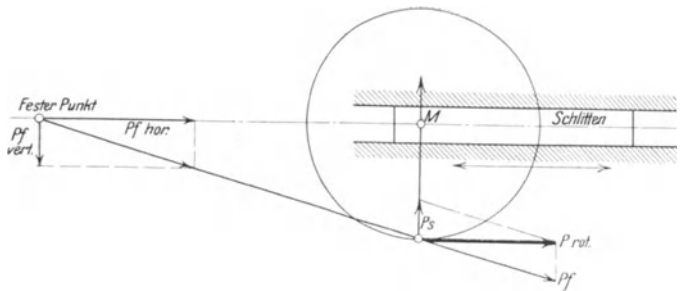


Fig. 58.

Totpunkt für Schaltung.

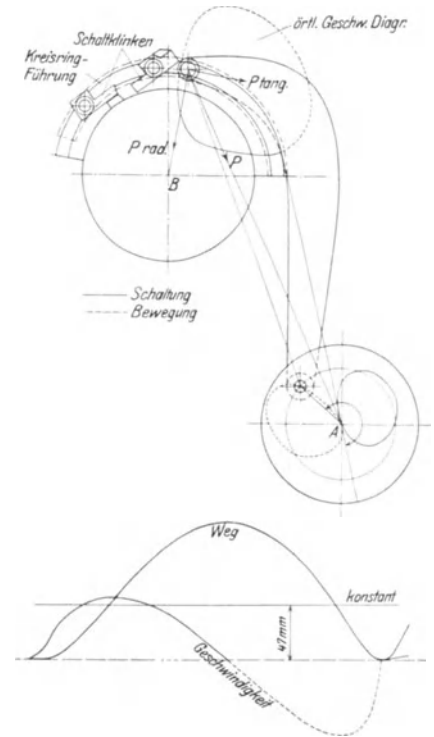


Fig. 59.

Schaltung des Spindelzylinders.

Schaltung des Spindelzylinders beim Davenport-Automaten.

Die Schaltung wird bewirkt durch eine von einer Kurbelscheibe bewegte Schubstange, die auf zwei auf einer Kreisringführung geführte Schaltklinken einwirkt. Man erhält in bekannter Weise aus den örtlichen und polaren Geschwindigkeitsdiagrammen den zeitlichen Verlauf der Geschwindigkeit (Fig. 59). Das Schalten geht langsamer vor sich als das leere Zurückgehen der Schaltklinken $\frac{\text{Schaltzeit}}{\text{Zeit für Zurückgehen}} = 1,35$.

Die höchste Schaltgeschwindigkeit beträgt das 1,1 fache der gleichbleibenden Kurbelgeschwindigkeit. Die Rückholgeschwindigkeit ist infolge der kürzeren Zeit größer; sie beträgt das 1,36 fache.

Beim Zurückgehen wird das Kreissegment nicht in die äußerste Lage zurückgeführt, sondern die Kurbelscheibe hält 4 mm vorher an. Dies hat zur Folge, daß die Schaltklinken nicht fest an dem Zylinder anliegen, sondern ihn für den Riegel freigeben, so daß kein Zwang entsteht. Im ersten Moment des Schaltens wird das Kreissegment zuerst 4 mm zurückgeholt, die Klinken fallen ein und drehen den Kopf um $\frac{1}{5}$ des Umfangs weiter.

Im Anfang des Schaltbogens entsteht bei Zerlegen der nötigen Zugkraft P in P_{rad} und P_{tang} ein großes P_{rad} , das starken Axialdruck für den Spindelzylinder verursacht, während im Umkehrpunkt die Verhältnisse günstiger liegen. Besser

wäre diejenige bauliche Anordnung, bei der der Schaltbogen symmetrisch zu dem im Mittelpunkt B zur gemeinschaftlichen Tangente an die Kurbelkreise errichteten Lote liegt.

Die Diagramme ergeben einen günstigen Verlauf. Die Schaltgeschwindigkeiten sind:

- Kurbelgeschwindigkeit 0,47 m pro Sekunde,
- höchste Rückholgeschwindigkeit 0,64 m „ „
- Schaltgeschwindigkeit 0,518 m „ „

Entwerfen der Kurven.

Den Ausgangspunkt für das Entwerfen der Kurven bildet das Arbeitstück. Festzulegen sind:

- 1) die Reihenfolge der Arbeiten,
- 2) der günstigste Vorschub und die günstigste Geschwindigkeit für jeden einzelnen Vorgang,
- 3) die Zeiten für jede Arbeit.

Die Art der Bewegungen, Stellung und Art der Kurven zur Erzeugung der Bewegungen liegen in der Maschine fest.

Es ist also für jedes Stück ein Arbeitsplan festzulegen, in welchem die Reihenfolge der Arbeiten, Schnittgeschwindigkeiten, Vorschübe für jede Umdrehung und die für jeden Vorgang nötige Umdrehungszahl festgelegt sind. Dieser Arbeitsplan soll sämtliche Schaltungen und die hierdurch be-

nötigten Leerwege und Zeiten enthalten. Es ergibt sich damit eine feste Beziehung der Umdrehungszahlen der Spindel zu einer Umdrehung der Steuerwelle, d. h. zur Herstellung eines Stückes. Der zur Verfügung stehende Trommelweg muß den aufeinanderfolgenden Arbeiten entsprechend eingeteilt sein, ohne daß sich außer den notwendigen Zeiten für Schaltungen unausgenützte Zeiten ergeben. Es müssen beide Umlaufzahlen in einem bestimmten Verhältnis zueinander stehen. Die Übersetzungen von der Spindel über Vorgelege und Wechselräder auf die Steuerwelle sind zu berechnen. Der Rechnungsgang ist zwangsläufig und richtet sich darauf, für ein gegebenes Arbeitstück das Verhältnis der Trommelwege und Zeiten für die einzelnen Arbeiten sowie die Übersetzung von der Spindel zur Steuertrommel zu bestimmen. Bei einer bestimmten Übersetzung ergeben sich dann auch bestimmte Neigungswinkel der Vorschubkurven auf der Steuertrommel. Eine halb zwangsläufige Ermittlung dieser Beziehungen für Trommelkurven besteht darin, daß zunächst die Trommelwege für die gleichbleibenden Schaltbewegungen und die unabhängig von der Geschwindigkeit der Trommel nötigen Zwischenräume zwischen den Kurven zum Durchlassen der Rolle festgestellt werden. Der übrige Trommelweg wird unter die Arbeitsvorgänge unter Festlegung der Umdrehungen, für jede Teilarbeit und des zur Verfügung stehenden Trommelweges für eine bestimmte Umlaufzahl verteilt. Für die festgelegten Vorschübe pro Umdrehung ergeben sich dann die Tangenten der Neigungswinkel, die trigonometrisch oder graphisch ermittelt werden. Es ist Tangente des Neigungswinkels = $\frac{\text{Vorschub pro Umdrehung} \times \text{Konstante}}{\text{Trommelweg pro Umdrehung}}$.

Die Konstante ist gegeben durch das Übersetzungsverhältnis im Steuerungsantrieb. Für verschiedene Übersetzungen sind für die einzelnen Bauarten Tabellen berechnet worden, aus welchen für einen bestimmten Neigungswinkel der Kurve die zu wählende Übersetzung oder bei einer bestimmten Übersetzung der entsprechende Neigungswinkel abgelesen werden kann.

Für die Berechnung des Arbeitsplanes müssen die Konstanten der Maschine, d. h. die Zeiten oder Trommelwege für die Schaltbewegungen, wie Spannen und Vorschieben, Umschaltung, Vor- und Zurückgehen des Revolverkopfes, bekannt sein. Es ergibt sich dann zwangsläufig die Festlegung der Kurven für ein bestimmtes Stück.

Aus der Schnittgeschwindigkeit v und dem Durchmesser d ergibt sich, wenn n die Zahl der Umläufe pro Minute bezeichnet:

$$n = \frac{v}{\pi d}$$

Die Zahl der Spindelumdrehungen n_a für eine bestimmte Arbeit und Drehlänge h wird bei gewähltem Vorschub pro Drehung f :

$$n_a = \frac{h}{f}$$

Die Summe dieser Drehungen plus Drehungen für Leerlaufschaltung n_l liefert die gesamten Spindelumdrehungszahlen n_t :

$$\frac{h_1}{f_1} + \frac{h_2}{f_2} + \dots + n_l = n_t$$

Die entsprechenden Zeiten sind:

$$\frac{1}{n} \cdot \left(\frac{h_1}{f_1} + \frac{h_2}{f_2} + \dots \right) + t_l = T \text{ Minuten.}$$

Es besteht nun bei einer bestimmten auswechselbaren Übersetzung $a:b$ von Spindel zur Steuerung zwischen den nutzbaren Zeiten und den zur Verfügung stehenden Trommelwegen ein bestimmtes Verhältnis, so daß der Trommelumfang den einzelnen Zeiten entsprechend aufgeteilt werden kann. Dieses feste Verhältnis besteht aber nicht bei allen Auto-

maten auch für die Leerwege und Leerzeiten, es muß daher eine Beziehung für die Trommelwege ermittelt werden, in der eine Zusammenstellung der abhängigen und der unabhängigen Trommelwege gegeben ist. Diese ergibt sich unter Berücksichtigung des Übersetzungsverhältnisses $a:b$ von Spindel zu Trommel folgendermaßen: einer Umdrehung der Trommelwelle entsprechen Konstante $\times a:b$ Spindelumdrehungen. Bei einem Trommelweg u kommt auf eine Spindelumdrehung ein Trommelweg von

$$\frac{u}{\text{const.} \cdot \frac{a}{b}}$$

Hieraus lassen sich die von $a:b$ abhängigen Trommelwege berechnen. Die Trommelwege für Schalten sind durch die Konstante w_c der Maschine gegeben; es ergibt sich die Beziehung

$$\frac{u}{\text{const.} \cdot \frac{a}{b}} \left(\frac{h_1}{f_1} + \frac{h_2}{f_2} + \dots \right) + w_c = u$$

Es läßt sich hieraus das auswechselbare Übersetzungsverhältnis $a:b$ bestimmen. Die Herstellungszeit für ein Stück beträgt dann

$$\frac{\text{const.} \cdot \frac{a}{b}}{n} \text{ Minuten.}$$

Bei Einrichtung mit Schnellgang der Steuertrommel bleiben die Wege dieselben, es ändern sich nur die Zeiten.

Die Neigungswinkel der Kurven können graphisch durch Auftragen des Trommelweges, der einer bestimmten Umlaufzahl der Spindel entspricht, und der dazu gehörigen Vorschübe ermittelt werden. Man erhält so die Neigungswinkel direkt.

Bei Automaten, deren Leerschaltungen immer in derselben gleichbleibenden Zeit mit der Höchstgeschwindigkeit vollzogen werden, ist die Berechnung eine einfachere; denn es können sowohl für die Arbeitszeiten als für die Leerlaufzeiten direkt die dazu gehörigen Umlaufzahlen festgelegt werden, sofern nicht sonst Spielraum mit Rücksicht auf die Werkzeuge gegeben werden muß. Der erzwungene Rechnungsgang unter Beziehung aller Werte auf Trommelweg oder Gradeinteilung ist dann unnötig.

Besitzt die Kurventrommel oder -scheibe nur eine Geschwindigkeit, dann ergeben sich einfachere Kurven. Es soll nun ein Arbeitsplan eines bestimmten Arbeitstückes für einen Automaten, dessen Hauptsteuerwelle nur eine gleichbleibende Geschwindigkeit besitzt, entworfen werden (Automat Brown & Sharpe Nr. 0). Gegenstand: Messingschraube.

Die Schnittgeschwindigkeit ist bei der zur Verfügung stehenden Höchstleistung von 1800 Drehungen pro Minute gleich 49,6 m pro Minute (Fig. 60).

Reihenfolge der Arbeitsvorgänge und Festlegung der Vorschübe pro Umdrehung nach Erfahrungswerten.

