

WERKSTATTBÜCHER

HERAUSGEBER EVGEN SIMON

HEFT 22

PAVL ZIETING

FRÄSER



SPRINGER-VERLAG BERLIN HEIDELBERG GMBH

Zur Einführung.

Die Werkstattbücher werden das Gesamtgebiet der Werkstatttechnik in kurzen selbständigen Einzeldarstellungen behandeln; anerkannte Fachleute und tüchtige Praktiker bieten hier das Beste aus ihrem Arbeitsfeld, um ihre Fachgenossen schnell und gründlich in die Betriebspraxis einzuführen.

So unentbehrlich für den Betrieb eine gute Organisation ist, so können die höchsten Leistungen doch nur erzielt werden, wenn möglichst viele im Betrieb auch geistig mitarbeiten und die Begabten ihre schöpferische Kraft nutzen. Um ein solches Zusammenarbeiten zu fördern, wendet diese Sammlung sich an alle in der Werkstatt Tätigen, vom vorwärtstrebenden Arbeiter bis zum Ingenieur.

Die „Werkstattbücher“ werden wissenschaftlich und betriebstechnisch auf der Höhe stehen, dabei aber im besten Sinne gemeinverständlich sein und keine andere technische Schulung voraussetzen als die des praktischen Betriebes.

Indem die Sammlung so den einzelnen zu fördern sucht, wird sie dem Betrieb als Ganzem nutzen und damit auch der deutschen technischen Arbeit im Wettbewerb der Völker.

Bisher sind erschienen:

- | | |
|---|---|
| Heft 1: Gewindeschneiden. 7.—12. Tausd.
Von Obering. O. Müller. | Heft 11: Freiformschmiede.
1. Teil: Technologie des Schmiedens. — Rohstoffe der Schmiede.
Von Direktor P. H. Schweißguth. |
| Heft 2: Meßtechnik. Zweite, verbesserte Auflage. (7.—14. Tausend.)
Von Professor Dr. tech. M. Kurrein. | Heft 12: Freiformschmiede.
2. Teil: Einrichtungen und Werkzeuge der Schmiede.
Von Direktor P. H. Schweißguth. |
| Heft 3: Das Anreißen in Maschinenbauwerkstätten. 7.—12. Tausend.
Von Ing. H. Frangenheim. | Heft 13: Die neueren Schweißverfahren.
Von Prof. Dr.-Ing. P. Schimpke. |
| Heft 4: Wechselräderberechnung für Drehbänke. 7.—12. Tausend.
Von Betriebsdirektor G. Knappe. | Heft 14: Modelltischlerei.
1. Teil: Allgemeines. Einfachere Modelle.
Von R. Löwer. |
| Heft 5: Das Schleifen der Metalle. Zweite, verbesserte Auflage. (7.—13. Tausend.)
Von Dr.-Ing. B. Buxbaum. | Heft 15: Bohren.
Von Ing. J. Dinnebier. |
| Heft 6: Teilkopfarbeiten. 7.—12. Tausend.
Von Dr.-Ing. W. Pockrandt. | Heft 16: Reiben und Senken.
Von Ing. J. Dinnebier. |
| Heft 7: Härten und Vergüten.
1. Teil: Stahl und sein Verhalten.
Zweite, verbesserte Auflage.
(7.—14. Tausend.)
Von Dipl.-Ing. Eugen Simon. | Heft 17: Modelltischlerei.
2. Teil: Beispiele von Modellen und Schablonen zum Formen.
Von R. Löwer. |
| Heft 8: Härten und Vergüten.
2. Teil: Praxis der Warmbehandlung.
Zweite, verbesserte Auflage.
(7.—14. Tausend.)
Von Dipl.-Ing. Eugen Simon. | Heft 18: Technische Winkelmessungen.
Von Prof. Dr. G. Berndt. |
| Heft 9: Rezepte für die Werkstatt.
Von Ing.-Chemiker Hugo Krause. | Heft 19: Das Gußeisen.
Von Ing. Joh. Mehrstens. |
| Heft 10: Kupolofenbetrieb.
Von Gießereidir. C. Irresberger. Zweite, verbesserte Auflage. (5.—10. Tausend.) | Heft 20: Festigkeit und Formänderung.
Von Studienrat Dipl.-Ing. H. Winkel. |
| | Heft 21: Einrichten von Automaten.
1. Teil: Die Automaten System Spencer u. Brown & Sharpe. Von Ing. Karl Sachse. |
| | Heft 22: Die Fräser. Von Ing. Paul Zieting. |

Eine Aufstellung der in Vorbereitung befindlichen Hefte ist auf der
3. Umschlagseite abgedruckt.

Jedes Heft 48—64 Seiten stark, mit zahlreichen Textfiguren.

WERKSTATTBÜCHER
FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER
HERAUSGEGEBEN VON EUGEN SIMON, BERLIN

HEFT 22

Die Fräser

Ihre Konstruktion und Herstellung

Von

Paul Zieting

Mit 230 Figuren im Text
und 8 Zahlentafeln



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH
1925

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Vorwort	3
I. Beschreibung und Anwendung der Fräser	3
Die spitzzahnigen Fräser	4
Fräser für allgemeine Zwecke	4
Fräser für bestimmte Zwecke	4
Die hinterdrehten Fräser	8
Formfräser im allgemeinen	8
Formfräser für Zahnräder und Gewinde	9
Die zusammengesetzten Fräser	13
Zusammengesetzte Einzelfräser	13
Fräsersätze	15
Befestigung der Fräser	16
Fräser mit Bohrung	16
Schafffräser	17
II. Konstruktion der spitzzahnigen Fräser	19
Abmessungen der Fräser	19
Zahnung der Fräser	19
Zweckmäßige Zahnteilung von Sonderfräsern	19
Normale Zahnteilung	21
Zahnform	24
Spiralzähne	25
Spanbrechernuten	29
III. Konstruktion der hinterdrehten Fräser	30
Vergleich zwischen spitzem und hinterdrehtem Zahn	30
Abmessung und Zahnung	31
Fräserdurchmesser	31
Zähnezahl	32
Die Hinterdrehkurve	33
Kurvenfall und Hinterdrehwinkel	35
Hinterdrehwinkel und Profilform	36
Schräghinterdrehen	37
IV. Herstellung der Fräser	38
Materialauswahl	38
Herstellung der spitzzahnigen Fräser	39
1. Material abstechen	39
2. Bohren	41
3. Drehen	42
4. Keil- und Federnut stoßen	47
5. Zähne fräsen	51
6. Stempeln	55
Herstellung der hinterdrehten Fräser	58
1. Vorarbeiten zum Hinterdrehen	58
2. Das Hinterdrehen	58
Das Härten der Fräser	66
Loch- und Rundscheifen der Fräser	66
Schärfen	69
Spitzzahnige Fräser	69
Hinterdrehte Fräser	70

Alle Rechte, insbesondere das der Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 1925

Ursprünglich erschienen bei Julius Springer in Berlin 1925

ISBN 978-3-662-41977-9

ISBN 978-3-662-42035-5 (eBook)

DOI 10.1007/978-3-662-42035-5

Vorwort.

Von allen Schneidwerkzeugen, die in der metallverarbeitenden Industrie gebraucht werden, sind die Fräser wohl die vielgestaltigsten wegen der außerordentlichen Mannigfaltigkeit der ebenen und profilierten Arbeitsflächen, die sie herzustellen haben.

Seit 3 bis 4 Jahrzehnten befassen sich die Werkzeugfabriken damit, diejenigen Fräser, die immer und immer wieder gebraucht werden, im großen Maßstabe für den allgemeinen Bedarf zu fabrizieren, sei es, daß solche Fräser trotz verschiedener Verwendung stets dieselben Abmessungen haben können, sei es, daß es sich um Fräser für immer wiederkehrende, bestimmte Sonderarbeiten handelt. Alle diese Fräser hat der Präzisionswerkzeugverband im Rahmen des Normenausschusses der deutschen Industrie (NDI) zu normen begonnen. Bereits sind nicht nur die Bohrungen und Nuten festgelegt, sondern auch die übrigen Befestigungselemente und vielfach die Außendurchmesser und Längen und sogar die Formen der Winkelfräser, Abwälzfräser, Werkzeugnutenfräser aller Art usw.

Alle diese Fräser werden die Werkzeugfabriken in der vorgeschriebenen Weise auf den Markt bringen, und so wird sich in absehbarer Zeit in der Werkstatt eine fühlbare Erleichterung bemerkbar machen.

Doch damit ist nicht alles getan. Nicht nur, daß die Normung keine Vorschriften über Zähnezahl, Schneidwinkel usw. macht, es werden in der Werkstatt auch gar nicht selten nicht genormte Sonderfräser nötig sein.

Das vorliegende Heft sieht nun seine Aufgabe nicht darin, die Abmessungen der genormten Fräser und gar ihre Fabrikation zu erläutern, es will vielmehr die Konstruktionsgrundsätze und die Verwendung der Fräser im allgemeinen beschreiben mit besonderer Rücksicht auf die Sonderfräser und ihre Herstellung. Denn diese Fräser werden oft im eigenen Betriebe hergestellt, und man kann von ihnen verlangen, daß sie ihre Aufgabe aufs beste erfüllen. So einfach nun der fertige Fräser auch vielfach scheinen mag, es ist bei seiner Konstruktion und Herstellung doch so vieles zu beachten, daß nur gründliche Kenntnisse, beste Hilfswerkzeuge und viel Erfahrung ein Werkzeug von höchster Vollkommenheit schaffen können.

Ich danke auch an dieser Stelle dem Herausgeber für seine bedeutende Mitarbeit, ferner Herrn Prof. Toussaint für die Darstellung Fig. 116.

I. Beschreibung und Anwendung der Fräser.

Man unterscheidet den Formen der Zähne nach mehrere Arten Fräser: Fräser mit gefrästen Zähnen, sog. spitzzahnige Fräser, Fräser mit hinterdrehten Zähnen, hinterdrehte Fräser, und Fräser, die aus mehreren Stücken zusammengesetzt sind, wobei der Hauptkörper aus Maschinenstahl, nur die Zähne aus Werkzeugstahl bestehen.

Die spitzzahnigen Fräser.

Fräser für allgemeine Zwecke. Für allgemeine Zwecke werden fast nur spitzzahnige Fräser gebraucht. So können z. B. Walzenfräser (Fig. 1) zur Bearbeitung fast jeder ebenen Fläche benutzt werden, Walzenstirnfräser (Fig. 2) zum Fräsen von rechtwinkligen Flächen, Winkelstirnfräser (Fig. 3) zur Herstellung von Schlittenführungen verschiedener Neigung. Diese Winkelstirnfräser unterscheiden sich in der Konstruktion von den allgemeinen Winkelfräsern nach Fig. 4 dadurch, daß sie eine Einsenkung für den Kopf der Fräsdornschrauben haben.

Winkelfräser (Fig. 4), Scheibenfräser (Fig. 5), Kreissägen (Fig. 6), werden zu den verschiedenartigsten Arbeiten herangezogen. Die Winkelfräser

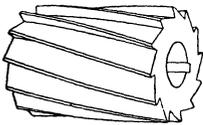


Fig. 1.

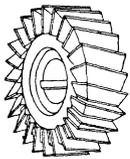


Fig. 2.

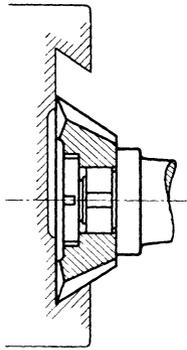


Fig. 3.

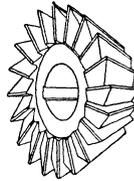


Fig. 4.

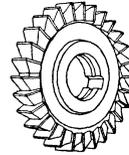


Fig. 5.

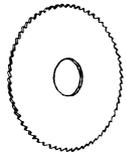


Fig. 6.

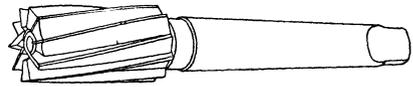


Fig. 7.

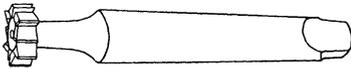


Fig. 8.

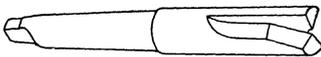


Fig. 9.

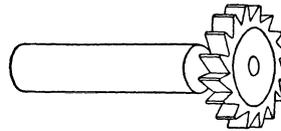


Fig. 10.

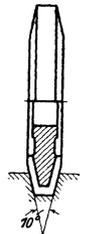


Fig. 11.

z. B. werden mit verschiedenem Winkel ausgeführt und besonders zum Fräsen der Zähne in Reibahlen, Fräsern, Sperrädern usw. gebraucht. Ebenso können Schafffräser (Fig. 7) als Fräser für allgemeine Zwecke bezeichnet werden.

Fräser für bestimmte Zwecke. Neben den Fräsern für allgemeine Zwecke gibt es eine große Anzahl spitzgezahnter Fräser für bestimmte Zwecke. Meist weist schon ihre Bezeichnung auf ihren Anwendungszweck hin.

So z. B. dienen zur Herstellung von T-Nuten die Fräser Fig. 8, zu Keilnuten und Langlöchern (Schlitze) die Fräser Fig. 9 und zu den Nuten für Woodruffkeile die Fräser Fig. 10. Die Fräser für Kupplungszähne Fig. 11 gebraucht man zum Fräsen von Zahnkupplungen, die unter Druck ausgelöst werden. Fig. 12 und 13 sind Fräser für die Nuten hinterdrehter Fräser.

Scheibenfräser ohne Seitenzähne Fig. 14 dienen zur Herstellung von Nuten oder tieferen Schlitzen. Diese Fräser werden seitlich genau auf Maß geschliffen.

Spitzzahnige verstellbare Nutenfräser Fig. 15 bestehen aus zwei Fräsern, die an den zusammenstoßenden Stirnflächen Kupplungszähne erhalten, die verhindern, daß sich auf den gefrästen Flächen Spuren der Stoßfugen bemerkbar machen. Das durch Nachschleifen an den Stirnseiten verringerte Breitenmaß läßt sich bei diesen Fräsern leicht wiederherstellen, wenn man Papier- oder Blechscheiben zwischen die beiden Fräser legt.

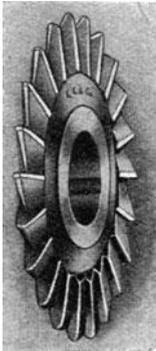


Fig. 12.



Fig. 13.

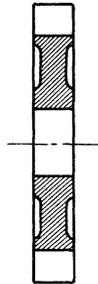


Fig. 14.

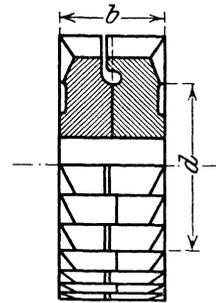


Fig. 15.

Ein großer Teil dieser Fräser, sowohl der für allgemeine wie für bestimmte Zwecke, ist nun genormt, jedoch hat man auch viele Fräser, die wohl denselben Namen führen wie die genormten, jedoch in der Zahnkonstruktion von ihnen abweichen, teils weil sie einem anderen Zweck dienen, teils weil sie in bestimmten Fällen oder bei einem bestimmten Material mit geänderter Zahnform besser arbeiten. So hat man z. B. bei Scheibenfräsern, die einen tiefen Schlitz fräsen müssen, die Seitenzähne bis dicht an die Nabe des Fräasers herangeführt. Damit nun die Teilung der Zähne nach der Nabe zu nicht zu klein wird, wird ein Zahn um den anderen herausgefräst, und zwar derart, daß die so vergrößerten Zahn-lücken versetzt zueinander liegen (Fig. 16), wodurch der Fräser ruhiger arbeitet.

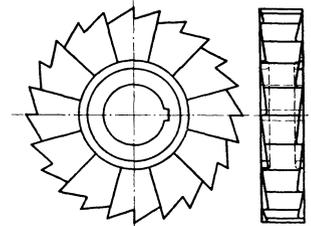


Fig. 16.



Fig. 17.

Unter den Keilnuten- oder Langlochfräsern findet man ebenfalls solche mit stark voneinander abweichenden Konstruktionen. Fräser nach Fig. 9 dürften sich ihrer starken Zähne wegen besonders zum Fräsen der tieferen Langlöcher, wie Schlitz für Keiltreiber eignen, während Fräser nach Fig. 17 sich besser beim Fräsen der flacheren Keilnuten bewähren. Ihre Zähne dringen wegen ihrer spitzen Form bei der Spanzustellung leichter in das Material hinein, und es erübrigt sich darum das Bohren der Auslaflöcher in den Wellen. Außerdem bleibt die Spanmenge hierbei verhältnismäßig gering, so daß sie leichter von der Spülflüssigkeit fortgespült wird und darum nicht nachteilig auf den schwachen Zahn des Fräasers wirken kann.

Fig. 18 ist ein Fräser zum Abrunden der Seitenflächen der Zähne an Stirnrädern. Den Durchmesser d wählt man so, daß mehrere Teilungen

mit dem Fräser bearbeitet werden können. Der Flankenwinkel w richtet sich nach der Neigung der Evolvente, die der Verzahnung zugrunde gelegt wird.

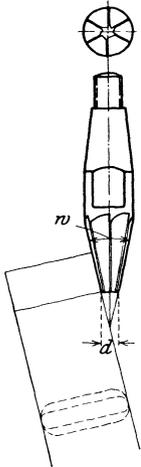


Fig. 18.

Preßform- oder Gesenkfräser nach Fig. 19–21, die noch in vielen anderen Formen gebraucht werden, dürfen nicht zu grobe Zahnungen erhalten, weil diese leicht hackerige, unsaubere Flächen erzeugen. Beim Gesenkbau können nämlich die Bewegungsspindeln der beiden Kreuzschlitten, der auszufräsenden Formen wegen, meistens nur von Hand gedreht werden, so daß man für den Vorschub lediglich auf das Gefühl angewiesen ist. Bei grober Zahnung des Fräfers könnte es deshalb leicht vorkommen, daß einmal kein Zahn im Schnitt steht, und daß dann die Kurbel wegen Mangel an Widerstand weitergedreht wird als beabsichtigt ist. Durch derartigen ungleichen Vorschub entstehen dann unsaubere Flächen. Fig. 22 zeigt einen Fräser, wie er zur Fertigstellung der Formen in Gesenken für runde Schmiedestücke gebraucht wird. Beim allmählichen und gleichmäßigen Vorschieben der Gesenkteile gegen den Fräser wird die Form fertig gefräst. Bedingung ist, daß der Fräser Spiralzähne hat, damit sie nicht auf die Kanten der Gesenkoberflächen aufsetzen und dadurch brechen.

An den Fräsern für Ballformen (Fig. 23) und für Flickschraubenköpfe (Fig. 24) ist das exzentrische Loch an der gezahnten Stirnseite bemerkenswert, das es möglich macht, einen Zahn bequem bis zur Mitte zu führen. Dadurch erreicht man, daß bei Arbeitsstücken Boden bzw. Kopf durchaus glattgefräst werden können. Da bei diesen Frä-

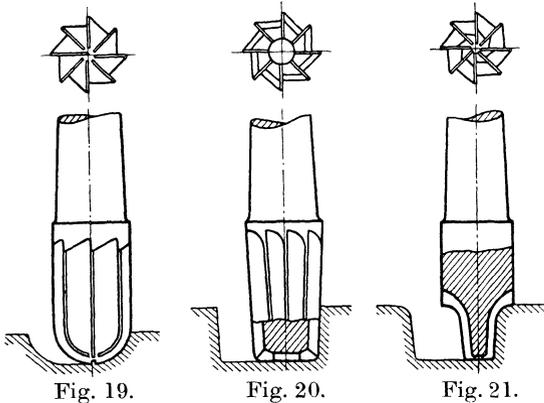


Fig. 19.

Fig. 20.

Fig. 21.

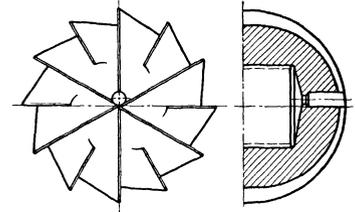


Fig. 23.

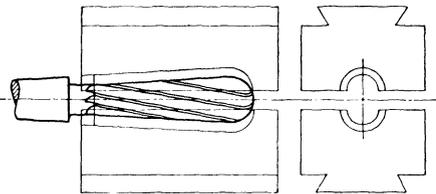


Fig. 22.

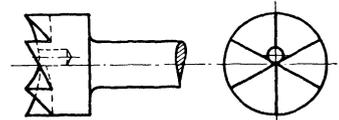


Fig. 24.

sern die Zahnteilung nach der Mitte zu zu klein werden würde, darf man nur jeden zweiten Zahn bis zur Mitte gehen lassen.

Ventilsitzfräser (Fig. 25) dienen zum Nachschaben zerstörter Ventilsitze in Verbrennungsmaschinen. Die Fräser müssen recht feine Zahnung erhalten,

da bei grober Zahnung und der Spanzustellung von Hand der Fräser sich entsprechend den Unebenheiten des Ventil Sitzes hin und her bewegen und keine gleichmäßigen Flächen erzeugen würde. Aus demselben Grunde müssen auch Reinigungslukenfräser (Fig. 26) sehr feine Zahnung haben.

Der spitzzahnige Zahnfräser (Fig. 27) dient zum Vorfräsen der Lücken in Zahnrädern. Er ist einfach und billig und schneidet sehr gut. Er wird besonders bei größeren Teilungen benutzt, wodurch der teure hinterdrehte Fertigfräser geschont und seine Lebensdauer bedeutend verlängert wird. Seine Breite b_1 ist $= \text{Modul} (\pi/2 - 1,16 \text{tg } w) - x$, wobei x , je nach Größe der Teilung, mit $0,5 \div 1 \text{ mm}$ eingesetzt wird.

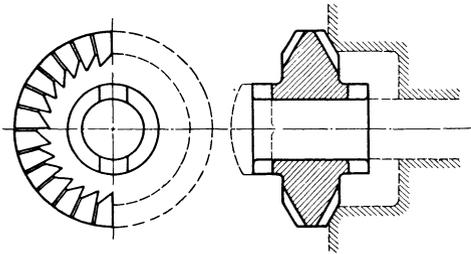


Fig. 25.

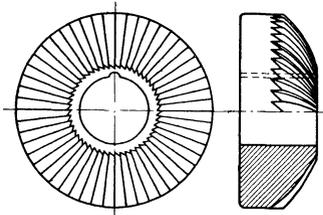


Fig. 26.

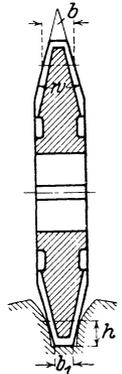


Fig. 27.

Bei dem Trapezgewindefräser (Fig. 28) werden die Zähne so eingearbeitet, daß dem Zahne auf der einen Flanke eine Lücke auf der anderen Flanke gegenüberliegt. Dadurch schneidet der Fräser leichter und ruhiger. Um die Flankenwinkel und Breitenmaße messen zu können, läßt man an einer Stelle einen vollen Zahn stehen. Der Fräser muß beim Fräsen mit seiner Achse senkrecht zum mittleren Steigungswinkel α eingestellt werden, d. h. seine Achse ist um α gegen die Achse des Werkstückes geneigt. Die Breite b_1 des Fräasers muß darum kleiner sein als die halbe Teilung (Steigung) b des Gewindes, und zwar muß $b_1 = b \cdot \cos \alpha$ sein (Fig. 29). Da nun die Zahnflanken gerade sind, so wird infolge dieser Stellung des Fräasers das Gewindeprofil parallel zur Achse nicht geradlinig, sondern gekrümmt.

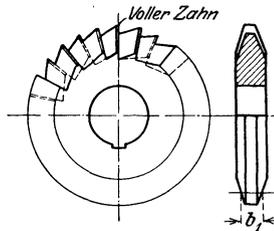


Fig. 28.

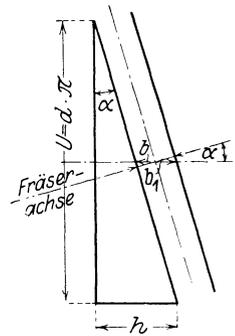


Fig. 29.

So gefräste Gewinde haben natürlich keinen Anspruch auf Präzisionsgewinde, wie überhaupt gefräste Gewinde nie sehr genau werden können, selbst wenn man mit Gewindefräser mit korrigiertem Profil arbeiten würde. Denn das Werkstück wird beim Fräsen warm und dehnt sich, wodurch Steigungsdifferenzen eintreten. Das korrigierte Profil für den Fräser könnte man erhalten, wenn man in die Ganglücke eines Musterstückes mit richtigem Profil eine Lehre hineinpaßte. Die Lehre müßte dabei genau senkrecht zur mittleren Steigungslinie und die Lehrenmitte genau in der Achse des Musterstückes liegen; die Meßkanten der Lehre müßten des spiraligen Verlaufes der Gewindegänge wegen scharf sein. Solche korrigierte Profile sind aber bei spitzgezahnigen Fräsern schwer

herzustellen und schwer zu schärfen; sie werden darum in der Praxis nicht angewendet (andererseits vermeidet man für solche Arbeiten auch gern hinterdrehte Fräser).

Für allgemeine Zwecke genügen die mit den geradflankigen Fräsern hergestellten Gewinde, da die Abweichungen vom theoretisch richtigen Profil bei kleiner Steigung kaum bemerkbar sind und sich bei größerer Steigung in für die Praxis noch zulässigen Grenzen halten. Präzisionsgewinde müssen in allen Fällen mit dem Stahl nachgeschnitten werden. Dabei muß die Brustfläche des Stahles parallel zur Achse des Werkstückes liegen und der Stahl selbst das theoretisch richtige Profil haben. (Näheres in Heft 1 der Werkstattbücher.)

Den Fräserdurchmesser beschränke man auf das geringste zulässige Maß, damit der Eingriffswinkel möglichst klein und ein merkbares Vor- und Nachschneiden in den Gewindeflanken vermieden wird.

Fräst man Gewinde derselben Steigung auf verschieden starke Werkstücke (was bei Trapezgewinde sehr viel vorkommt), so müßte genau genommen jedesmal mit einem anderen Fräser gearbeitet werden. Denn die Breite b_1 in der Teillinie des Fräasers ändert sich mit jeder Änderung des Steigungswinkels α , und der Steigungswinkel α ändert sich bei derselben Steigung mit jedem Durchmesser.

Die Veränderung der Breite b_1 ist aber oft so gering, daß man sich, um Werkzeuge zu sparen, in der Praxis beim Vorfräsen von genauen Spindeln und beim Fertigfräsen weniger genauer mit einem Fräser begnügt, der für die Spindel mit dem kleinsten Durchmesser bei der betreffenden Steigung konstruiert ist.

Wird durch zu große Durchmesserunterschiede die Differenz der Breiten b_1 für einzelne Fälle doch zu groß, dann muß durch Tieferstellen des Fräasers die erforderliche größere Breite b_1 für den größeren Durchmesser hergestellt werden. Die dadurch entstehende geringe Vergrößerung der Gangtiefe ist ohne Bedeutung.

Gewinde, die in dieser Weise gefräst werden sollen, müssen einen Flankenwinkel von mindestens 5° haben; rechteckige Gewinde können nicht gefräst werden.

Die hinterdrehten Fräser.

Die hinterdrehten Fräser verwendet man nur für solche Formflächen der Arbeitsstücke, die man nicht durch einfachere Mittel erzeugen kann. Für ebene Flächen, an Stelle geradlinig spitzzahniger Fräser, sollte man sie nicht benutzen (s. weiter unten).

Hinterdrehte Formfräser werden durch die notwendigen Hilfswerkzeuge recht teuer. Sie machen sich daher nur dann bezahlt, wenn mehrere gleiche Formstücke oder gar größere Mengen hergestellt werden müssen. Dafür aber haben sie den großen Vorzug, daß sich beim Nachschleifen ihr Profil nicht ändert, weil immer nur, auch bei den verwickeltesten Profilen, die ebene Bruchfläche geschliffen wird. Demgegenüber müßten spitzgezahnte Formfräser an der Zahnfase, also nach dem Profilverlauf, geschliffen werden, was oft unmöglich ist und bei einfachen Profilen nur mit besonderen Schleif-einrichtungen geschehen könnte.

Bei den hinterdrehten Fräsern werden die Zahnücken eingefräst, aber die Zahnrücken mit einem Formstahl hinterdreht, so daß Zahnprofil und Rückenwinkel bei einer radial nachgeschliffenen Zahnbrust stets gleichbleiben.

Formfräser im allgemeinen. Außer für viele Sonderprofile sind hinterdrehte Formfräser auch für eine ganze Anzahl von bestimmten, allgemein vorkommenden Arbeiten, auf die die Bezeichnung der Fräser hinweist, in Gebrauch. So Radiusfräser für hohle und ausgebogene Form (Fig. 30 und 31), Fräser für

Spiralbohrernuten (Fig. 32), Fräser für Senkernuten (Fig. 33) usw. Diese Fräser sind meist auch genormt.

Formfräser für Zahnräder und Gewinde. Besonders wichtig sind die Zahnformfräser (Fig. 34). Sie dienen zum Fräsen der Zähne in Stirnrädern und



Fig. 30.

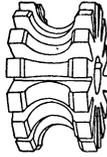


Fig. 31.



Fig. 32.



Fig. 33.



Fig. 34.

Schraubenrädern nach dem Teilverfahren. Bei ihnen kommt es besonders darauf an, daß das Profil der Zähne, solange der Fräser verwendet wird, peinlichst genau bleibt, damit die Räder spielfrei und möglichst geräuschlos miteinander kämmen.

Ein solcher Fräserzahn läßt sich nur durch Hinterdrehen mit einem entsprechend genauen Hinterdrehstahl erzeugen. Zur Schonung des Zahnformfräsers bedient man sich von etwa Modul 4 an eines Zahnformvorfräsers. Fig. 35 und 36 zeigen eine Konstruktion mit hinterdrehten, abwechselnd glatten und gestuften Zähnen. Durch die etwas hervorstehenden Kanten der abgestuften Zähne werden die Fräsflächen so gerieft, daß die Späne von dem nachfolgenden vollen Zahn gebrochen sind. Der Fräser schneidet darum noch bei einem groben Vorschub verhältnismäßig leicht.



Fig. 35.

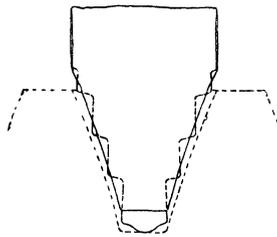


Fig. 36.

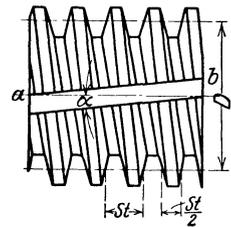
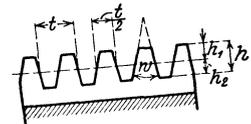


Fig. 37.

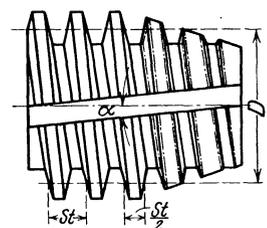
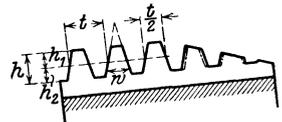


Fig. 38.

Abwälzfräser für Stirnräder (Fig. 37) und Fräser für Schneckenräder (Fig. 38) gehören auch zu den Fräsern, die nur mit hinterdrehten Zähnen brauchbar sind. Da sie unabhängig von bestimmten Verhältnissen sind, sind auch sie meistens genormt, wenn nicht Sondermaschinen besondere Ausführungen vorschreiben.

Der Abwälzfräser für Stirnräder muß beim Fräsen so eingestellt werden, daß seine Achse um 90° minus den Steigungswinkel α (Fig. 37) gegen die Zahn-

radachse geneigt liegt, so daß die Schnittspiralen, die senkrecht zu den Gewindegängen eingefräst werden, genau senkrecht zur Zahnradachse liegen. Darum muß die Teilung des Fräfers in der Schnittspirale genau der Teilung des zu fräsenden Zahnrades entsprechen. Bei Berechnung der Wechselräder zum Schneiden und Hinterdrehen muß aber die Steigung in der Achse „ St “ in die Rechnung eingesetzt werden.

So wünschenswert es ist, daß bei Wälzfräsern die Schnittspirale zu den Schraubengängen senkrecht steht, um an beiden Zahnflanken gleich große Schnittwinkel zu erhalten, so zwingt doch oft das Fehlen passender Wechselräder zur Hinterdrehbank dazu, hiervon abzuweichen, wenn man nicht Sonderräder beschaffen will. Meist genügen übrigens kleine Abweichungen vom rechtwinkligen Verlauf der Schnittspirale zu den Schraubengängen, um unter den vorhandenen Wechselrädern passende zu finden. Die hierdurch entstehende Änderung ist für die Arbeit des Fräfers ohne Bedeutung.