Nr.	Operation	Vorschub pro Umdrehung mm	mittlere Schnittgeschw.	Tourenzahl
1	Materialvorschieben	—	—	—
2	Schruppen	0,18	37	1800
3	Fassondreihen . . .	0,04	42	1800
4	Gewindeschneiden.	0,06	17	1800
5	Abstechen	Steigung 0,05—0,03	25,5	1800

Das Vorschieben des Materials erfordert 2 Umdrehungen der Hilfsteuerwelle, die 180 Drehungen pro Minute macht und auf eine zweite Welle mit 2:1 übersetzt ist. Die Schaltung erfordert also $\frac{2}{3}$ Sekunden, ebenso das Schalten des Kopfes. Es gehen für jede Schaltung bei 1800 Umläufen

Name des Stücks: Schraube	
Räder	120 Z
Nr. Antriebswelle	44 Z
Nr. Schneckenwelle	
Nr.	
Nr.	
Zeit für 1 Stück 11 Sek. in 10 Stunden den 3200 Stück auf Revolverbank Nr. 0 Stangenm. Messing 9 mm Bemerkungen	
Spindelgeschwindigkeit vorwärts rückwärts 1800 U. p. M. 1800 U. p. M.	
Schnittgeschwindigkeit f. Stange 51 M. max. f. Gewinde 20 M. max. f. Bohren	

Umdr.	o	Anfang	Ende	Drehlänge mm	Vor-schub mm	Operationen
20	6,2	0	6,2	31	0,18	Mat.-Vorschub geg. Anschlag
23	7	6,2	13,2			Kopfdrehen
172	53	13,2	66,2	2,5	0,04	Hohlfräser
(63)	(19,3)	(32,5)	(51,8)			(Fasson)
23	7	66,2	73,2			Kopfdrehen
12	3,7	73,2	76,9	5,5	0,6	Gewinde vor
12	3,7	76,9	80,6	5,5	0,6	Gewinde zurück
30	9,2	80,6	89,8	1,5	0,05	Abstechen
34	10,2	89,8	100	1	0,03	Abstechen
(23)	(7)	(80,6)	(87,6)			(Kopfdrehen)
326	100,0					

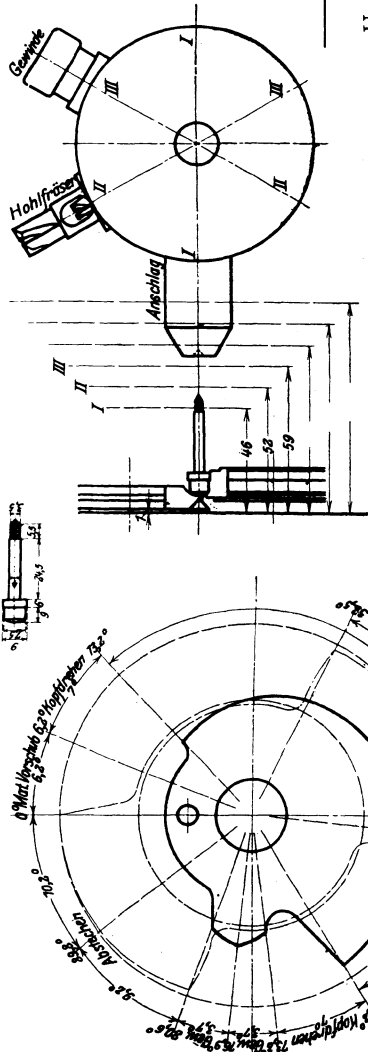


Fig. 60. Schema eines Arbeitsplans.

	Spezialwerkzeuge	Werkz. Nr.	Zeichn. Nr.	Normalwerkzeuge	Werkz. Nr.	Zeichn. Nr.
1 Rundformstahl		9	9	2 Doppelhohlfräser 4 mm,	9	9
1 Abstechstahl		9	9	3,5 m	9	9
Stellung d. Kurven, vorn		9	9	2 Gewindeköpfe 3,5 mm	9	9
längs, hinten				2 Anschläge	9	9

Bemerkungen: Produktion 3200 Stück, gegen früher 1200 Stück.

20 Umläufe der Spindel, entsprechend $\frac{2}{3}$ Sekunden, verloren; ein Zuschlag von 2 bis 4 Umläufen wird als Sicherheit zu gegeben. Da der Revolver mit der Schaltung zugleich zwangläufig durch Kurbelbewegung zurückgeholt wird, so muß für das Zurückholen des Revolvers keine Zeit zugerechnet werden. Das Vorgehen des Revolvers erfolgt im letzten Drittel der Revolverschaltung zwangläufig durch die Kurbelbewegung ohne Zeitverlust.

Für die Einteilung der Scheiben ist eine Einteilung in 100° für den ganzen Umfang gewählt.

Der Revolverkopf hat sechs Löcher und trägt einen Satz Werkzeuge. Das Fassonieren geschieht vom vorderen Querschlitten aus; während der erste Teil des Schafts geschruppt wird, so daß keine besondere Zeit hierfür nötig wird. Das Drehen des Revolverkopfes nach den Gewindeschneiden wird während des Abstechens vorgenommen, Die Hauptsteuerwelle muß mit einer Umdrehung das Stück fertigmachen, d. h. in 11 Sekunden eine Umdrehung machen. Verschiedene Arbeitszeiten t erhält man durch zwei Paar Wechselräder, deren Berechnung sich folgendermaßen ergibt:

$$\text{Umlaufzahl in der Minute } 180 \frac{a \cdot c}{b \cdot d} \frac{1}{60} = \frac{60}{t}$$

$$\text{Übersetzung von Schnecke auf Rad } \frac{1}{60},$$

$$\text{„ der Wechselräder } \frac{a \cdot c}{b \cdot d}$$

$$\frac{a \cdot c}{b \cdot d} = \frac{20}{t} \quad \frac{a}{b} \text{ ist dauernd} = \frac{58}{87}$$

$$\frac{c}{d} = \frac{20}{2 \cdot t} = \frac{2}{3}$$

Für $t = 11$ Sekunden wird

$$\frac{c}{d} = \frac{30}{11}$$

Die Räder sind folgende:

$$120 : 44.$$

Die zur Herstellungszeit des Stückes nötige Spindelumlaufzahl n erhält man aus:

$$n = \frac{t \cdot N}{60} = 330,$$

wenn N die sekundliche Umlaufzahl der Spindel ist. Es läßt sich nun eine Tabelle für den Arbeitsbereich einer Maschine berechnen, aus der bei festgelegten Herstellungszeiten sofort die entsprechenden Wechselräder, die Spindelumlaufzahlen für eine Sekunde und die Gradzahlen für die Schaltbewegungen zu entnehmen sind.

Da die Schaltbewegungen immer in derselben bestimmten Zeit, einer Sekunde oder weniger ($\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, 1 Sekunde), erfolgen, ergeben sich die erforderlichen 100stel des Kurvenumfanges für eine bestimmte Herstellungszeit τ direkt als Konstanten K :

$$K = \frac{100 \cdot \frac{2}{3}}{\tau}$$

Die Umdrehungszahlen der Spindel während des Schaltens liegen von vornherein fest. Mit Rücksicht auf leichtes Vor- und Zurückholen der Schlitten ist bei langen Herstellungszeiten ein größerer Kurvenweg nötig, so daß dann zu der berechneten Gradzahl ein Zuschlag gegeben werden muß. Für die Anhol- und Rückholkurven werden mit Vorteil Schablonen angewandt. Ein Zuschlag muß oft gemacht werden, um die Werkzeuge freizuhalten. Um den Betrag zu finden, um den eine Kurve vom äußersten Kreis aus gemessen, unterschritten werden muß, ist die Entfernung, die das Werkzeug aus dem Revolverkopf vorsteht, zu berücksichtigen.

Es empfiehlt sich, ein Diagramm zu entwerfen, aus welchem diese Entfernungen direkt abgenommen werden. Das Aufzeichnen der Kurven für den Revolverschlitten und die Querschlitten ergibt ein klares Bild der Reihenfolge und Dauer der einzelnen Vorgänge und der Schaltbewegungen. Beim Übereinanderzeichnen der Kurven ist sofort zu er

sehen, ob die Werkzeuge sich gegenseitig im Wege stehen und ob die Ausnützung eine höchstmögliche ist. Die Gesamtvorschübe sind auf die zur Verfügung stehenden Kurvenwege genau zu übertragen.

Betrachtungen über das in vielen Werkstätten übliche Verfahren beim Kurvenentwerfen.

In dem vorhergehenden Abschnitt wurde das Vorgehen beim Entwerfen der Kurvenscheiben durch Festsetzung der genauen Teilzeit für jede Arbeit und Zwischenarbeit mit Festlegung der günstigsten Vorschübe und Geschwindigkeiten und dem Endergebnis eines Arbeitsplanes gezeigt. Es hat hierbei eine eingehende, den genauen Arbeitswert des Stückes bestimmende Zeitberechnung für die Maschine stattgefunden. Da keiner der maßgebenden Faktoren geändert wird, bleibt der Arbeitswert eines selbsttätig hergestellten Stückes stets unverändert.

Bei Besichtigung einer größeren Anzahl von Werkstätten war mir Gelegenheit geboten, die Ausnützung der Automaten und die Verschiedenheit des Wirkungsgrades in denselben hinsichtlich Genauigkeit und Menge der Leistung festzustellen. Das Einrichten für ein neues Stück war dem Einrichter überlassen, der mit mehr oder weniger Erfahrung die Kurven meist ohne eine genaue Berechnung entwarf, so daß weder die Zeit für die Arbeit noch für die Zwischenarbeit das niedrigste Maß erreichte. Es muß zugegeben werden, daß viele infolge ihrer langen Erfahrung in der Lage waren, oft jedem Vorgang eine annähernd richtige Gradzahl zuzuteilen. Für alle Arbeitstücke, für die ich nach dem angegebenen Verfahren neue Kurven berechnete, ergab sich eine Leistungssteigerung, die infolge der günstigeren Geschwindigkeiten und Vorschübe stets mit einem höheren Genauigkeitsgrad verbunden war. Bei dem in Figur 61 entworfenen Arbeitsplan ergab sich eine Steigerung von 1200 auf 3200 Stück pro Tag.

Versuche.

Der für den Spindeltrieb erforderliche Geschwindigkeitswechsel ist abhängig:

1. vom Material,
2. von der Verschiedenheit der Drehdurchmesser,
3. von der Art der vorgenommenen Arbeit.

Bei Bearbeitung von Stangenmaterial ist der Unterschied vom größten und kleinsten Durchmesser nicht so groß wie beim Futterautomaten, es müßte auch im Stangenautomaten infolge der kleineren Arbeitszeiten für das einzelne Stück ein häufigerer Wechsel innerhalb einer Arbeitsperiode erfolgen, um immer die günstigste Schnittgeschwindigkeit zu erhalten. Eine volle Anpassung der Geschwindigkeit hat daher bis heute nicht stattgefunden. Der in erster Linie für Stangenarbeit gebaute Automat mit dem größten zur Verfügung stehenden selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel besitzt eine rasche und eine langsame Geschwindigkeit vorwärts und rückwärts; mit einem 3—4 fachen Geschwindigkeitswechsel sind nur Futterautomaten versehen worden. Hierzu ist ein Räderkasten nötig, der die Kosten der Maschine erhöht, selber Kraft verbraucht und der Abnutzung seiner Glieder unterworfen ist. Die Entwicklung zu einer größeren Anpassung ist infolge der Schwierigkeiten eines selbsttätigen Geschwindigkeitswechsels stehen geblieben. Es tritt nun die Frage auf: Ist es möglich, einen Geschwindigkeitswechsel zu erzielen, der bequem herzustellen ist und einen großen Drehungsbereich bietet, ohne die erwähnten Nachteile mit sich zu führen?

Ohne Riemenwechsel oder Räderkasten kann dies nur durch Einzelantrieb mit elektrischer Geschwindigkeitsregelung erfolgen. Es sind bei Anwendung von Gleichstrom mehrere Möglichkeiten vorhanden:

1. Ändern der Spannung des Motors durch ein Mehrleitersystem,
2. Ändern der Feldstärke des Motors,
3. Ändern der Polzahl,
4. Ändern der Spannung durch eine besondere Steuermaschine nach der Leonardschaltung.

Neben diesen sind noch verschiedene Regelungsarten durch Vereinigung zweier derselben gegeben, so z. B. von Mehrleiteranlage mit Feldregelung, ein System, das schon seit 1900 in Amerika bekannt und vielfach angewendet ist. Rein technisch sind weitere Arten der Regelung möglich, die sich aber praktisch nicht bewähren können, sei es infolge der zu hohen Kosten oder des ungenügenden Regelbereiches; es sei hier nur erwähnt die Tourenänderung durch Motoren mit 2 Ankerwindungen für Serien- und Parallelschaltung. Dazu kommen in neuerer Zeit die regelbaren Drehstrom- und Wechselstrommotoren, die einen Kollektor besitzen, um die Rotorwicklung gewissermaßen im Raum festzuhalten. Die Drehzahl richtet sich nach der von außen durch Transformatorwirkung aufgedrückten Spannung oder nach der vorgekommenen Bürstenverschiebung. Die Funkenbildung kann nicht so leicht unterdrückt werden wie beim Gleichstrommotor, da in der jeweils kurz geschlossenen Spule elektromotorische Kräfte entstehen, die zum Teil durch besondere Wicklungen kompensiert werden müssen. Das Drehfeld ist maßgebend für die Charakteristik, die der von Nebenschlußmotoren ähnlich ist. Die Motoren mit Tourenregelung durch Bürstenverstellung sind in ihrer Umlaufzahl abhängig von der Belastung, d. h. bei kleinerer Belastung haben sie große Umlaufzahl und umgekehrt, so daß sie für den Antrieb von Werkzeugmaschinen wenig geeignet erscheinen. Von Nachteil bei allen regelbaren Drehstrom- und Wechselstrommotoren ist, daß die Reglerapparate stets Hauptstrom führen. Eine Umkehrung der Drehrichtung ist auch nicht auf einfache Art zu erzielen, da hierfür besondere Schaltwalzen zum gleichzeitigen Umschalten der Kompensationswicklung nötig werden. Es geht auch daraus hervor, daß bei Drehstrom-Kollektormotoren nicht so viele Stufen gegeben sind, wie bei Gleichstromregelmotoren. Ebenso ist eine genaue Einstellung einer bestimmten Umlaufzahl nicht so gut möglich. Da an dem Felde nichts geändert wird, arbeiten die Motoren mit gleichbleibendem Drehmoment. Infolge der schwierigen Kommutierung wird jedoch die Vermehrung der Leistungsabgabe über eine gewisse Höhe beschränkt, so daß dann die Leistung konstant gehalten werden muß.

Von den erstgenannten Arten der Geschwindigkeitsregelung für Gleichstrom sind bis jetzt nur wenige in ihrem vollen Umfang zur Anwendung gekommen. Das Mehrleitersystem, verbunden mit Feldregelung, ermöglicht weitgehende und bequeme Regelung, erfordert aber hohe Anlagekosten. Die Motorengröße wächst bei reiner Geschwindigkeitsregelung durch Spannungsänderung allein etwa im Verhältnis des geforderten Regelbereiches, bei Feldregelung werden die Motoren etwa im Quadrat des geforderten Regelbereiches größer, so daß schon die notwendige Einführung größerer Motoren einer weitergehenden Regelung im Wege steht. Bei Regelmotoren wird durch Schwächung nur eine Erhöhung der Drehzahl erreicht. Es tritt hierbei der Übelstand auf, daß infolge der Ankerrückwirkung die Kommutierung nicht in der neutralen Zone erfolgt und kein funkenfreier Lauf erzielt wird. Dies wird vermieden durch Wendepole, die ein mit dem Ankerstrom wachsendes und abnehmendes Feld zur Aufhebung der Ankerrückwirkung erzeugen. Die Regelfähigkeit solcher mit Hilfspolen versehenen Motoren beträgt 1:6 bis 1:8. Da das Drehmoment proportional dem Produkt aus Feldstärke und Strom ist, so sinkt es bei Abnahme der Feldstärke, vorausgesetzt, daß der Strom konstant bleibt. Die Motoren mit Feldregelung eignen sich also für den Antrieb von Werkzeugmaschinen, bei welchen die größte Kraft bei der kleinsten Geschwindigkeit verlangt wird.

Bei Regelung durch Ändern der Polzahl erhält man teure Maschinen, bei denen nur wenig Geschwindigkeitsstufen möglich sind.

Den größten Regelbereich erhält man bei Verwendung einer besonderen Steuermaschine nach der Leonardschaltung. Zugleich ist man vollständig unabhängig von einer bestimmten Stromart. Eine Steuermaschine wird durch einen beliebigen Motor mit gleichbleibender Umlaufzahl angetrieben. Der zu

steuernde Motor ist elektrisch mit der Dynamo gekuppelt, die Regelung der Umlaufzahl des Motors erfolgt durch Änderung der Erregung der Steuerdynamo. Spannung und Umlaufzahl des Motors sind proportional Größe und Richtung der Erregung. Das System besitzt große Vorzüge vor allen anderen; es können kleine normale Motore zur Verwendung kommen, da der Antriebsmotor immer mit gleichbleibendem Feld arbeitet. Zum Umsteuern sind keine Anlaßwiderstände erforderlich, da der Motor durch Verstärken der Erregung allein Spannung erhält. Es ist daher beim Stillsetzen keine Unterbrechung des Hauptstroms nötig, ebenso treten keine Stromverluste wie bei Verwendung von Anlassern auf. Die ganze Steuerung benötigt nur Schwachstromapparate, d. h. einen Umkehrregler für die Feldstärke der Dynamo. Infolge der Verwendung kleinerer Motoren erfolgt die Umsteuerung rascher, da kleinere Ankerschwungmassen abzubremesen sind. Durch schwächen der Erregung der Dynamo wird der Motor

regung der Dynamo noch die des Arbeitsmotors zu beeinflussen, und durch Schwächen des Motorfeldes eine zusätzliche Erhöhung der Spindelumlafzahl zu erzielen.

Bei einer Werkzeugmaschine richtet sich der tatsächlich vollzogene Geschwindigkeitswechsel nach der Bequemlichkeit, denselben einzustellen und vor allem nach den Mitteln, die der Arbeiter hat, um die richtige Schnittgeschwindigkeit zu bestimmen. Ein leichter Geschwindigkeitswechsel ermutigt den Arbeiter, die nächst höhere Geschwindigkeit zu nehmen. Bei der selbsttätigen Drehbank werden rein mechanische Geschwindigkeitswechsel hervorgerufen, die mit Hilfe von Räderkästen bewerkstelligt werden; da diese Geschwindigkeitswechsel von der Drehbank selbst hergestellt werden können und außerdem die richtige Schnittgeschwindigkeit für ein bestimmtes Stück und für die einzelne Arbeit im voraus festgelegt werden kann, liegen die Bedingungen hier doppelt günstig. Durch diese Vorbereitung

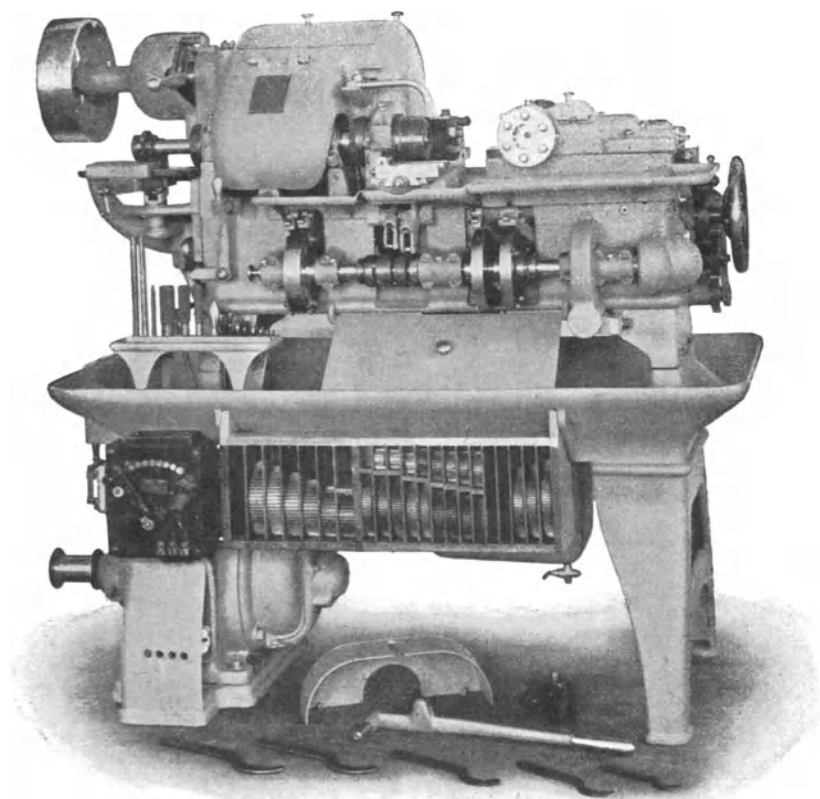


Fig. 61.

Brown-&Sharpe-Automat Nr. 2 G.

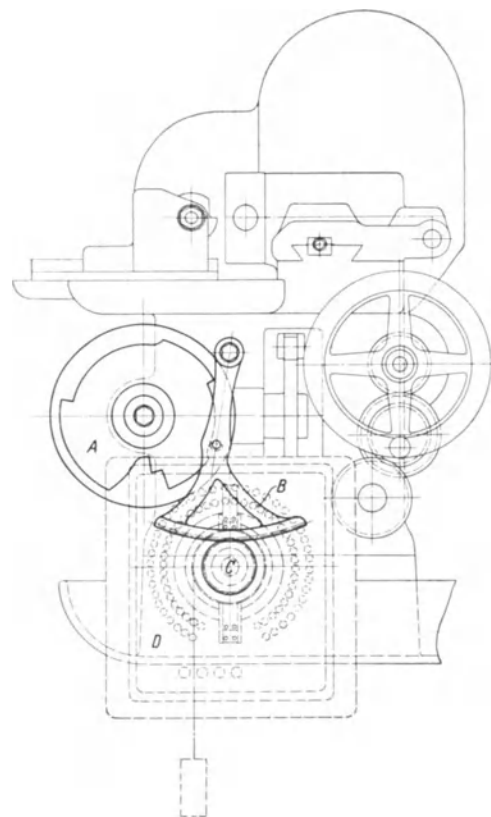


Fig. 62.

Selbsttätig gesteuerter Nebenschlußregler.

bei gleichbleibender Feldstärke zum Stromerzeuger und gibt seine Energie an die Gleichstrommaschine ab, die zum Motor wird und das Aggregat beschleunigt. Es findet in erhöhtem Maße Stromrückgewinnung statt, da die Schwungmasse des Aggregats die abgebremste Energie aufnehmen kann. Im Gegensatz zum regelbaren Nebenschlußmotor, dessen Drehmoment mit wachsender Drehzahl geschwächt wird, arbeitet der Motor hier mit gleichbleibendem Drehmoment; bei der höchsten Geschwindigkeit steht die größte Leistung zur Verfügung. Es entspricht dieser Antrieb am meisten den Bedingungen der Arbeit auf der selbsttätigen Drehbank, bei der große Geschwindigkeiten und große Leistungen entsprechend den Eigenschaften des zur Verwendung kommenden Schnelldrehstahls nötig sind. Zum Gewindeschneiden, d. h. zum Abheben eines kleineren Span-Querschnitts, sind kleine Geschwindigkeiten erforderlich. Nur für Schlichtarbeit, wo große Geschwindigkeiten bei kleinen Spanquerschnitten nötig sind, würde ein kleineres Drehmoment ausreichen, doch besteht hier die Möglichkeit, außer der Er-

der jeweils günstigsten Geschwindigkeit, die hier an die Stelle der Vornahme der Zeitstudien tritt, wird der Automat in erhöhtem Maße zu einer Maschine, die unter Ausnützung der verfügbaren Geschwindigkeiten und der vorhandenen Werkzeuge immer die bestmögliche Leistung ergibt. Durch die elektrische Geschwindigkeitsregelung wird außerdem vollständige Stufenfreiheit erreicht, so daß gegenüber dem Rädergetriebe, bei dem nur eine kleine Anzahl von ganz bestimmten Stufen möglich ist, jeder Drehdurchmesser auch in Beziehung auf das Werkzeug seine günstigste Schnittgeschwindigkeit erhält. Es ergibt sich damit von selbst, daß die Werkzeuge geschont werden und das Schleifen derselben nicht so oft erforderlich ist. Die selbsttätige Geschwindigkeitskontrolle wird durch eine Kurve bewirkt, die einen Nebenschlußregler oder einen Kontroller zur Steuerung des Motors beeinflusst. Durch die vorher bestimmte Steigung und Geschwindigkeit der Kurve ergeben sich Reihenfolge, Größe und Verlauf der gewünschten Geschwindigkeitsänderung. Es ist dann nur nötig, daß einer bestimmten

Stellung des Hebels eine ganz bestimmte Motor-Umlaufzahl entspricht.

Um festzustellen, ob durch vollständige Anpassung der Schnittgeschwindigkeit an Material, Arbeit und Drehdurchmesser eine Erhöhung der Leistung erzielt wird, wurde der Antrieb mit besonderer Steuermaschine gewählt, da die dadurch hervorgerufenen Vorzüge und besonders der große Tourenbereich mit zwingender Notwendigkeit darauf hinweisen. Die Kosten des elektrischen Antriebes scheinen zunächst wesentlich zu steigen, sie werden aber kaum höher als bei Regelung durch einen Nebenschlußmotor oder Drehstrom-Kollektormotor,

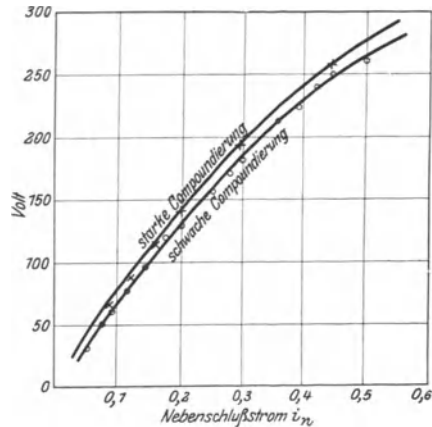


Fig. 63.