Die Konstruktion der Abwälzfräser ist durch folgende Beziehungen geregelt (Fig. 37):

$$\begin{array}{ll}
 h = \text{ganze Zahnhöhe} = 2,32 \text{ Modul} & \\
 h_1 = \text{Zahnkopfhöhe} = 1,16 \text{ Modul} & h_2 = \text{Zahnfußhöhe} = 1,16 \text{ Modul,} \\
 w = \text{Flankenwinkel (meist } 29^\circ) & t = \text{Teilung in der Schnittspirale} = \text{Modul} \cdot \pi \\
 D = \text{Teilkreisdurchmesser} & \alpha = \text{Steigungswinkel der Schnittspirale} \\
 \text{tg } \alpha = \frac{t}{D \cdot \pi} = \frac{\text{Modul}}{D} & St = \text{Steigung in der Achse} = \frac{t}{\cos \alpha}.
 \end{array}$$

Der Schneckenradfräser zur Herstellung der Zähne in Schneckenrädern weicht in seiner Konstruktion wesentlich ab von der der Stirnradabwälzfräser. Es ist (Fig. 38):

$$\begin{array}{ll}
 h = \text{ganze Zahnhöhe} = 2,16 \text{ Modul} & \\
 h_1 = \text{Zahnkopfhöhe} = 1,16 \text{ Modul} & h_2 = \text{Zahnfußhöhe} = 1 \text{ Modul} \\
 w = \text{Flankenwinkel (meist } 29^\circ \text{ oder } 30^\circ) & St = \text{Steigerung in der Achse} = \text{Modul} \cdot \pi \\
 t = \text{Teilung in der Schnittspirale} = St \cdot \cos \alpha & \text{tg } \alpha = \frac{\text{Modul}}{D}. \\
 D = \text{Teilkreisdurchmesser} &
 \end{array}$$

Der Schneckenradfräser wird im Gegensatz zum Stirnradfräser mit seiner Achse genau rechtwinklig zur Zahnradachse eingestellt, weshalb bei ihm die Steigung „ St “ in der Achse des Fräfers gleich der Teilung des zu fräsenden Zahnrades sein muß. Der Schneckenradfräser wird mit kegeligem Anschnitt versehen, wenn er in Achsenrichtung vorgeschoben wird.

Die Steigungsdifferenzen, die sich oft beim Härten trotz sorgfältigster Vorbehandlung des Materials ergeben und die sich dann auf den gefrästen Zahnflanken infolge der niedrigen Zähne des kegeligen Anschnittes durch Stufen bemerkbar machen, macht man dadurch unschädlich, daß man die Zahnflanken dieser niedrigen Zähne beim Schlichten um 0,1–0,2 mm mehr angreift (in Fig. 38 strichpunktiert angedeutet), so daß dann von den nachfolgenden 2–3 Zähnen mit dem vollen Zahnprofil das stehengebliebene Material abgenommen werden muß, wodurch die Stufen von den Zahnflanken verschwinden.

Die Länge des kegeligen Anschnittes richtet sich hauptsächlich nach der Bearbeitbarkeit des Materials des Schneckenrades und nach seiner Teilung. Bei Material mit größerer Festigkeit und Zähigkeit wird man den Anschnitt länger nehmen müssen als bei Material mit geringerer Festigkeit, und bei grober Teilung länger als bei feiner, damit die Zähne des Anschnittes nicht zu stark beansprucht werden. Gewöhnlich verteilt man den Anschnitt über 4–5 Zähne.

Bei den zylindrischen Abwälzfräsern kann man die Zahnflanken, wenn Steigungsdifferenzen entstanden sind, nachschleifen. Die Bewegungen des Fräfers und der Schleifscheibe bzw. der fingerartigen Schleifstifte müssen beim Schleifen

der Flanken naturgemäß die gleichen sein wie beim Hinterdrehen; es sind also besondere Einrichtungen zum Schleifen nötig

Die Lehren für die Zahnlücken von Stirnrad-Abwälzfräsern werden nach Fig. 39 ausgeführt, damit sie die Lücken in Richtung der Schnittspirale messen können. Es genügt für jeden Modul eine Lehre, unabhängig vom Durchmesser und Steigungswinkel des Fräasers, da die normale Steigung und das richtige Zahnprofil in Richtung der Schnittspirale liegen.

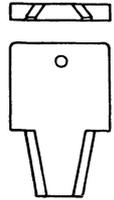


Fig. 39.

Anders ist es bei den Schneckenradfräsern. Ihre Steigung ist in der Schnittspirale, in der die Zahnlücken gemessen werden, beim selben Modul um so kleiner, je größer der Steigungswinkel ist. Daher sind für einen Modul soviel Lehren notwendig, wie Gewindesteigungswinkel vorkommen.

Schneckenradfräser mit großem Steigungswinkel, die bei mehrgängigen Gewinden vorkommen, haben so starke Schnittspiralen, daß man mit Flachlehren wie Fig. 39 nur ungenau messen kann. Solche Fräser können nur auf besonderen Apparaten zwischen Spitzen durch verschiebbare Meßstifte genau gemessen werden, wobei die Brustfläche des Meßstiftes entsprechend dem Steigungswinkel der Schnittspirale gegen die Achse des Fräasers geneigt sein muß (Fig. 40).

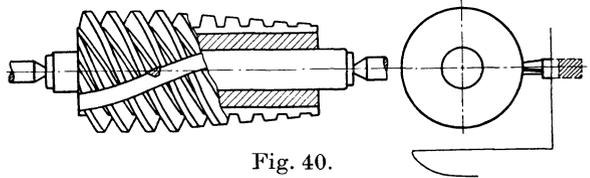


Fig. 40.

Fräst man bei Schneckenradfräsern, wie allgemein üblich, die Spannuten senkrecht zu den Gewindegängen ein (Fig. 41), um günstige Schnittwinkel zu erhalten, dann muß man beim Hinterdrehen der Gewindegänge den Hinterdrehstahl H so einstellen, daß seine Brustfläche in der gleichen Richtung liegt wie die Schnittspirale, wobei das Breitenmaß $\frac{t}{2}$ des Hinterdrehstahles $= \frac{St \cdot \cos \alpha}{2}$ ist.

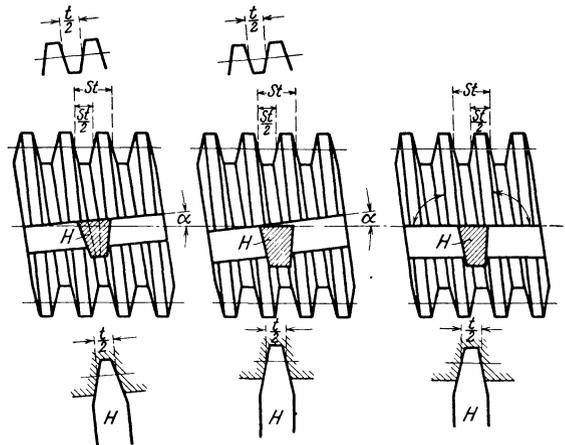


Fig. 41.

Fig. 42.

Fig. 43.

Dabei erhält man aber in Richtung parallel zur Achse nicht die richtigen geradlinigen Flanken, sondern gekrümmte, die sich bei kleinen Teilungen weniger, bei größeren Teilungen mehr unangenehm bemerkbar machen. Würde

man dagegen die Brustfläche des Hinterdrehstahles H mit einer Breite $\frac{t}{2} = \frac{St}{2}$ parallel zur Achse einstellen (Fig. 42) und so die Gewindegänge hinterdrehen, dann erhielten wohl die Zähne in einer die Achse enthaltenen Ebene das richtige geradlinige Gewindepfil, aber die Schneidkanten der Zähne würden beim Hinterdrehen nicht gleichzeitig angegriffen werden. Die Folge davon wäre ein verzerrtes Profil an der Schneidbrust.

Würde man die Spannuten parallel zur Achse einfräsen (Fig. 43) und die Brustfläche des Hinterdrehstahles H mit der Breite $\frac{t}{2} = \frac{St}{2}$ ebenso einstellen, dann wäre das Profil der Schneidkanten geradlinig und richtig, aber man hätte je nach Richtung der Gewindegänge an der einen oder anderen der beiden Schnittkanten eines Zahnes stumpfe, drückende Schnittwinkel.

Einen brauchbaren, genau richtigen Schneckenradfräser (mit parallel zur Achse geradliniger Flankenform und mit senkrecht zu den Gewindegängen eingefrästen Spannuten) kann man sich in der Weise herstellen, daß man die Gewindegänge des Fräfers mit einem Gewindestahl mit theoretisch richtigem Gewindeprofil, dessen Brustfläche parallel zur Fräserachse liegt, fertig schneidet,

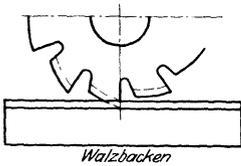


Fig. 44.

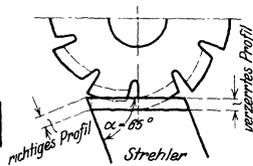


Fig. 45.

dann die Spannuten einfräst und nun einen Hinterdrehstahl an das Profil der Schnittspirale anpaßt.

Der Rückenwinkel (Hinterdrehwinkel) ist bei Schneckenradfräsern möglichst klein zu nehmen, damit sich der Fräserdurchmesser beim Schärfen immer nur recht wenig verringert; denn durch jede Ver-

ringerung unter die anfänglichen Abmessungen werden die Eingriffsverhältnisse ungünstiger.

Sehr viel benutzt werden auch hinterdrehte Gewindefräser, die selbst aber kein Gewinde, sondern parallele Rillen mit dem Gewindeprofil (meist Spitzgewinde) haben (Fig. 44). Die Fräser dienen für Gewinde von geringer Länge und meist größerem Durchmesser, innen wie außen, besonders viel für Munitionsherstellung (Granaten). Das Gewinde-

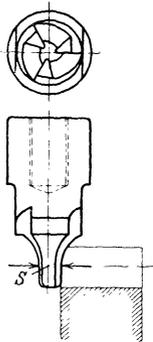


Fig. 46.

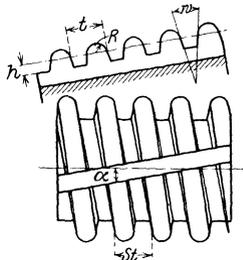


Fig. 47.

profil dieses Fräfers entspricht genau dem normalen Gewinde. Das gleiche gilt für die Gewindefräser für Walzbacken. Dagegen muß das Gewindeprofil eines Fräfers für Gewindestrehler oder Schneidkopfbacken (Fig. 45) entsprechend dem Winkel α verzerrt sein, wenn man die Werkzeuge mit dem Fräser fertigfräsen will.

Zahnabrundfräser mit hinterdrehten Zähnen (Fig. 46) dienen demselben Zweck, wie der spitzzahnige Fräser (Fig. 18). Die Zahnform dieser Fräser entspricht der-

jenigen der normalen Zahnformfräser, doch mit dem Unterschiede, daß man für diese Fräser nicht für den achteiligen Satz geltenden Formen benutzt, sondern mit dem Fräser einer bestimmten Zahnform eine größere Anzahl Zähne bearbeitet. Im allgemeinen genügt die Einteilung von 12 bis 16, von 17 bis 25 von 26 bis 135 Zähne. Die Zahnstärke „ S “ muß, damit der Fräser beim Eintauchen in die Zahnluke die gegenüberliegende Zahnflanke nicht berührt, je nach Größe der Teilung 0,5 : 1 mm schwächer gehalten werden, als die Zahnluke groß ist.

Die Abwalzfräser für Kettenräder (Fig. 47) ähneln denen für Stirnräder. Ihre äußeren Abmessungen sind ebenfalls unabhängig von bestimmter Verhältnissen, wenn nicht besondere Maschinen besondere Maße bedingen. Die Teilung t des Kettenrades muß gleich sein der Teilung t des Fräfers in de

Schnittspirale gemessen. Zum Schneiden und zum Hinterdrehen muß bei Berechnung der Wechselräder die Steigung St parallel der Achse genommen werden.

Sie müssen ebenso wie die Abwälzfräser bei Stirnrädern mit ihrer Achse um 90° minus dem Steigungswinkel α gegen die Achse des Kettenrades versetzt sein. Der Radius R wird meist $= 0,525 t$ genommen, die Höhe $h = 1-2 \text{ mm} + 0,3 t$. Das Maß $0,3 t$ ist der Zahnkopf des Kettenrades und zu diesem Maß werden je nach Teilung $1-2 \text{ mm}$ zugegeben, so daß der Zahngrund des Fräasers den fertiggestellten Außendurchmesser des Kettenrades beim Fräsen nicht mehr berührt. Der Flankenwinkel w muß wenigstens 10° betragen, so daß der Berührungspunkt der an den Kopfkreis des Fräserzahns angelegten Tangente oberhalb des Teilkreisdurchmessers fällt. Dadurch wird beim Fräsen des Kettenrades die Zahnkopfflanke der Zähne genügend stark überschritten und die Zähne können dann ohne jede Reibung in die Lücken der Kettenglieder eingreifen.

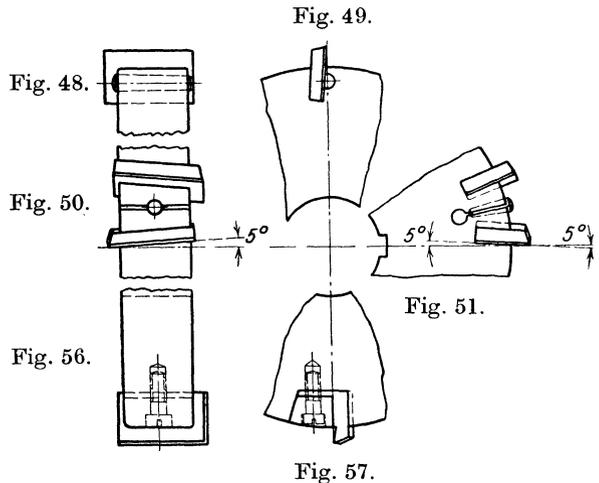
Die zusammengesetzten Fräser.

Zusammengesetzte Einzelfräser. Mit steigenden Abmessungen werden die Fräser wegen der oft unverhältnismäßig großen Abfallmengen bei der Herstellung und wegen der hohen Kosten des Materials, wenn zugänglich, zusammengesetzt. Wo die wirtschaftliche Grenze für das Zusammensetzen liegt, läßt sich zahlenmäßig nicht allgemein sagen; sie hängt von der Konstruktion des Fräasers und von dem Verhältnis der Lohnkosten zu den Materialkosten ab.

Der Fräserkörper wird aus Maschinenstahl oder Stahlguß, oft auch aus Grauguß hergestellt und die Messer werden aus Schnellstahl oder neuerdings auch aus „Schneidmetall“ (Stellit, Akrit, Celsit usw.) in den Körper eingesetzt.

Die Befestigung der Messer ist verschieden; meist werden sie mechanisch durch Stifte (Fig. 48-51), Schrauben (Fig. 52-54), Buchsen (Fig. 55) oder Druckstücke (Fig. 56 und 57) festgeklemmt, so daß sie auswechselbar und nachstellbar sind; teils werden sie mit den Maschinenstahlkörpern unlösbar verbunden durch Schweißen oder Löten (Fig. 58), wobei dann die Abmessungen der Messer bedeutend geringer gehalten werden können, als bei den festgeklemmten Messern zulässig ist. Messerköpfe mit eingesetzten Stählen (Fig. 52-54) zeichnen sich dadurch aus, daß die Messer eine erhebliche Einstellungsmöglichkeit haben, daß alle Schneidflächen sich sehr gut schleifen lassen und daß die Befestigung kräftig und einfach ist.

Die Verstellung der Messer im Messerkopf Fig. 59 geschieht durch Anziehen der Mutter am hinteren Ende, an dessen Brustfläche sich die Messer beim Arbeiten stützen. Diese Messerköpfe sind an sich billig in der Herstellung. Die übrigbleibenden Messerreste können noch in anderen Stahlhaltern aufgebraucht werden



Die zusammengesetzten Fräser haben noch den Vorzug, daß ihre Bohrungen nötigenfalls ohne Gefahr für die Fräser geändert werden können. Messerköpfe

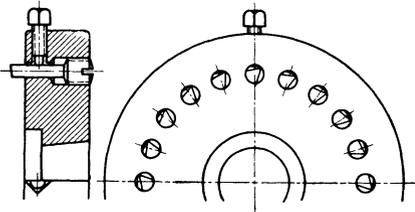


Fig. 52.

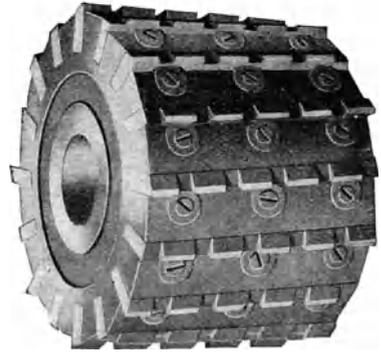


Fig. 55.

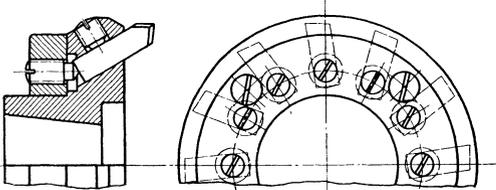


Fig. 53.

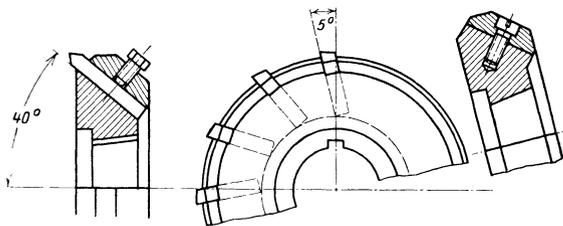


Fig. 54.

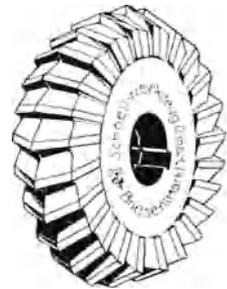


Fig. 58.

nach Fig. 52 und 53 haben weiter den Vorteil, daß sich die Messer mit Hilfe von Endmaßen sehr leicht so einstellen lassen, daß die Schnittkante eines Messers gegenüber der vorhergehenden immer etwas höher liegt. Dadurch wird erreicht, daß die einzelnen Messer nie mit der vollen angesetzten Spannhöhe belastet werden; infolgedessen können die Messerabmessungen auch verhältnismäßig gering gehalten werden.

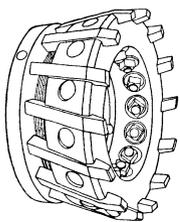


Fig. 59.

Messerköpfe Fig. 52 : 54 eignen sich nur zur Bearbeitung von ebenen Flächen, da sich die Schneidkantenlängen der Stähle nur in mäßigen Grenzen bewegen. Winklige Flächen müssen darum mit Messerköpfen wie Fig. 60 bearbeitet werden.

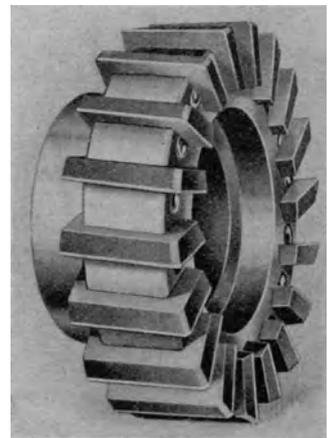


Fig. 60.

Fig. 61 zeigt einen Scheibenfräser mit durch Stifte festgeklebten und Fig. 62 und 63 solche mit eingeschweißten Messern. Beim Schweißen ist man

soweit gegangen, es für Formfräser zu verwenden (Fig. 64). Bei Fräser Fig. 65-67 werden die schräg gelagerten Messer beim Anziehen des Spannrings *a* festgeklemmt.

Die Zahnbrust der Messer verläuft nicht radial, sondern ist um mindestens 5° geneigt, ebenso weicht sie um etwa 5° von der Richtung der Fräserachse ab. Bei den Scheibenfräsern wechselt zudem noch die Lage der Messer zur Achse derart ab, daß immer ein Messer einen rechten und das nächste einen linken Steigungswinkel erhält. Solche Anordnung der Messer ergibt auf beiden Seiten günstige Schnittwinkel, und ein ruhiges Arbeiten der Fräser ist die Folge.

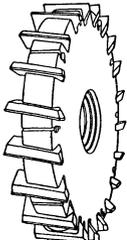


Fig. 61.



Fig. 62.



Fig. 63.

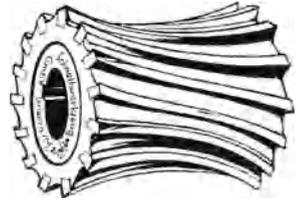


Fig. 64.

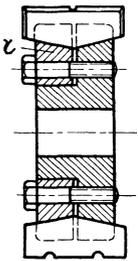


Fig. 65.

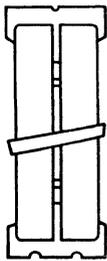


Fig. 66.

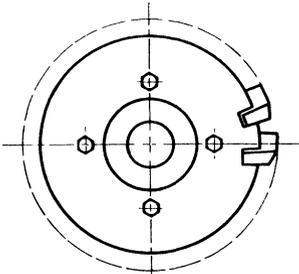


Fig. 67.

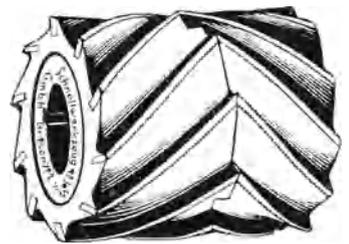


Fig. 68.

Walzenfräser mit eingelöteten oder eingeschweißten Spiralmessern findet man in Längen bis $\frac{3}{4}$ m und mehr. Bei den großen Längen werden die Messer aus Teilen zusammengesetzt.

Einen sehr leichten Schnitt haben die Spiralmesser mit hoher Steigung, doch verlangt der dabei entstehende axiale Schub, daß die Messer auf der halben Fräserlänge rechts-, auf der halben linksspiralig eingesetzt werden (Fig. 68) und in der Mitte einander übergreifen.

Bei Schaftfräsern fertigt man auch, soweit seine Abmessungen es zulassen, den Schaft aus Maschinenstahl an und schraubt den Fräser auf (Fig. 69).

Fräsersätze. Unter einem Satzfräser oder Fräsersatz versteht man einen aus mehreren einzelnen, selbständigen Fräsern zusammengesetzten Satz, nebeneinander auf dem Dorn für eine gemeinsame Fräsarbeit.

Bei Konstruktion von Satzfräsern ergeben sich für die Abmessungen der einzelnen Fräser oft große Unterschiede, nicht nur in der Breite, sondern auch im Durchmesser. Fräsersätze mit zu großen Durchmesserunterschieden verwendet man aber möglichst nicht, da sie nicht befriedigend arbeiten können. Man

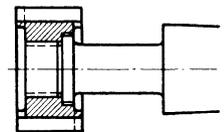


Fig. 69.

kann nämlich entweder nur den größeren Fräser mit der richtigen Schnittgeschwindigkeit arbeiten lassen, dann läuft aber der kleinere Fräser zu langsam, so daß man, um seine Zähne nicht zu überlasten, einen entsprechend kleinen Vorschub wählen müßte; oder man läßt den kleinen Fräser mit der richtigen Umlaufzahl arbeiten, die dann aber für den größeren Fräser unzulässig groß werden würde.

Am zweckmäßigsten zerlegt man die Fräsarbeit, die die Anwendung eines Fräsersatzes mit sehr verschiedenen großen Fräsern verlangt, in mehrere Einzelarbeiten, bei denen man dann die zweckentsprechendsten Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten anwenden kann. Ist eine bei mehreren Frärschnitten notwendige mehrmalige Aufspannung des Arbeitsstückes nicht möglich, dann kann man die Fräsdorne mit aufgespannten Fräsern auswechseln.

Fräser mit spitzen Zähnen können nicht in einem Satz mit hinterdrehten Fräsern zusammen arbeiten, es sei denn, daß die spitzzahnigen Fräser als Seitenfräser dienen wie in Fig. 70. Bei denen schadet es nichts, daß beim Schärfen der Durchmesser in anderem Maße abnimmt wie bei den hinterdrehten Fräsern. Die ungleiche Verringerung der Durchmesser beim Schleifen ergibt sich daraus, daß der hinterdrehte Zahn nur an der Zahnbrust nachgeschliffen wird, dagegen der Spitze auf dem Zahnrücken.

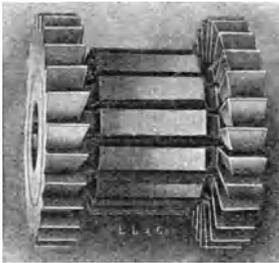


Fig. 70.

Ist ein Fräser eines Satzes hinterdreht, müssen es im allgemeinen alle sein. Doch das genügt noch nicht: Die Zähne all dieser Fräser müssen auch mit der gleichen Hinterdrehkurve hinterdreht sein, damit die verschiedenen Höhenmaße der Formen unverändert bleiben, wenn die Fräser nachgeschliffen werden.

Die nebeneinander im Satz liegenden Fräser müssen meist seitliche Eingriffszähne haben oder bei großen Durchmesserunterschieden so konstruiert werden, daß bei den größeren Fräsern die Naben gegen die Seitenflächen zurückstehen, so daß der anliegende, im Durchmesser kleinere Fräser mit seinen Seitenflächen in die Seitenflächen des größeren Fräfers hinausgeht.

Durch solche Konstruktion wird verhindert, daß sich auf den gefrästen Flächen Spuren der Stoßfugen bemerkbar machen und an den Kanten des Arbeitsstückes Grat bildet.

Befestigung der Fräser.

Fräser mit Bohrung. Die Fräser werden mit der Maschine in der verschiedensten Weise verbunden. Die am meisten angewendete Art ist die Befestigung auf dem durchgehenden Fräsdorn durch Ringe und einen Federkeil, der das Drehmoment aufnimmt. Diese Aufspannung ist jedoch nur für solche Fräser verwendbar, die nur an ihren Mantelflächen oder doch nur noch mit einem kleinen Teil ihrer Stirnseite arbeiten, während ausgesprochene Stirnfräser auf sogenannten fliegenden Dornen befestigt werden. Größere Fräser werden nach Fig. 71 auf den Dorn befestigt und durch Schraube gesichert. Wie der Dorn den Fräser, so nimmt der Spindelkopf den Dorn zwangsläufig mit. Noch größere Stirnfräser oder Messerköpfe befestigt man zweckmäßig unmittelbar auf den Kopf der Frässpindel, wobei eine Befestigung nach Fig. 72 einer solchen nach Fig. 73 vorzuziehen ist, da der nur durch Kegel befestigte und durch Mitnehmer gegen Drehen gesicherte Messerkopf leichter von der Maschine entfernt werden kann als der aufgeschraubte.

Die Spindelköpfe und damit die Art der Befestigung der Fräser oder Fräsdorne ist vom Normenausschuß des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabrikanten genormt worden, und es ist sehr zu empfehlen, sich danach zu richten.

Schaftfräser. Für sie ist die Befestigungsart, ein Kegelschaft mit Mitnehmerlappen, die einfachste und am meisten angewendete. Diese Konstruktion gestattet eine linke wie auch rechte Schnitt- richtung des Fräser. Erforderlich ist allerdings, daß der Kegel gut paßt, da er die einzige Sicherung gegen Loslösen bildet. Ein Frä- ser mit schlechtsitzendem Kegel lockert sich beim Arbeiten sehr leicht, und Werkstück oder Frä- ser werden beschädigt. Außerdem wird der Kegel der Arbeitsspindel durch das gewaltsame Eintreiben eines nicht genau passenden kege- ligen Schaftes beschädigt oder ver- ändert, und ein zentrisches Laufen der eingesetzten Fräser ist nicht mehr möglich, ein Übelstand, der sich beim Spananstellen ganz be- sonders unangenehm bemerkbar macht.

In den Fällen, in denen der Innenkegel der Fräsmaschine grö- ßer ist als der Schaft des Fräasers, verwendet man Reduzierkegel- hülßen. Die in solchen Hülßen auf- genommenen Schaftfräser sichert man zweck- mäßig durch eine kleine Spitzschraube (Fig. 74) oder durch Stifte und Spannringe (Fig. 75).

Bei Schaftfräsern für schwere Schnitte verlegt man die Mitnehmerflächen nach dem stärkeren Ende des kegeligen Schaftes (Fig. 76) und richtet den Kopf der Maschinenspindel zur zwangläufigen Mitnahme ein. Um den kegeligen Schaft fest in den Kegel der Spindel hineinziehen zu können, erhält der Schaft am hinteren Ende ein Anzuggewinde, das ohne Rücksicht auf die Schnitt- richtung des Fräasers rechtes oder linkes Gewinde sein kann, da ja den Fräser seine Mitnehmerflächen gegen Verdrehung sichern. Bei lang herausstehenden Fräsern un- terstützt man das freie Ende vorteilhaft durch den Gegenhalter der Fräsmaschine.

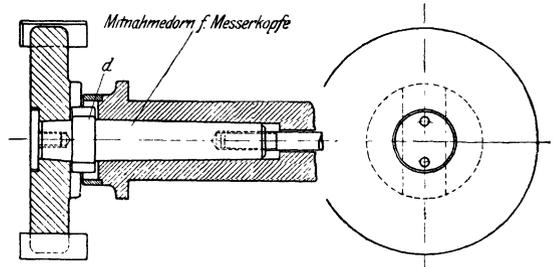


Fig. 71.

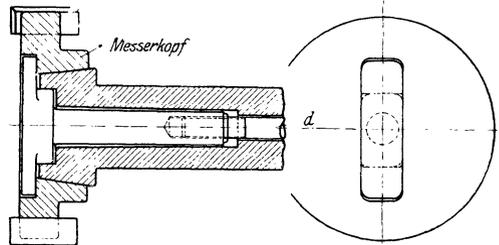


Fig. 72.

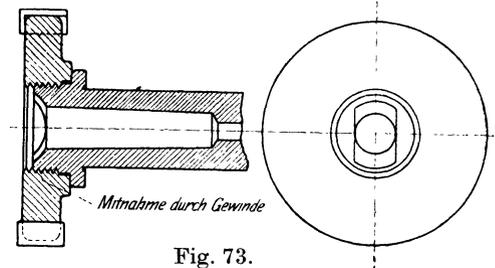


Fig. 73.

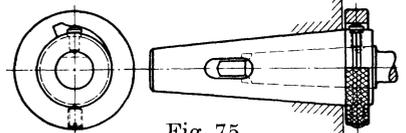
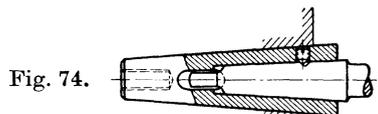


Fig. 75.

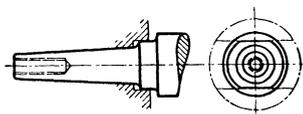


Fig. 76.

Der billigen Herstellung wegen kann man auch Schaftfräser mit zylindrischem Schaft ausführen, die dann in die bekannten Fräsfutter mit kegeligem Schaft befestigt werden.

Eine hauptsächlich bei Senkrechtfräsmaschinen, deren Spindelkopf Gewinde hat, angewandte Art der Befestigung des Fräasers bzw. des Dornes ist die

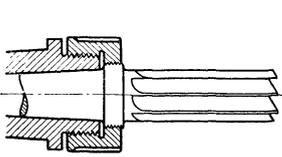


Fig. 77.

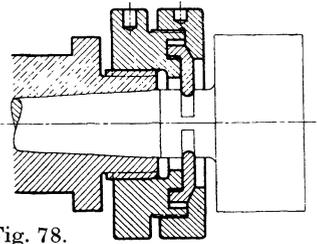
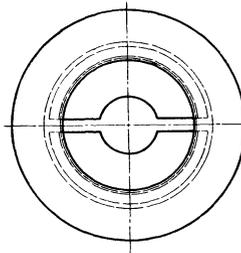


Fig. 78.

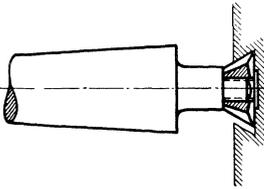


Fig. 79.

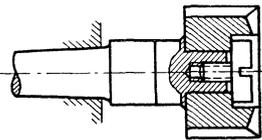
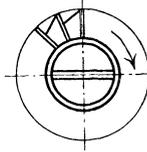


Fig. 80.

nach Fig. 77 mit Differentialgewindemutter, oder noch besser nach Fig. 78. Diese Konstruktionen gestatten durch einfaches Zurückdrehen der Mutter ein gleichzeitiges Lösen des Kegels.

Fräser mit Innengewinde. Gewisse Fräser mit Stirnzähnen (s. Fig. 79) erhalten zur Befestigung wohl Innengewinde. Damit nun der Schnittdruck nicht das Bestreben hat, den Fräser beim Arbeiten zu lösen, sondern im Gegenteil ihn fester zu ziehen, müssen rechtsschneidende Fräser rechtes Gewinde und linksschneidende linkes Gewinde erhalten.

(Zu beachten ist, daß Fräser mit Innengewinde, um genau zu laufen, auf dem Fräsdorn scharf geschliffen werden müssen.)

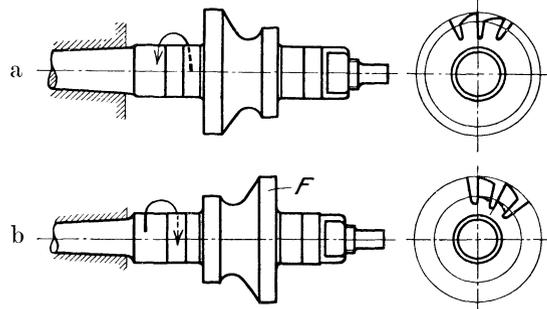


Fig. 81.

Schnitttrichtung der Fräser.

Will man die Schnitttrichtung eines Fräasers bestimmen, dann

stelle man sich so, daß die Lager der Arbeitsspindel der Fräsmaschine hinter dem Fräser liegen, genau wie die Lager einer Taschenuhr hinter dem Zifferblatt. Dann bezeichnet man eine Drehrichtung nach Fig. 80, also im Sinne der Uhrzeigerbewegung, als linksschneidend und eine solche in entgegengesetzter Richtung als rechtsschneidend. Diese Art der Bestimmung der Schnitttrichtung hat sowohl für wagerecht wie auch für senkrecht arbeitende Fräser Gültigkeit.

Bei Fräsern mit Schaft, Innengewinde oder dgl., die man nur in einer bestimmten Lage mit der Maschine verbinden kann, ist die Schnitttrichtung durch obige Regel fest bestimmt. Dagegen können Fräser mit einfacher durchgehender

Bohrung, wie Walzenfräser und fast alle hinterdrehten Fräser, die man in zwei Richtungen auf den Dorn stecken kann, rechts oder links schneiden. Der Fräser F in Fig. 81 schneidet bei a rechts, bei b links. Im allgemeinen bestimmt das Fräserprofil oder die Gangrichtung der Maschine die Lage des Fräasers und damit seine Schnittrichtung. Fräser mit genau symmetrischen Formen können dagegen auf rechtsschneidenden wie auf linksschneidenden Maschinen verwendet werden.

II. Konstruktion der spitzzahnigen Fräser.

Abmessungen der Fräser.

Die Abmessungen eines Fräasers sind im wesentlichen abhängig von der Form und Größe (Breite) der zu bearbeitenden Fläche des Werkstücks, der Befestigung des Fräasers wie des Werkstücks und auch von der Höhe der abzunehmenden Materialschicht.

Die Schwere des Schnittes bestimmt den Fräserdorndurchmesser und die „Fleischstärke“, d. i. der Querschnitt des Fräasers zwischen Bohrung und Zahnücke. Die Zahntiefe hängt von der Teilung, d. i. von Durchmesser und Zähnezahl ab.

Um den Fräser aufarbeiten zu können, muß zu dem danach bestimmten Maß entsprechend zugegeben werden. Diese Zugabe sollte man aber aus mehreren Gründen auf das allernotwendigste beschränken. Erstens gibt ein Fräser mit größerem Durchmesser eine größere Schnittlänge beim Fräsen und ein größeres Schnittmoment als bei geringerem Durchmesser, gleiche Schnitttiefe vorausgesetzt, und zweitens wird der größere Fräser teurer.

Es ist Erfahrungssache, für Sonderfräser geeignete Bohrungen zu bestimmen. Selbst wenn man die Kraft, die den Fräsdorn auf Drehung beansprucht, d. i. der Schnittwiderstand, berechnet und dazu den Hebelarm, d. i. der halbe Fräserdurchmesser, an dem die Kraft wirkt, annähme und dann den Dorndurchmesser auf Festigkeit berechnete, müßte immer noch berücksichtigt werden, daß der Dorn nicht stark federn darf und trotz erheblicher Stöße saubere Arbeit geben muß.

Ebensowenig wie die Bohrung selbst läßt sich die Fleischstärke des Fräasers zwischen Bohrung und Zahnücke genau berechnen. Der Querschnitt muß so stark gewählt werden, daß er den Kräften, die den auf den Fräsdorn befestigten Fräser auseinanderzusprennen suchen, genügend Widerstand entgegensetzt. Die Festigkeit des gehärteten Fräsermaterials ist aber unbestimmt, die Beanspruchung des Fräasers durch die wechselnde Anzahl der im Eingriff stehenden Zähne auch unsicher, ganz abgesehen von Stößen; auch müßten vorhandene Spannungen in Rechnung gestellt werden. Es bleibt also zur Bestimmung der Fleischstärke nur das durch die Erfahrung geschärfte konstruktive Gefühl. Die Festigkeit der verschiedenen zu bearbeitenden Werkstoffe und die dafür zulässige Schnittgeschwindigkeit sowie die für ein Werkstück erforderliche Sauberkeit sind ebenfalls nicht ohne Einfluß auf Außendurchmesser und Bohrung des Fräasers.

An sich dünne Scheibenfräser hält man im Durchmesser möglichst klein, um ein ruhiges Arbeiten zu ermöglichen. Schafffräser, die im Durchmesser schwach sind, sind möglichst kurz zu halten.

Zahnung der Fräser.

Zweckmäßige Zahnung von Sonderfräsern. Eine wesentliche Veränderung haben die spitzzahnigen Fräser in ihrer Zahnung erfahren. Waren früher nur Fräser mit feiner Zahnteilung im Gebrauch, was seine Berechtigung in der früher üblichen

schwachen Bauart der Fräsmaschinen hatte, so änderte sich das mit der Entwicklung der Fräsmaschinen. Der Konkurrenzkampf erforderte Fräsmaschinen mit immer größeren Leistungen. Während es in früheren Zeiten nicht darauf ankam, Arbeitsstücke, von denen eine höhere Materialschicht abzunehmen war, in mehreren Frässchichten zu bearbeiten, drängten die Verhältnisse zu solchen Maschinen hin, mit denen man derartige Arbeitsstücke mit einem Frässchnitt bearbeiten konnte.

Es hat sich nun bei Versuchen zur Feststellung des Kraftverbrauches beim Fräsen ergeben, daß ein Fräser mit grober Zahnung, also geringerer Anzahl Zähne, bedeutend weniger Kraft gebraucht als ein Fräser mit feiner Teilung, also größerer Anzahl Zähne, bei gleicher Höhe der abzufräsenden Materialschicht.

Dieser verschiedenen hohe Kraftverbrauch ist lediglich auf die verschiedene Anzahl der beim Fräsen im Eingriff stehenden Zähne und die dadurch bedingte mehr oder weniger feine Zerspanung zurückzuführen. Durch diese Tatsachen veranlaßt, änderte man die früher allgemein feinere Zahnteilung der Fräser in bedeutend gröbere um.

Da aber die Aufgabe eines Fräasers nicht darin bestehen soll, möglichst viel Material zu zerspanen, sondern darin, die unvermeidliche Materialzugabe eines Arbeitsstücks zu entfernen (die sehr verschieden stark sein kann, aber stets möglichst niedrig sein soll), sind gröbere Zahnteilungen nicht immer angebracht. Man soll vielmehr bei Bestimmung der Zahnteilungen von Sonderfräsern auf die jeweils vom Arbeitsstück abzunehmende Materialschicht Rücksicht nehmen.

Zweckmäßige Zahnteilung von Sonderfräsern. Die Zahnteilung der spitzzahnigen Sonderfräser wird hauptsächlich durch die Materialzugabe beim Arbeitsstück und durch den bei der Konstruktion der Fräser sich ergebenden Außendurchmesser bestimmt. Außerdem spielen noch Genauigkeit und Sauberkeit der auszuführenden Arbeit und die Aufspannung des Arbeitsstückes eine erhebliche Rolle.

Wie erwähnt, wirken zu viele im Eingriff stehende Fräserzähne ungünstig auf Kraftverbrauch und Leistung der Fräsmaschine, denn der Schnittwiderstand wächst mit der Zahl der schneidenden Zähne, und der Vorschub des Arbeitsstückes muß bei großer Zahl verhältnismäßig gering gewählt werden, da sonst der Druck auf Fräser, Fräsdorn und Arbeitsstück zum Bruch des Fräasers, Fräsdornes oder eines Schaltorgans führen oder aber das Arbeitsstück aus seiner Aufspannung herausreißen könnte. Ebenso wie zu feine, ist aber auch zu grobe Zahnteilung nachteilig.

Da bei Sonderfräsern alle Verhältnisse bekannt sein müssen — sonst könnte man ja den Fräser nicht konstruieren — so können alle erwähnten ungünstigen Umstände vermieden werden. Man kann nach der Höhe der Zugabe am Arbeitsstück und dem Fräserdurchmesser die Länge des Bogens der Schnittfläche festlegen, und dann auf diesem Bogen diejenige Anzahl schneidender Zähne bestimmen, die nach der Erfahrung am günstigsten ist.

Zwei eingreifende Zähne werden meist in bezug auf Kraftverbrauch und Leistung der Maschine am günstigsten sein, auch werden dabei die Abmessungen der Zähne und Zahnlücken so, daß sie allen Anforderungen genügen. Wie aus Fig. 82 zu ersehen ist, wachsen bei zwei schneidenden Zähnen mit der abzufräsenden Materialschicht h auch Zahnteilung und Zahntiefe, so daß für die größer werdende Spanmenge genügend Raum bleibt.

Die Zahnteilung muß natürlich so gewählt werden, daß wirklich auch stets zwei Zähne schneiden, daß also Zahn c die Schnittbahn schon betreten hat, bevor Zahn a sie verläßt. Dadurch bleibt der Schnittwiderstand ziemlich gleichmäßig

und der Fräser arbeitet ruhig, was sich besonders dann angenehm bemerkbar macht, wenn der Fräser geradnützig ist. Ist die abzunehmende Materialschicht außergewöhnlich hoch, so daß bei zwei Zähnen die Zahnteilung zu groß werden würde, dann fräst man eine solche hohe Schicht vorteilhaft in mehreren Frähschnitten ab.

Der größere Vorschub, den eine bei zwei Schnitten um die Hälfte verringerte hohe Materialschicht gestattet, ergibt eine Schnittzeit, die kaum länger ist, als wenn die ganze Materialschicht mit einem Schnitt abgenommen würde, weil dann der Vorschub um so kleiner sein müßte.

Sollen Fräser gezahnt werden für Teile, die eine Materialzugabe von nur 0,5–2 mm haben, wie z. B. gesenkgeschmiedete oder abgestochene Teile oder Tempergußstücke, wird man zu einer Zahnteilung kommen, bei der oft nur ein Zahn im Schnitt steht, und zwar um so eher, je geringer die Materialzugabe ist. Denn der Bogen der Schnittfläche ist dann selbst bei großem Fräserdurchmesser so kurz, daß zwei eingreifende Zähne eine zu feine Zahnteilung ergeben würden.

Darum legt man bei Berechnung der Zähnezahl für einen Fräser zur Bearbeitung von Teilen mit geringerer Materialzugabe als 4 mm eine Materialschicht von 4 mm zugrunde. Man kann das unbedenklich tun, weil der Schnittwiderstand bei sehr niedriger Materialschicht so gering ist, daß die bei größerer Zugabe und einem schneidenden Zahn eintretende ungünstige Arbeitsweise nicht eintritt.

Außerdem kann man die Schnittgeschwindigkeit des Fräasers bei gleichbleibendem Vorschub um so mehr erhöhen, je geringer die abzufräsende Schicht ist, wodurch der Spanquerschnitt für die einzelnen Zähne noch weiter verringert wird. Sollen Teile gefräst werden, die nur leicht aufgespannt werden dürfen und die in einem Schnitt fertiggefräst werden müssen, wie überhaupt bei Schlichtspänen, empfiehlt es sich, nur Fräser mit feiner Zahnteilung zu verwenden.

Hat man den Fräserdurchmesser angenommen und bestimmt, daß auf dem Schnittbogen zwei Zähne schneiden sollen, so kann man die Gesamtzahl der

Fräserzähne leicht berechnen. Es ist: Zähnezahl $Z = 2 \cdot \frac{\text{Umfang des Fräasers}}{\text{Länge des Schnittbogens}}$,
oder mit Hilfe des Winkels α (Fig. 82): $Z = 2 \cdot \frac{360^\circ}{\alpha}$. In jedem Fall rundet man

Z auf eine gerade Zahl ab, damit der Fräserdurchmesser leichter zu messen ist.

Normale Zahnteilung. Die im Handel erhältlichen normalen Fräser haben in den meisten Fällen eine gröbere Zahnung. Sie werden zu Schrubb- und Schlichtarbeiten benutzt, wobei man Vorschübe und Schnittgeschwindigkeiten im Einklang mit der Zahnung des Fräasers und der Sauberkeit und Genauigkeit der Arbeitsfläche bringen muß. Die gebräuchlichste normale Zahnung kann aus nachstehender Zahlentafel entnommen werden.

Die Teilung t erhält man aus D und Z durch die Gleichung $t = \frac{D\pi}{Z}$, wo $\pi = 3,14$ ist.

Ausgesprochene Schrubbfräser erhalten eine gröbere Teilung, d. h. kleinere Zähnezahl.

Bei den kleineren Fräserdurchmessern kann man auf die ungeraden Zähnezahlen nicht verzichten, da eine Abrundung der Zähnezahlen nach unten oder oben oft eine zu grobe oder zu feine Zahnung ergeben würde. Gewöhnlich bekommen Fräser mit sehr schwachen Durchmessern einen zylindrischen Schaft,

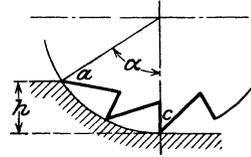


Fig. 82.

den man bei ungerader Zähnezahl dann zum Messen des Durchmessers benutzen kann. Bei Fräsern mit kegeligem Schaft fällt diese Meßstelle fort; man hilft

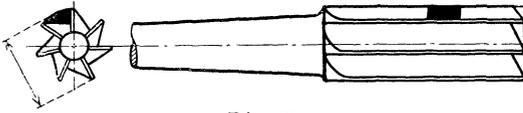


Fig. 83.

sich dann, wenn kein Meßring zur Verfügung steht, dadurch, daß man in eine Zahnfücke einen kleinen Zinnbutzen einlötet (Fig. 83). Bei größeren Zahn-

lücken füllt man die Lücke auch wohl mit einem kleinen Eisenstück aus, das man mit Zinn festlötet. Diese Lötstellen werden mit dem Fräser rund geschliffen.

Zahlentafel 1.

Fräser \varnothing D mm	Zähnezahl Z	Fräser \varnothing D mm	Zähnezahl Z	Fräser \varnothing D mm	Zähnezahl Z
4	5	22	11	60	18
5	5	24	11	70	18
6	6	26	12	80	20
7	6	28	12	90	22
8	7	30	12	100	22
10	7	32	13	110	24
12	8	34	13	120	26
14	9	36	14	130	26
16	9	38	14	150	28
18	10	40	14	170	30
20	10	50	16	200	32

Schnittwinkel. Fig. 84 zeigt die Form eines spitzen Fräserzahnnes. Die Zähne dringen beim Fräsen infolge der Vorschubbewegung des Arbeitsstückes keilartig in das Material hinein, trennen von ihm entsprechend der Spanhöhe eine Schicht

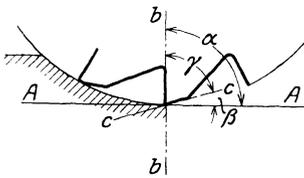


Fig. 84.

los, biegen diese auf und heben sie ab. Die Zahnbrust $b-b$ ist bei Fräsern zur Bearbeitung von Metallen (Eisen, Stahl, Grauguß, Stahlguß, Messing usw.) außer Kupfer fast immer eine gerade radiale, d. h. nach dem Mittelpunkt gerichtete Fläche, so daß der Schnittwinkel α der Zahnbrust gegen die Tangente an den Fräserdurchmesser oder an die Arbeitsfläche $A-A = 90^\circ$ ist. Der Zahnrück-

fläche geneigt. Der Winkel γ zwischen Zahnbrust und Zahnrück-, der Keilwinkel ergibt sich damit zu $\gamma = \alpha - \beta$.

Der Schnittwinkel α verringert sich in Wirklichkeit um ein geringes, wenn man die Stellung der radialen Zahnbrust in irgendeinem Punkt des Bogens der Schnittfläche betrachtet. Denn α ist = dem Winkel zwischen Zahnbrust und Tangente an die Schnittfläche im Punkt, in dem der Zahn diese berührt. Wäre nun die Fläche nach einem Kreisbogen gekrümmt, so wäre $\alpha = 90^\circ$, da sie aber wegen des stetigen Vorschubes nach einer Rollkurve gekrümmt ist, ist α etwas kleiner als 90° um den Winkel ϵ zwischen den zwei Tangenten (Fig. 85). Für das Schneiden ist das günstig, denn die Schnittkraft nimmt ab, wenn $\alpha < 90^\circ$ wird. Man könnte α weiter verringern, wenn man die Zahnbrust gegen die radiale Richtung neigen würde wie in Fig. 86; doch tut man das meist nicht, um zu verhüten, daß sich der Fräser beim Fräsen in das Material hineinzieht oder es emporhebt und aus seiner Ausspannung reißt. In Amerika werden allerdings jetzt die Schruppfräser vielfach mit um $6-12^\circ$ geneigter Brust hergestellt, so daß also α erheblich $< 90^\circ$ ist (Fig. 87).

Ebenso wichtig wie der Schnittwinkel α ist der Rückenwinkel β für den Schneidvorgang. Wäre $\beta = 0$, so würde der Zahn nur schwer in das Material eindringen können und sein Rücken würde über die Schnittfläche mit starkem Druck hinreiben. Da aber die Tangente an die Schnittfläche um ε von der Tangente an die Kreis- und Arbeitsfläche abweicht, genügt es gar nicht mal, daß $\beta > 0$ ist, sondern es muß $\beta > \varepsilon$ sein. $\beta - \varepsilon$ ist dann der Winkel der Rückenfläche gegen die Tangente an die Schnittfläche und soll Anstellwinkel heißen. Der Anstellwinkel soll immer etwas > 0 sein. Das ist für die Bemessung von β zu beachten. Als geringster Wert von β ist etwa 3° zuzulassen, weil bei den üblichen Verhältnissen dann $\beta - \varepsilon$ gerade noch ein wenig > 0 bleibt. Bei der Wahl

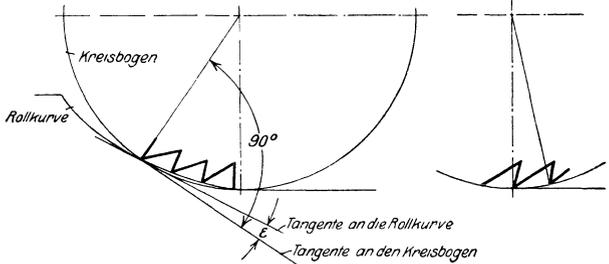


Fig. 85.

Fig. 86.

der oberen Grenze ist Rücksicht zu nehmen auf die Widerstandsfähigkeit des Zahnes, also den $\varepsilon \gamma$. Je härter und zäher der zu bearbeitende Werkstoff ist, um so größer muß γ sein und da γ abnimmt, wenn β wächst, muß also β um so kleiner bleiben, je härter und zäher der Werkstoff ist. Wählt man nun den größten Wert von β mit 12° , so ergeben sich für γ Grenzen von 78° – 87° , die allen Anforderungen genügen. Man wird also für Weichisen $\gamma = 78^\circ$ entsprechend $\beta = 12^\circ$ und für Hartguß $\gamma = 87^\circ$ entsprechend $\beta = 3^\circ$ wählen.

Zur Bearbeitung von Kupfer, Leder, Holz usw. eignet sich besser ein Zahn, dessen Zahnbrust etwas „unter sich geneigt“ ist wie Fig. 86, so daß ein Brustwinkel > 0 entsteht. Ein solcher Zahn schneidet leichter, und die Verringerung von γ schadet bei dem weichen Material nichts. Doch ist ein starker Fräsdornmesser Bedingung und eine sichere und feste Aufspannung des Arbeitsstückes, da der Unterschnitt des Zahnes Veranlassung dazu geben kann, das Arbeitsstück aus seiner Aufspannung zu reißen oder den Fräsdorn durchzubiegen. Bei Fräsern mit stark spiralförmigen Zähnen kann man auf den Unterschnitt an der Zahnbrust verzichten, denn die spiralförmig verlaufende Schnittkante der Zähne schält das Material ebenso leicht ab.

Äußerst vorteilhaft ist eine glatte, riefenfreie Zahnbrust, an der dem Material keine Gelegenheit gegeben ist, sich festzusetzen. Ein scharfer Zahn und Schmierung mit Petroleum trägt ebenfalls dazu bei, das Festsetzen des Spanes an der Schnittkante zu verhindern.

Eine Ausnahme von der bei normalen Fräsern angewendeten Verzahnung machen die Kreissägen für Kupferbearbeitung. Die Zähne an solchen Kreissägen werden meist mit einer nach hinten geneigten Zahnbrust, also einem stumpfen Schnittwinkel, versehen (Fig. 88), damit sich die in den Zahnluken festsetzenden weichen Kupferspäne beim Eintauchen in den Schlitz vom Zahn abstreifen

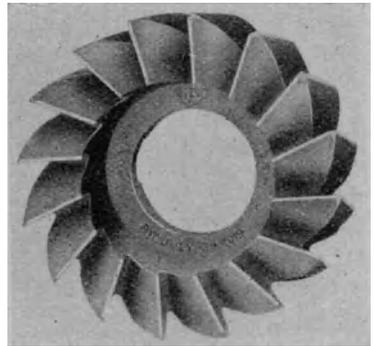


Abb. 87.

können. Bei weichem Material wie Kupfer, kann man sich diese Ausnahme gestatten. Man kann bei derartigen Zähnen dann aber nicht mehr von einem Schneiden der Zähne sprechen, man hat nur ein Schaben und Drücken.

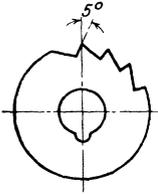


Fig. 88.

Zahnform. Bei der Bestimmung der Tiefe und Winkel der Zahnlücken ist folgendes zu berücksichtigen: einerseits soll die Tiefe t der Zahnlücken (Fig. 89) so groß sein, daß der Fräser trotz wiederholten Nachschärfens der Zähne brauchbar bleibt, also eine recht lange Lebensdauer hat, andererseits muß der Zahn so widerstandsfähig sein, daß er bei größter zulässiger Beanspruchung nicht bricht. t hängt von der Größe von α ab: je größer α , um so kleiner t . Die Größe von α mit einiger

Genauigkeit aus den Festigkeitsanforderungen zu berechnen, ist nicht möglich. Denn einmal ist die Größe der angreifenden Kräfte (Schnittwiderstand) nicht genau bekannt, dann ist die Widerstandsfähigkeit des gehärteten Stahls sehr ungleichmäßig (Spannungen). Ferner wäre zu berücksichtigen, daß das Federn der Fräser, das bei langen Dornen, fliegenden Dornen und Schaffräsern leicht vorkommt, einen Einfluß auf die Zahnabmessungen haben muß.

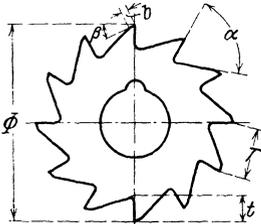


Fig. 89.

Die in der Tafel 2 aufgeführten Erfahrungswerte von α und die bei diesen Werten sich ergebende Tiefe t , entsprechen den meist gebräuchlichen, die sich in der Praxis als durchaus vorteilhaft erwiesen haben.

Zahlentafel 2.

Fräser \varnothing mm	Zähnezahl	Teilung T mm	Winkel α °	Fräser \varnothing mm	Zähnezahl	Teilung T mm	Winkel α °
4	5	2,51	90	34	13	8,21	75
5	5	3,14	90	36	14	8,08	80
6	6	3,13	85	38	14	8,52	75
7	6	3,66	85	40	14	8,97	75
8	7	3,58	80	50	16	9,81	75
10	7	4,48	80	60	18	10,47	70
12	8	4,71	80	70	20	10,99	70
14	9	4,88	80	80	20	12,56	70
16	9	5,58	80	90	22	12,84	70
18	10	5,65	80	100	22	14,28	65
20	10	6,28	80	110	24	14,4	65
22	11	6,28	80	120	26	14,5	65
24	11	6,85	75	130	26	15,7	65
26	12	6,61	80	150	28	16,83	65
28	12	7,33	80	175	30	18,32	65
30	12	7,85	75	200	32	19,63	65
32	13	7,73	75				

Man kann auch, um die Lebensdauer der Fräser durch recht tiefe Zahnlücken zu erhöhen, bei breiteren Fräsern, soweit natürlich die Fräserdurchmesser das zulassen, von etwa 35 mm Breite an, den nächst kleineren Winkel, als in vorstehender Tafel angegeben, wählen, da mit der Breite der Zähne von selbst auch ihre Widerstandsfähigkeit wächst. Die Zähne in den Seiten- und Stirnflächen, wie an Scheiben-, Stirn- oder Schaffräsern, können und müssen je nach Durchmesser einen größeren Winkel, also flachere Zahnlücken erhalten als die auf der Walzenfläche.

Die Fassenbreite b (s. Fig. 89) ist an den Walzen- und Seitenzähnen bei neuen Zähnen $0,4 \div 1$ mm, je nach Größe des Durchmessers und der Zähne; und für den Anstellungswinkel β der Seitenzähne an Scheiben- oder Stirnfräsern genügen etwa 3° , während man nach S. 23 bei den Mantelzähnen bis zu 12° geht.

Die Seiten- oder Stirnzähne haben nämlich nur ganz geringe, oft gar keine Arbeit zu leisten. Selbst in dem allerungünstigsten Fall, wenn die Zähne bei größerem Vorschub des Arbeitsstückes tief in das Material hineindringen, bleibt die Spanhöhe, die beim Auslauf der Zähne aus ihrer Schnittbahn bei der normalen gegenläufigen Bewegung ihre größte Höhe erreicht, verhältnismäßig gering, so daß die von Seiten- oder Stirnzähnen an den Seitenflächen des Arbeitsstückes zu leistende Arbeit geringfügig ist.

Würde man an solchen Fräsern die Seiten etwas hohl schleifen, könnte man auf die Seitenzahnung fast verzichten; man liefe aber dann, besonders bei einem Scheibenfräser, der einen Schlitz fräsen soll, Gefahr, daß sich beim Fräsen das zerspannte Material zwischen Wandung und Zahn drängen und dadurch die Seite beschädigen oder gar den Fräser festklemmen und unter Umständen zerbrechen würde. (Mittels Preßluft ließen sich diese Späne zwar entfernen, jedoch hat nicht jeder Betrieb die dazu nötigen Einrichtungen.)

Sind Seitenzähne vorhanden, dann reißen sie das zerspannte Material mit sich fort, werfen es vor sich her und schaffen dem Fräser Luft für neue Spanmengen. Man kann also nicht immer auf Seitenzähne verzichten. Sie erhalten bei den im Verhältnis zum Fräserdurchmesser immer schmalen Scheibenfräsern vorteilhaft einen Winkel von nur etwa 80° (Fig. 90). Bei breiteren Fräsern wie Walzenstirnfräser (Fig. 91) oder Schaftfräser (Fig. 92) kann man mit dem Winkel bis auf 70° heruntergehen, man muß aber bei kleinen Fräserdurchmessern darauf achten, daß die Breite b des Stirnzahnes infolge der Eindrehung in die Stirnseite, nicht zu schmal wird. Der Zahn würde bei zu spitzem Winkel und bei zu tiefer und zu großer Eindrehung jede Widerstandsfähigkeit verlieren und bei geringster Beanspruchung ausbrechen. Eindrehung und Winkel müssen in solchem ungünstigen Falle im Einklang miteinander gebracht werden.

Spiralzähne. Bei allen Angaben über Zähnezahzahl und Zahnform wurden bisher gerade, parallel zur Fräserachse laufende Zähne vorausgesetzt. Solche gerade genuteten Fräser arbeiten jedoch, wenn nicht genügend Zähne im Eingriff stehen, im allgemeinen sehr unruhig, da diese Zähne beim Anschnitt das Material in der vollen Schnittbreite angreifen und beim Auslauf entsprechend mit einem Ruck verlassen. Ist in diesem Augenblick nur ein Zahn oder, was bei grober Zahnung und bei einer niedrigen Frässhicht eintreten kann, gar kein Zahn im Schnitt, dann treten Erschütterungen ein, die eine saubere Arbeitsfläche in Frage stellen.

Diese ungünstigen Erscheinungen beseitigt man sofort, wenn man den Zähnen eine schräge Lage zur Fräserachse gibt, den Fräser also mit Spiralzähnen versieht. Solche Spiralzähne schälen das Material ab durch das allmähliche Eindringen der Schneide. Bei richtiger Wahl des Steigungswinkels für den Fräserzahn wird der eine Zahn die Schnittbahn noch nicht ganz verlassen haben, ehe

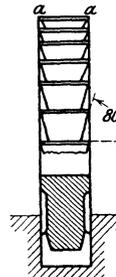


Fig. 90.

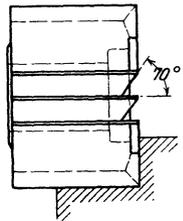


Fig. 91.

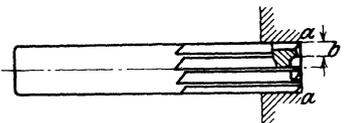


Fig. 92

nicht der nachfolgende bereits wieder zu schneiden begonnen hat. So wird durch den ununterbrochenen Eingriff der Zähne das Fräsen so ruhig wie möglich vor sich gehen.

Je größer der Steigungswinkel der Spirale, desto günstiger die Schneidwirkung und desto geringer der Kraftverbrauch der Maschine. Einen weiteren Vorteil haben die Spiralzähne dadurch, daß die Späne verkürzt werden und leichter abfließen. Den großen Vorteilen der Spiralzähne stehen aber auch Nachteile gegenüber, die nicht übersehen werden sollten. Der hauptsächlichste ist der axiale

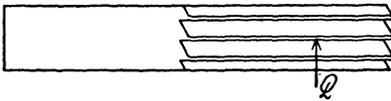


Fig. 93.

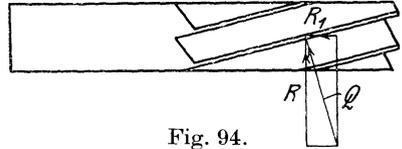


Fig. 94.

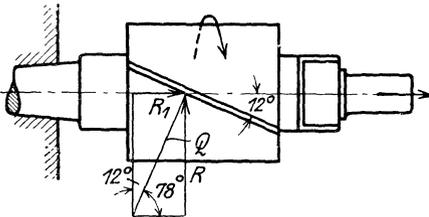


Fig. 95.

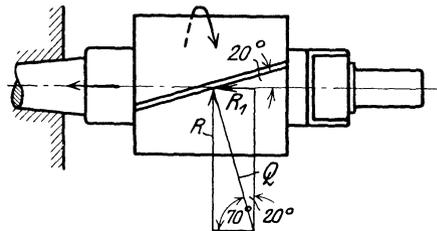


Fig. 96.

Druck. Bei geradnutigen Fräsern (Fig. 93) wirkt der auf die Zähne ausgeübte Schnittwiderstand oder Schnittdruck Q senkrecht auf die Fräserachse, bei spiralig gezahnten Fräsern (Fig. 94) zerlegt sich diese Kraft Q in die senkrecht auf die Fräserachse wirkende Teilkraft R und in die parallel zur Achse wirkende Teilkraft R_1 . Der Druck R wird geringer, je größer der Steigungswinkel α wird, aber mit α wächst auch Druck R_1 . Z. B. wird für $\alpha = 12^\circ$ (Fig. 95)

$$R = \sin 78^\circ \cdot Q = 0,9781 Q \quad \text{und} \quad R_1 = \sin 12^\circ \cdot Q = 0,2079 Q$$

und für $\alpha = 20^\circ$ (Fig. 96)

$$R = \sin 70^\circ \cdot Q = 0,9396 \cdot Q \quad \text{und} \quad R_1 = \sin 20^\circ \cdot Q = 0,342 \cdot Q.$$

Druck R_1 wird nun den Fräser oder den Dorn, auf dem der Fräser befestigt ist, bei linker Spirale und rechtem Schnitt (Fig. 96) in den Kegel der Arbeits-

spindel hineindrücken und dadurch im Lager Druck und Reibung hervorrufen, oder aber er wird die Werkzeuge, bei rechter Spirale und rechtem Schnitt (Fig. 95), aus dem Kegel herauszuziehen suchen. Beides sind jedenfalls ungünstige Erscheinungen, die oft für nicht recht großen Steigungswinkel der Fräserzähne sprechen.

Bei Satzfräsern, wie etwa in Fig. 97, bei denen man mehrere Fräser auf den Dorn befestigt hat, wechselt man bei den einzelnen Fräsern mit der Richtung der Spirale, und zwar so, daß die eine Hälfte des Satzes eine andere Richtung der Spirale hat wie die andere Hälfte, damit sich der Axialdruck vollständig aufhebt.

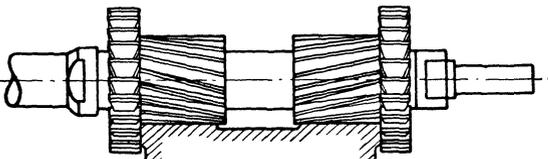


Fig. 97.