Charakteristik der Dynamo.

wenn berücksichtigt wird, daß einfachere Steuerapparate zur Verwendung kommen und die Motoren selbst als normale Motore kleiner gehalten werden können. Noch günstiger wird dies bei Anwendung dieses Antriebs für mehrere Drehbänke, da hierbei nur ein Antriebsmotor für die miteinander gekuppelten Steuermaschinen

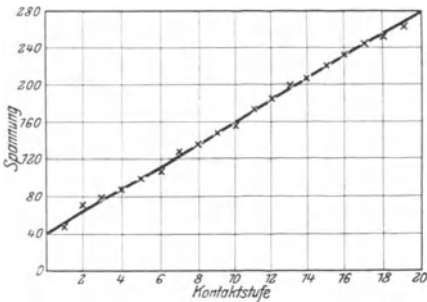


Fig. 64 a.

Spannung abhängig von Reglerstufe.

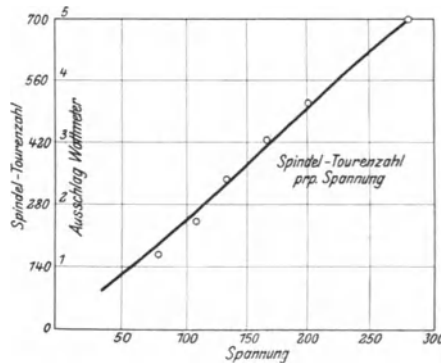


Fig. 64 b.

Ablesung Wattmeter als Voltmeter.

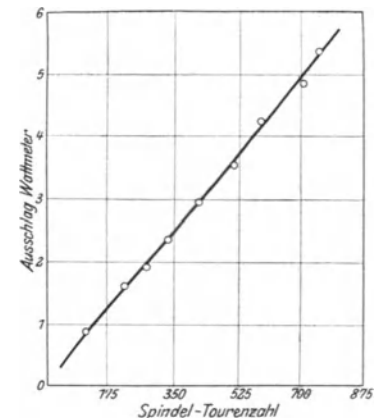


Fig. 64 c.

Ablesung für $i_{Wattm.} = 0,085 \text{ Amp} = \text{const.}$

nötig ist, der natürlich kleiner sein kann, als der Summe der einzelnen geforderten Leistungen entspricht. Manchmal wird es sogar möglich sein, für mehrere Automaten nur eine Steuermaschine zu verwenden, wenn gleichzeitig auf allen Maschinen dasselbe Arbeitstück hergestellt wird, oder wenn zu den gleichen Zeitpunkten dieselben Geschwindigkeitswechsel verlangt werden. Das Steueraggregat kann von der Maschine räumlich entfernt sein, nur der Regler ist unmittelbar an derselben anzubringen.

Versuchsbeschreibung.

Es wurde der Brown-&Sharpe-Automat Nr. 2 G (s. Fig. 61) mit Einzelscheibenantrieb und einem doppelten selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel für Links- und Rechtslauf gewählt, also eine moderne Maschine, deren Antrieb weitgehenden selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel gestattet. Zweck der Untersuchung sollte vor allem sein, festzustellen:

1. ob der mechanische Geschwindigkeitswechsel durch den elektrischen ersetzt werden kann, auch wenn berücksichtigt wird, daß innerhalb der einzelnen kurzen Arbeitszeiten ein mehrfacher Wechsel nötig ist,
2. ob durch die erhöhte Anpassung der Schnittge-

windigkeit an Arbeit, Werkzeug und Drehdurchmesser durch die elektrische Geschwindigkeitsregelung eine Leistungssteigerung gegenüber einer modernen Maschine mit mechanischem Geschwindigkeitswechsel zu erzielen ist,

3. ob überhaupt eine präzise Umsteuerung auf eine im voraus festgelegte Tourenzahl erreicht werden kann.

Der Steuerantrieb wurde vom Hauptantrieb getrennt, um die Spindel mit verschiedenen Umlaufzahlen antreiben zu können und um für die Hilfststeuerwelle dauernd 120 Umläufe in der Minute zu erhalten. Auf der Hauptsteuerwelle wurde eine Scheibenkurve A angebracht, die über Zahnsegment B und Trieb C einen Nebenschlußregler D für Spannungsänderung der Anlaßmaschine von 0 ± 230 Volt steuert (Fig. 62). (Patente angem.)

Das Aggregat bestand aus einem Antriebsmotor 5,2 PS., 1950 Umdrehungen, 220 Volt Gleichstrom.

Steuerdynamo $\pm 10/230$ Volt, 0,13 — 3 KW, 1950 Drehungen.

Antriebsmotor für Automat 5 PS. bei 1300 Drehungen, 220 Volt.

Die Wirkungsgradkurven ergaben maximale Wirkungsgrade von 0,84, 0,76, 0,825. Der Einbau von Wendepolen geschah, um bei verschiedenen Umlaufzahlen, beim Umsteuern und bei verschiedenen Belastungen funkenfreien Lauf zu erzielen. Durch den selbsttätig gesteuerten Nebenschlußregler erhält die Steuerdynamo Spannungen proportional Größe und Richtung der Erregung. Die Dynamo besitzt Compound-Wicklung, um die Spannung zwischen Leerlauf und Vollast konstant zu

halten, d. h. um keinen Tourennachlaß bei Belastung zu erhalten. Damit erhält man auch bei Belastung Proportionalität zwischen Stellung des Reglers, Feldstärke und Spannung der Steuerdynamo einerseits und Umlaufzahl des Antriebsmotors andererseits. Eine gleichmäßig ansteigende Charakteristik der Dynamo ist hierfür günstig (s. Fig. 63). Bei Maschinen mit normalen Dynamoblechen und kleinen Luftzwischenräumen wäre eine solche Charakteristik nicht möglich. Der Verlauf der Spannungskurven in Abhängigkeit von der Kontaktstufe des Reglers ist gleichmäßig ansteigend (s. Fig. 64a), ebenso der Verlauf der Spindelumlafzahl in Abhängigkeit von der Spannung der Dynamo (Fig. 64b).

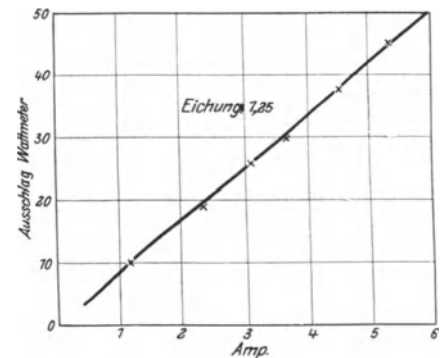


Fig. 64 d.

Wattmeter als Amperemeter.

Den Schaltplan der Anlage zeigt Fig. 65, die Anlage selbst Fig. 66.

Zur Aufnahme des Verlaufs der Arbeitsvorgänge auch innerhalb einer kurzen Arbeitsperiode bei Herstellung eines bestimmten Arbeitstückes diente ein Funkenregistrierapparat von Siemens & Halske (Fig. 67), für den eine besonders große Papiergeschwindigkeit gewählt wurde. Dieser wurde an Stelle eines direkt schreibenden Apparates, der infolge der Zeigerreibung Ungenauigkeiten herbeiführt, verwendet. Der Apparat besitzt Papiertransport durch Motorantrieb mit einer größten Papiergeschwindigkeit von 90 cm in der Minute. Der Motor ist mit einem Getriebe zur Verminderung der Geschwindigkeit versehen, von dem aus über eine gefederte Welle zwei verschiedene Geschwindigkeiten mit dem Übersetzungsverhältnis 1:5 eingestellt werden können. Der Apparat ist für Registrierung auf Papier mit geradlinigen Koordinaten bestimmt. Zur Erzeugung des Funkens ist ein Funkeninduktor vorhanden, zur Zeitkontrolle dienen zwei Zeitschreiber. Der eine erhält von einer Kontaktuhr mit Ankerwerk jede Sekunde einen Kontakt; durch einen Magnet, dessen Anker mit einer Spitze versehen ist, wird auf dem Papier durch eine Lochung die Sekunde bezeichnet. Mittels eines Handkontakts können über den zweiten Zeitschreiber wichtige Zeitpunkte während des Arbeitsvorgangs festgelegt werden. Für den Motor, Funkeninduktor und Zeitschreiber ist als Stromquelle eine Akkumulatorbatterie vorhanden. Die Schaltung des Apparates ohne Funkeninduktor ist aus der Fig. 68 zu ersehen. Das Instrument besitzt doppelseitigen Ausschlag. Mittels dieses als Leistungszeiger gebauten Apparates sollen gemessen werden:

- 1) der Kraftbedarf für die einzelnen Arbeitsgänge unter verschiedenen Verhältnissen für eine Arbeitsperiode,
- 2) der Einfluß der Geschwindigkeitsänderung, besonders während der Umsteuerungsperioden,
- 3) der Kraftbedarf des Anlaßmotors innerhalb einer Arbeitsperiode, um festzustellen, ob die Schwungmassen der beiden Anker ohne besonderes Schwungrad einen Ausgleich bewirken.

Um außerdem eine Geschwindigkeitskontrolle direkt zu erhalten, ohne die Geschwindigkeit dauernd mit dem Umlaufzähler kontrollieren zu müssen, wurde der zur Verfügung stehende Funkenregistrierapparat, der als Leistungszeiger gebaut ist, als Spannungsmesser verwendet. Die Stromspule erhielt gleichbleibenden Strom, so daß der Ausschlag proportional der von der Dynamo erzeugten Spannung wurde. Der Leistungszeiger wurde als Voltmeter und Tachometer geeicht, die Drehzahlen der Spindel wurden mit einem Umlaufzähler gemessen und dabei der Ausschlag des Wattmeters abgelesen. Aus der Ablesung am Registrierapparat ist nun unmittelbar Spannung und Spindelumlauflzahl zu entnehmen (Eichkurve Fig. 64b u. 64c).

Um die Stromaufnahme während der Arbeitsperiode zu verfolgen, wurde der Registrierapparat durch Verwendung einer gleichbleibenden Spannung für die Spannungspule des Wattmeters als Strommesser verwendet und die entsprechenden Eichkurven aufgenommen (Fig. 64d), welche Proportionalität ergeben.

Als Arbeitstück wurde eine Gewindeführungsbüchse (Fig. 69) gewählt. Die Werkzeugeinrichtung und die Werkzeuge wurden mit der neuen Maschine von B. & Sh. geliefert und beibehalten, um möglichst gleiche Verhältnisse zu schaffen. Dieses Arbeitstück erschien zunächst für die Vornahme dieser Versuche wenig geeignet, da es im Durchmesser zu klein ist, um einen großen Geschwindigkeitswechsel mit Notwendigkeit zu fordern und außerdem die Unterschiede an den zu bearbeitenden Durchmesser selbst gering sind. Es wurde aber doch als Versuchs- und Vergleichsstück beibehalten, da bei einer etwaigen Erzielung einer Leistungssteigerung bei diesem Stück sich noch erhöhte Vorteile bei allen größeren Drehteilen bieten. Als Vergleichsstück war es deswegen besonders geeignet, weil es von Brown & Sharpe auf

der Weltausstellung Turin 1911 auf dem Automat 2 G als Ausstellungsstück hergestellt wurde und damit als beste Leistung anzusehen ist, die mit der zur Verfügung stehenden Maschine, dem vorhandenen Geschwindigkeitswechsel und den gegebenen Werkzeugen geliefert werden kann.

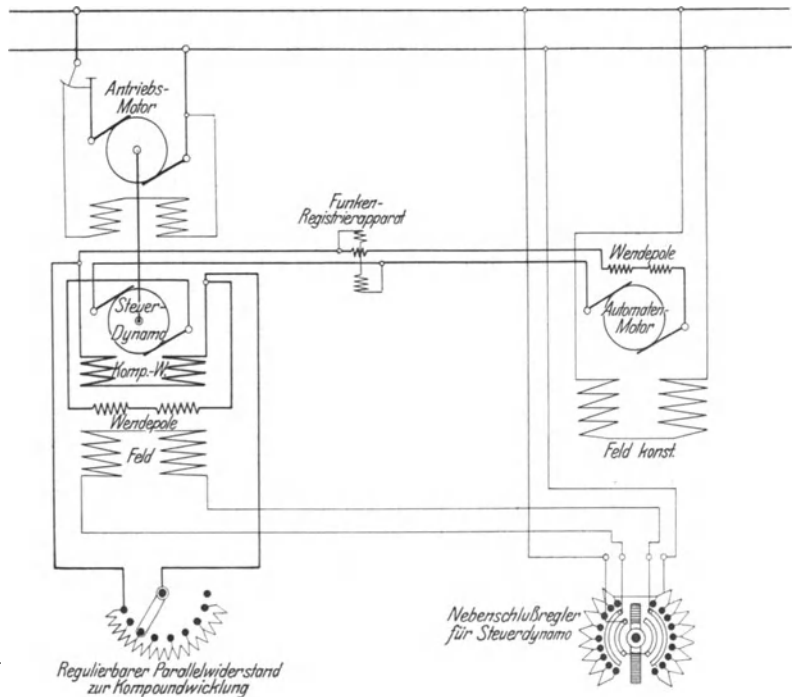


Fig. 65.
Schaltplan der Anlage.

Das Material besaß in beiden Fällen dieselben Eigenschaften (unhärtbarer Stahl, Festigkeit 60 kg, Kohlenstoffgehalt ca. 0,20%). Es wurde unter Beibehaltung derselben Werkzeuganordnung ein Arbeitsplan entworfen in welchem für jedes

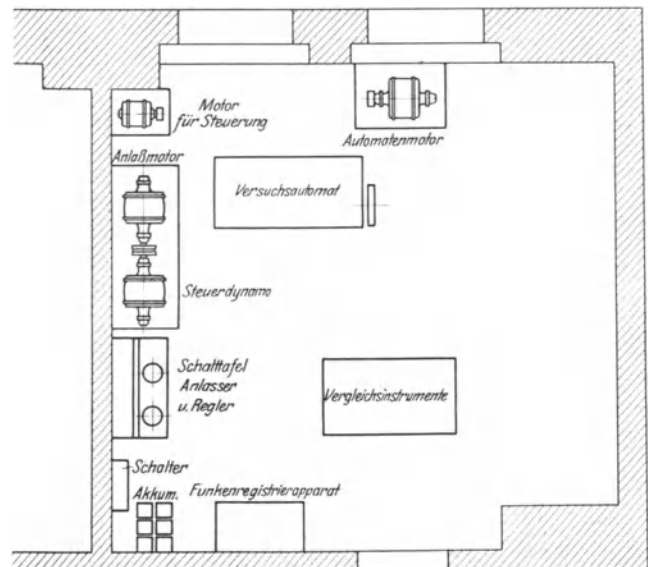


Fig. 66.
Versuchsraum.

einzelne Werkzeug die im gegebenen Fall als richtig erachtete Schnittgeschwindigkeit, ebenso die den verschiedenen Drehdurchmessern angepaßten Spindelumlauflzahlen der Berechnung zugrunde gelegt wurden. Die Berechnung erstreckte sich über die Ermittlung der den einzelnen Reglerstufen ent-

sprechenden Umlaufzahlen, wobei die Übersetzung vom Motor über das Rädervorgelege dauernd dieselbe war. Jeder Stellung des Reglers entspricht ein bestimmter Kurvenradius der Steuerkurve für den Regler, der für eine im voraus bestimmte Schnittgeschwindigkeit jeweils festzustellen ist. Die im Automaten vorhandenen Umschaltvorrichtungen für Geschwindigkeitswechsel wurden vollständig ausgeschaltet, und die für Gewindeschneiden nötige Umsteuerung der Spindel wurde allein durch elektrische Regelung des Motors bewirkt.

Für Materialvorschub und nachfolgendes Kopfdrehen sind 3° nötig.

Die Schnittgeschwindigkeit zu 30 m angenommen ergibt insgesamt 700 Touren pro Minute.

Beim Bohren muß das Werkzeug zweimal zurückgeholt werden, um die Späne herauszuholen. Dadurch geht Zeit verloren, insgesamt bei 6° etwa 10 Sekunden, die mit Rücksicht auf ein zu steiles Ansteigen der Kurve und infolge des großen Rollendurchmessers unbedingt erforderlich sind. Das Bohren selbst geht in 3 einzelnen Teilarbeiten vor sich:

1. Bohren, Drehlänge 14, Vorschub 0,09 mm, Umdreh. 155 Tour.
2. " " 15, " 0,09 " " 165 "
3. " " 5 " 0,09 " " 60 "

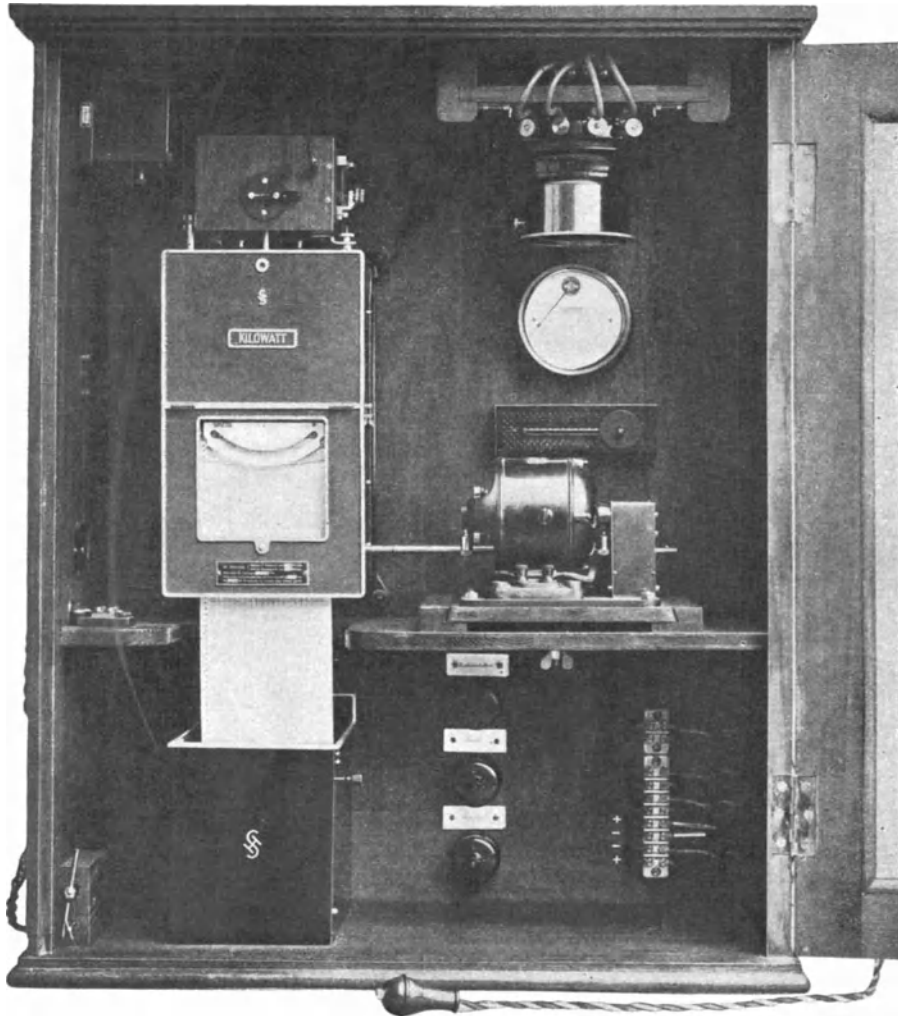


Fig. 87.

Funkenregistrierapparat von Siemens & Halske mit Papiertransport durch Motor.

Schruppen.

Vorschub für 1 Umdrehung 0,12 mm,
Gesamtvorschub 20 mm,
Zuschlag 2 mm,

nötige Tourenzahl $\frac{22}{0,12} = 183$ Touren,
einschließl. Zuschlag 200 Touren.

Als Schnittgeschwindigkeit kann bei Verwendung von Schnelldrehzahl 21 m angenommen werden, hierfür sind bei einem Drehdurchmesser von 14 mm 480 Umlaufzahlen pro Minute nötig.

Schlichten.

Vorschub für 1 Umdrehung 0,175 mm,
Vorschublänge plus Zuschlag 22 mm,

nötige Tourenzahl $\frac{22}{0,175} = 125$ Touren,
einschließl. Zuschlag 150 Touren.

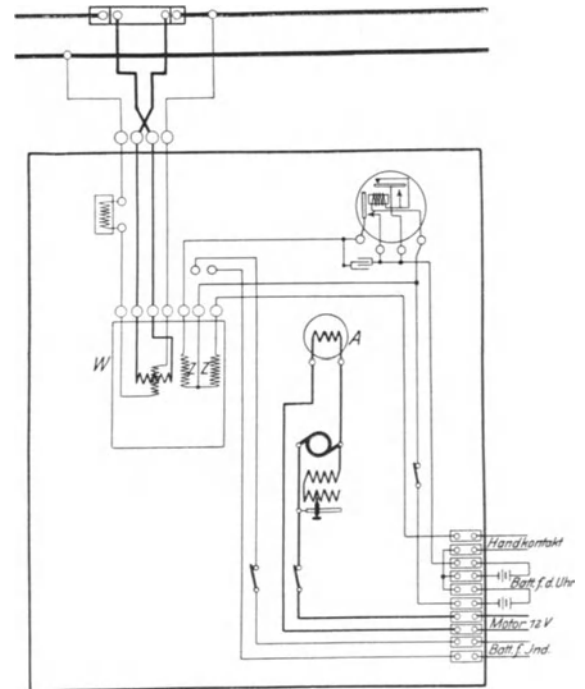


Fig. 88.

Schaltung des Funkenregistrierapparats.

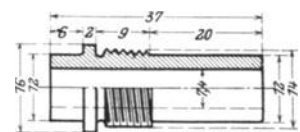


Fig. 89.

Arbeitsstück.

Die Schnittgeschwindigkeit wird beim zweiten Bohren infolge des gleichzeitigen Fassonierens nur mit 11 m Schnittgeschwindigkeit vorgenommen. Die entsprechenden Spindel-drehzahlen pro Minute betragen 500 und 700.

Für Gewindeschneiden wird eine Schnittgeschwindigkeit von 6,5 m angenommen. Die entsprechende Spindel-drehzahl pro Minute beträgt 150 Touren. Die Umsteuerung geschieht mit derselben Geschwindigkeit.

Das Abstechen geschieht mit fast gleichbleibender Schnittgeschwindigkeit. Rechnerisch wurden 4 Stufen angenommen, in Wirklichkeit ist jedoch die Kurve der Spindel-umlaufzahl eine fast gleichmäßig ansteigende, die Schnittgeschwindigkeit betrug anfangs 16, dann 14 m. Die entsprechenden Umlaufzahlen sind 420, 640 und 700 am Ende des Abstechens. Die Vorschübe konnten allmählich größer genommen werden.

Zur Berechnung der für die ganze Bearbeitung nötigen Drehzahlen wurden alle Zahlen auf 500 bezogen.

Für die Summe dieser Umlaufzahlen bleibt nach Abzug der für die Leerschaltungen nötigen Grade eine bestimmte Gradzahl übrig, die auf die einzelnen Arbeiten nach Maßgabe ihrer Drehzahlen verteilt wird. Die Berechnung ist in folgendem Arbeitsplan zusammengestellt:

Verhältnisse liegen beim mechanischen Geschwindigkeitswechsel sogar so ungünstig, daß infolge der gleichbleibenden Drehzahlen das Schruppen mit der hohen Geschwindigkeit von 21 m pro Minute vorgezogen wird, während das Schlichten nur mit 15,7 m und das Bohren mit 9,3 m geschieht (s. Fig. 73b),

Arbeitsvorgang	Vorschub- umdrehung f in mm	Vorschub- länge l in mm	Schnitt- geschwind. im voraus bestimmt m/Min.	Nötige Um- drehungs- zahl $= \frac{l}{f}$	Umdreh- Zahl f. d. festges. Schnitt- geschwind.	Zur Ermittlung der Gradeinteilung	
						Umdreh- Zahlen auf 500 bezogen	Grad
Material- vorschieben . .	—	—	—	—	—	—	1
Kopfdrehen . . .	—	—	—	—	—	—	2
Schruppen	0,12	22	21	200	480	210	15,8
Kopfdrehen . . .	—	—	—	—	—	—	2
Schlichten	0,175	22	30	150	700	108	8,2
Kopfdrehen . . .	—	—	—	—	—	—	2,0
Bohren	0,09	14	16	155	700	110	8,3
(Fasson)	(0,0075)	(2,5)	(22)	(330)	(500)	(330)	—
Bohren	0,09	15	11	165	500	165	12,4
Bohrer zurück . .	—	—	—	—	—	—	6
Bohren	0,09	5	16	60	700	43	3,2
Bohrer zurück . .	—	—	—	—	—	—	6
Bohren	0,09	5	16	60	700	43	3,2
Kopfdrehen . . .	—	—	—	—	—	—	1
Gewinde vor . . .	13Umgänge	—	6,5	13	150	—	} 8
Umsteuern	—	—	—	—	—	—	
Gewinde zurück .	13	—	—	—	—	—	} 8
Kopfdrehen . . .	—	—	—	—	—	—	
(Anfasen)	(0,03)	(2)	(18)	(65)	(420)	(51)	(2)
Abstechen	0,020	2	16	100	420	120	9,1
	0,025	2	16	80	640	63	4,7
	0,025	2	14	80	700	57	4,3
Spielraum	—	—	—	—	—	—	1
						919	100,2 (Kontrolle)

obgleich eine größere Umlaufzahl bei einem kleinen Drehdurchmesser Grundbedingung ist. Beim Bohren muß also viel Zeit verloren gehen, oder andererseits der Vorschub (so groß gewählt werden, daß das Werkzeug verdorben wird. Noch deutlicher gehen diese Vorzüge der Geschwindigkeitsregelung aus der Geschwindigkeitskurve beim Abstechen hervor, da hierbei mit einer fast gleichbleibenden Schnittgeschwindigkeit von 18 m gearbeitet werden kann (s. Fig. 73a), während beim rein mechanischen Antrieb die Schnittgeschwindigkeit infolge der gleichbleibenden Drehzahl von 15,7 auf 7,9 m pro Minute abnimmt (Fig. 73b).