Die meistgebräuchlichsten Steigungswinkel bewegen sich zwischen 8° und 15° . Die niedrigen Grade wendet man mehr bei Fräsern mit Stirnzähnen an, um einen möglichst starken Stirnzahn zu bekommen, die höheren dagegen mehr bei Walzenfräsern. Bei Schruppfräsern geht man mit dem Steigungswinkel bis 45° , muß dann jedoch auf den axialen Schub achten (s. auch Fig. 68).

Die Richtung der Spirale, ob rechts oder links, hat auf die Schnittfähigkeit des Zahnes selbst keinen Einfluß. Sie ist erst dann zu beachten, wenn man die Richtung des Axialdrucks und die Schnittrichtung des Fräasers betrachtet und wenn man darüber zu entscheiden hat, nach welcher Richtung hin man den Axialdruck verlegen soll. Das Naheliegende ist wohl, die Richtung der Spirale so zu wählen, daß der Axialdruck nach der Maschine als dem stärksten Teil hin wirkt, wenn man ihn nicht, wie bei mehreren Fräsern, durch verschiedene Spiralen beseitigen kann.

Sehr wichtig ist die Richtung immerhin so lange nicht, wie man eine Spirale von 8° – 15° anwendet und es sich um Fräser ohne Stirnzähne, wie Walzen- oder Formfräser handelt, die nur mit ihrer gezahnten Mantelfläche arbeiten und die auf einem Dorn befestigt sind. Eine ausschlaggebende Bedeutung erhält die Spiralrichtung erst dann, wenn sich im Anschluß an die Spiralzähne der Mantelfläche die Zähne auf der Stirnseite fortsetzen. Dann ergeben sich folgende Möglichkeiten:

rechtsschneidender Fräser mit	Rechtsspirale	(Fig. 98)
linksschneidender	„ „	Linksspirale („ 99)
„	„ „	Rechtsspirale („ 100)
rechtsschneidender	„ „	Linksspirale („ 101).

Wie man leicht erkennen kann, haben in Fig. 98 und 99 die Stirnzähne (vom Außendurchmesser bis zur Tiefe des Mantelzahns) einen spitzen Schnittwinkel, während sie in Fig. 100 und 101 einen stumpfen Schnittwinkel haben. Diese Schnittwinkel der Stirnzähne sind ohne Bedeutung, wenn die Fräser nur mit ihren Mantelzähnen arbeiten, und man deshalb auf die Stirnzähne, wie schon erwähnt, fast verzichten könnte. Es kann aber der Fall eintreten, daß der Span in Richtung der Fräserachse angestellt werden muß. In solchen Fällen würden die stumpfwinkligen Stirnzähne die Spananstellung, wenn auch nicht ganz verhindern, so doch eben sehr erschweren. Auch würden solche Stirnzähne das Material nicht schneiden, sondern nur drücken, wobei die Stirnzähne sehr leicht brechen könnten. Zudem sind diese Zähne nicht sonderlich geeignet, das zerspante Material, wenn es die Lage des Fräasers zum Arbeitsstück bedingen sollte, vor sich her zu schieben. Dagegen schneiden spitzwinklige Stirnzähne bei Spananstellung in axialer Richtung sehr günstig, nur daß die Richtung der Spirale, die mit ihnen verbunden ist, zu denken gibt.

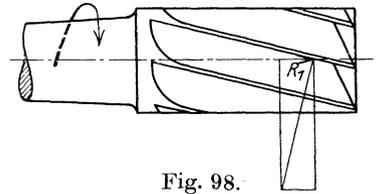


Fig. 98.

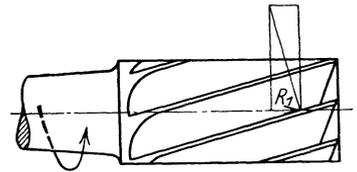


Fig. 99.

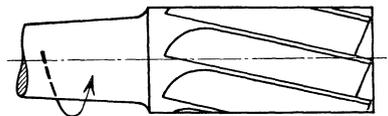


Fig. 100.

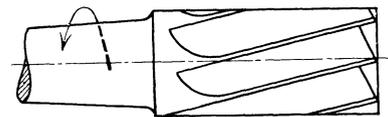


Fig. 101.

Wir können aus Fig. 98 und 99 ersehen, daß die Richtung der Spirale bei diesen Zähnen stets so läuft, daß der Axialdruck R_1 den Fräser aus seiner Aufnahme herauszuziehen bestrebt ist. Ist die Aufnahme des Fräasers, also der Sitz des kegelförmigen Schaftes in der Arbeitsspindel oder des zylindrischen Schaftes im Spannfutter, nicht gut, dann kann sich der Fräser während der Arbeit aus

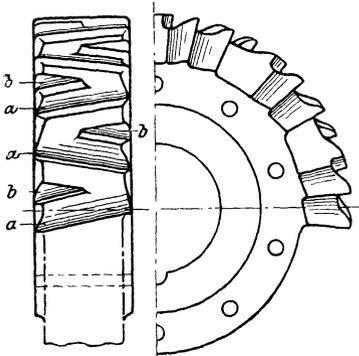


Fig. 102.

seiner Befestigung lösen und durch die spirale Schnittkante nach und nach in das Arbeitsstück hineinarbeiten, bis er bricht.

Gut passende Kegel geben eine sehr feste Verbindung ab, so daß, wenn diese einfachste Bedingung erfüllt ist, und wenn man den Schnittwiderstand des Materials, der den Stirnzähnen beim Fräsen entgegengesetzt wird, mit berücksichtigt und vor allen Dingen beim Anschnitt vorsichtig anfräst,

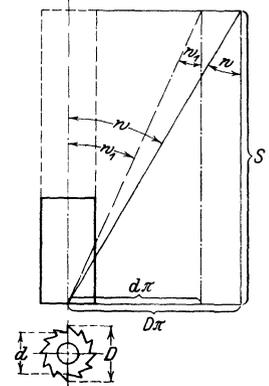


Fig. 103.

man ohne Bedenken die Spiralrichtung für die Zähne anwendet, die sich zur Erzielung eines günstigen Stirnzahnes als notwendig erweisen, das ist:

bei rechtsschneidenden Fräsern Rechtsspirale
 „ linksschneidenden „ Linksspirale.

Ein Steigungswinkel von etwa 9° hat sich in der Praxis für derartige Fräser sehr gut bewährt.

Bei den vielfach verwendeten Scheibenfräsern mit spiralen Zähnen treten dieselben vorstehend geschilderten Verhältnisse ein. Auf der einen Seite der günstige spitze Schneidwinkel, auf der anderen Seite der ungünstige stumpfwinklige. Darum versieht man diese Fräser wohl mit zur Hälfte linksspiraligen, zur Hälfte rechtsspiraligen Zähnen (Fig. 102).

Bei gegebenem Spiralwinkel w ist die Steigung S (Fig. 103) der Spirale abhängig von dem Fräserdurchmesser D . Es ist:

$$S = \frac{D\pi}{\operatorname{tg} w} \text{ in mm oder } S = \frac{D \cdot \pi}{25,4 \cdot \operatorname{tg} w} \text{ in "}$$

Meist setzt man für D in die Rechnung den bekannten oder doch sofort meßbaren Außendurchmesser des Fräasers ein. Würde man statt dessen den Zahnfußdurchmesser d einsetzen, so würde, da $d < D$ ist, bei gleichbleibendem w die Steigung S und bei gleichbleibendem S der Winkel w kleiner werden als mit D . Ist z. B. (Fig. 103) $D = 60$ mm, $d = 48$ mm, $w = 15^\circ$, dann ist mit D :

$$S = \frac{60 \cdot 3,14}{\operatorname{tg} 15^\circ} = \frac{188,40}{0,2679} = 703 \text{ mm; mit } d \text{ dagegen } S_1 = \frac{48 \cdot 3,14}{0,2679} = 562,2 \text{ mm.}$$

Ließe man andererseits S mit 703 mm bestehen, so ergäbe sich mit d ein Spiralwinkel $w_1 = 12^\circ$, statt $w = 15^\circ$.

In nachfolgender Zahlentafel 3 sind für verschiedene Einstellwinkel und Fräserdurchmesser die Längen der zugehörigen Spiralsteigungen angegeben. Da man im allgemeinen erst von etwa 10 mm Durchmesser an die Fräser mit Spiralzähnen versieht, fängt die Tafel mit 10 mm Durchmesser an.

Zahlentafel 3.
Steigungen für Steigungswinkel von 8° – 15° .

Fräser \varnothing	$\alpha = 8^{\circ}$		$\alpha = 9^{\circ}$		$\alpha = 10^{\circ}$		$\alpha = 12^{\circ}$		$\alpha = 15^{\circ}$	
	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"	mm	"
10	223	8,77	198	7,78	178	7,01	148	5,83	117	4,61
12	269	10,59	241	9,43	214	8,43	177	6,97	141	5,55
14	312	12,23	277	10,88	249	9,80	207	8,15	164	6,46
16	356	14,03	316	12,45	285	11,22	237	9,33	188	7,40
18	401	15,79	356	14,01	330	12,99	266	10,47	217	8,54
20	446	17,55	396	15,57	356	14,02	296	11,65	235	9,25
22	491	19,31	435	17,13	392	15,43	325	12,80	258	10,16
24	535	21,07	475	18,70	428	16,85	355	13,98	281	11,06
26	579	22,80	514	20,23	463	18,23	384	15,12	305	12,01
28	624	24,57	554	21,80	499	19,65	414	16,30	328	12,91
30	669	26,33	593	23,36	534	21,02	443	17,44	352	13,86
32	714	28,09	633	24,92	570	22,44	473	18,62	357	14,76
34	758	29,85	673	26,48	606	23,86	502	19,76	399	15,71
36	803	31,57	712	28,02	641	25,24	532	20,95	422	16,61
38	847	33,34	752	29,59	677	26,65	562	22,13	446	17,56
40	892	35,10	791	31,15	713	28,07	591	23,27	469	18,46
50	1115	43,88	989	38,94	891	35,08	739	29,10	586	23,07
60	1338	52,69	1188	46,75	1069	42,09	887	34,92	703	27,68
70	1564	61,57	1387	54,60	1247	49,10	1035	40,75	812	32,32
80	1784	70,24	1583	62,25	1425	56,10	1183	46,58	938	36,93
90	2007	79,02	1781	70,11	1603	63,11	1330	52,36	1055	41,54
100	2230	87,79	1979	77,90	1782	70,16	1478	58,19	1172	46,14
110	2453	96,57	2177	85,69	1960	77,17	1626	64,02	1290	50,79
120	2677	105,38	2375	93,50	2138	84,18	1774	69,84	1407	55,40
130	2900	114,15	2573	101,21	2316	91,18	1922	75,67	1524	60,06
150	3346	131,71	2969	116,87	2672	105,20	2217	87,29	1759	69,25
175	3903	153,65	3463	136,34	3118	122,76	2587	101,85	2052	80,79
200	4461	175,62	3958	155,83	3563	140,28	2956	116,38	2345	92,33

Spanbrechnuten. Die Zähne von breiteren Fräsern, besonders Schruppfräsern, versieht man häufig noch mit Spanbrechnuten. Diese haben den Zweck, die Länge des Spanes zu verkürzen, die sonst der ganzen Schnittbreite des Fräasers entsprechen würde, besonders bei geradnutigen Fräsern und bei weichen Werkstoffen, wie Kupfer oder weichem Eisen, bei denen der Span nicht zerbröckelt.

So gekürzte Späne lassen sich auch leichter durch Schmiermittel aus den Zahnlücken herauspülen oder fallen während der Bewegung des Fräasers von selbst heraus. Auch wirken derartig verkürzte Schneiden günstig auf den Kraftverbrauch ein.

Die Nuten können auf verschiedenen Wegen eingearbeitet werden. Man kann sie einfräsen, man kann sie aber auch durch Schleifscheiben mit genügend kleinem Durchmesser einschleifen. Bei hinterdrehten Zähnen werden die Nuten auf der Hinterdrehbank eingearbeitet, und bei gefrästen Zähnen, mit Formen wie hinterdreht, müssen sie, wenn keine Hinterdrehbank vorhanden ist, eingestoßen werden.

Ob die Nuten halbrunde oder eckige Formen haben, ist ohne Belang für das Fräsen selbst. Der Hauptzweck, den Zusammenhang des Spanes zu zerstören, wird durch beide Nutenformen erreicht. Selbst wenn die Höhe des Spanes die Tiefe der Nut überschreiten sollte, ist bei Spiralzähnen die Wirkung genügend und der beabsichtigte Zweck erreicht.

Aus wirtschaftlichen Gründen wird man sich meist für halbrunde Nuten entschließen, da sie leichter einzufräsen oder einzuschleifen sind. Das Einschleifen

geht besonders schnell in den ungehärteten Fräser, weil man dann keine Rücksicht auf die beim Schleifen entstehende Erhitzung des Zahnes zu nehmen braucht.

Es hat weiter den Vorzug, daß man die Nut nachschleifen kann, wenn sie durch wiederholtes Schärfen des Zahnes zu flach geworden ist.

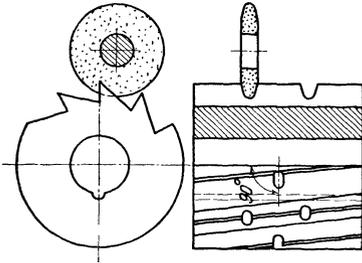


Fig. 104.

Die Nuten müssen so eingearbeitet werden, daß ihre Seitenflächen nicht drücken, sie müssen stets rechtwinklig zur Fräserachse liegen. Bei den halbrunden Nuten entstehen, wenn sie rechtwinklig zur Achse liegen und nach Fig. 104 eingearbeitet werden, sowieso keine schädlichen seitlichen Flächen.

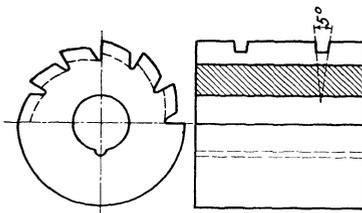


Fig. 105.

Die eckigen Nuten Fig. 105 werden, wie schon gesagt, entweder eingestoßen oder auf der Hinterdrehbank eingearbeitet. Die Nuten in den Zähnen müssen versetzt zueinander liegen, damit sich die Unterbrechung der Schnittkanten nicht auf der Arbeitsfläche bemerkbar machen kann. Beim Hinterdrehen muß darum die Höhe der Kurve so gewählt werden, daß der Drehstahl immer über einen zwischen zwei Zähnen liegenden Zahn hinweggleiten kann. In den so unberührten Zähnen müssen dann in einem

zweiten Arbeitsgang die Nuten versetzt zu den ersten eingearbeitet werden. Gerade Zahnzahl des Fräasers ist hierbei Voraussetzung. Die Form der eckigen Nut muß einem Trapez mit mindestens 5° Flankenwinkel entsprechen, damit die Seitenflächen nicht drücken.

III. Konstruktion der hinterdrehten Fräser.

Vergleich zwischen spitzem und hinterdrehtem Zahn.

Die weitverbreitete Ansicht, daß Walzenfräser oder Scheibenfräser mit hinterdrehten oder wie hinterdreht gefrästen Zähnen ihres kräftigen Zahnes wegen zu Schrupparbeiten besser geeignet wären als solche mit Spitzzähnen, ist durchaus irrig. Versuche haben ergeben, daß spitzzahnige Fräser mit richtigen, dem zu bearbeitenden Material angepaßten Schnittwinkeln jede Leistung eines Fräasers mit hinterdrehten Zähnen erreichen.

Braucht man spitzzahnige und hinterdrehte (hinterfräste) Fräser nebeneinander, so zeigt sich bald, daß das Nachschleifen beim spitzzahnigen Fräser günstiger ist als beim hinterdrehten. Der hinterdrehte Zahn wird stets an der Zahnbrust nachgeschliffen, sein anfänglich kräftiger Zahn geht dadurch immer mehr verloren (Fig. 106).

Bei Bearbeitung von hartem Material, wie Gußeisen, wird die Schneidkante sehr stark beansprucht. Stumpft die Schneide ab, dann fängt sie an zu drücken und sie selbst und der hinter ihr liegende Zahnrücken wird abgerieben. Je nach der Beschaffenheit des zu bearbeitenden Materials und der Güte des Fräsermaterials wird sich nun der Verschleiß auf den Zahnrückten schnell ausdehnen, um so schneller, je mehr sich der Schnittwinkel des Zahnes einem Winkel von 90° nähert.

Da nun der Zahnrückten eines hinterdrehten Zahnes wohl eine gekrümmte, nach hinten abfallende, jedoch stetige Fläche hat und nicht eine gebrochene

wie ein gefräster Zahn mit den an der Schnittfase sich anschließenden stark abfallenden Zahnrücken, so wird sich ein Verschleiß auf einen hinterdrehten Zahn weiter ausdehnen als bei einem gefrästen Zahn, bei dem er auf die Fase beschränkt bleibt. Darum nutzen sich hinterdrehte Zähne schneller ab; denn die Zahnbrust muß bei ihnen, damit wieder scharfe Schneiden entstehen, so weit nachgeschliffen werden, daß die angegriffenen Stellen auf dem Zahnrücken verschwinden. Gibt z. B. in Fig. 106 der Abstand der zwei dünnen wagerechten Linien am Zahnkopf die Höhe der Abnutzung am Zahnrücken an, so muß die Zahnbrust bis zur gestrichelten Linie abgeschliffen werden. Das ist eine immerhin zeitraubende und teure Arbeit, da man sehr vorsichtig schleifen muß, um die Schneiden nicht zu erhitzen und auszulühen.

Man kann wohl, wenn die angegriffene Stelle sehr groß ist, mit profilierter Schleifscheibe auch den Zahnrücken nachschleifen (Fig. 107), doch bringt das einen starken Verbrauch der Schleifscheibe mit sich. Jedenfalls schließt das Instandsetzen des stark angegriffenen Zahnes durch Nachschleifen einen außerordentlichen großen Verbrauch des Zahnes ein. Die auf allen hinterdrehten Formfräsern angebrachte Bezeichnung „oft schärfen“ ist daher auch bei hinterdrehten Walzen-, Scheiben- und Schafffräsern sehr wichtig.

Nutzen sich spitzzahnige Schruppfräser durch Unvorsichtigkeit oder andere Ursachen doch einmal stark ab, so braucht man den spitzen Zahn nur von oben zu schleifen. Ist der Zahn noch neu, dann ist die Beschädigung bald behoben, da wegen der spitzen Form nur wenig Material fortzunehmen ist (Fig. 108). Die Verringerung der Zahnbrust, die dabei eintritt, kann durch Schleifen der Zahnbrust ausgeglichen werden, um wieder Raum für die Späne zu gewinnen. Die Widerstandsfähigkeit des Zahnes wird dabei in keiner Weise geschwächt, wie es beim hinterdrehten Zahn geschieht. Man sollte also Fräser mit hinterdrehten Zähnen nur da verwenden, wo sie durch die Schneidenform unvermeidbar sind.

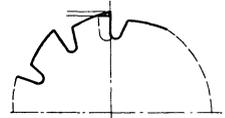


Fig. 106.

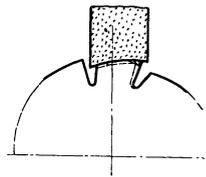


Fig. 107.



Fig. 108.

Abmessung und Zahnung.

Die für die Abmessungen des Fräasers und die Anzahl der Zähne ausschlaggebenden Umstände sind bei hinterdrehten Fräsern wesentlich andere als bei spitzzahnigen. Bei diesen hatte man durch die am Arbeitsstück abzufräsende Materialschicht einen Anhalt für eine zweckmäßige Zahnteilung, bei den hinterdrehten Zähnen ist dagegen einmal die Profilform des Zahnes mitbestimmend und dann der Fräserdurchmesser, den man zulassen will und der natürlich um so größer sein muß, je breiter und tiefer das Profil ist.

Fräserdurchmesser. Einen Anhalt für den Durchmesser gibt folgende Betrachtung: Der Halbmesser setzt sich zusammen aus: $\frac{1}{2}$ -Bohrung B (Fig. 109), Fleischstärke h_3 und Lückentiefe H . H wieder ist gleich Profiltiefe h , Fall der Hinterdrehkurve h_1 und 2–3 mm zum Auslauf des Hinterdrehstahls (= h_2). Damit wird dann $D = 2(B/2 + h + h_1 + h_2 + h_3)$.

Von diesen Maßen sind h , h_1 und h_2 gegeben; h_3 ist lediglich ein Erfahrungswert. Die Fleischstärke muß so groß gewählt werden, daß sie den beim Fräsen auftretenden Kräften, die den Fräser auseinander zu sprengen suchen, genügend

Widerstand entgegensetzen kann. Die Bohrung B kann durch vorhandene Fräsdorne gegeben sein, oder man bestimmt ihre Größe nach der Schwere des Schnittes und dem vorläufig angenommenen Fräserdurchmesser.

Zähnezahl. Ehe man die Anzahl der Zähne bestimmt, wird man erst den nach vorstehender Rechnung sich ergebenden Fräserdurchmesser daraufhin zu prüfen haben, ob er für seinen Zweck gut ist oder ob er aus irgendwelchen Gründen geändert werden muß und kann.

Wenn der Fräser einzeln auf einem Dorn arbeitet, ist die Antwort bald gegeben, da die Verhältnisse leicht zu übersehen sind. Man muß darauf achten, daß der Fräserdurchmesser so groß wird, daß etwa vorstehende Kanten des Arbeitsstückes nicht an die Beilegringe des Fräsdorns stoßen; man hat weiter noch zu berücksichtigen, daß der Fräserdurchmesser durch das Schärfen kleiner wird und daß der Fräser, wenn seine Zähne durch Unvorsichtigkeit oder harte

Stellen im Arbeitsstück beschädigt worden sind, auch einmal aufgearbeitet werden kann.

Eine Verringerung des Durchmessers ist manchmal durch besondere konstruktive Ausbildung möglich. Man wird im allgemeinen die Zahnücke, wenn irgend zugänglich, so tief einfräsen, daß die Brustfläche das vollständige Profil des Zahnes freigibt, damit beim Schärfen des Zahnes die Schleifscheibe ungehindert durch die Zahnücke hindurchschleifen kann. Man wird sich aber oft aus konstruktiven Gründen nicht an eine solche Anordnung halten wollen oder können.

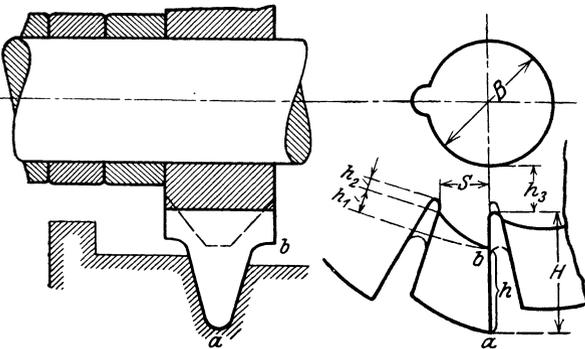


Fig. 109.

Man wird sich aber oft aus konstruktiven Gründen nicht an eine solche Anordnung halten wollen oder können.

Fig. 109 ist ein derartiger Fall. Man kann bei einer solchen tiefen Profilform die ganze Zahnücke nicht so tief einarbeiten, wie es der Form entspricht, weil dann die Zähne zu wenig widerstandsfähig wären. Die Zahnücke wird vielmehr (in Fig. 109 gestrichelt) nach der Tiefe und nach innen zu nicht ganz durchgefärdt, sondern in drei Frässchnitten nur so weit, daß man frei hinterdrehen und schleifen kann, und daß genügender Raum für die Späne entsteht. Man erhält so einen starreren Zahn, der es ermöglicht, die Fleischstärke zu verringern, ohne die Widerstandsfähigkeit des Fräasers zu schwächen. Allerdings muß dann das Schärfen des Zahnes immer in drei Teilgängen erfolgen. Eine Verringerung des Durchmessers erspart dafür aber nicht nur Material und damit Geld, sondern sichert auch ein ruhigeres Arbeiten des Fräasers.

Arbeitet ein Fräser mit anderen Fräsern zusammen, dann muß sein Durchmesser denen der anderen angepaßt werden.

Liegt nun der Fräserdurchmesser fest und nimmt man dazu die Zähnezahl an, so ergibt sich die Stärke S (Fig. 109), aus deren Größe man erkennen kann, ob die angenommene Zähnezahl richtig ist. Die Beurteilung von S ist allerdings Erfahrungssache. Um den Durchmesser des Fräasers messen zu können, wählt man auch bei den hinterdrehten Fräsern die Zähnezahl wohl gerade.

Am schnellsten verschafft man sich bei jeder Neukonstruktion eines hinterdrehten Fräasers Klarheit über die Zähnezahl, wenn man bei dem Entwurf zunächst 12 Zähne annimmt, da sich diese Zähnzahl für Formfräser meist als richtig

erweist. Ist dann die Stärke S noch reichlich groß, dann kann man die Zähnezahle erhöhen. Ist dagegen S zu schwach, dann muß man die Zähnezahle verringern. Wie man unter Umständen das Maß S verstärken kann, ohne die Zähnezahle zu verringern und den Durchmesser zu vergrößern, haben wir oben gesehen.

Es liegt in der Konstruktion der hinterdrehten Fräser, daß die Anzahl ihrer Zähne für ein vorteilhaftes Arbeiten meist zu gering wird. Es kommt in der Praxis sogar vor, daß die Zähnezahle so klein ist, daß bei geringer Materialzugabe am Arbeitsstück nur ein Zahn und zeitweise gar kein Zahn im Eingriff steht, so daß der Fräser mit starken Stößen arbeitet. Um brauchbare saubere Flächen zu erhalten, wird man bei hinterdrehten Fräsern daher meist gezwungen sein, den Vorschub verhältnismäßig gering zu wählen. Eine Erhöhung der Zähnezahlen wird darum nie nachteilig sein.

Fräser mit flachem, mehr parallel zur Achse liegendem Profil können immer eine größere Anzahl Zähne erhalten. Bei hinterdrehten Fräsern mit sehr kleinem Durchmesser, die darum einen Schaft bekommen, verringert sich dagegen die Zähnezahle meist sehr erheblich. Fräser mit nur 3 Zähnen sind durchaus keine Seltenheit. Zahnstärke und Lücke müssen auch in diesen Fällen nach der Erfahrung bemessen werden.

Die Hinterdrehkurve¹⁾.

Während das Hinterdrehen von Fräsern mit grader Schneidkante (Walzenfräser, Winkelfräser usw.), wie wir gesehen haben, unnötig und unzweckmäßig ist, ist es für profilierte Schnittkanten, d. h. für Formfräser, unentbehrlich. Denn der Zweck des Hinterdrehens ist es ja, einen Zahn zu schaffen, der nicht an der profilierten Rückenfläche, sondern nur an der ebenen Brustfläche nachgeschliffen wird und der dabei sein richtiges Profil behält, wenn nur in der vorgeschriebenen Richtung — meist radial — geschliffen wird.

Es entsteht nun die Frage, ob dieses Ziel nur durch eine ganz bestimmte Krümmung der Hinterdrehkurve erreichbar ist oder ob die Krümmung beliebig sein kann. Man nimmt vielfach an, daß die Hinterdrehkurve grundsätzlich eine logarithmische Spirale sein müsse; tatsächlich aber ist das nicht nötig; vielmehr ist jede Kurve richtig, die sich beim Hinterdrehen dadurch ergibt, daß der Hinterdrehstahl sich bei jedem Zahn in gerader Richtung nach der Mitte zu vorbewegt. Dadurch wird die Rückenfläche des Zahnes statt nach einem Kreisbogen, nach einer abfallenden Kurve gekrümmt (Fig. 110), doch so, daß der Zahn in jeder radialen Ebene das Profil des Hinterdrehstahles erhält, das mit dem Schneidprofil des Fräasers identisch ist.

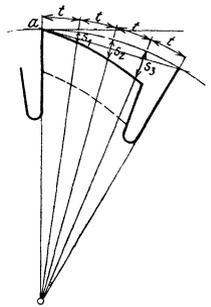


Fig. 110.

Die Krümmung der so entstehenden Hinterdrehkurve hängt lediglich ab vom Verhältnis der Geschwindigkeiten der drehenden Bewegung des Zahnes und der fortschreitenden des Hinterdrehstahles. Wie aus diesen zwei Bewegungen, wenn sie der Größe und Richtung nach bekannt sind, die Hinterdrehkurve entsteht bzw. zu konstruieren ist, zeigt Fig. 110. In Fig. 111 sind die Bewegungen in ein rechtwinkliges Achsenkreuz eingetragen, die Drehung des Zahnes wagerecht, die geradlinige Bewegung des Stahles senkrecht.

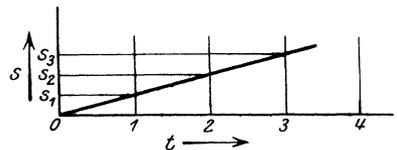


Fig. 111.

In Fig. 111 sind die Bewegungen in ein rechtwinkliges Achsenkreuz eingetragen, die Drehung des Zahnes wagerecht, die geradlinige Bewegung des Stahles senkrecht.

¹⁾ Simon: Untersuchung zur Hinterdrehkurve, Werkstattstechnik 1924, S. 293.

Wenn nun auch zum Hinterdrehen Kurven jeglicher Krümmung richtig sind, d. h. der oben angegebenen Forderung genügen können, so sind doch nur wenig Kurven geeignet, da noch andere Rücksichten zu nehmen sind.

Nahe liegt es zunächst, diejenige Kurve zu wählen, die entsteht, wenn das Verhältnis der Geschwindigkeiten von Zahn und Drehstahl gleichbleibt. Denn da der Zahn sich mit gleichbleibender Geschwindigkeit zu drehen pflegt, würde dann auch der Hinterdrehstahl sich gleichmäßig schnell vorbewegen, d. h. in Fig. 110 würde $s_2 = 2s_1$; $s_3 = 3s_1$ usw. sein. Die dadurch entstehende Kurve ist bekanntlich die „gewöhnliche“ oder „Archimedische“ Spirale. Im rechteckigen Achsenkreuz ist sie eine Gerade (Fig. 111). Sie hat praktisch den Vorzug, daß die zu ihrer Erzeugung nötige Kurvenscheibe sehr leicht genau hergestellt werden kann. Läßt man nämlich die Kurvenscheibe mit der Stirnfläche arbeiten, so wird diese eine Schraubenfläche, wie man sofort aus Fig. 111 erkennt, wo die Gerade eine Schraubenlinie wird, wenn die wagerechte Achse als Kreis aufgerollt wird. Stellt man dagegen an die Hinterdrehkurve die Bedingung, daß die Schnitt-

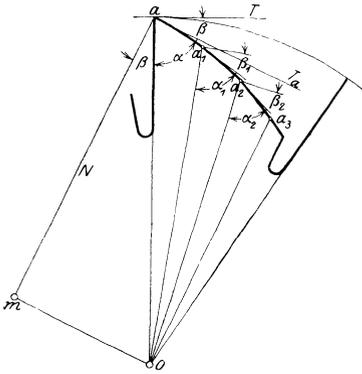


Fig. 112.

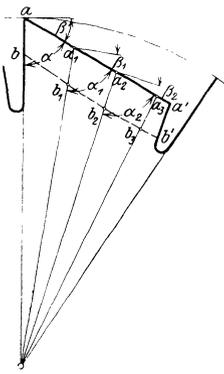


Fig. 113.

verhältnisse des Zahnes beim Nachschleifen immer gleichbleiben sollen, was erstrebenswert ist, so muß die Hinterdrehkurve eine „logarithmische“ Spirale werden (Fig. 112). Denn bei der logarithmischen Spirale ist $\beta = \beta_1 = \beta_2$ und $\alpha = \alpha_1 = \alpha_2 \dots$, d. h. Anstellwinkel und Schnittwinkel sind in jeder radialen Ebene die gleichen.

Praktisch sind die Archimedische und logarithmische Spirale gleich gut.

Denn die Unterschiede der Winkel in den verschiedenen radialen Schnitten sind bei der Archimedischen Spirale kaum meßbar, jedenfalls völlig bedeutungslos.

Dagegen kann die Kurvenscheibe für die Archimedische Spirale nach obiger Ausführung ohne weiteres zwangsläufig erzeugt werden, während die für die logarithmische Spirale nach einem Musterstück kopiert werden muß.

Beim Aufzeichnen des nach der Spirale hinterdrehten Zahnes begnügt man sich mit einer Annäherung an die wirkliche Krümmung, indem man sie durch einen Kreisbogen ersetzt. Man trägt in a (Fig. 112) den gewünschten Neigungswinkel β an T an und zugleich auch an $a-o$, so daß $N \perp T_a$ steht. Fällt man dann von o das Lot auf N , so ist m der Mittelpunkt für den Kreisbogen durch a , der die Spirale ersetzen kann. Dieser Kreisbogen ist die Annäherung an den Krümmungskreis der Archimedischen Spirale.