Die eingeklammerten Werte beziehen sich auf Arbeitsgänge, die gleichzeitig mit den der Berechnung zugrunde gelegten Arbeiten vor sich gehen und daher nicht mitgerechnet werden.

Für die eigentlichen Arbeitsvorgänge stehen 69° zur Verfügung. Die Herstellungszeit ergibt sich bei 919 Umlaufzahlen, die auf die minutlichen Umlaufzahlen 500 bezogen sind zu $\frac{60 \cdot 919}{0,69 \cdot 500} = 160$ Sekunden.

Die Wechselräder werden für 165 Sekunden Herstellungszeit gewählt. (Kurvenplan s. Fig. 70.)

Ergebnisse.

Die erhöhte Anpassung der Schnittgeschwindigkeit an Durchmesser, Werkzeug und Arbeitsart ergibt mit Sicherheit eine Leistungssteigerung. Der Vergleich der Kurven der Spindelumlafzahlen und Schnittgeschwindigkeit bei elektrischer Geschwindigkeitsregelung mit den Kurven bei rein mechanischer Regelung, wie sie sich auf Grund der ursprünglichen Anordnung von Brown & Sharpe ergeben, läßt die Ursachen dieser Leistungssteigerung klar erkennen (s. Fig. 71 b u. d, 73 a u. b). Bei der Darstellung der Geschwindigkeitsverhältnisse beim mechanischen Antrieb müssen die Abszissen verzerrt werden, da die Herstellungszeiten, die die Abszissen bilden, sich nicht entsprechen. Bei dem einen Antrieb besteht die Möglichkeit der fortwährenden fast stufenfreien Veränderung der Geschwindigkeit, bei dem anderen liegt die Notwendigkeit vor, mit nur zwei selbsttätigen Geschwindigkeitswechseln auszukommen, woraus sich Verhältnisse ergeben, die sowohl für die Leistung, als für die Werkzeuge ungünstig sind. Es ist dabei für Schruppen, Schlichten, Fassonnieren und Bohren nur eine Drehzahl der Spindel möglich, die nur für eine dieser Arbeiten günstig sein kann. Die

Die Herstellungszeit für ein Stück beim rein mechanischen Antrieb beträgt 225 Sekunden, mit elektrischer Geschwindigkeitsregelung 165 Sekunden.

Zugleich wird eine bedeutende Qualitätsverbesserung erzielt, die aus dem scharf geschnittenen Gewinde und dem sauber geschlichteten Schaft hervorgeht. In Figur 74 sind 2 Arbeitsstücke zusammengestellt, von denen das eine bei dem Versuch in 165 Sekunden hergestellt wurde, das andere als Musterstück mit der Maschine mitgeliefert war und in 225 Sekunden hergestellt wurde. Bei ersterem ist das Gewinde scharf ausgeschnitten, bei letzterem sind die Gewindespitzen stumpf. Das bessere Gewinde wird bedingt:

1. durch die kleinere Schnittgeschwindigkeit,
2. durch das sanfte Umsteuern mittels der elektrischen Geschwindigkeitsregelung, wobei die letzten Umgänge mit abnehmender Geschwindigkeit geschnitten werden und das Ablaufen vom Gewinde mit einer von Null ansteigenden Geschwindigkeit beginnt.

Die eigentliche Umsteuerung des Motors von plus 400 auf minus 400 Umlaufzahlen

benötigt $\frac{2}{3}$ Sekunden, wie das Diagramm (Fig. 72 a—d) deutlich ergibt. Bei der Aufzeichnung dieser Diagramme wurde der höchste zur Verfügung stehende Papiertransport genommen, man erhält damit besonders beim Gewindeschneiden ein klares Bild des Umlaufs der Spannung, Geschwindigkeit, der Kraft und des Stromes. Ein Einreißen des Gewindes, das bei raschem Umschalten durch eine Reibungskupplung eintritt, ist ausgeschlossen. Die Umsteuerung selbst erfolgt

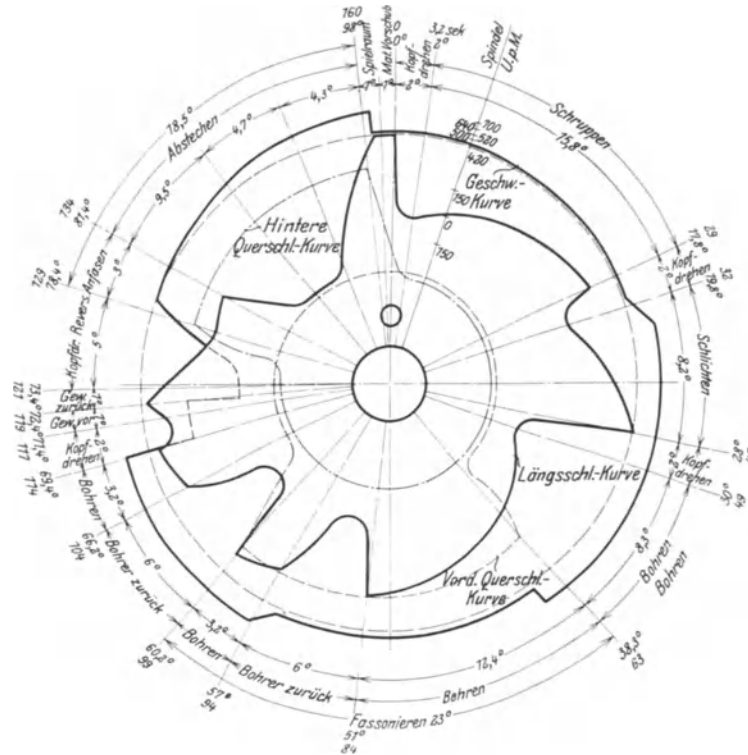


Fig. 70. Arbeitsplan.

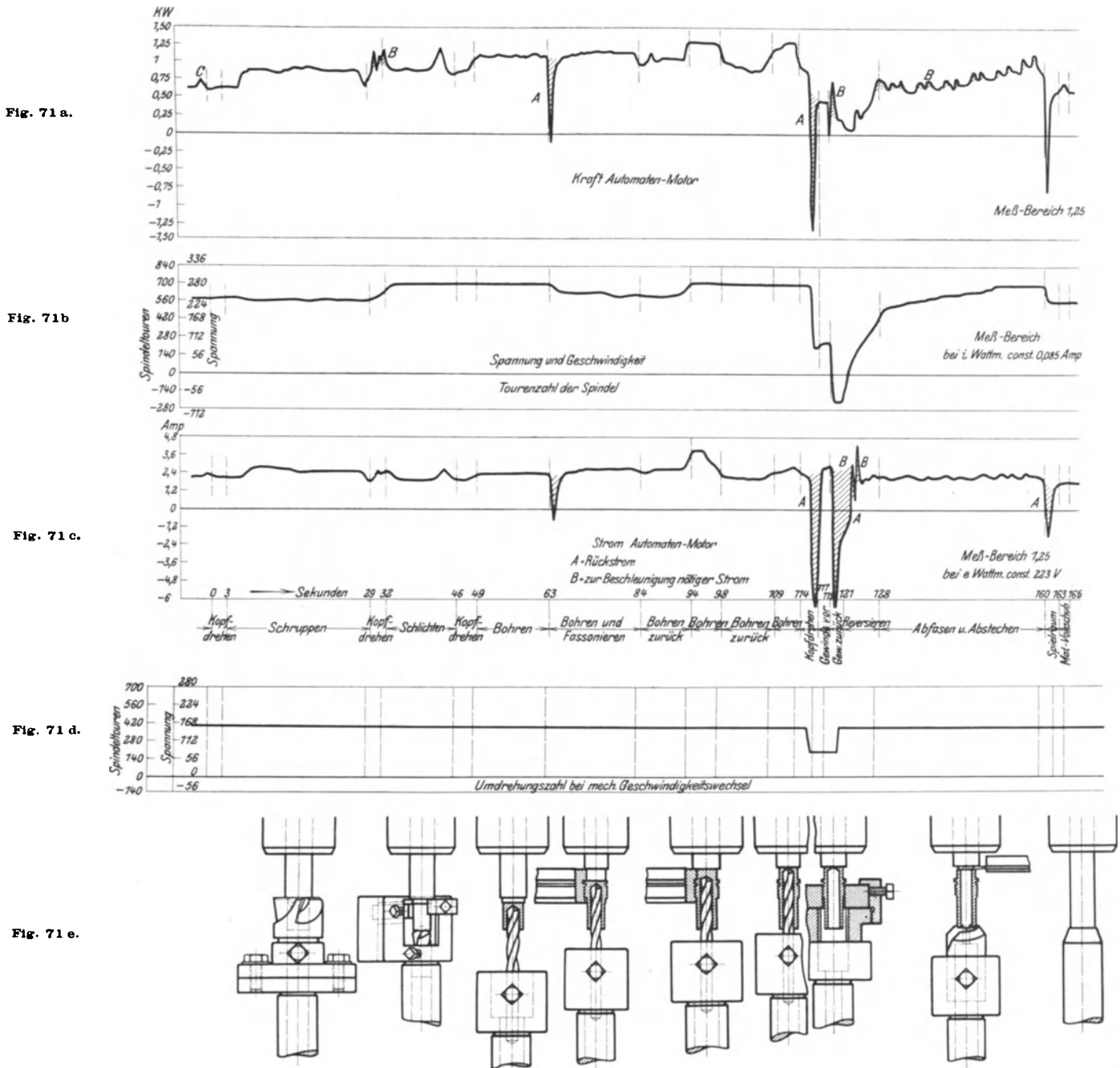
Spezialwerkzeuge	Werkz. Nr.	Zeichn. Nr.	Normalwerkzeuge	Werkz. Nr.	Zeichn. Nr.	Name des Stücks	Führungsbüchse mit Gewinde
1 Rundformstahl	6	6	1 Anschlag	6	6	Räder	Zeit für 1 Stück 165 Sekunden in 10 Stunden 210 Stück auf Revolverbank Nr. 2 Stangenm. 16 mm Weichstahl
1 Abstechstahl	6	6	1 Hohlfräser	6	6	Antriebswelle 36 Z	
Stellung der Kurven, vorn, längs hinten, Regulator	6	6	1 Schlichtwerkz.	6	6	Schneckenwelle 90 Z	
	6	6	1 Gewindekopf	6	6	1. Bolzen 77 Z	
	6	6	1 Anfacer	6	6	2. Bolzen 35 Z	
			1 Bohrer	6	6	Bemerkungen: ——— Längsschlittenkurve - - - - - Hintere Querschlittenkurve - - - - - Vordere Querschlittenkurve ————— Reglerkurve für Geschwindigkeit	