Interessant ist noch der Grenzfall, in dem die Hinterdrehkurve eine schräge Gerade wird (Fig. 113). Die zu ihrer Entstehung nötigen Wege des Hinterdrehstahles in Abhängigkeit von den Wegen des Zahnes sind ohne weiteres aus Fig. 113 zu entnehmen. Bemerkenswert ist, daß der Zahngrund $b-b'$ nicht etwa eine Parallele zur geneigten Geraden $a-a'$ wird, sondern eine Kurve, weil in den radialen Schnitten die Profiltiefen a_1-b_1 , a_2-b_2 , $a_3-b_3 \dots$ gleich sein müssen.

Praktisch ist die Gerade als Hinterdrehkurve nicht verwendbar, obwohl natürlich das Profil immer richtig bleibt, weil die Schnittwinkel sich stark ändern; es ist: $\beta > \beta_1 > \beta_2 \dots$ und $\alpha < \alpha_1 < \alpha_2 \dots$.

Früher, bevor es Hinterdrehbänke gab (und auch heute wohl noch, wenn keine zur Verfügung stehen), fertigte man sich Formfräser mit geradem Zahnrückten nach Art der hinterdrehten an, jedoch durch Stoßen (Fig. 114). Der Unterschied gegenüber den hinterdrehten nach Fig. 112 liegt darin, daß hier der Zahngrund senkrecht zum Zahnrückten überall gleich tief liegt, also $b-b'$ parallel $a-a'$ ist, wodurch wohl $a_1-b'_1 = a_2-b'_2$, aber nicht $a-b = a_1-b_1 = a_2-b_2$ wird. Die Folge davon ist, daß das Profil des Fräasers beim radialen Schleifen verändert wird, ganz abgesehen von der Änderung der Schnittwinkel. Daher sind derartige Fräser nur möglich, wo es auf genaue Form nicht ankommt.

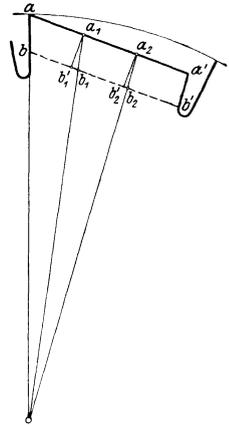


Fig. 114.

Kurvenfall und Hinterdrehwinkel. Der Fall oder die Tiefe h der Hinterdrehkurve wird bis zum nächsten Zahn gerechnet, so daß $h = a-a' = b-b'$ (Fig. 115) ist. Die Größe von h ergibt sich aus Hinterdrehwinkel β und Zähnezahl und Durchmesser des Fräasers; und zwar ist angenähert

$$h = \frac{\text{tg } \beta \cdot D \pi}{\gamma}$$

Um h für einen bestimmten β zahlenmäßig zu bestimmen, ist es das einfachste, einen Zahn, wie in Fig. 115, aufzureißen. Sehr bequem sind auch graphische Tafeln (die man aus obiger Gleichung konstruieren kann), aus denen man für bestimmte Rückenwinkel den Kurvenfall für beliebige Fräserdurchmesser und Zähnezahlen unmittelbar entnehmen kann. Fig. 116 gibt solche Tafel für $\beta = 10^\circ$.

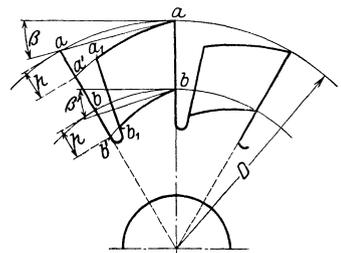


Fig. 115.

Die Rückenwinkel sind bei hinterdrehten Zähnen wesentlich größer als bei spitzgezahnten. Bei diesen ist nämlich die den Anstellungswinkel bildende Fase nur eine kleine schmale Fläche, an die sich der verhältnismäßig steil abfallende Zahnrückten anschließt. Ein solcher Zahn kann daher, selbst bei grobem Vorschub des Arbeitsstückes, nötigenfalls noch mit einem Anstellungswinkel von 3° ohne Schwierigkeiten in das Material eindringen. Bei hinterdrehten Zähnen würden dagegen die bei einem so kleinen Anstellungswinkel sich ergebenden flachen Rückenflächen dem Eindringen der Zähne hinderlich sein. Man muß

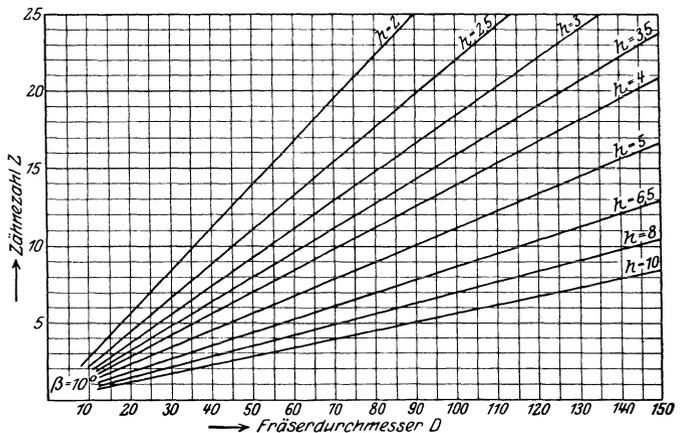


Fig. 116.

darum bei ihnen den Hinterdrehwinkel größer nehmen. Gegen zu große Hinterdrehwinkel spricht aber einmal die abnehmende Widerstandsfähigkeit des Zahnes, dann die wachsende Nuttiefe und die größere Hinterdreharbeit.

Der kleinste in der Praxis vorkommende Hinterdrehwinkel beträgt etwa 8° , jedoch findet man auch Winkel von 15° – 22° . In den meisten Fällen dürfte ein Winkel von etwa 12° – 15° allen Anforderungen genügen, vorausgesetzt, daß die Profilform nicht mehr verlangt. Tatsächlich tut sie das aber manchmal und zwingt dadurch zu Größen, die für manche Teile des Profils ungünstig sind. Je mehr sich nämlich irgendeine Strecke oder Tangente des Profils der senkrechten Lage zur Fräserachse nähert, um so schlechter schneidet der Fräser an diesen Stellen. Verbessern läßt sich das Schneiden dann nur durch Vergrößerung des Hinterdrehwinkels oder durch Änderung der Hinterdrehrichtung. Beide Möglichkeiten und ihr konstruktiver Einfluß seien näher betrachtet.

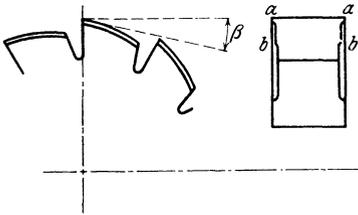


Fig. 117.

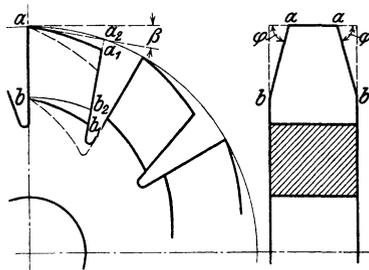


Fig. 118.

zur Achse nähert, d. h. je größer φ (Fig. 118) ist. Folgende Betrachtung wird das klar machen:

In Fig. 118 sind die Kurven $a-a_1$ und $b-b_1$ die Hinterdrehkurven der Punkte aa und bb bzw. der Kanten $a-a$ und $a-b$. Die Kurven $a-a_2$ und $b-b_2$ dagegen stellen den Verlauf der von den Kanten $a-a$ und $a-b$ im Arbeitsstück beim Fräsen erzeugten Schnittfläche dar (angenähert Kreisbogen aus der Fräsermitte).

Die Breiten $a-a$ und $b-b$ des Fräserprofils bleiben entlang den Hinterdrehkurven $a-a_1$ und $b-b_1$ stets gleich groß. Dagegen muß die Profilbreite entlang der Kurve $b-b_2$ abnehmen, da b_2 oberhalb der Breite b_1 liegt und das Profil des Zahnes sich nach a_1 zu verjüngt. Die an den drei Kurven $a-a_1$, $b-b_2$ und $b-b_1$, entlang gelegten Schnitte, die in Fig. 119 dargestellt sind, lassen das deutlich erkennen.

Der Neigungswinkel β_1 der Kante $b-b_2$ des Zahnquerschnitts gegen die Schnittfläche ist der Anstellwinkel im Punkte b der Profilkante $a-b$. Ebenso nun wie Punkt b hat auch jeder andere Punkt von $a-b$ den Anstellwinkel β , so daß die ganze Kante $a-b$ gut frei schneidet. Vergrößert man die Hinter-

Hinterdrehwinkel und Profilform. Bei dem meist üblichen Hinterdrehen in Richtung zur Fräserachse (radiales Hinterdrehen) erhalten die Kanten des Fräserprofils, die parallel zur Achse liegen ($a-a$, Fig. 117), den vollen Hinterdrehwinkel als Rücken- oder Anstellwinkel. Dagegen erhalten die Kanten senkrecht zur Achse, wie $a-b$ einen Anstellwinkel gleich Null. Damit die senkrechten Flächen trotzdem bei tieferen Nuten nicht drücken und sich gar im Arbeitsstück festklemmen, werden sie so ausgespart, daß nur ein schmaler, etwa 1 – 2 mm breiter Rand stehen bleibt.

Alle nun zwischen der senkrechten und wagerechten Richtung liegenden Kanten, d. h. alle schrägen Kanten, bekommen durch den Hinterdrehwinkel β einen Rücken- oder Anstellwinkel, der größer als Null, aber kleiner als β ist, und zwar ist er um so kleiner, je mehr die Kantenneigung sich der senkrechten

drehkurve, d. h. vergrößert man den Winkel β (was durch die gestrichelten Linien in Fig. 118 angedeutet ist), dann vergrößert sich auch der Winkel β_1 in Fig. 119, da die von den Schneidkanten $a-b$ des Fräasers im Arbeitsstück beim Fräsen erzeugten Schneidflächen $a-a_2$ und $b-b_2$ dieselben bleiben, dagegen die Rückenflächen $a-a_1$ und $b-b_1$ des Zahnes sich mehr nach unten neigen, so daß die Entfernung b_1-b_2 größer, a_1-b_2 kleiner wird. Je mehr aber b_2 sich a_1 nähert, an einer um so schmäleren Stelle des Profils liegt b_2 , und daher wird in Fig. 119 b_2-b_2 um so kürzer und der Winkel β_1 um so größer, je größer β ist. Das heißt aber nichts anderes, als daß der Anstellwinkel einer schrägen Profilkante um so größer wird, je größer der Hinterdrehwinkel ist.

Daß der Anstellwinkel der schrägen Profilkante, wie oben schon erwähnt, um so kleiner ist (beim gleichen Hinterdrehwinkel), je mehr sich der Neigungswinkel φ einem rechten Winkel nähert, das geht auch klar aus Fig. 119 hervor, in der die Strecke b_2-b_2 im Verhältnis zu $b-b$ um so länger und der Winkel β_1 um so kleiner ist, je größer φ ist. Daher nimmt man den Hinterdrehwinkel β , wenn möglich, um so größer, je größer φ ist, damit sich immer noch ein ausreichender Winkel β_1 ergibt.

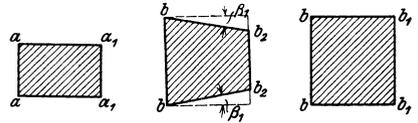


Fig. 119.

Will man den Anstellwinkel β_1 einer schrägen Kante (oder Tangente eines gebogenen Kantenstückes) für einen bestimmten Hinterdrehwinkel β der Größe nach bestimmen, so kann man das leicht tun, wenn man den Fräserzahn wie in Fig. 118 aufzeichnet und nach der Schnittfläche einen Schnitt hindurch legt wie in Fig. 119. Man kann β_1 aber auch aus β und φ berechnen aus der angenähert gültigen Gleichung $\text{tg } \beta_1 = \frac{\text{tg } \beta \cdot D \cdot \text{tg } \varphi}{D - 2h}$.

Natürlich darf man aus Gründen, die oben angegeben sind, β nicht über eine gewisse Grenze hinaus vergrößern, nicht über etwa $20^\circ-22^\circ$, da man sonst an günstig gelegenen Kantenstücken des Fräserprofils, also an den mehr parallel zur Fräserachse liegenden, zu große Anstell- und zu kleine Keilwinkel erhalten würde. Es ist auch zu berücksichtigen, daß die Anstellwinkel bei tieferen Formen nach der Mitte zu immer größer werden, denn der Kurvenfall h (Fig. 115) der Hinterdrehkurve ist für alle Punkte eines Profils der gleiche. Da aber die äußere Kurve $a-a'$ länger ist als die innere $b-b'$, so muß der Anstellwinkel β' größer sein als der Winkel β .

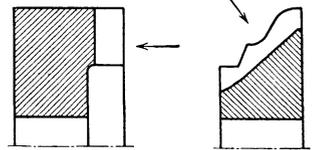


Fig. 120.

Fig. 121.

Ist nun trotz eines möglichst großen Hinterdrehwinkels an ungünstig liegenden Kantenstücken des Fräserzahns immer noch ein zu geringer seitlicher Anstellwinkel, dann hilft nur noch ein mäßiger Vorschub beim Fräsen und eine ganz scharfe Schneidkante über die ungünstigen Verhältnisse hinweg.

Schräghinterdrehen. Eine Möglichkeit gibt es allerdings noch, um ungünstigen Profilen recht gute Schneidwinkel zu geben, das ist die Änderung der Hinterdrehrichtung. Dieses Hilfsmittel kann allerdings nicht bei allen Profilen benutzt werden und bedingt, wenn es benutzt werden kann, meist die Teilung der Fräser in zwei Hälften, wodurch es recht kostspielig wird.

Außer in radialer Richtung — wie bislang angenommen — kann man nämlich auch senkrecht dazu, d. h. in axialer Richtung, hinterdrehen (Fig. 120) und auch in jeder schrägen Richtung (Fig. 121). Das Schräghinterdrehen kann als Ergebnis einer radialen und axialen Hinterdrehbewegung aufgefaßt werden.

Während beim radialen Hinterdrehen Kantenstücke parallel zur Achse den vollen, Kantenstücke senkrecht zur Achse gar keinen Anstellwinkel bekommen, ist es beim axialen Hinterdrehen umgekehrt: Kanten senkrecht zur Achse bekommen den vollen, Kanten parallel zur Achse gar keinen Anstellwinkel. In beiden Fällen bekommen ungünstig liegende schräge Kanten nur einen ungenügenden Anstellwinkel. Da tritt nun das Schräghinterdrehen in seine Rechte. Man kann nämlich senkrecht zu der ungünstigen Kante hinterdrehen, so daß diese den vollen Hinterdrehwinkel als Anstellwinkel erhält. Sind mehrere ungünstig liegende Kanten von verschiedenem Neigungswinkel im Profil (oder eine gekrümmte Profillinie), so bleibt natürlich nichts übrig, als einen für alle Kanten leidlich geeigneten mittleren Hinterdrehrichtung zu nehmen (Pfeilrichtung in Fig. 121).

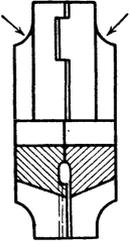


Fig. 122.

Schräghinterdrehen, ohne daß beim Nachschleifen das Profil sich ändert, ist nur bei Profilen wie Fig. 121 möglich, die einseitig ansteigen. Die meisten Profile, die ein Schräghinterdrehen nötig haben, steigen von beiden Seiten an (Fig. 122 und 123), müssen daher von beiden Seiten hinterdreht werden und nehmen daher beim Nachschleifen an Profildbreite ab oder zu, wenn man sie nicht aus zwei Teilen herstellt. Diese Teile werden nämlich nach jedem Schleifen ein wenig auseinandergestellt (zusammengerückt) auf die alte Breite, indem man Papier- oder Blechscheiben zwischen sie legt (herausnimmt).

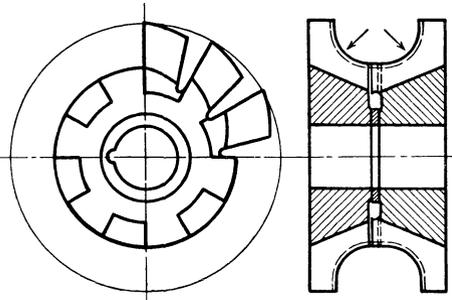


Fig. 123.

Die zusammenstoßenden Flächen haben Kupplungszähne, die verhindern, daß sich auf den gefrästen Flächen Spuren der Stoßfugen bemerkbar machen.

Die zusammenstoßenden Flächen haben Kupplungszähne, die verhindern, daß sich auf den gefrästen Flächen Spuren der Stoßfugen bemerkbar machen.

IV. Herstellung der Fräser.

In den folgenden Kapiteln soll die Herstellung der Fräser beschrieben werden mit zwei Einschränkungen. Einmal soll nur von der Einzelherstellung die Rede sein, nicht von der Massenherstellung mit besonderen Maschinen und Einrichtungen, wie sie die Werkzeugfabriken betreiben, sodann sollen nur die einfachsten Fräserformen behandelt werden, nicht die Abwälzfräser usw., da das zuviel Raum einnehmen würde.

Die Einzelherstellung von Fräsern ist nur dann berechtigt, d. h. wirtschaftlich, wenn es sich um Formen oder Abmessungen handelt, die von den Sonderfabriken nicht im großen hergestellt werden. Daß aber auch die Einzelfertigung, wenn sie rationell sein soll, allerlei Einrichtungen und Erfahrungen verlangt, wird die folgende Darstellung zeigen. Werkstätten, die darüber nicht verfügen, tun daher gut, auch ihre Sonderfräser bei den Werkzeugfabriken zu bestellen.

Materialauswahl¹⁾.

Die Wahl des Materials für Fräser dürfte im allgemeinen nicht schwer fallen, da Schnellstahlfräser in ihren Leistungen denjenigen aus gewöhnlichem Kohlen-

¹⁾ Näheres über Werkzeugstahl in Heft 7 dieser Sammlung.

stoffstahl weitaus überlegen sind. Aus wirtschaftlichen Gründen ist aber stets zu prüfen, ob die Fräser zur Bearbeitung von dauernd wiederkehrenden und in größeren Mengen vorkommenden Flächen bzw. Teilen dienen sollen, bei denen Höchstleistung die Grundbedingung für konkurrenzfähige Fabrikate ist, oder ob die Fräser nur vereinzelt oder in geringerer Anzahl vorkommende Stücke bearbeiten müssen, wobei hohe Leistungen keine so ausschlaggebende Rolle spielen.

Im ersten Falle ist Schnellstahl nötig, weil die Schneidhaltigkeit der Zähne trotz größeren Vorschubes viel größer ist als bei Werkzeugstahl, und infolgedessen der Fräser auch weniger oft geschärft zu werden braucht. Im zweiten Fall genügt wohl Kohlenstoffstahl. Zu Schrupparbeiten verwendet man vorteilhaft immer nur Schnellstahlfräser. Zur Bearbeitung von Weichmetallen in den handelsüblichen Legierungen, wie Messing, Rotguß, Aluminium usw., genügt im allgemeinen Werkzeugstahl, da die bei diesen weichen Metallen beim Fräsen entstehende Arbeitswärme lange nicht den zulässigen Grad der Erwärmung von 180° – 190° ergibt, die Kohlenstoffstahl gestattet, ohne die Schneidhaltigkeit der Zähne stark zu gefährden.

Fräser mit schwachen Abmessungen, die man darum mit nur geringem Vorschub arbeiten lassen kann, brauchen nur aus gutem Werkzeugstahl zu bestehen, da sie bei reichlicher Schmierung, mit Öl, Seifenwasser oder Petroleum, die für Kohlenstoffstahl zulässige Erwärmung in den seltensten Fällen erreichen.

Daß neuerdings in Messerköpfen und zusammengesetzten Fräsern statt Schnellstahl auch schon die gegen Erwärmung noch viel unempfindlicheren Schneidmetalle (Stellit, Akrit, Celsit usw.) benutzt werden, wurde schon früher erwähnt; man kann aus diesen naturharten Schneidmetallen kleinere Fräser auch fertig gießen.

Herstellung der spitzzahnigen Fräser.

Die Bearbeitung eines spitzzahnigen Fräasers in richtiger Folge umfaßt:

Material abstechen.	Fräsen.
Bohren und Reiben oder Zentrieren.	Härten.
Drehen.	Loch und seitliche Fläche schleifen.
Nuten.	Scharfschleifen.
Bezeichnen.	

1. Material abstechen. Abmessungen des Rohmaterials, das abgestochen werden soll, sind abhängig von den Abmessungen des Fräasers selbst. Für die Längenabmessungen genügen für die Bearbeitung Zugaben von:

1 mm für jede Seite, also im ganzen	2 mm bei einem FräserØ bis etwa	60 mm
1,5 „ „ „ „ „ „ „	3 „ „ „ „ „	von 60÷80 „
2 „ „ „ „ „ „ „	4 „ „ „ „ „	„ 80÷110 „
2,5 „ „ „ „ „ „ „	5 „ „ „ „ „	„ 110÷130 „
3 „ „ „ „ „ „ „	6 „ „ „ „ „	„ 130÷160 „
3,5 „ „ „ „ „ „ „	7 „ „ „ „ „	„ 160÷200 „

Bei zu schwachen oder zu schmalen Abstechstählen kommt es häufig vor, daß der Abstechstahl seitlich abgedrängt wird, so daß das Arbeitsstück an einer Seite hohl, an der anderen Seite erhaben von der Maschine kommt (Fig. 124). Es kann dann der Fall eintreten, daß die vorgeschriebenen Längenmaße nicht eingehalten werden können, da an der hohlen Seite mehr Material abgenommen werden muß, um eine

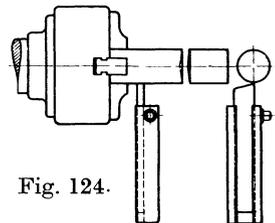


Fig. 124.

gerade Fläche zu erhalten, als vorgesehen war. Das abgestochene Stück ist dann unter Umständen wertlos.

Die Ursachen des Verlaufs des Abstechstahles sind darin zu suchen, daß die Schnittkante des Abstechstahles nicht rechtwinklig zu seinen Seitenflächen geschliffen ist oder daß der Stahl nicht rechtwinklig zur Achse des Arbeitsstückes eingespannt wird. In den weitaus meisten Fällen wird der lang herausstehende und dadurch leicht federnde Abstechstahl durch die ungleichmäßige Oberfläche des rohen Materials gleich beim Einstich seitlich abgedrückt und bleibt bei einem starken Vorschub in der einmal vorgestochenen Bahn, wo er am wenigsten Widerstand findet, und verläuft dadurch. Es muß darum beim Einstich sehr vorsichtig zu Werke gegangen werden.

Da ein sehr schmaler Abstechstahl leicht verläuft, ein recht breiter andererseits zwecklos Material zerspannen würde, muß man darauf bedacht sein, die Breite des Stahles in einem richtigen Verhältnis zum Durchmesser des abzustechenden Materials zu bringen. Folgende Stahlbreiten und Höhen haben sich als zuverlässig erwiesen:

	3 mm breit,	20 mm hoch	für den Durchmesser bis	30 mm
4	„	25	„ „ „ „	von 30÷55
5	„	30	„ „ „ „	„ 55÷80
6	„	45	„ „ „ „	„ 80÷110
7	„	60	„ „ „ „	„ 110÷140
8	„	75	„ „ „ „	„ 140÷200

Besonders hohe Abstechstähle werden meist aus Maschinenstahl mit aufgeschweißtem Schnellstahl hergestellt (Fig. 125).

Material von kleinem Durchmesser sägt man auch auf Kaltsägemaschinen ab. Hierbei ist die zerspannte Menge geringer als auf Abstechmaschinen, da die Sägen schmaler gehalten werden können als Abstechstähle. Allerdings ist das Absägen zeitraubender als das Abstechen, ein Umstand, der bei Platzmangel zu berücksichtigen wäre. Ein Verlaufen des Werkzeuges, das bei einem Abstich mit dem Stahl auf Abstechmaschinen möglich ist, kommt beim Absägen bei scharfen Sägen kaum vor.



Fig. 125.

Unbedingt verwerflich ist das gewaltsame Abtrennen des Stahlstückes von der Stange, indem man die Stahlstange an einer Seite einkerbt und dann mit einem kräftigen Hammerschlag das Stück herunterschlägt. Wenn man schon in Ermangelung von Abstechmaschinen und Sägen oder der Eile halber mit Meißel und Hammer ein Stück von der Stange abtrennt, dann muß mindestens um das ganze Stück herum eingekerbt werden; auch sollte nur in warmem Zustande abgeschlagen werden. Das Abschlagen in kaltem Zustande hat leicht eine Beschädigung des Materials zur Folge, es entstehen starke Spannungen und auch Risse, die anfänglich kaum bemerkbar, sich bei der weiteren Bearbeitung, besonders bei der Härte, erweitern und das Stück unbrauchbar machen.

Zur Berechnung der Materialkosten des Fräasers muß natürlich zum Gewicht des abgestochenen Stückes das Material für den Abstich hinzugeschlagen werden.

Bei Bestimmung der Durchmesser des Rohmaterials ist zu berücksichtigen, daß die äußere Schicht des Stangenmaterials durch Feuerbehandlung im Walzwerk leicht entkohlt und oxydiert ist. Es empfiehlt sich daher, vom Außendurchmesser eher etwas mehr abzunehmen als zu wenig, um zu durchaus gesunder Schicht zu gelangen.

Folgende Zugaben im Durchmesser können als ausreichend bezeichnet werden:

bis	30	mm Durchmesser = 3 mm	von 80÷100 mm Durchmesser = 7 mm
von	30÷45	„ „ = 4 „	„ 100÷120 „ „ = 8 „
„	45÷60	„ „ = 5 „	„ 120÷160 „ „ = 9 „
„	60÷80	„ „ = 6 „	„ 160÷200 „ „ = 10 „

Werden Fräser mit großen Abmessungen notwendig, für die man nicht mehr passende handelsübliche Rohmaterialien beziehen kann, dann müssen die Rohstücke geschmiedet werden. Die Zugabe bei solchen Stücken muß schon aus vorerwähnten Gründen reichlich bemessen werden; dazu kommt noch, daß die Schmiedestücke, besonders bei Einzelanfertigung, nie sehr genau ausfallen. Daher muß man mit folgenden Zugaben rechnen:

bei Fräsern von 180÷230 mm Ø: im Ø mindestens 15, in der Länge mindestens 20 mm
 „ „ „ 235÷300 „ Ø: „ „ „ 20 „ „ „ „ 25 „

2. Bohren. Vom Präzisions-Werkzeug-Verband sind im Rahmen des NDI die Fräserbohrungen gemäß Tafel 4 und Fig. 126 genormt.

Das Bohren auf Revolverbank mit Spiralbohrern, wobei der Fräserkörper in einem zentrisch spannenden Dreibackenfutter eingespannt ist, ist die einfachste Art, vorausgesetzt natürlich, daß das Gewicht des zu bearbeitenden Stückes und seine Abmessungen diese Einspannung zulassen und die vorhandenen Spiralbohrer lang genug sind.

Bei größeren Körpern, oder wenn aus irgendwelchen Gründen eine Revolverbank nicht zur Verfügung steht, nimmt man am besten die Drehbank. Die Körper werden in der Universal-Planscheibe gespannt und mit einem Spitzbohrer, wenn die Länge eines normalen Spiralbohrers nicht ausreicht, vorgebohrt und mit der Bohrstanze auf Maß gebohrt.

Wenn bei der Drehbank zur Aufnahme der Bohrer, besonders der stärkeren, kein Spannfutter vorhanden ist, das in die Reistockpinole befestigt werden könnte, dann muß man den Spitzbohrer in den Support der Drehbank einspannen, wo man auch die Bohrstanze einspannen muß. Die Rohstücke für Fräser mit größerer Bohrung bohrt man aber vorteilhafter auf einer Senkrechtbohrmaschine oder auf einem Senkrechtbohrwerk (Chucking-Maschine) vor, da auf solchen Maschinen bei einem schweren Arbeitsstück eine größere Schnittgeschwindigkeit zulässig ist als auf der Drehbank.

Bohrungen bis 22 mm Durchmesser können vorteilhaft noch ohne Vorbohren mit Spiralbohrer hergestellt werden; bei größeren Bohrungen kommt man schneller zum Ziel, wenn man sie mit einem kleinen Bohrer vorbohrt und mit Spiralbohrern oder Spiralsenkern (Dreischneidern)

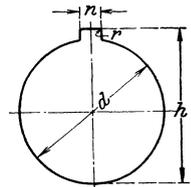


Fig. 126.

Zahlentafel 4.

d	h	n	r
8 mm	8,9 mm	2,05 mm	0,2 mm
10 „	11,5 „	3,05 „	0,3 „
13 „	14,6 „	3,05 „	0,4 „
16 mm	17,7 mm	4,08 mm	0,5 mm
19 „	21,1 „	5,08 „	0,5 „
22 mm	24,1 mm	6,08 mm	0,5 mm
27 „	29,8 „	7,1 „	0,8 „
32 mm	34,8 mm	8,1 mm	0,8 mm
40 „	43,5 „	10,1 „	1 „
50 „	53,5 „	12,1 „	1 „
60 „	64,25 „	14,1 „	1,25 „
70 mm	75 mm	16,1 mm	1,5 mm
80 „	85,5 „	18,1 „	2,5 „
100 „	107 „	24,15 „	2 „

Anmerkung: 19 mm ist möglichst zu vermeiden.

oder Aufstecksenkern (Vierschneider) aufbohrt¹⁾. Ein schwächerer Bohrer mit dünner Seele (Querschneide) dringt leichter in das volle Material ein als ein solcher mit starker, und ein vorgebohrtes Loch gestattet einen größeren Vorschub beim Aufbohren als ein nicht vorgebohrtes.

Da die Bohrungen der Fräser nach dem Härten geschliffen werden müssen, werden sie beim Bohren entsprechend enger gehalten. Während man die Untermaße für die Bohrwerkzeuge zum Reiben nach den vom Normen-Ausschuß unter „Werkzeuge für die Lochbearbeitung“ vorgeschlagenen Abmessungen bestimmen kann, muß man bei Bestimmung der Untermaße der Reibahlen, d. h. also der geriebenen Bohrung vor dem Härten, auf die Veränderung der Fräserbohrung nach dem Härten Rücksicht nehmen und sie so festlegen, daß nicht zuviel Material beim Fertigschleifen herauszunehmen bleibt.

Die Veränderung der Fräserbohrung beim Härten ist unbestimmt, die verschiedensten Faktoren wirken darauf ein: die Beschaffenheit des Materials selbst, die Fräserabmessungen und die Behandlung des Fräasers beim Härten. Bei Werkzeugstahl tritt im allgemeinen eine Verengerung der Bohrung ein. Anders verhält sich Schnellstahl: entweder bleibt die Bohrung wie sie war, oder sie wird größer. Um auf alle Fälle eine einwandfreie Bohrung zu sichern, die besonders bei Formfräsern unbedingt notwendig ist, sind folgende Erfahrungswerte für die Bohrung vor dem Härten zu empfehlen:

Zahlentafel 5.

Alle Werte in mm.

Für Schnellstahl:			Für Werkzeugstahl:		
Bohrung \varnothing	min.	max.	Bohrung \varnothing	min.	max.
8	— 0,13	— 0,09	8	— 0,08	— 0,04
10	— 0,13	— 0,09	10	— 0,08	— 0,04
13	— 0,13	— 0,09	13	— 0,09	— 0,05
16	— 0,15	— 0,11	16	— 0,10	— 0,06
19	— 0,16	— 0,12	19	— 0,10	— 0,07
22	— 0,18	— 0,14	22	— 0,12	— 0,08
27	— 0,20	— 0,16	27	— 0,14	— 0,10
32	— 0,23	— 0,18	32	— 0,17	— 0,12
40	— 0,26	— 0,21	40	— 0,20	— 0,15
50	— 0,28	— 0,23	50	— 0,22	— 0,17
60	— 0,29	— 0,24	60	— 0,23	— 0,18
70	— 0,37	— 0,32	70	— 0,30	— 0,25
80	— 0,44	— 0,38	80	— 0,35	— 0,30
100	— 0,50	— 0,45	100	— 0,40	— 0,35

Alle Fräserbohrungen von etwa 15 mm Breite an werden ausgespart (Fig. 127), um das Schleifen der Bohrung zu erleichtern und um, besonders bei breiten und massigen Fräsern, der Ausdehnung des Fräsermaterials Rechnung zu tragen, die infolge der Erwärmung beim Fräsen eintritt. Allgemein genügt für die Länge der Aussparung die halbe Bohrungslänge. Man achte wegen der Gefahr des Zerspringens beim Härten streng darauf, daß die Aussparung abgerundet ausläuft. Der Durchmesser der Aussparung kann bei Bohrungen bis 27 mm $\varnothing = B + 0,6$ mm und bei darüberliegenden Bohrungen $= B + 1$ mm betragen. Die Lehre Fig. 128 dient zur Kontrolle des Durchmessers der Aussparung in der Bohrung.

3. Drehen. Soweit Fräser eine Bohrung haben, werden sie meistens auf einfachen Drehdornen zwischen Spitzen gedreht. Bei Massenanfertigung be-

¹⁾ s. Hefte u. dieser Sammlung: Bohren, Reiben u. Senken.

nutzt man naturgemäß Revolverdrehbänke und Halbautomaten und arbeitet, wenn möglich, von der Stange. Bei Einzelanfertigung dagegen muß der Drehstahl nach den Formen des Fräasers umgespannt oder gegen andere Formstähle ausgewechselt werden.

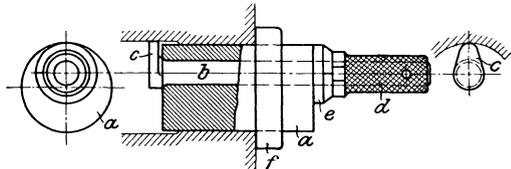
Drehen zwischen Spitzen.
Die Drehdorne (Fig. 129) zum Aufspannen der Fräser müssen etwas verjüngt gehalten sein, und zwar so viel, daß sie für alle innerhalb der Toleranzen liegenden, geriebenen Bohrungen passen. Die Dorndurchmesser müssen dann bei den vorerwähnten Toleranzen der Fräserbohrungen die Abmaße der Zahlentafel 6 erhalten.

Der stärkste Durchmesser D des Drehornes muß das mögliche Größtmaß der Bohrung ein wenig überschreiten, um für jeden Fall den Festsitz des Fräasers noch zu sichern. Beim Eintreiben des Dornes in die Bohrung kann diese nämlich etwas aufgetrieben werden, wodurch dann leicht die Grenze erreicht werden kann, um so eher, je schmaler der Fräser ist. Entsprechend muß Durchmesser d des Dornes etwas kleiner sein als die mögliche kleinste Fräserbohrung, um auf jeden Fall das Einführen des Dornes in die Bohrung zu ermöglichen.

Drehdorne mit einem größeren Schlag als 0,1 mm verwende man nicht, da die meisten spitzzahnigen Fräser nur mit einer Zugabe von $0,2 \div 0,3$ mm (für das Fertigschleifen) auf Maß gedreht werden, und man sonst Gefahr

läuft, die vorgeschriebenen Maße nicht einhalten zu können. Das Eintreiben und Austreiben des Drehornes kann auf einem Stauchklotz (Fig. 130) mit Hand geschehen, indem man den Drehdorn mit aufgestecktem Fräser auf den Weichmetallblock (oben links) aufstößt; oder aber man treibt den Dorn mittels Blei- oder Kupferhammers in die Bohrung des Fräasers, der dabei auf den Schenkel des Stauchklotzes aufliegt.

Die erste Art, den Dorn durch Aufstoßen zu befestigen, ist wohl bei einem Fräser von geringem Gewicht ohne Bedenken, er



a. Führungsbuchse. d. Griff.
b. Bolzen. e. Indexscheibe.
c. Meßfinger. f. Anschlagring.

Fig. 128.

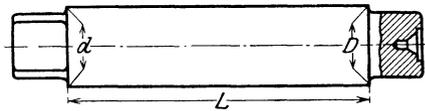


Fig. 129.

Zahlentafel 6.

d_1 und D_1 gelten für Schnellstahl-Fräser,
 d_2 „ D_2 „ „ „ Werkzeugstahl-Fräser.

Fräserbohrung mm	Dorn				
	L mm	$d_1 \varnothing$ mm	$D_1 \varnothing$ mm	$d_2 \varnothing$ mm	$D_2 \varnothing$ mm
8	70	7,86	7,92	7,91	7,97
10	75	9,86	9,92	9,91	9,97
13	90	12,86	12,92	12,90	19,96
16	100	15,84	15,9	15,89	15,95
19	105	18,83	18,89	18,89	18,96
22	115	21,81	21,88	21,87	21,94
27	135	26,79	26,86	26,85	26,92
32	155	31,76	31,84	31,82	31,9
40	185	39,73	39,81	39,79	39,87
50	225	49,71	49,8	49,77	49,86
60	240	59,7	59,79	59,76	59,85
70	265	69,62	69,72	69,69	69,78
80	275	79,55	79,65	79,64	79,73
100	320	99,49	99,58	99,59	99,68

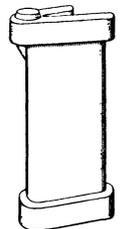


Fig. 130.

wird dabei noch genügend fest. Bei schweren Fräsern muß dagegen der Dorn durch den Hammer eingetrieben werden. Diese Art der Befestigung ist aber nicht unbedenklich: sie erfordert eine große Geschicklichkeit des Arbeiters beim Schlagen, denn der Schlag muß zentrisch auf den Dorn und senkrecht auf den Fräser kommen, da der Dorn bei schiefen Schlägen und bei schmalen Fräsern sonst schief in den Fräser hineingetrieben wird und auch krumm werden kann. Das Herausbringen des Dornes aus dem fertig gedrehten Fräser erfordert wiederum glatte, saubere Auflagefläche am Klotz; die sind aber beim Hineinschlagen des Dornes durch rauhe unbearbeitete Flächen des Fräser uneben geworden, so daß hinterher die bearbeitete Fläche des Fräser leicht beschädigt wird. Auch gibt es Fräser, die ein derartiges Entfernen des Dornes überhaupt nicht zulassen.

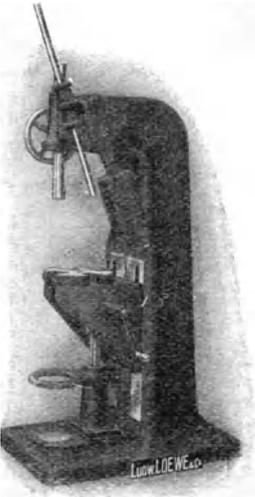


Fig. 131.

Alle Übelstände fallen beim Verwenden einer Dornpresse (Fig. 131) fort. Das Aus- und Einpressen geschieht durch einen Preßstempel, der durch Handhebel, Trieb- und Zahnstange bewegt wird. Der Drehdorn wird durch den Preßstempel allmählich in die Bohrung hineingepreßt, und da der Preßstempel genau senkrecht zur Aufnahmefläche steht, ist ein Schief-

hineindrücken des Dornes nahezu unmöglich, und eine Beschädigung des Dornes und des fertig bearbeiteten Fräser ausgeschlossen.

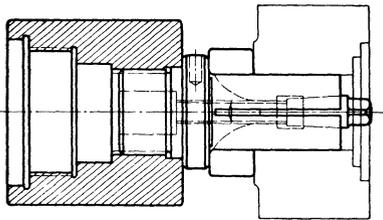


Fig. 132.

Unbedingt nötig ist es, daß der Dorn, bevor er in die Bohrung, sei es auf mechanischem Wege, sei es von Hand, eingepreßt wird, gut eingefettet wird, damit er sich nicht in die Bohrung festfrißt und sie beschädigt.

Schnell und bequem ist der Fräser auf- und abzuspinnen mit dem fliegenden auswechselbaren Spreitz- oder expandierenden Dorne (Fig. 132), soweit die Abmessungen

der Fräser die Benutzung solcher, in ihren Längenabmessungen beschränkter Dorne zulassen. Auch die verstellbaren Drehdorne (Fig. 133) haben diese Vorzüge. Sie bestehen aus dem inneren kegeligen Dorn, der gehärtet und geschliffen ist, und den äußeren federnden Buchsen, die den verschiedenen Bohrungen der Fräser entsprechen. Die vordere Mutter dient zur Befestigung, die hintere zum Lösen des Arbeitsstückes.

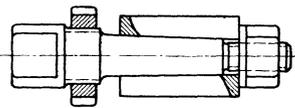


Fig. 133.

Handelt es sich um Fräser mit geradlinigen Profilformen, wie Walzenfräser, Walzenstirnfräser, Winkelfräser, Scheiben- und Nutenfräser, genügen

zum Herstellen und Messen die allgemeinen Werkzeuge: Drehstähle, Schublehre, Mikrometer, Schmiege, Gradmesser usw. Sollen aber Fräser angefertigt werden, deren Formen ungerade Linien sind und die Spitzzähne, d. h. gefräste Zähne, erhalten müssen, wie z. B. Fig. 134, weil der Fräserdurchmesser zu gering ist, als daß hinterdrehte Zähne möglich wären oder weil sie aus anderen Gründen nicht erwünscht sind, dann geht es ohne besondere Hilfsmittel nicht ab.

Auskurbeln. Das Anarbeiten der Formen durch Hand mit Drehstuhl und Feile erfordert äußerst geübte Dreher, da gewöhnlichem Werkzeugstahl und noch mehr Schnellstahl so schwer beizukommen ist. Die Oberfläche muß bei solchen

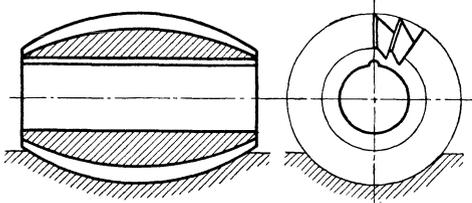


Fig. 134.

spitzgezahnten Formfräsern sauber hergestellt werden und genau nach Lehre passen, da die Zähne solcher Fräser nahezu scharf ausgefräst werden und die Fase (der Schnitt) nach dem Härten nur noch mit dem Ölstein angewetzt wird. Das Schleifen der Fase würde eine sehr komplizierte und teure Schleifvorrichtung erfordern, deren Anschaffung sich nur bei Massenfertigung solcher Fräser lohnen würde.

Kopieren. Will man die Handarbeit bei der Herstellung solcher Fräser umgehen, und ist damit zu rechnen, daß das gleiche Profil häufiger herzustellen ist, dann lohnt es sich, eine Drehbank mit Kegelschiene zu benutzen. Man schraubt zu diesem Zweck auf die Kegelschienen zwei Kopierleisten mit Formen entsprechend dem Fräserprofil auf und läßt zwischen den Kopierleisten eine Kopierrolle laufen, die durch den am Quersupport angeschraubten Arm gehalten wird (Fig. 136). Entfernt man nun die Gewindespindel aus dem Quersupport, dann wird dieser bei der Längsbewegung des Bettschlittens durch die zwangläufig geführte Rolle entsprechend den Formen der Kopierleisten hin und her bewegt und mit ihm der Obersupport und der Drehstuhl. Wählt man nun beim Schlichten einen geringen Vorschub, dann erhält man eine sehr saubere Oberfläche, die ein Nachschleifen nicht erfordert. Der obere Support muß während dieser Dreharbeit festgezogen werden.

Die Formen der Kopierleisten (Fig. 135) müssen bei diesem Kopierverfahren etwas anders sein, wie z. B. beim Kopierfräsen (Fig. 137). Bei diesem ist der Kopierstiftdurchmesser gleich dem Durchmesser des Kopierfräasers, und der Kopierstift läßt sich auch, wenn der Fräser durch Schärfen im Durchmesser kleiner wird, durch seinen Kegel immer so einstellen, daß das alte

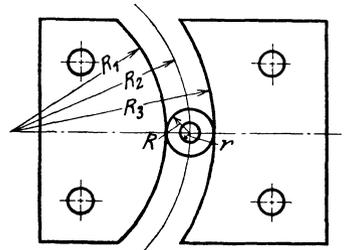


Fig. 135.

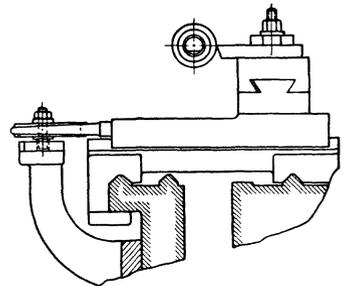


Fig. 136.

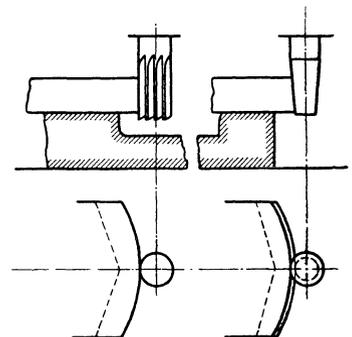


Fig. 137.

Verhältnis gewahrt bleibt. Außerdem ist auf der Kopierfräsmaschine auch die Bedingung erfüllt, daß die Arbeitseite des Fräfers der des Kopierstiftes entspricht. Die Folge ist, daß bei diesen Verhältnissen der Fräser die gleiche Form am Arbeitsstück erzeugt, die die Kopierschablone hat.

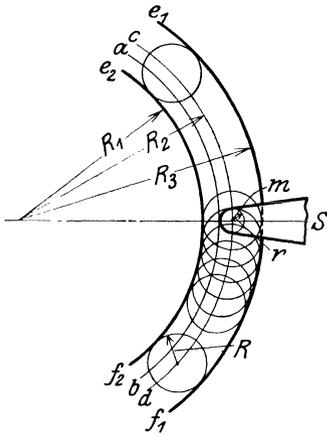


Fig. 138.

Beim Kopieren auf der Drehbank ändern sich die Formenverhältnisse dadurch, daß die Schneide am Drehstahl einen kleineren Durchmesser haben muß als die Kopierrolle. Soll z. B. das Profil des Fräasers (Fig. 134) auf der Drehbank kopiert werden, dann muß beim Aufreißen der Form auf die Kopierleiste in folgender Weise vorgegangen werden:

In Fig. 138 stelle die Kurve $a-b$ die Profilform des Fräasers dar. Die halbrunde Schneidkante des Drehstahles S mit Radius r und Mittelpunkt m berühre die Kurve $a-b$. Gleitet sie nun $a-b$ entlang, dann beschreibt m eine Kurve $c-d$, die der Kurve $a-b$ „äquidistant“ ist, d. h. an jeder Stelle um r von ihr entfernt liegt. Schlägt man nun um m mit dem Kopierrollenhalbmesser R einen Kreis und läßt den Mittelpunkt dieses Kreises sich auf der Kurve $c-d$ fortbewegen, dann beschreibt der Durchmesser des Kreises die zwei Kurven e_1-f_1 und e_2-f_2 , die gleichfalls zu $a-b$ äquidistant sind. Diese beiden Kurven ergeben dann die Formen für die Kopierleisten. In unserem Beispiel, in dem die Form der Kurve ein Radius ist, könnte man die für die Kopierleisten notwendigen Radien R_1 und R_2 leicht auch rechnerisch feststellen.

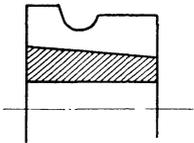


Fig. 139.

Es läßt sich naturgemäß nicht jede Form in der vorherbeschriebenen Weise kopieren. Fräser, deren Formen scharfkantige oder stark ansteigende Konturen aufweisen, wie Fig. 139, sind dafür nicht geeignet.

Auch bei Fräsern wie Fig. 140, an deren Stirnseite die Formen angearbeitet werden sollen, wobei aber das vorherbeschriebene mechanische Kopieren wegen

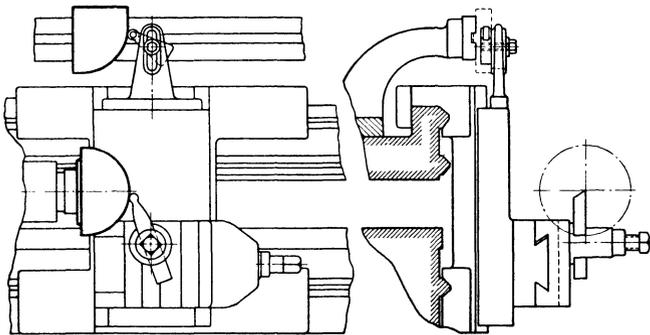


Fig. 140.

der steil ansteigenden Form nicht möglich ist, kann man sich Formstücke auf die Schiene aufschrauben und sie beim Vorschuppen als Anhalt für die Form benutzen. Man kurbelt Quersupport und Längssupport von Hand und nimmt dabei vom Fräser so viel Material ab, bis die am Arm befindliche Rolle das aufgeschraubte Formstück berührt. So verhütet man, daß der Drehstahl an irgendeiner Stelle zu tief in das Material eindringt.

Drehen mit Formstahl. Spitzzahnige Formfräser mit nicht zu breiten Abmessungen kann man auch mit einem Formstahl (Fig. 141) drehen, beson-

der steil ansteigenden Form nicht möglich ist, kann man sich Formstücke auf die Schiene aufschrauben und sie beim Vorschuppen als Anhalt für die Form benutzen. Man kurbelt Quersupport und Längssupport von Hand und nimmt dabei vom Fräser so viel Material ab, bis die am Arm befindliche Rolle das aufgeschraubte Formstück berührt. So verhütet man, daß der Drehstahl an irgendeiner Stelle zu tief in das Material eindringt.

Drehen mit Formstahl. Spitzzahnige Formfräser mit nicht zu breiten Abmessungen kann man auch mit einem Formstahl (Fig. 141) drehen, beson-

ders wenn sie aus gewöhnlichem Werkzeugstahl bestehen. Schnellstahl läßt sich so weniger gut behandeln; seine Oberfläche reißt stellenweise oft noch beim letzten und leichtesten Schabespan. Hat man es einmal mit einem besonders unangenehmen Material zu tun, dann kann man die vorgedrehte Form auch mit einer profilierten Schleifscheibe auf der Schleifmaschine fertig schleifen (Fig. 142). Voraussetzung ist hierbei, daß die Schleifscheibe breiter ist als der Fräser und daß ein auf die Schleifmaschine aufzusetzender Apparat zum Profilieren der Schleifscheiben vorhanden ist, so daß nur ein Kopierstück dazu anzufertigen wäre (*A* in Fig. 142).

Da zur Herstellung und zur Kontrolle der Formfräser eine Lehre mit Gegenlehre angefertigt werden muß, ganz gleich welchen Bearbeitungsweg man einschlägt, kann bei dem zuletzt beschriebenen Schleifen der Form das Kopierstück *A* (Fig. 142) zugleich als Gegenlehre dienen. Es muß aber, wie bei der Lehre, die hintere Kante parallel zur Fräserachse abgerichtet werden, damit die richtige Lage der Form an den Fräsern kontrolliert werden kann. Die Gegenlehre benutzt man zum Ausrichten des Formstahles, wenn mit diesem gearbeitet wird. Sie wird dazu mit der hinteren Kante an den Drehdorn gelegt und der Formstahl mit der Form in die Gegenlehre hineingeführt und dann festgezogen (Fig. 141).

Fräser wie Fig. 139, kann man auch mit profilierter Schleifscheibe nicht fertigstellen, da man ihr die nötige Form nicht geben kann. In solche Profile könnte man die spitzen Zähne aber auch nicht einfräsen, so daß das Fertigdrehen gar nichts nutzen würde. Es bleibt nichts übrig, als solche Fräser hinterdreht auszuführen.

4. Keil- oder Federnut stoßen. Einzelfräser. Die meisten Fräserbohrungen erhalten eine Nut zur sicheren Mitnahme des Fräsers auf dem umlaufenden Fräsdorn durch eine Feder. Schmale Fräser wie Schraubenschlitzfräser und solche mit kleinen Bohrungen, die nur sehr leichte Fräsarbeiten auszuführen haben, verwendet man vielfach auch ohne Feder, indem man die Sicherung des Fräsers auf dem Dorn lediglich der Reibung durch die Spannmutter oder Spannschraube überläßt.

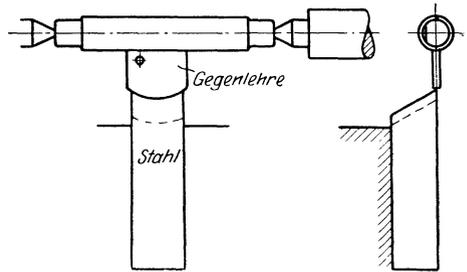


Fig. 141.

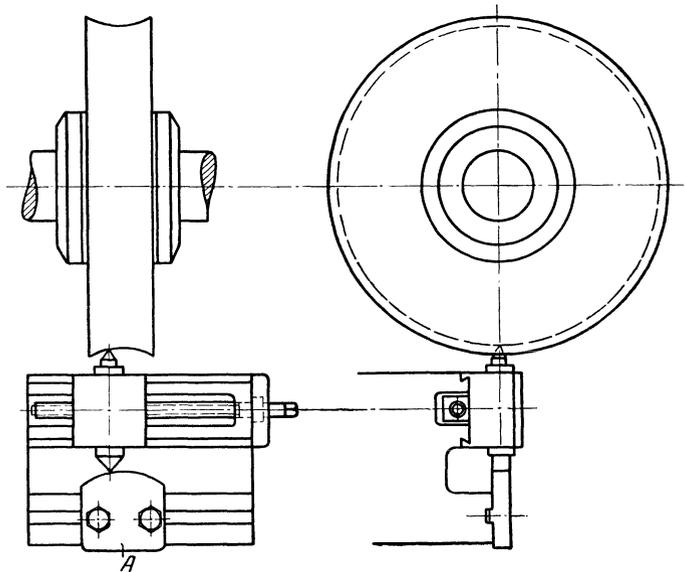


Fig. 142.

Breitere Fräser mit kleiner Bohrung und kleinem Durchmesser, bei denen die schwachen Wandungen eine Federnut in der Bohrung nicht zulassen, ver-

sieht man an den Stirnseiten mit Mitnehmer-schlitzten (Fig. 143) und läßt in diese einen Mitnehmer (Fig. 144) eingreifen, oder man läßt umgekehrt an den Stirnseiten des Fräfers einen Mitnehmerlappen stehen und arbeitet in den Bund des Dornes (Fig. 145) und in den Fräsdornring (Fig. 146) einen Schlitz ein.

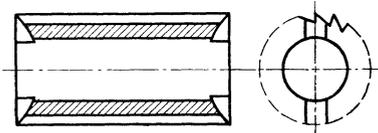


Fig. 143.

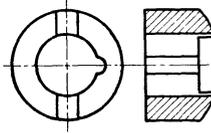


Fig. 144.

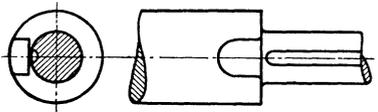


Fig. 145.

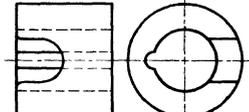


Fig. 146.

Die Nute wird mit dem Stoßstahl (Fig. 147÷148) auf senkrechter oder wa-

gerechter Stoßmaschine eingestoßen, wenn nicht Sondermaschinen (zum Einziehen) vorhanden sind. Ein prismatischer Anschlagwinkel α , aufgespannt auf den einmal auf Mitte eingestellten Tisch der senkrechten Stoßmaschine (Fig. 149), zentriert den Fräser so, daß die Federnut symmetrisch zur Bohrung wird. In Ermangelung einer senkrechten Stoßmaschine benutzt man

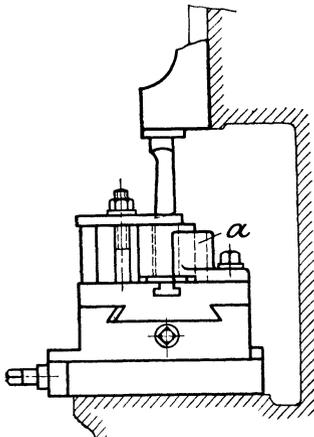


Fig. 149.

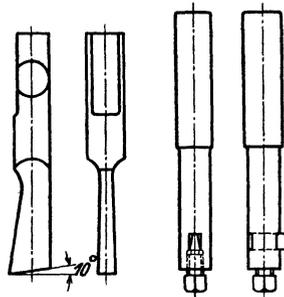


Fig. 147.

Fig. 148.

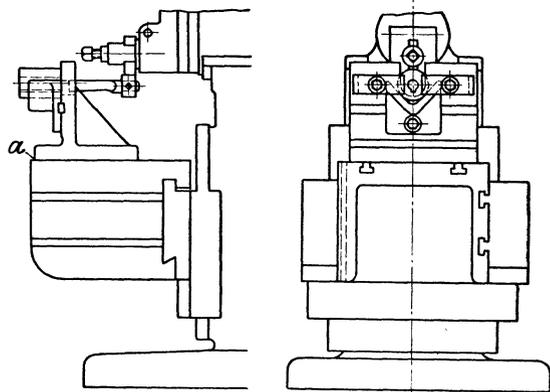


Fig. 150.

auch wohl eine wagerechte Maschine (Shaping Maschine Fig. 150). Hierbei muß man den prismatischen Anschlagwinkel an einen Aufspannwinkel befestigen, wodurch ein, wenn auch nicht vollwertiger, Ersatz für eine senkrechte Stoß-

maschine geschaffen ist. Das Kippmoment im Punkt *a*, das bei zu starkem Span Anlaß zu Erzittern geben könnte, fällt bei senkrechter Maschine fort.

Reichen Hub oder Abmessungen beider Arten Maschinen nicht aus, um besonders lange Bohrungen zu nuten, kann man auch die Hobelmaschine zu Hilfe nehmen (Fig. 151). Die hierzu erforderliche Messerstange, die am hinteren Ende im Stahlhalter der Hobelmaschine gehalten wird und sich mit dem vorderen Ende in einem auf den Tisch der Maschine aufmontierten Lagerbock hin und her schiebt, erhält ein mit Hand nachstellbares auswechselbares Messer *a* (Fig. 152), dessen Schneide je nach Bedarf halbrund oder eckig ist. Bei der senkrechten und wagenrechten Stoßmaschine kann man die Nuten während der Arbeit leicht messen, da das Werkstück vom Stoßstahl fortgekurbelt und die Nut so unmittelbar mit der Lehre revidiert werden kann. Auf der Hobelmaschine ist das nicht ohne weiteres möglich, da das Stoßwerkzeug durch die Bohrung geht; man muß sich hier mit der Vorkontrolle mit Federtaster behelfen, der nach den Gegenlehren eingestellt werden kann.

Die Lehren Fig. 153 u. 154 (mit Gegenlehren Fig. 155)

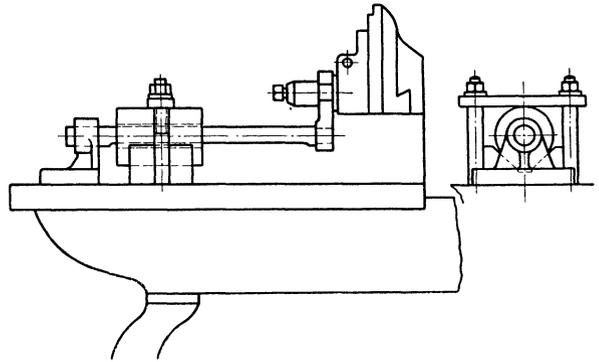


Fig. 151.

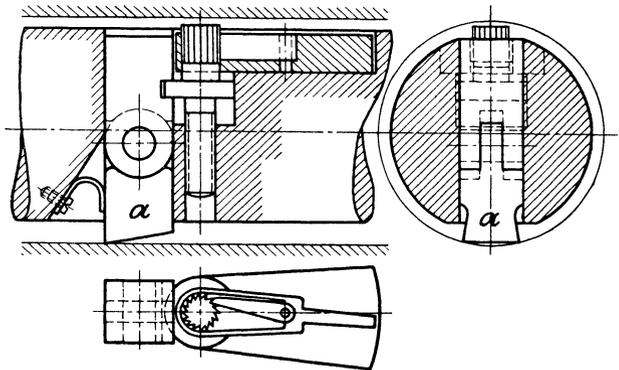
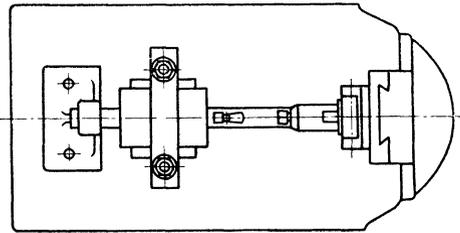


Fig. 152.

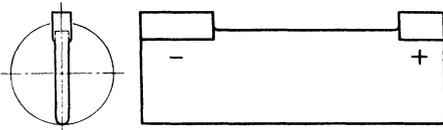


Fig. 153.

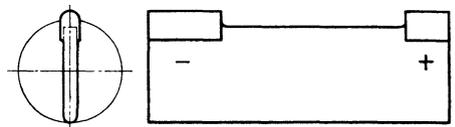


Fig. 154.

messen die Tiefe und Breite der Keilnuten, aber man hat doch keine Gewähr, daß die Nut auch symmetrisch zur Bohrung liegt. Fig. 156 zeigt eine Lehre, mit der die symmetrische Lage der Nut kontrolliert werden kann. Es kann nicht

genug Sorgfalt beim Einstoßen der Keilnute angewendet werden, da sonst die Schwierigkeiten, die man beim Einrichten eines aus mehreren Fräsern bestehenden Fräsersatzes hat, sehr groß sind; besonders erfordert dann das öftere Abnehmen der Fräser vom Fräsdorn zum Nacharbeiten, wenn der Probeschnitt ein noch nicht lehrhaltiges Arbeitsstück ergeben hat, viel Zeit.

Andererseits ist ein zu schwacher Federkeil, der sich in alle, auch in die nicht genau ausgeführten Nuten der Fräser hineinschieben läßt, eine Gefahr für die Nut des Fräsdornes. Der Keil wird besonders beim Anschnitt von den Fräsern mitgenommen und auf die Kante der Nut des Fräsdornes gedrückt, die dadurch beschädigt wird (Fig. 157).

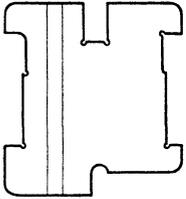


Fig. 155.

Die vom Normenausschuß festgelegten Abmessungen für Bohrung, Keilnute und Mitnehmer (DIN 138) sollten für jede Neuanfertigung von Fräsern maßgebend sein. Die Vorteile derartiger genormter Bohrungen und Nuten sind so groß, und die Gründe, die zu ihnen geführt haben, so einleuchtend, daß sich ihnen niemand entziehen kann. Die Abmessungen der Fräsdorne müssen natürlich den Normalmaßen der Fräserbohrungen entsprechen, und man sollte gegebenenfalls vor Neuanschaffungen von Fräsdornen nicht zurückschrecken.

Die Nut soll in der Fräserbohrung stets so liegen, daß der größtmögliche Abstand zwischen ihr und der nächstliegenden Zahnücke erreicht wird, da die

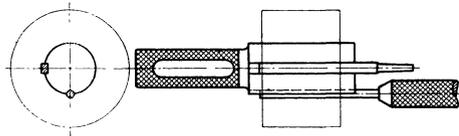


Fig. 156.

beim Härten entstehenden Spannungen den Fräser an den geschwächten Stellen leicht auseinandersprennen. Man achte auch darauf, daß bei rechteckigen Keilnuten die Ecken gut abgerundet werden, wie DIN 138 vorschreibt, da an scharfen Ecken durch die Kerbwirkung die Spannungen sehr groß werden.

Satzfräser. Satzfräser wie in Fig. 158 erhalten eine Schleif- und eine Fräsnut. Die Schleifnut dient, wie schon die Bezeichnung besagt, dazu, die Satzfräser zum Scharfschleifen auf dem Dorn auszurichten.

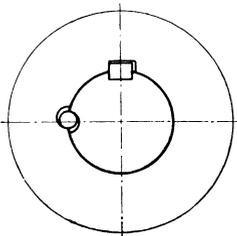


Fig. 157.

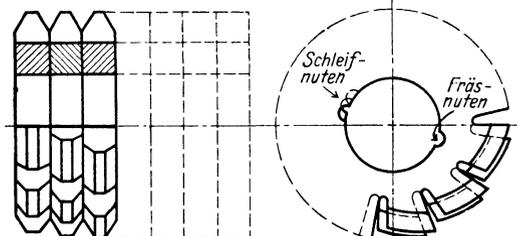


Fig. 158.

Im allgemeinen werden die Nuten unmittelbar nach dem Drehen eingestoßen, damit die Fräskörper beim nachfolgenden Fräsen und Hinderdrehen gesichert werden können. Bei Satzfräsern wie Fig. 158 stößt man die Schleifnuten jedoch besser erst nach dem Hinderdrehen ein.

Der Vorteil dieser Operationsfolge liegt darin, daß man die Satzfräser nach dem Hinderdrehen ohne Schwierigkeit auf genau gleiche Durchmesser bringen kann, indem man sie auf einen Dorn zusammenspannt und die äußeren Kanten der Fräser durch Rundschleifen solange mit der Schleifscheibe

anschleift, bis sich an allen Schnittkanten der Zähne eine Fase bildet. Nun schleift man die Zähne an der Zahnbrust soweit nach, daß an allen Zähnen die Fase verschwindet und eine scharfe Schneidkante entsteht. So erhält man im Durchmesser genau gleiche und rundlaufende Satzfräser. Jetzt kann man die Fräser mit einem Dorn und die Zähne mit einem an die Zahnbrust angelegten Lineal ausrichten und die Schleifnut einstoßen.

So genutete Satzfräser, durch die Schleifnut ausgerichtet auf einen Schleifdorn zusammen aufgespannt, werden beim Schärfen gleichmäßig angegriffen, sie verändern also gleichmäßig ihre Durchmesser. Das zeitraubende Messen der Fräserdurchmesser, das beim Schärfen der einzelnen Satzfräser notwendig ist, fällt bei Anordnung der Schleifnut fort.