Umdr.	°	Anfang	Ende	Drehlänge mm	Vorschub	Operationen	U. p. M. auf der Spindel für 500 Einh.		Schnittgeschwindigkeit m/Min.
							vorwärts	rückwärts	
183	2	0	2	22	0,12 mm	Kopfdrehen	210	480	21
126	15,8	2	17,8			Schruppen, Hohlfräsen			
156	2	17,8	19,8	22	0,175 "	Kopfdrehen	108	700	30
	8,2	19,9	28			Schlichten			
	2	28	30	14	0,09 "	Kopfdrehen	110	700	16
153	8,3	30	38,8			Bohren			
(334)	(23)	—	—	0,0075	2,5 "	(Fasson)	(330)	(500)	(22)
166	12,4	38,3	51	15	0,09 "	Bohren	165	500	11
	6	51	57			Bohrer zurück			
55	3,2	57	60,2	5	0,09 "	Bohren	43	700	16
	6	60,2	66,2			Bohrer zurück			
55	3,2	66,2	69,4	5	0,09 "	Bohren	43	700	16
	2	67,4	71,4			Kopfdrehen			
13	8	71,4	79,4	13	Umg.	Gewinde vor	—	150	6,5
13						Reversieren			
						Gewinde zurück			
(67)	(3)	—	—	2	0,03 mm	Kopfdrehen	(51)	(420)	(18)
100	9,5	79,4	—			(Anfacen)			
80	4,7			2	0,025 "	Abstechen	120	420	16
80	4,3		98						
	1	98	99	2	0,025 "	Spielraum	57	700	14
	1	99	100			Materialvorschub			
	99,6						919		

so genau, daß der letzte Gewindegang bis auf den Grund ausgeschnitten wird. Erfolgt das Gewindeschneiden mit 150 Touren pro Minute, so bleiben für eine volle Umdrehung $\frac{2}{5}$ Sekunden. Innerhalb dieses Bruchteils einer Umdrehung, also einer Zeit kleiner als $\frac{2}{5}$ Sekunden, mußte die Änderung der Drehrichtung sieher vorgenommen werden. Durch den Versuch ist bewiesen, daß dies mit den gegebenen Mitteln, d. h. durch die selbsttätige Steuerung des Reglers von einer Kurve aus leicht bewirkt werden kann. Infolge der höheren

den verschiedenen Bedingungen. Aus dem Diagramm der Spindelumlaufrufen (Fig. 71 b), das zugleich Spannungsdiagramm ist, sind die bei jeder Arbeit gewählten Tourenzahlen unmittelbar zu entnehmen. In dem Diagramm (Fig. 71 d) ist ebenso der Verlauf der Spindel-tourenzahlen bei mechanischem Geschwindigkeitswechsel eingetragen. Die fast unbegrenzte Geschwindigkeitsregelung gegenüber dem starren mechanischen Antrieb geht hieraus deutlich hervor. Durch Auftragen der dem jeweiligen Drehdurchmesser entsprechenden Schnitt-

Graphische Darstellung der Vorgänge bei der Herstellung eines Arbeitsstücks.



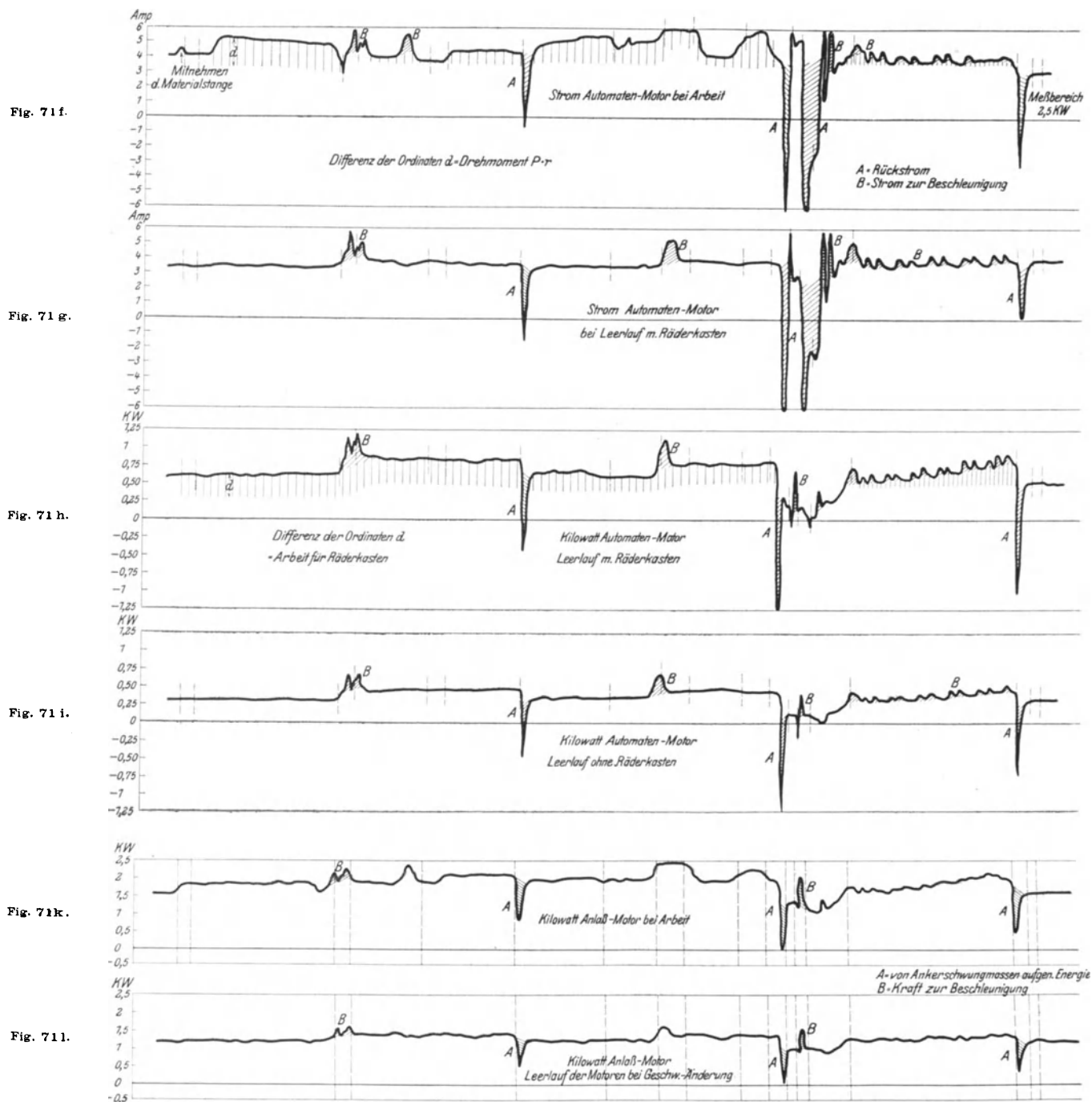
Schnittgeschwindigkeit beim Schlichten wird der Schaft im Gegensatz zum Vergleichsstück ganz glatt. Bei letzterem war der Vorschub für die entsprechenden Drehzahlen zu groß gewählt worden, so daß eine gewindeähnliche Rille eingeschnitten wurde, die nur im letzten Teil des Schaftes verschwindet, da dort der Schlichtstahl keinen weiteren Vorschub erhält.

Die mit dem Registrierapparat aufgenommenen Kurven ergeben ein klares Bild der Arbeitsweise des Antriebs unter

geschwindigkeit (Fig. 73 a u. b) ergeben sich klar die hierbei entstehenden günstigen Verhältnisse. Aus dem Kraftdiagramm für den Antriebsmotor des Automaten (Fig. 71 a) ist zu ersehen, daß die Arbeit, die beim Beschleunigen jeweils nötig ist (siehe schraffierte Fläche B), durch elektrisches Bremsen beim Einschalten einer kleineren Umlaufzahl zum größten Teil wieder gewonnen wird (siehe Fläche A). Der Kraftverbrauch steigt infolge des starken Einflusses der zu leistenden Leerlaufarbeit mit der Spindelumlaufrufen. Der Kraftbedarf

des Automatenmotors und Anlaßmotors sind aufgetragen (Fig. 71 a u. k), um den Ausgleich durch das Aggregat festzustellen. Die auf das Netz kommenden Stromstöße sind bedeutend geschwächt, ein erhöhter Ausgleich könnte noch durch Anbringen eines besonderen Schwungrades auf der Achse des Steuerapparates geschaffen werden. Die Stromstöße sind um so höher, je kleiner die Zeit ist, innerhalb welcher der Geschwindigkeitswechsel vollzogen wird.

Mehraufwand an Kraft bei c in Fig. 71 a entsteht durch das Spannen und Mitnehmen der Materialstange, ebenso entsteht ein Stromstoß durch die am Ende des Schlichtens erfolgende Zentrierung; das Zurückgehen des Bohrers und die erhöhte Arbeit am Ende des Bohrens ist deutlich ersichtlich. Das Schlichten erfordert infolge des kleinen abgehobenen Spanquerschnitts fast keine Kraft. Der reine Arbeitsstrom (Fig. 73 c) ist bei Voraussetzung derselben Spannung nur dem Drehmoment Md



Beim Gewindeschneiden geht die für den Automatenmotor erforderliche Kraft auf fast minus 1,5 Kilowatt zurück, d. h. diese Energie wird an das Aggregat 1 Sekunde lang zurückgegeben, dadurch geht gleichzeitig der Kraftbedarf des Anlaßmotors auf fast Null zurück. Durch Trennung der einzelnen Arbeiten läßt sich die für jede einzelne Teilarbeit und jedes Antriebsglied nötige Kraft feststellen. Die rein nutzbare Arbeit (Fig. 73 d) ergibt sich aus dem Unterschied der Kilowatt unter Last und Leerlauf mit Räderkasten. Der

proportional. Bezeichnet man mit J den Arbeitsstrom, mit Φ das Feld, so ist

$$Md = J \times \Phi.$$

Da Φ konstant ist, so ist

$$J \sim Md.$$

Der Einfluß der Spannungsänderung kann durch Berücksichtigung des für Leerlauf bei der entsprechenden Spannung nötigen Stroms in Abzug gebracht werden.

Die Differenz der Ordinaten ergibt dann ein klares Bild des jeweils nötigen Drehmoments $M_d = P \cdot r$, wo P den Schnittwiderstand, r den Halbmesser des bearbeiteten Teiles bedeutet.

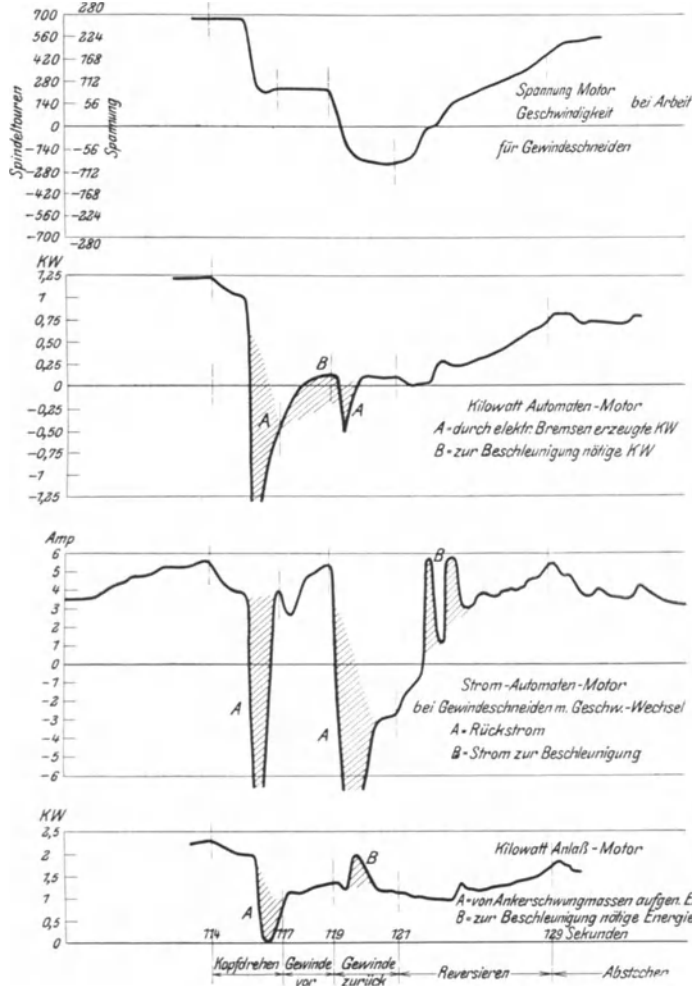


Fig. 72. Vorgänge beim Gewindeschneiden. Die Kurven sind bei einem Papiertransport von 15 mm pro Sekunde aufgenommen.

Wirtschaftlichkeit der beiden Antriebe.

Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des rein elektrischen Antriebes gegenüber dem Antrieb mit Räderkasten sind die Anlagekosten für beide zu berücksichtigen. Für den Versuch mußten zunächst größere Einheiten der Motoren gewählt werden, es würden aber, wie aus dem geforderten Kraftbedarf und den Regelungsverhältnissen hervorgeht, Motoren von 2,5 KW voll ausreichen. Durch Wegfall des Räderkastens ergibt sich eine wesentliche Verbilligung der Maschine. Außerdem vermindert sich die Zahl der der Abnutzung unterworfenen Glieder und damit der Kraftbedarf der Maschine. Gleichzeitig fallen in der Steuer-

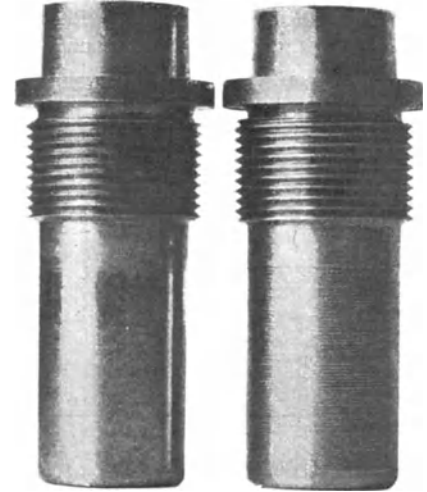


Fig. 74 a u. b.