Die Fräsnut kann dagegen erst dann eingearbeitet werden, wenn die Zahn-lücken eingefräst sind. Diese Nut muß so eingestoßen werden, daß die Stirnseite jedes Fräserzahnes stets gegen die seines benachbarten Fräasers etwas zurückliegt, so daß die Stirnflächen der Fräser im Satz eine Spiralfäche bilden¹⁾ (Fig. 158). Eine solche Anordnung der Zahn-lücken vermeidet das ruckweise Arbeiten und die Erschütterung, die beim gleichzeitigen Anschneiden aller Zähne auftreten. Man reißt die Nuten entweder an und stößt sie einzeln ein, oder man legt die Fräser alle übereinander, verteilt die Zahn-lücken dabei so, wie sie auf dem Fräsdorn sitzen sollen und stößt dann die Nuten ein.

So umständlich diese Verteilung der Zähne eines Satzfräasers auch sein mag, sie hat den Vorteil, daß die Schneidkanten dabei den günstigsten Schnittwinkel erhalten. Spannte man dagegen alle Fräserkörper eines Satzes auf einen Dorn und fräste dann die Zahn-lücken spiralig ein, so erhielte jeder Zahn rechts und links verschiedene Schnittwinkel, einen spitzen und einen stumpfen (Fig. 159). Stumpfwinklige Schneidkanten können aber nicht schneiden, sie drücken nur, erzeugen höchst unsaubere Flächen und nutzen sich naturgemäß leichter ab als die günstigen spitzwinkligen Schneidkanten.

5. Zähne fräsen. Wahl der Fräser. Die Zähne werden in spitzzahnige Fräser mit Winkelfräsern eingefräst. Für die Mantelfläche von Walzen- oder

Scheibenfräsern soll man doppel-seitige Winkelfräser (Fig. 160) benutzen, während für die Seitenzähne an Scheibenfräsern oder für die Zähne an winkligen Fräsern nur ein-seitig abgeschrägte Winkelfräser (Fig. 161) gebraucht werden können. Die doppel-seitigen sind bei geradnutigen Fräsern aus dem Grunde vorzuziehen, weil ihre Schneidkanten sich sofort nach getaner Schneidarbeit von der Arbeitsfläche abheben, sich also freischneiden, während bei den einseitigen sich die senkrecht zur Fräserachse stehenden Schneidkanten infolge ihrer kreisenden Bewegung durch Kreisbogen auf der Zahnbrust bemerkbar machen, die dann durch Nachschliff erst beseitigt werden müssen.

¹⁾ Was die Werkstatt „Spiralen“, „Spiralfächen“ usw. nennt, sind strenggenommen „Schraubenlinien“ oder „Schraubenflächen“.

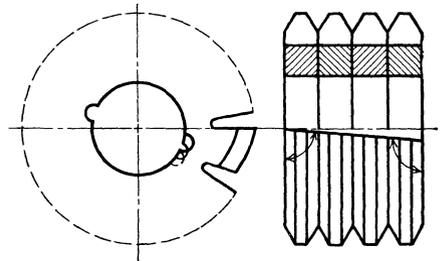


Fig. 159.

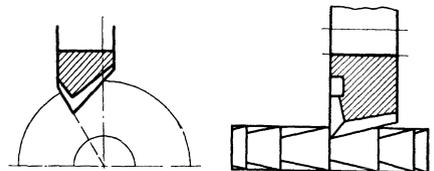


Fig. 160.

Fig. 161.

Die Seitenzähne an Scheibenfräsern und die Zähne an winkligen Fräsern können wegen ihrer Lage nur mit einseitig abgeschrägten Winkelfräsern (Fig. 161) eingearbeitet werden, und man muß, um dabei keine unsaubere Zahnbrust zu erhalten, für feste Aufspannung und für gut laufende Fräser sorgen. Bei spiralgezahnten Fräsern ist die Verwendung von doppel-

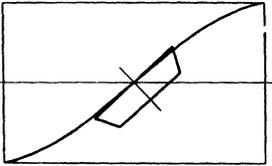


Fig. 162.



Fig. 163.

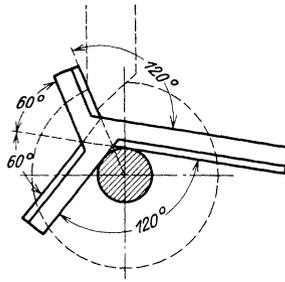


Fig. 164.

seitigen Winkelfräsern Bedingung, da die Zahnbrust eines spiraligen Zahnes eine gewundene Fläche ist, und ein einseitig abgeschrägter Fräser die Zahnbrust überschneiden würde (Fig. 162), so daß die Zahnbrust einen Schnittwinkel

bekäme, der zum Fräsen vollständig ungeeignet wäre (Fig. 163). Durch eine Lehre wie Fig. 164 wird der Arbeitfräser in die richtige Lage zum Arbeitsstück eingestellt.

Einstellung. Die Tiefe der Zahnbrücke richtet sich nach der Teilung und dem Winkel des Zahnes. Der Arbeitfräser wird zum Fräsen der Zahntiefe auf der Mantelfläche meist so eingestellt, daß man erst eine Zahnbrücke vorsichtig fräst und dann die danebenliegende Zahnbrücke so weit, daß die Anfänge eines Zahnes hervortreten. Daran kann man

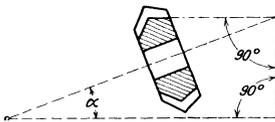


Fig. 165.

dann erkennen, ob der Arbeitfräser auf richtige Tiefe eingestellt wurde. Der voll angefräste Zahn muß an der Spitze eine Fase von etwa 0,2–0,3 mm haben. Ebenso muß verfahren werden, wenn die Zähne von winkligen Fräsern eingefräst werden sollen. Man braucht aber nur beim Fräsen der Zähne auf der ersten Seite des winkligen Fräsers so vorzugehen. Bei

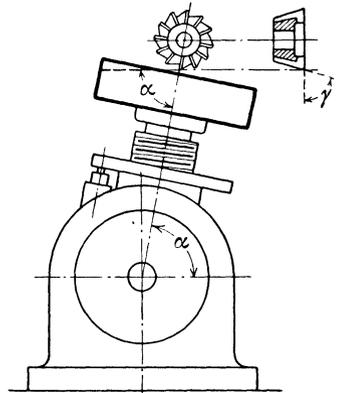


Fig. 166.

der zweiten Seite richtet man sich, wie man es auch beim Fräsen der Seitenzähne an Scheibenfräsern tut, nach den schon eingefrästen Zähnen. Man kann für die Seitenzähne der Scheibenfräser mit Hilfe der auf der Mantelfläche vorhandenen Zähne den Arbeitfräser gleich so tief einstellen, daß die erforderliche Fase beim Fräsen erreicht wird.

Da sich die Zahnbrücke bei Scheiben- und Winkelfräsern nach der Mitte des Fräsers zu in ihrer Breite und Tiefe verjüngen muß, damit eine gleichbreite

Fase entsteht, muß der Fräser so geneigt werden, daß der Grund der Zahnbrücke parallel zum Frästisch liegt (Fig. 165). Der Neigungswinkel α des Zahngrundes zur Fräserachse ist gleich dem Einstellwinkel, unter den die Fräserachse gegen die

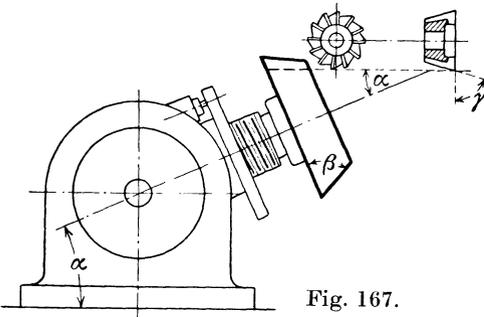


Fig. 167.

Zahlentafel 7.

Einstellwinkel α des Teilkopfes für Stirnzähne.

Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers				
	85°	80°	75°	70°	65°
10	86°	83°	79°	75°	70°
12	87°	84°	81°	78°	74°
14	88°	85°	83°	80°	77°
16	88°	86°	84°	81°	79°
18	88°	86°	84°	82°	80°
20	88°	87°	85°	83°	81°
22	89°	87°	86°	84°	82°
24	89°	87°	86°	84°	83°
26	89°	88°	86°	85°	83°
28	89°	88°	87°	85°	84°
30	89°	88°	87°	86°	84°
32	89°	88°	87°	86°	85°

Einstellwinkel α des Teilkopfes für Winkelfräser $\beta = 50^\circ$.

Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers					
	90°	85°	80°	75°	70°	65°
10	34°	32°	30°	28°	26°	23°
12	36°	34°	33°	31°	29°	27°
14	37°	36°	34°	33°	31°	29°
16	38°	37°	35°	34°	32°	31°
18	38°	37°	36°	35°	34°	32°
20	39°	38°	37°	35°	34°	33°
22	39°	38°	37°	36°	35°	34°
24	39°	38°	37°	36°	36°	35°
26	39°	38°	38°	37°	36°	35°
28	39°	39°	38°	37°	36°	35°
30	39°	39°	38°	37°	37°	36°
32	39°	39°	38°	38°	37°	36°

Einstellwinkel α des Teilkopfes für Winkelfräser $\beta = 40^\circ$.

Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers					
	90°	85°	80°	75°	70°	65°
10	44°	41°	39°	36°	34°	30°
12	46°	44°	42°	40°	37°	35°
14	47°	45°	43°	42°	40°	38°
16	48°	46°	45°	43°	41°	40°
18	48°	47°	45°	44°	43°	41°
20	49°	47°	46°	45°	44°	42°
22	49°	48°	47°	45°	44°	43°
24	49°	48°	47°	46°	45°	44°
26	50°	49°	48°	47°	46°	45°
28	50°	49°	48°	47°	46°	45°
30	50°	49°	48°	47°	47°	45°
32	50°	49°	48°	47°	47°	46°

Einstellwinkel α des Teilkopfes für Winkelfräser $\beta = 60^\circ$.

Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers					
	90°	85°	80°	75°	70°	65°
10	25°	24°	22°	20°	19°	17°
12	27°	25°	24°	23°	21°	21°
14	27°	26°	25°	24°	23°	22°
16	28°	27°	26°	25°	24°	23°
18	28°	28°	27°	26°	25°	24°
20	29°	28°	27°	26°	26°	25°
22	29°	28°	28°	27°	26°	25°
24	29°	29°	28°	27°	26°	26°
26	29°	29°	28°	27°	27°	26°
28	29°	29°	28°	28°	27°	26°
30	29°	29°	28°	28°	27°	27°
32	30°	29°	29°	28°	27°	27°

Einstellwinkel α des Teilkopfes für Winkelfräser $\beta = 70^\circ$.

Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers					
	90°	85°	80°	75°	70°	65°
10	16°	15°	14°	13°	12°	11°
12	18°	17°	16°	15°	14°	13°
14	18°	17°	17°	16°	15°	14°
16	19°	18°	17°	17°	16°	15°
18	19°	18°	18°	17°	16°	16°
20	19°	19°	18°	17°	17°	16°
22	19°	19°	18°	18°	17°	17°
24	19°	19°	18°	18°	18°	17°
26	19°	19°	19°	18°	18°	17°
28	20°	19°	19°	18°	18°	17°
30	20°	19°	19°	19°	18°	18°
32	20°	19°	19°	19°	18°	18°

Einstellwinkel α des Teilkopfes für Winkelfräser $\beta = 80^\circ$.

Zähnezahl	Winkel γ des Arbeitfräasers					
	90°	85°	80°	75°	70°	65°
10	8°	8°	7°	7°	6°	5°
12	9°	8°	8°	7°	7°	6°
14	9°	9°	8°	8°	7°	7°
16	9°	9°	9°	8°	8°	7°
18	9°	9°	9°	9°	8°	8°
20	10°	9°	9°	9°	8°	8°
22	10°	9°	9°	9°	9°	8°
24	10°	9°	9°	9°	9°	8°
26	10°	10°	9°	9°	9°	9°
28	10°	10°	9°	9°	9°	9°
30	10°	10°	9°	9°	9°	9°
32	10°	10°	9°	9°	9°	9°

Tischfläche geneigt werden muß. Der Winkel α läßt sich aus dem Neigungswinkel β und der Zähnezahl des zu verzahnenden Fräasers zusammen mit dem Winkel γ des Arbeitfräasers errechnen (Fig. 166 u. 167). Da die Gleichung etwas umständlich ist, sei auf sie verzichtet, und es seien der Werkstatt in der Zahlentafel 7 (nach „Machinery“) die Werte von α für die meist vorkommenden Verhältnisse unmittelbar angegeben, abgerundet auf ganze Grade. Für Zwischenwerte von β

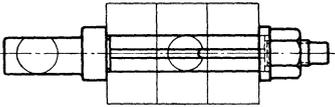


Fig. 168.

können mit genügend großer Annäherung entsprechende Zwischenwerte von α eingesetzt werden. Aufnahme. Zur Aufnahme der Fräser beim Fräsen dienen einfache Drehdorne, Aufspanndorne mit Spannmuttern (Fig. 168) und fliegende Dorne (Fig. 169). Die Drehdorne können, da sie verzünigt sind, nur ein Stück aufnehmen; auf den Aufspanndornen können dagegen mehrere Fräser zugleich aufgespannt werden, da sie lose aufgesteckt und mit der Spannmutter auf den Dorn festgezogen werden. Durch eine Nut im Schaft des Dornes und die Nut in der Fräserbohrung können die Fräser in einer bestimmten Lage gehalten werden. Beide Dorne werden zwischen den Spitzen des Teilkopfes und Reitstockes oder eines Spitzenapparates aufgenommen. Durch einen Mitnehmer wird der Dorn beim Umschalten oder beim Drehen, wenn spiralförmige Nuten gefräst werden sollen, mitgenommen.

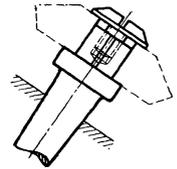


Fig. 169.

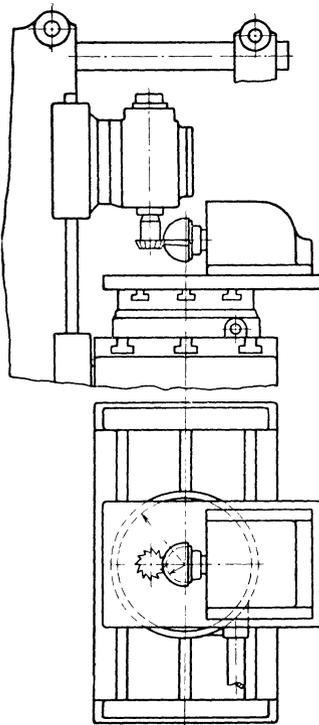


Fig. 170.

Fliegende Dorne, die in den Kegel der Teilkopfspindel gesteckt werden, dienen zur Aufnahme solcher Fräser, deren Stirnseite gezahnt werden soll, oder für winklige Fräser mit stark steigenden Kegelflächen. Eine Spannschraube hält den Fräser fest, und die Federnut sichert den Fräser gegen Veränderung seiner Lage beim Fräsen.

Soweit es sich um Fräser handelt, deren Zahnprofil und Zahngrund gerade Linien sind, genügen zur Aufnahme Teilkopf und Spitzenapparate, die unmittelbar auf den Frästisch aufgesetzt werden. Für Formfräser wie Fig. 23 u. 134, bei denen die äußere Form und darum auch der Zahngrund Kreisbogen sind, müssen Einrichtungen geschaffen werden, mit denen man die Kreisbewegung ausführen kann. Man verwendet zweckmäßig einen Rundsupport, auf den man den Teilkopf oder Teilapparat, der den Fräser hält, so spannt, daß der Mittelpunkt des Kreisbogens für den Zahngrund mit dem Mittelpunkt des Rundsupports zusammenfällt (Fig. 170 u. 171). Den senkrecht eingespannten Arbeit-

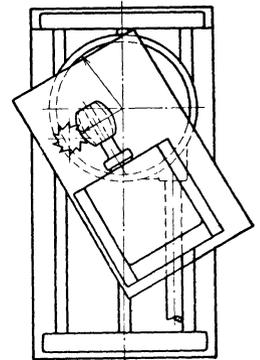


Fig. 171.

fräser stellt man nach dem Zahngrundkreis ein. Bei nicht genügend großem Durchmesser der Aufspannfläche des Rundsupports befestigt man eine Platte auf ihm, auf die man den Teilkopf oder Teilapparat aufschraubt.

Die geeignetste Fräsmaschine für solche Fräsarbeiten ist die Senkrechtfräsmaschine, da sich auf ihr durch den senkrecht sitzenden Arbeitfräser der zu verzahnende Fräser in einfachster Weise mit der immer vorhandenen Einrichtung aufspannen und bewegen läßt.

Um die wagerechte Fräsmaschine in gleicher Weise mit senkrechtem Arbeitfräser zu benutzen, muß man einen drehbaren Fräsapparat (Fig. 170) zu Hilfe nehmen, der auf die Prismenführung des Fräsmaschinenständers aufgespannt und von der Hauptarbeitsspindel der Fräsmaschine durch Kegel- und Stirnräder angetrieben wird.

6. Stempeln. Form der Bezeichnung. Wie die meisten Werkzeuge, so erhält zweckmäßig auch der Fräser allerlei Kennzeichen, die alles Nötige über ihn mitteilen, besonders den Ursprung, d. h. den Hersteller oder den Eigentümer, dann Angaben über die verwendete Stahlsorte und vielleicht über die Abmessungen.

Ursprungszeichen sind abgekürzte Firmenzeichen oder Schutzmarken. Bei Nachbestellung oder Reklamation kann man mit ihrer Hilfe jederzeit den Lieferanten feststellen. Ein mit dem Firmenzeichen des Inhabers versehenes Werkzeug schützt diesen bis zu einem gewissen Grade gegen Entwendung. Als Kennzeichen der Stahlsorte ist gewöhnlich ein Buchstabe gewählt, unter dem diese in den Listen des Herstellers geführt wird.

Nebenbei sei bemerkt, daß die Stangen der verschiedenen Stahlsorten zweckmäßig durch Farbenanstrich kenntlich gemacht werden, so daß man bis zum letzten Stück der Stange weiß, um was für eine Sorte es sich handelt. Die Erfahrungen, die man in bezug auf die Leistungen mit den einzelnen Stahlsorten gemacht hat, können nur ausgenutzt werden, wenn die Sorten bekannt sind; daher ist die Bezeichnung mit dem Materialzeichen unumgänglich notwendig.

Sollen verbrauchte Fräser aufgearbeitet werden, dann müssen sie ausgeglüht, nachgearbeitet und wieder gehärtet werden. Das Härten ist nur dann mit Erfolg möglich, wenn das Material und die dafür geltenden Härtevorschriften bekannt sind.

Ein Revisionsvermerk mit Angaben der Herstellungszeit erleichtert die Feststellungen, unter welchen Umständen der Fräser hergestellt wurde, und man kann sich gegebenenfalls das angewendete Verfahren wieder zunutze machen. Die einzelnen Jahrgänge können durch römische Zahlen oder besser durch Buchstaben angegeben werden, die Monate dagegen durch arabische Zahlen. Die Benutzung der Buchstaben läßt eine Zählperiode von 25 Jahren zu, für Werkzeuge eine ganz respektable Zeit.

Beginnt man zum Beispiel 1925 mit der Fabrikation, dann müßte das Werkzeug nach dem vorher Gesagten eine Stempelung etwa nach Fig. 172 tragen, in der RB das Material angibt und Rev. 2/A sagt, daß das Werkzeug revidiert, also fertiggestellt wurde im 2. Monat des Jahres A, das ist Februar 1925; 90 × 40 geben die Abmessungen an, und das Firmenzeichen weist den Hersteller oder Eigentümer des Werkzeuges aus. Wird ein Werkzeug für einen ganz bestimmten Zweck hergestellt, dann ist auch noch das Kennwort des Teiles oder die Nummer des Arbeitsganges (Fig. 173) aufzustempeln. Überhaupt müssen alle Werkzeuge in einem wohlorganisierten Betriebe mit laufenden Nummern versehen und in Listen geführt werden

Die Werkzeuge sind möglichst an solchen Stellen zu bezeichnen, die bei dem Fertigungs- und Aufmaß-Schleifen nach dem Härten von der Schleifscheibe nicht be-

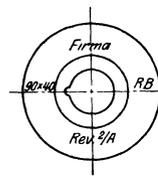


Fig. 172.

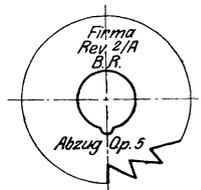


Fig. 173.

rührt werden, da man sonst Gefahr läuft, die Stempelung zum Teil oder auch ganz wieder abzuschleifen, und man gezwungen wäre, sie durch das immerhin teure und zeitraubende Ätzen nachzuarbeiten. Bei Konstruktion von Werkzeugen soll man, wenn möglich, solche Bezeichnungstellen vorsehen.

Ausführung. Die Bezeichnung geschieht je nach der Form des Werkzeuges auf die verschiedensten Arten. Das einfachste ist: Stempel mit dem Hammer einzuschlagen. Das erfordert große Geschicklichkeit, wenn die Stempelung sauber und ansehnlich sein soll. Man wendet dieses Verfahren daher nur bei einzelnen Stücken an oder bei Fräsern, deren Form bei maschineller Bezeichnung besondere Unterlagen erfordert oder deren Bezeichnungsfäche eine andere Art des Bezeichnens nicht zuläßt.

Der Verbrauch von Stempeln (Fig 174) ist verhältnismäßig groß, da sie durch den Schlag des Hammers stark beansprucht werden und bei nicht sachgemäßer Härte leicht auspringen und dadurch unbrauchbar werden. Aus gutem Stahl dunkelgelb angelassen, wird der Stempel sich nicht vorzeitig abnutzen und nicht ausbrechen.



Fig. 174.

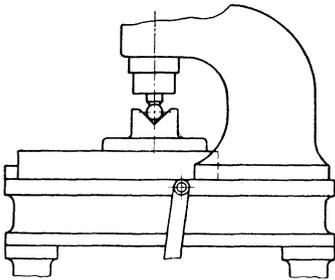


Fig. 175.

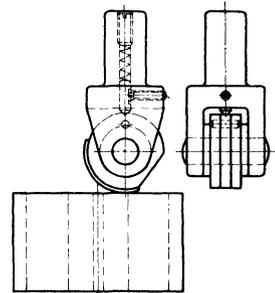
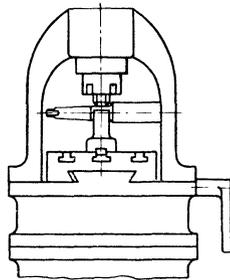


Fig. 176.

Sehr vorteilhaft sind die Bezeichnungsmaschinen (Fig. 175), besonders dann, wenn eine größere Anzahl Werkzeuge zu bezeichnen ist. Diese Maschinen walzen oder drücken die

Bezeichnungen ein, und die Stempelung fällt im allgemeinen sauberer und regelmäßiger aus als mit Hand.

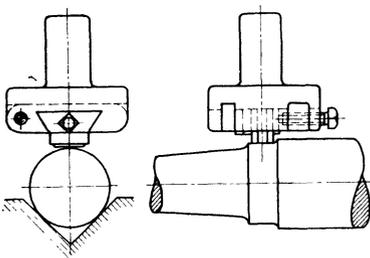


Fig. 177.

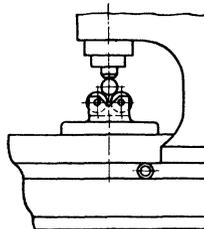


Fig. 178.

Bei flachen Gegenständen werden runde Stempelräder (Fig. 176) benutzt, die auf ihrer Mantelfläche die eingravierten Bezeichnungstypen, wie Firmen oder Fabrikmarken, tragen. Runde Stücke können dagegen nur mit flach gravierten Stempeln bezeichnet werden (Fig. 177). Die Werkzeuge werden je nach der Konstruktion der Maschine, entweder unter dem festgelagerten Stempel hinweggeführt, oder aber das Werkzeug steht fest und der Stempelhalter geht über es hinweg.

Runde Werkstücke, wie Schäfte von Fingerfräsern, müssen auf alle Fälle in Prismen (Fig. 177) oder besser in Rollen (Fig. 178) liegen, damit sie sich leicht um ihre Achse drehen, aber nicht fortrollen können.

Da die die Firma kennzeichnende Stempelung immer gleichbleibt, die für das Datum und das Material dagegen stets wechselt, empfiehlt es sich, die Stempel mehrteilig auszuführen so, daß zu dem festen Firmastempel der wechselnde hinzugesetzt wird. Auch aus wirtschaftlichen Gründen ist das zu empfehlen, weil dann im Falle eines Bruches nicht gleich der ganze Stempel wertlos ist, sondern der Stempel mit ausgebrochenem Buchstaben durch einen neuen ersetzt werden kann. Derartig zusammengesetzte Stempel müssen sehr sorgfältig hergestellt werden, die Durchmesser bei Stempelrädern und die Höhe bei flachen Stempeln, damit sie gleichmäßig tief stempeln.

In Gegenstände, für die das Einschlagen oder Eindringen der Bezeichnung schädlich sein könnte oder aus irgendwelchen technischen Gründen nicht zulässig ist, graviert man die Bezeichnung mit einer Maschine ein. Für Fräser kommt diese Art Bezeichnung jedoch kaum in Frage, da man sie ohne Bedenken in weichem Zustande stempeln kann.

Nur bereits gehärtete Fräser werden geätzt, z. B. sehr dünnwandige, wie Kreissägen, bei denen sich das Einschlagen oder Eindringen der Bezeichnung im weichen Zustande verbietet. Dazu bestreicht man diejenige Stelle, auf der die Bezeichnung angebracht werden soll, mit einem schnelltrocknenden säuresicheren Lack und schabt auf der Graviermaschine mit einem Stichel den aufgestrichenen Lack da ab, wo die Figuren oder Buchstaben erscheinen sollen. Beim Aufschaben wird der Antrieb der den Stichel haltenden Spindel ausgeschaltet. Auf die vom Lack befreiten Stellen wird nun mit einem Holzstab eine Mischung von Salpeter- und Salzsäure aufgeträufelt,

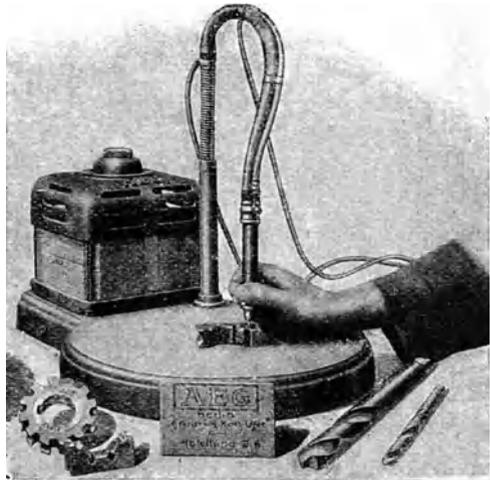


Fig. 179.

die sich in das Material hineinfrißt. Man läßt sie etwa 4-5 Minuten wirken und entfernt dann sie und den aufgestrichenen Lack mit einem mit Petroleum getränkten Lappen. Man wischt die geätzten Stellen sehr sauber mit Petroleum aus, damit Säurerückstände nicht weiterwirken können. Am sichersten schützt man die geätzte Bezeichnung gegen die schädliche Nachwirkung, wenn man das Werkzeug in eine Natronlauge taucht, die die Wirkung der Säure aufhebt. Diese Lauge wasche man wiederum mit Wasser oder besser mit Sodawasser ab und wische das Werkzeug mit Petroleum ab, damit es nicht rostet.

Man achte darauf, daß der aufgestrichene Lack nicht zu trocken und daher brüchig wird, da er sonst beim Einzeichnen an den Rändern der Figuren leicht ausbricht, so daß sich Zeichen mit unscharfen Rändern ergeben; denn die Säure greift jede nicht geschützte Stelle an.

Ist ein einzelnes Stück zu bezeichnen, dann kann eine geübte Hand die Bezeichnung wohl in den aufgestrichenen Lack einzeichnen. Legt man aber besonderen Wert auf gutes Aussehen, dann muß man sich wie beim Gravieren eine Kopierschablone zusammenstellen und sie mechanisch übertragen.

Auch den elektrischen Strom hat man sich zum Bezeichnen dienstbar gemacht. Man benutzt hier den Umstand, daß beim Berühren zweier elektrischer

Leiter an den Kontaktstellen Metallteilchen herausgeschmolzen werden. Fig. 179 ist ein solcher elektrischer Apparat, mit dem man durch Handgriff und Schreibstift freihändig oder mit Schablone, die Bezeichnung einarbeiten kann. Durch Regulierung der Stromstärke kann man die Schrift verschieden tief einbrennen.

Herstellung der hinterdrehten Fräser.

1. Vorarbeiten zum Hinterdrehen. Die Bearbeitung der hinterdrehten Fräser ist bis zum Hinterdrehen grundsätzlich die gleiche wie bei den spitzzahnigen Fräsern, doch muß man bei den hinterdrehten Fräsern ungleich sorgfältiger bei den Voroperationen vorgehen als bei den spitzzahnigen. Die Bohrung muß unbedingt sauber und genau sein, damit der Fräser bei jeder neuen Aufspannung rund läuft. Der Drehdorn, auf den der Fräser gedreht wird, darf keinen Schlag haben. Die Naben- oder Seitenflächen der Fräser müssen genau parallel zueinander und senkrecht zur Bohrungsachse sein. Beim Fräsen muß der Fräser unrückbar fest aufgespannt werden, damit er sich auf dem Dorn nicht verdrehen kann, was bei dem oft tiefen Zahn und darum schweren Schnitt leicht vorkommen

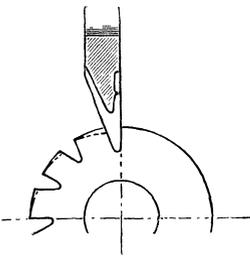


Fig. 180.

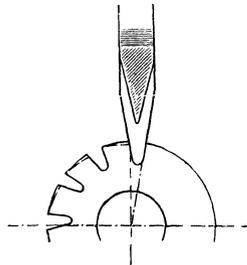


Fig. 181.

kann. Die Folgen einer Verdrehung sind ungleiche Zahnteilungen und schlagende Zähne, die man dann nur durch Nachschleifen der Brustflächen der Zähne beseitigen kann, was wiederum einen zwecklosen und vorzeitigen Verbrauch der Zähne mit sich bringt.

Man benutze darum, wenn irgend möglich, den Aufspanndorn mit Federnut (Fig. 168, S. 53) und sichere den Fräser gegen Verdrehung

durch Federkeil. Die Zahnluken der hinterdrehten Fräser werden mit Fräsern nach Fig. 180 u. 181 eingearbeitet, und zwar dient Fig. 180 nur für gerade Zähne, während man Fig. 181 für gerade und spiralförmige Zähne benutzen kann. Der Flankenwinkel der Fräser liegt zwischen 18° und 22° ; in den meisten Fällen genügt 18° . Richtig eingestellt werden die Fräser in der üblichen Weise mit dem bekannten Einstellwinkel (Fig. 164, S. 52).

Vor dem Hinterdrehen müssen Bohrung sowohl wie Seitenflächen des Fräsers leicht übergeschliffen werden, damit das durch die vorhergegangene Stempelung herausgetriebene und hervorstehende Material keine Ursache zu einem seitlichen Schlag des Fräsers geben kann. Durch dieses Schleifen wird auch der beim Nutenstoßen an der Auslaufseite der Nut entstehende Grat beseitigt.

Jede geringste Nachlässigkeit bei den Voroperationen rächt sich dadurch, daß man zum Schluß einen in seiner Form schlagenden Fräser erhält, was ein vollständiges Nacharbeiten notwendig macht. Eine Revision des Fräsers nach jeder Operation sollte darum eine Selbstverständlichkeit sein.

2. Das Hinterdrehen. Zum Hinterdrehen wird der Fräser auf einen Aufspanndorn (Fig. 182) gespannt.

Arten des Hinterdrehens. Um dem Fräser auf der Hinterdrehbank die gewünschte Form zu geben, hat man zwei Möglichkeiten: Man kann ihn mit einem Formstahl hinterdrehen, der genau das Profil des Fräsers hat, oder man kann die Form auch in mehreren Hinterdrehstufen mit verschiedenen Hinterdrehstählen einarbeiten.

Den ersten Weg schlägt man dann ein, wenn sich die Anfertigung eines Formstahles durch mehrere oder immer wiederkehrende Fräser lohnt. Man hat dabei den Vorteil, ohne Schwierigkeiten vollständig gleichmäßige Fräser herstellen zu können. Das ist besonders wichtig bei breiten Formfräsern, die man des leichteren Schneidens wegen mit Spiralzähnen versehen muß. Hinterdrehbänke mit automatischer Spanzustellung vergrößern dann noch den Vorteil.