Zusammenstellung der Arbeitsstücke.

- a hergestellt mit elektrischer Geschwindigkeitsregelung in 165 Sekunden, Gewinde scharf, Schaft glatt.
- b hergestellt mit rein mechanischem Antrieb in 225 Sekunden als Musterstück mit der Einrichtung geliefert, Gewinde unscharf, Schaft rauh.

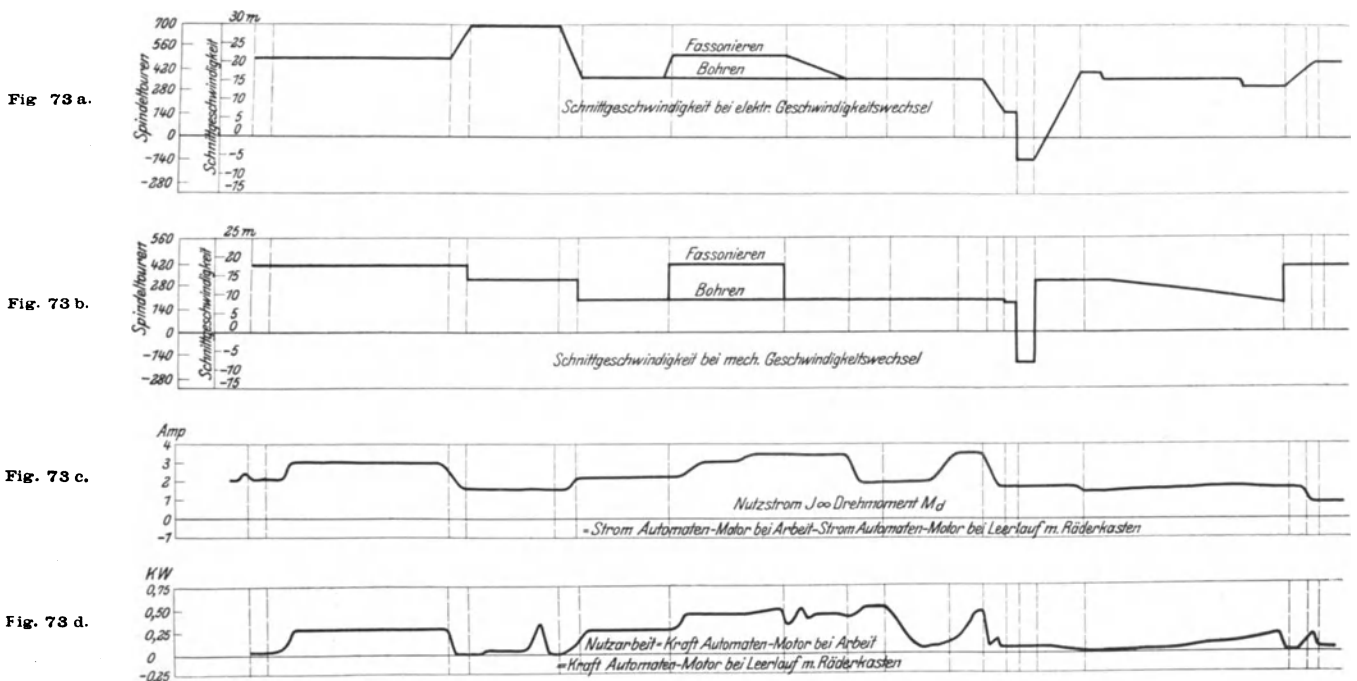


Fig. 73 a.

Fig. 73 b.

Fig. 73 c.

Fig. 73 d.

rung die für die selbsttätige Spindelumschaltung und den selbsttätigen Geschwindigkeitswechsel erforderlichen Reibungskuppelungen und Umschaltemechanismen weg, was einer weiteren wesentlichen Vereinfachung und Verbilligung der Maschine gleichkommt. Bei Verwendung mehrerer solcher Antriebe würde ein gemeinsamer Antriebsmotor ausreichen, der mit einer entsprechenden Zahl von Steuermaschinen gekuppelt ist. Die Leistung dieses Motors könnte kleiner werden als der Summe der Leistungen der einzelnen Maschinen entspricht. Unter Berücksichtigung dieser Punkte ergibt sich auf die beim Versuch verwendete Anlage:

Bei elektrischer Geschwindigkeitsregelung 3 Motoren	
2,5 KW mit Anlasser und Nebenschlußregler	1100 M.
Mehrkosten des Räderkastens.	400 M.
Ersparnisse durch Weglassen des selbsttätigen Geschwindigkeitswechsels, der Umschaltvorrichtung, Reibungskupplung, bei Verwendung einer einfachen Spindel und baulicher Anpassung des Motors	1500 „
insgesamt Ersparnisse bei einem Automaten mit elektrischer Geschwindigkeitsregelung und Einbau des Motors.	1900 „
kleinere Kosten bei elektrischer Geschwindigkeitsregelung	800 M.

und ohne Leerlauf der Scheibe und des Riemens und die Verluste im Motor allein gemessen und zur Ermittlung der Einzelverluste zusammengetragen (Fig. 75). Der Leerlaufverlust im Räderkasten beträgt z. B. bei 700 Spindeltouren pro Minute 0,4 KW, im Motor infolge der um das Doppelte zu groß bemessenen Einheit 0,3 KW. Der Kraftverbrauch des Räderkastens, des Motors und der Antriebscheibe steigt im Verhältnis der Umlaufzahl der Spindel. Die Leerlaufverluste der Motoren sind fast gleichbleibend (Fig. 71), da das Aggregat stets dieselbe Umlaufzahl besitzt. Sie wachsen nur infolge der bei einer höheren Tourenzahl des Antriebsmotors steigenden elektrischen und mechanischen Verluste. Im Verhältnis zur geleisteten Nutzarbeit sind die Leerverluste verhältnismäßig groß; bei Verwendung richtig bemessener Motoren würden jedoch in Beziehung auf den Wirkungsgrad bei beiden Antrieben annähernd gleiche Verhältnisse bestehen. Außer dem kleineren Anschaffungspreis der Maschine ergibt sich also eine höhere Leistung und eine bessere Qualität der Arbeit. Durch die 36 proz. Leistungssteigerung können Maschinen gespart werden und die Raumaussnutzung in der Werkstatt wird eine bessere.

Folgerung.

Der Automat mit elektrisch gesteuertem Antrieb bietet gegenüber dem Automaten mit mechanischem Geschwindigkeitswechsel bedeutende Vorzüge. Es ist daher möglich, einen Automaten zu schaffen, der gegenüber dem besten Automaten mit mechanischem Geschwindigkeitswechsel eine Vereinfachung des Baues aufweist und in höherem Maße den Anforderungen einer raschen und zugleich genauen Arbeit genügt.

Zusammenfassung der Versuchsergebnisse.

Durch einen in weiten Grenzen mittels eines besonderen Steueraggregats regelbaren Antrieb wurde infolge der dem Material, der Arbeitsart und dem Durchmesser angepaßten Schnittgeschwindigkeit eine Leistungssteigerung erzielt, die gegenüber der besten Leistung auf demselben Automaten um 36 vH. höher ist, ferner eine Qualitätsverbesserung, die besonders an dem geschnittenen Gewinde und dem sauber geschliffenen Schaft sichtbar wird.

Die Eigenschaften des elektrischen Antriebs sind besonders bei Verwendung besonderer Steuermaschinen allgemein geeignet, bei den meisten Werkzeugmaschinen den mechanischen Geschwindigkeitswechsel zu ersetzen. Nachdem dies der Versuch bei einem Versuchsstück mit verhältnismäßig kleinem und wenig wechselndem Materialdurchmesser ergeben hat, werden sich bei größeren Maschinen mit einem größeren Unterschied der zu bearbeitenden Durchmesser erhöhte Vorteile ergeben. Bei kleineren Maschinen wird es möglich sein, Normalmotoren zu verwenden, die auf die Spindel aufgebracht werden können, ohne die Spindellager ungünstig zu beeinflussen. Bei größeren Maschinen, wo ein größeres Drehmoment verlangt wird, kann dieser Antrieb in Verbindung mit einer einfachen Räderübersetzung zur Verwendung kommen. Voraussetzung hierfür ist immer, daß die Werkzeugmaschine mit Rücksicht auf den Einbau des Motors entworfen wird und daß der Motor mit der Maschine ein Ganzes bildet. Alle Glieder, wie Räderkasten und Reibungskupplungen aller Art können wegfallen, wenn auch damit der rein elektrische Teil auf Kosten des mechanischen gewinnt. Durch Weglassen dieser Teile wird die Maschine übersichtlich, beansprucht wenig Raum und der Anschaffungspreis wird gering.

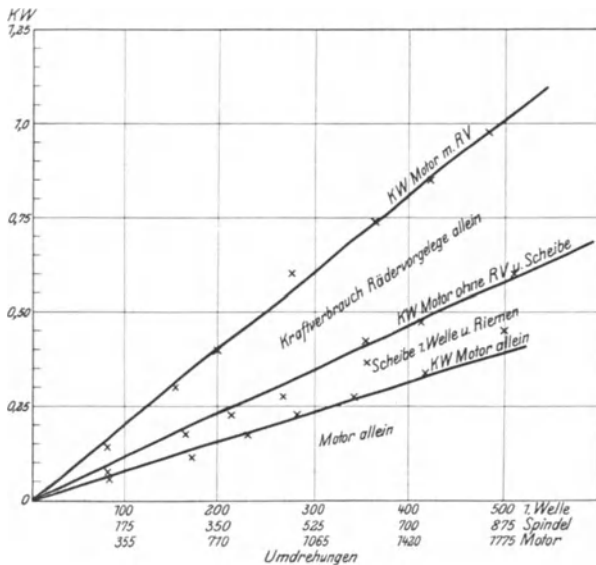


Fig. 75.

Kraftverbrauch für Leerlauf in Funktion der Drehzahlen.

Zur Feststellung des Wirkungsgrades sind nun noch die Leerlaufverluste zu berücksichtigen. Für den Versuchsautomaten ist Einscheibenantrieb zur Verwendung gekommen, so daß hier bereits bessere Verhältnisse vorliegen, als bei einem doppelten Deckenvorgelege. Es kommen bei mechanischem Antrieb noch die Verluste im Deckenvorgelege, Riemen und Räderkasten in Betracht, bei elektrischem Geschwindigkeitswechsel und Einscheibenantrieb treten nur die Leerlaufverluste im Steueraggregat und Antriebsmotor auf. Bei besonderem Einbau des Motors würden die Riemenverluste und die beim Versuch noch nicht ausgeschiedenen Verluste im Räderkasten verschwinden.

Es werden bei verschiedenen Umlaufzahlen der Spindel die Verluste im Motor mit und ohne Rädervorgelege, mit

Lebenslauf.

Ich bin am 3. Juni 1887 als Sohn des Fabrikanten Jakob Kienzle in Schwenningen am Neckar (Württemberg) geboren. Nach Absolvierung des Realgymnasiums Stuttgart und einjähriger Werkstatttechnik besuchte ich die technische Hochschule Stuttgart vom Herbst 1906 bis Herbst 1908, dann die technische Hochschule Berlin bis Herbst 1910. Ostern 1911 legt ich an der technischen Hochschule Stuttgart die Diplomprüfung als Ingenieur der Elektrotechnik ab. Durch die sich an mein Studium anschließende Tätigkeit in der Uhrenfabrik von Schlenker & Kienzle in Schwenningen am Neckar lernte ich die moderne Massenfabrikation kennen, die mir auch Anlaß dazu gab, mich besonders mit selbsttätigen Maschinen zu beschäftigen. So entstand die vorliegende Arbeit. Die darin beschriebenen Versuche wurden in den Werkstätten der Uhrenfabrik von Schlenker & Kienzle ausgeführt. Der mündlichen Doktor-Ingenieur-Prüfung unterzog ich mich Ende Januar 1913.

Meinen verehrten Lehrern, Herrn Professor Widmaier und Herrn Professor Veesenmeyer, sei an dieser Stelle für die Anregung zu dieser Arbeit, sowie für die vielseitige Unterstützung mein aufrichtigster Dank ausgesprochen.

Schwenningen a. N., im Juni 1913.

Herbert Kienzle.