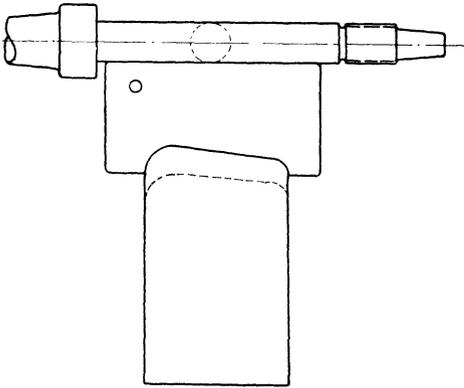


Fig. 182.

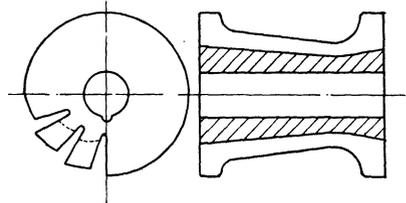


Fig. 183.

Den zweiten Weg wählt man nur dann, wenn kein zweiter Fräser hergestellt zu werden braucht und man darum den teuren Hinterdrehstahl sparen will, oder wenn die Formen des Fräasers derart sind, daß man sie mit Hilfe von vorhandenen Formstählen nach und nach einarbeiten kann. Man kann

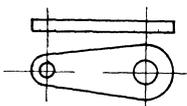


Fig. 184.

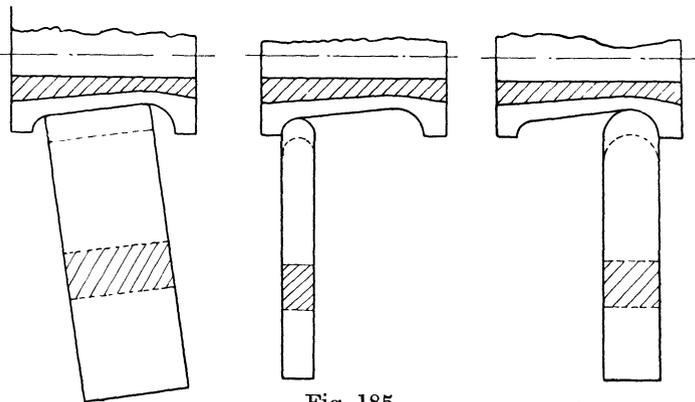


Fig. 185.

z. B. bei einem Fräser mit geraden Nuten (Fig. 183) (der für eine Hebelform, wie Fig. 184, benötigt wird), die Form in der in Fig. 185 dargestellten Weise einarbeiten, um den Hinterdrehstahl mit ganzer Form (Fig. 186) zu umgehen.

Diese Herstellungsweise bedingt wohl etwas höhere Löhne, ist aber im ganzen doch billiger, wenn der Hinterdreher beim Fertighinterdrehen gut aufmerkt, so daß er zuletzt die Formen nicht mehr angreifen und die bereits fertiggestellten Stellen nicht nochmals nacharbeiten muß.

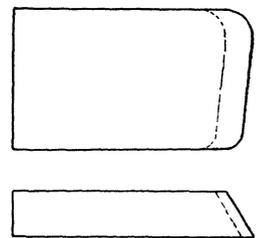


Fig. 186.

Ein etwas anderes Verfahren ist für breite Gewindefräser üblich. Während schmale geradnutige Gewindefräser mit einem genügend breiten Hinterdrehstahl mit einmahl hinterdreht werden, hinterdreht man Fräser breiter als etwa 35 mm

in mehreren Arbeitsgängen (Fig. 187), da man den Hinterdrehstahl nicht gern breiter als 40 mm macht mit Rücksicht auf die Teilungsänderungen beim Härten.

Spiralgenutete Gewindefräser werden, da die Herstellung eines breiten Hinterdrehstahles zu teuer würde, nur mit einem einzahnigen Stahl hinterdreht. Man muß dann bei jedem Gewindegang den Support der Steigung entsprechend weiter bewegen und den Gewindefräser der Steigung der Spirale von Gang zu Gang entsprechend etwas drehen. Damit der Fräser ein Profil erhält, das beim Fräsen ein richtiges Gewinde gibt, soweit das beim spiralgenuteten Gewindefräser überhaupt möglich ist, muß man den Hinterdrehstahl an das Profil der Schnittspirale anpassen, das entsteht, wenn man mit einem genau richtigen Gewindestahl die Rillen in den Fräser eindreht.

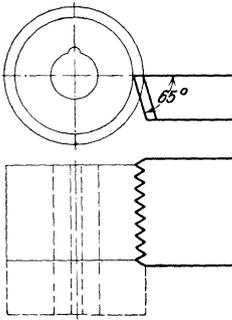


Fig. 187.

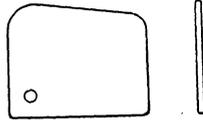


Fig. 188.

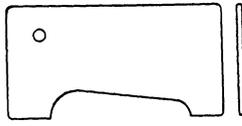


Fig. 189.

Hilfswerkzeuge. Zur Herstellung der Formfräser und zu ihrer Kontrolle sind in jedem Fall

eine Lehre mit Gegenlehre notwendig, wie z. B. für Fräser Fig. 183 die Lehren Fig. 188 u. 189, und beim stufenweisen Ausarbeiten empfiehlt sich, um die richtige Lage der einzelnen Formen kontrollieren zu können, noch eine Hilfslehre (Fig. 190), die keine großen Kosten verursacht, da die Hauptlehre vorhanden ist, von der die Teilformen abgenommen werden können.

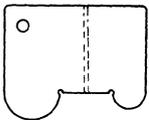


Fig. 190.

Bei geradlinigen Formfräsern, wie Fig. 191, erübrigt sich ebenfalls ein besonderer Hinterdrehstahl, da die geraden Flächen durch jeden beliebigen geradlinigen Hinterdrehstahl bearbeitet werden können; es sind nur Lehre mit Gegenlehre anzufertigen.

Die Kosten für die Herstellung der Hilfswerkzeuge ermäßigen sich ganz erheblich, wenn Musterstücke vorhanden sind, von denen die Formen unmittelbar abgenommen werden können. Sie brauchen dann nicht erst entwickelt zu werden, eine Arbeit, die oft zeitraubend und schwierig ist. Da der Besteller von Fräsern die Kosten für die Hilfswerkzeuge zahlen muß, liegt es in seinem Interesse, vorhandene Musterstücke und Hilfswerkzeuge dem Fabrikanten zur Verfügung zu stellen.

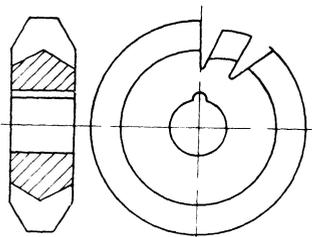


Fig. 191.

Soll z. B. der Fräser Fig. 183 hergestellt werden, und ist ein Musterstück nicht vorhanden, dann muß die Form erst aufgezeichnet werden. Man nimmt dazu ein etwa 2 mm starkes Stahlblech und bringt

mit Zirkel und Reißnadel die Formen darauf. Um beim Aufreißen die Maße gleich möglichst genau zu erhalten, ist es nötig, das Lehrenmaterial an einer Seite leicht abzuschleifen oder durch Bestreichen mit Kupfervitriol mattrot oder einer anderen ätzenden Flüssigkeit matt zu ätzen, damit ganz scharfe Striche gut sichtbar werden. Nach dem Aufriß wird die Form ausgearbeitet und ein Gegenstück dazu angefertigt. Dann beginnt die Kontrolle der eingearbeiteten Masse und das Justieren. Dazu kann man sich manchmal, wie z. B. bei dem Hebel, Meßscheiben und Endmaße zusammenbauen (Fig. 192),

indem man sie auf eine Glasscheibe leicht festkittet, damit sie sich beim Kontrollieren der vorgearbeiteten Gegenlehre nicht hin- und herschieben. Man justiert von den Lehren für den Fräser Fig. 183 zweckmäßig die Gegenlehre zuerst, da sich ihre hohle Form nach Fig. 192 leichter kontrollieren läßt als die erhabene Form der Lehre.

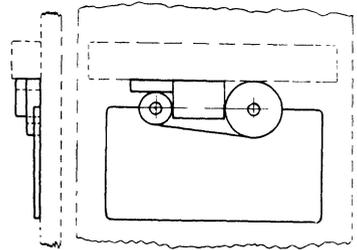


Fig. 192.

Mit Hilfe der Gegenlehre kann nun der Hinterdrehstahl angefertigt werden. Dabei ist darauf zu achten, daß die Form des Stahles möglichst von oben bis unten gleichmäßig ist, damit der Stahl oft nachgeschärft werden kann. Um die Gleichmäßigkeit nach dem Schärfen kontrollieren zu können, benutzt man ebenfalls Endmaße, die man auf eine Glasscheibe legt, auf die man nun die Gegenlehre hält und so die Form des abgeschliffenen Stahles kontrolliert (Fig. 193). Bei der Herstellung der Gegenlehre ist noch darauf zu achten, daß ihre hintere Kante genau parallel zur Achse des Arbeitsstückes ist, da die Gegenlehre auch zum Einstellen des Hinterdrehstahles auf der Maschine dienen muß (Fig. 182).

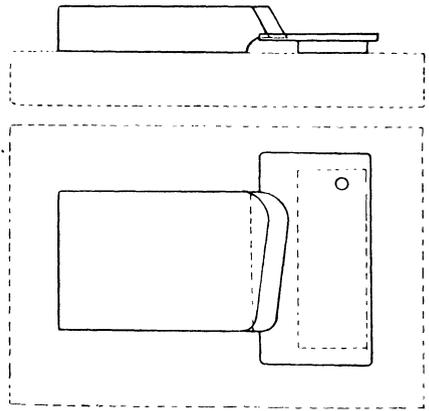


Fig. 193.

Nach der Gegenlehre fertigt man die Lehre an, die zur Kontrolle des hinterdrehten Fräasers, sowohl nach dem Hinterdrehen als auch nach dem Härten dient. Hat sich der Fräser in der Härte verzogen, dann muß er ausgeglüht und nachhinterdreht werden. In dem vorstehenden Beispiel ist es möglich, normale Meßstücke zur Herstellung und Kontrolle der Formen zu benutzen; wenn Formen vorkommen, bei denen dies nicht der Fall ist, müssen eben zweckentsprechende Hilfsstücke beschafft bzw. hergestellt werden.

Fräser mit Spiralzähnen. Wesentlich umständlicher, schwieriger und kostspieliger ist die Herstellung von Hinterdrehstählen für Fräser mit Spiral-

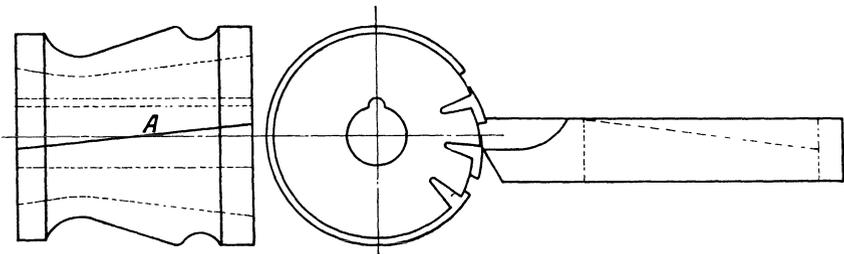


Fig. 194.

zähnen (z. B. Fig. 194). Durch die Spiralnut *A* entsteht an der Schnittkante eine verlängerte Form zu dem parallel zur Achse des Fräasers liegenden richtigen Profil. Die verlängerte verzerrte Form muß auch der Hinterdrehstahl erhalten. Man

könnte sie nun durch Projektion bestimmen (Fig. 195) und danach Lehre, Gegenlehre und Hinterdrehstahl anfertigen; aber genauer und zuverlässiger ist folgender Weg:

Man fertigt Lehre und Gegenlehre mit dem normalen Profil an, dreht dann die Form des Fräasers nach der Lehre fertig, fräst die Spiralnut ein und paßt an der so entstandenen Schnittkante den Hinterdrehstahl an. Der Fräser wird dazu auf einen Dorn zwischen den Spitzen eines Spitzenapparates aufgenommen. Für den Hinterdrehstahl muß eine geeignete Auflage geschaffen werden, damit er in die richtige Lage an den Fräser angepaßt werden kann (Fig. 196).

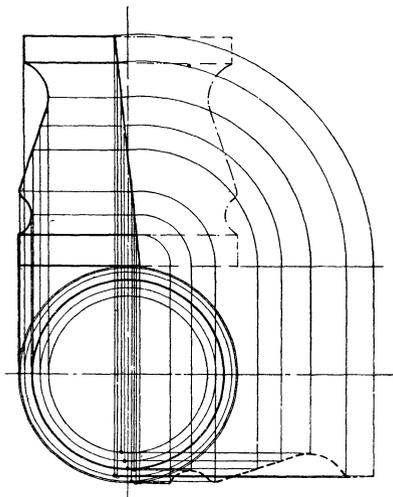


Fig. 195.

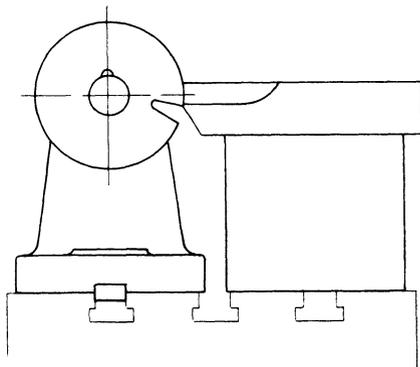


Fig. 196.

Bei Fräsern mit ganz komplizierten Formen, die man durch Handarbeit schwer in den Fräser einarbeiten kann, fertigt man sich mit Hilfe der Gegenlehre am besten einen Drehstahl an und schabt mit dem bei reichlicher Schmierung mit Öl die Form des von Hand möglichst gut vorgedrehten Fräasers auf der Drehbank fertig. Um diesen Schabestahl möglichst leicht und billig herstellen zu können, gibt man ihm nur eine ganz kurze formhaltige Schneidlänge (Fig. 197).

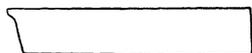


Fig. 197.

Der Steigungswinkel der spiralnutigen hinterdrehten Fräser wird je nach dem Profil verschieden groß genommen. Man erhält nämlich bei Profilen wie Fig. 198 durch die Spiralnut bei α_1 einen spitzen, daher gut schneidenden, bei α einen stumpfen, zum Schneiden höchst ungünstigen Schnittwinkel. Wenn man aber des ruhigeren Schneidens wegen trotzdem auf spiralförmige Zähne nicht verzichten will, muß der Steigungswinkel der Spirale verhältnismäßig klein gewählt werden, damit α nicht zu weit über 90° hinausgeht.

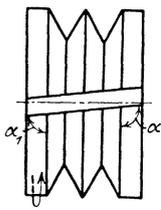


Fig. 198.

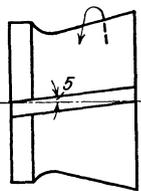


Fig. 199.

Bei Profilen wie Fig. 199, wo solche ungünstigen Schneidkanten bei richtiger Wahl der Spiralrichtung nicht vorkommen, könnte man den Steigungswinkel so groß annehmen wie bei spitzzahnigen Fräsern. Dagegen sprechen aber die beim Hinterdrehen der Spiralzähne und beim Arbeiten mit Formstählen sich ergebenden Schneidverhältnisse.

Der Hinterdrehstahl muß, wie der Formstahl beim Drehen, mit seiner Schneidkante genau in Höhe der Fräserachse liegen; das ist aber bei spiralnutigen Fräsern nicht der Fall. Bei ihnen liegt nur ein Punkt der Schneidkante des Hinterdreh-

stahles in Höhe der Achse, und zwar in der Mitte des Fräasers; nach den Seiten zu liegt die Schneidkante über oder unter der Achse. Um an diesen Stellen nicht gar zu ungünstige Schneidverhältnisse zu erhalten, nimmt man den Steigungswinkel nur etwa $3 \div 5^\circ$. Bei schmalen Fräsern mehr den höheren Grad, bei breiteren mehr den niedrigen.

Diese Größe für den Steigungswinkel genügt fast in allen Fällen, denn der Hauptzweck der Spiralnut ist ja erreicht: der Fräser arbeitet durch seine spiralförmigen Zähne nicht ruckweise.

Für die Berechnung der Spiralsteigung der hinterdrehten Formfräser benutzt man nicht den Außendurchmesser des Fräasers, wie bei spitzzahnigen Fräsern, sondern den mittleren Durchmesser, den man erhält, wenn man die Mittellinie durch das Profil des Fräasers zieht; in Fig. 200 die Linie $a-b$.

Die Herstellung der Hinterdrehstähle. Man kann sie sich für geradnutige Fräser dadurch erleichtern, daß man die Gegenlehren als Schabestähle ausführt und damit den gut vorgearbeiteten Hinterdrehstahl fertig schabt.

Die Gegenlehre als Schabestahl (Fig. 201) wird je nach Breite der Form aus einem etwa $6 \div 8$ mm starken Werkzeugstahl hergestellt und gehärtet. Dieser Schabestahl wird dann in einem besonderen Halter einer wagerechten Stoßmaschine (Shaping Masch.) derart schräg eingespannt (Fig. 202), daß die Ober-

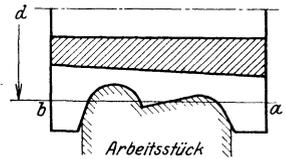


Fig. 200.

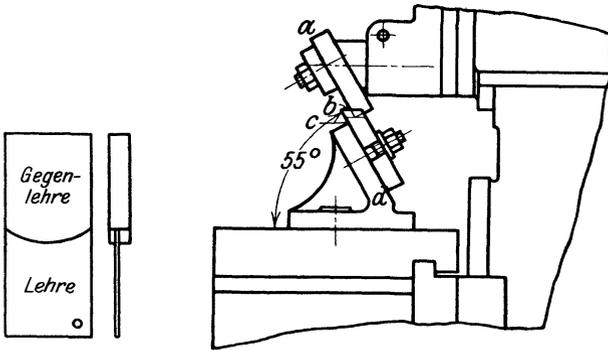


Fig. 201.

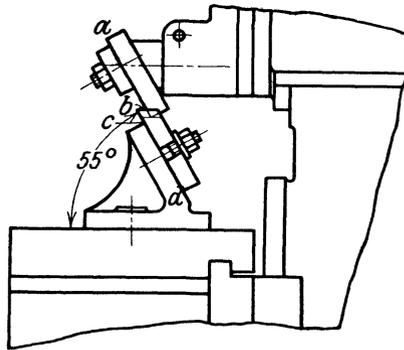


Fig. 202.

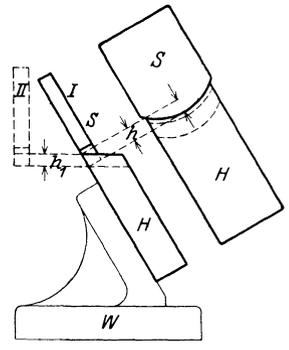


Fig. 203.

fläche $a-b$ des Schabestahles genau parallel zur Oberfläche $c-d$ des unter einem Winkel α (in Fig. 202 = 55°) auf einer Vorrichtung aufgespannten Hinterdrehstahls liegt.

Die Notwendigkeit einer solchen Aufspannung wird klar aus Fig. 203. Der Schabestahl S , der ja auch die Gegenlehre darstellt, hat das richtige Profil mit der Höhe h . Schabt man nun mit ihm in der Lage I den Hinterdrehstahl so, daß die Stirnflächen (Brustflächen) der beiden Stähle parallel zueinander liegen, dann hat auch der Hinterdrehstahl an der Brustfläche das richtige Profil, das so lange erhalten bleibt, wie man den Hinterdrehstahl parallel zur Oberfläche nachschleift. Würde man dagegen mit dem Schabestahl in der Lage II (in Fig. 203 gestrichelt) den Hinterdrehstahl nachschaben, dann würde sein Profil falsch werden. Beim Schaben muß die Schnittgeschwindigkeit des Stößels auf etwa $1,8 \div 2$ m/min verringert werden.

Den Winkel α des Hinterdrehstahls H (Fig. 204), der $= 90^\circ - (\beta + \gamma)$ ist, wählt man so groß, daß bei dem vorgeschriebenen Hinterdrehwinkel β sich

noch ein Anstellwinkel γ von etwa 10° ergibt. Für $\beta = 15^\circ$ könnte also $\alpha = 90 - (15 + 10) = 65^\circ$ sein. Da nun aber die Einrichtungen zum Schaben der Hinterdrehstähle für alle Winkel β ausreichen sollen, legt man ihrer Konstruktion den größten vorkommenden $\Delta\beta$ zugrunde und bestimmt danach auch α . Nimmt man β äußerst mit 25° an, so ergibt sich $\alpha = 90 - 35 = 55^\circ$. Diese Größe von α war auch für die Fig. 202 angenommen.

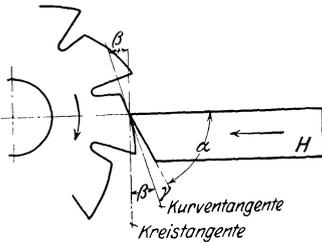


Fig. 204.

Kopieren. Ein weiteres Verfahren beim Hinterdrehen ist das Kopieren mit einem an der Hinterdrehbank (Fig. 205) angebrachten Kopierlineal. Hierbei sind nur das Kopierlineal und eine Gegenlehre anzufertigen. Der Hinterdrehstahl ist ein einfacher, halbrunder Formstahl, der zum Hinterdrehen von Fräsern mit den verschiedensten Formen verwendet werden kann, sein Radius muß aber stets um ein

geringes kleiner oder höchstens gleich der kleinsten, an der Form des Fräasers vorkommenden Rundung sein, damit er jeden Punkt des Kopierlineals berühren kann, was beim Kopieren Bedingung ist. Der Vorgang des Kopierens auf einer Hinterdrehbank sei kurz beschrieben:

An dem unter starken Federdruck nach vorn gedrückten Schlitten des Supports ist der Kopierstift *B* befestigt. Dadurch wird der Kopierstift gegen das Kopierlineal gepreßt und beim Verschieben des Bettschlittens in der Längsrichtung gleitet der Kopierstift am Kopierlineal entlang. Der Supportschlitten wird dabei, entsprechend den Formen des Kopierlineals, vor- oder rückwärts gedrängt, so daß seine Bewegung genau der Kurve des Kopierlineals entspricht. Da der

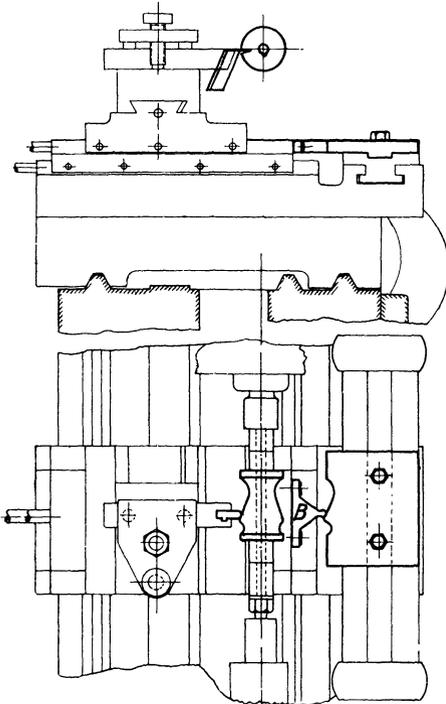


Fig. 205.

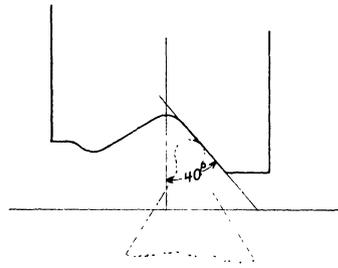


Fig. 206.

Stahlhalter mit Hinterdrehstahl auf dem Supportschlitten befestigt ist, macht der Hinterdrehstahl dieselbe Bewegung.

Der Bettschlitten kann von rechts nach links oder auch umgekehrt von links nach rechts verschoben werden. Bei schlanken Formen, wie z. B. in Fig. 205, folgt der durch Federdruck an das Kopierlineal herangedrückte Kopierstift den Formen des Kopierlineals in jeder Stellung. Bei Formen, wie in Fig. 206, bei

denen einzelne Teile sich einem Winkel von rund 40° nähern, weicht der Kopierstift schon schwerer aus, und er wird überhaupt nicht mehr zurückgedrängt, wenn der Winkel noch erheblich spitzer wird, da dann die Keilwirkung aufhört.

Man kann wohl bei Beginn derartiger stark steigender Kurven den Span unterbrechen und nachdem man die Formen, wie z. B. in Fig. 207, von $c \rightarrow d$ bearbeitet hat, dann die Schräge von $f \rightarrow d$, also von links nach rechts besonders bearbeiten, aber abgesehen davon, daß man besonders bei Schlichtspänen ungern den Span unterbricht, würden so stark steigende Kurven nie sauber bearbeitet werden können, wie man sich an Fig. 207 und nachstehender Rechnung leicht klarmachen kann.

Der Bettschlitten, und damit der Hinterdrehstahl und der Kopierstift, werden mit einem Vorschub von 0,05 mm bei jeder Umdrehung des Fräasers vorgeschoben. Bei parallel zur Fräserachse liegenden Profilkanten würde die bearbeitete Strecke bei diesem Vorschub ebenfalls 0,05 mm betragen, dagegen würde, für die Kante $x-y$, die unter einem Winkel von 5° geneigt liegt, die bearbeitete Strecke Q bei einer Umdrehung = 0,57 mm sein, also mehr als 10 mal so groß. Der Wert von Q ergibt sich aus der Gleichung $Q = \frac{0,05}{\sin 5^\circ}$

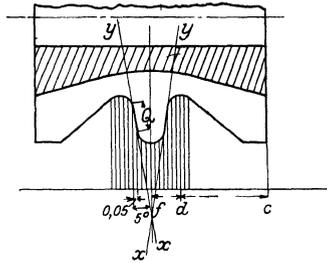


Fig. 207.

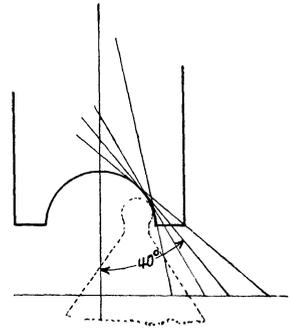


Fig. 208.

geneigt liegt, die bearbeitete Strecke Q bei einer Umdrehung = 0,57 mm sein, also mehr als 10 mal so groß. Der Wert von Q ergibt sich aus der Gleichung $Q = \frac{0,05}{\sin 5^\circ}$

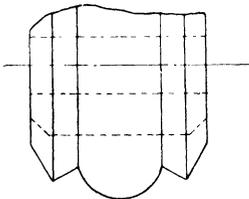


Fig. 209.

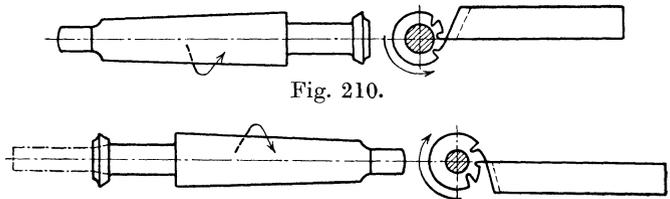


Fig. 211.

Bei Formen mit Halbkreisprofilen, wie Fig. 208, treten diese ungünstigen Verhältnisse ein, um so mehr, je mehr sich die Tangente der Senkrechten zur Achse nähert.

Auch Fräser mit scharfkantigen Umrißformen, wie Fig. 209, können nicht kopiert werden, denn der Kopierstift und der Hinterdrehstahl müßten dabei eine ganz scharfe Spitze erhalten, was natürlich unmöglich ist.

Aus diesen Beispielen ersehen wir, daß die Anwendungsmöglichkeit des Kopierverfahrens begrenzt ist.

Schaftfräser. Während das Hinterdrehen rechtsschneidender Schaftfräser keine Schwierigkeiten macht, sind für linksschneidende besondere Maßnahmen nötig. Entweder muß man die Hinterdrehbank linksherum laufen lassen, dann muß der Hinterdrehstahl mit seiner Brustfläche nach unten gekehrt sein (Fig. 210) und zwischen die Zahnräder für den Antrieb der Kurven muß ein Zwischenrad eingeschaltet werden, damit die Drehrichtung der Kurven unverändert bleibt, Oder aber man läßt am Stirnende des Schaftfräasers einen Spannzapfen stehen

(Fig. 211) und hinterdreht wie bei einem rechtsschneidenden Fräser. Der Spannzapfen wird, wenn nötig, nach Fertigstellung des Fräasers entfernt.

Schärfe der Schneide. Die Zähne erhalten beim Hinterdrehen eine abgestumpfte Schnittkante dadurch, daß der Hinterdrehstahl je nach Breite des Schnittes mehr oder weniger abgedrückt wird, wie in Fig. 212 übertrieben angedeutet. Dieses Ausweichen des Hinterdrehstahles beim Anschnitt läßt sich wegen des für die leichte Beweglichkeit der Drehbankschlitten nötigen Spiels nicht ganz vermeiden. Man kann aber dadurch, daß man beim Fertighinterdrehen den Fräser durch mehrere Umdrehungen von dem Hinterdrehstahl nachschaben läßt, die Abstumpfung zum größten Teil beseitigen.

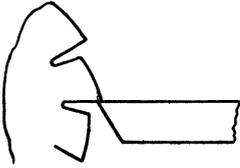


Fig. 212.

Zu empfehlen ist es aber doch, die Zähne nach dem Hinterdrehen daraufhin zu untersuchen und sie, wenn nötig, noch in weichem Zustande nachzuschleifen oder auch nachzufräsen.

Das Härten der Fräser.

Durch das Härten erst wird der Fräser befähigt, seine Aufgabe, andere Materialien zu bearbeiten, zu erfüllen.

Allgemein ist ja bekannt, daß Kohlenstoffstahl in der handelsüblichen Legierung bei etwa $720^{\circ} \div 750^{\circ}$ (bzw. $650^{\circ} \div 700^{\circ}$) ausgeglüht und von etwa $750^{\circ} \div 780^{\circ}$ gehärtet werden kann, während Schnellstahl zum Ausglühen $800^{\circ} \div 850^{\circ}$ und zum Härten $1150^{\circ} \div 1350^{\circ}$ braucht (Näheres s. Heft 7 und 8 dieser Sammlung).

Bei der Herstellung der Fräser sind ganz besonders alle scharfe Ecken zu vermeiden. Die Übergänge der an Fräsern vorkommenden Flächen sind gut abzurunden; so ist z. B. der Zahngrund durch Radien zu verbinden, die Aussparung in den Seitenflächen oder in den Fräserbohrungen sind mit Werkzeugen mit abgerundeten Schneiden herzustellen, ebenso die Naben an Fräsern abzurunden.

Jede scharfe Ecke gibt Veranlassung zum Springen beim Härten. Auch bei Formfräsern, wenn scharfe Ecken durch die Konstruktion bedingt sind, sollte man daher, wenn irgend möglich, durch Trennen des Fräasers in mehrere Stücke, solche Ecken zu umgehen suchen.

Für Formfräser, besonders mit stark wechselnden Durchmesser, wie Schneckenrad- und schneckenförmige Stirnradfräser, empfiehlt es sich, nachdem man sie nahezu auf Maß gearbeitet hat, sie vor dem Fertigstellen noch einmal auszuglühen, um Spannungen und Ungleichheiten im Stahl aufzuheben.

Loch- und Rundscheifen der Fräser.

Die Fräser werden nach dem Härten in der Bohrung, seitlich und teilweise auch außen nachgeschliffen. Die Bohrungen werden für die Vorarbeiten, wie früher beschrieben, mit Untermaß hergestellt und müssen nun in hartem Zustande auf das Normalmaß geschliffen werden.

Sie erhalten nach den Beschlüssen des NDI Gleitsitz, und zwar nach dem Gütegrad „Feinpassung“. Da die Abmaße des Gleitsitzes (s. Zahlentafel 8) bei Einheitsbohrung und Einheitswelle gleich sind, braucht man aus diesem Grunde bei Bestimmung der Bohrung auf ein bestimmtes Passungssystem keine Rücksicht zu nehmen.

Die seitlichen Nabenflächen der Fräser müssen zur Bohrung genau laufend und gerade geschliffen werden. Ungenau laufende Nabenflächen ziehen den Fräsdorn beim Festspannen des Fräasers krumm, und schlagende Fräser sind die Folge.

Zahlentafel 8.

Bohrung mm	Abmaß		Bohrung mm	Abmaß	
	oberes mm	unteres mm		oberes mm	unteres mm
8	+ 0,010	0	32	+ 0,018	0
10	+ 0,012	0	40	+ 0,018	0
13	+ 0,012	0	50	+ 0,018	0
16	+ 0,012	0	60	+ 0,020	0
19	+ 0,015	0	70	+ 0,020	0
22	+ 0,015	0	80	+ 0,020	0
27	+ 0,015	0	100	+ 0,022	0

Beim spitzzahnigen Fräser müssen die Zähne außen unbedingt dann rund nachgeschliffen werden, wenn für sie genaue Abmessungen vorgeschrieben sind, wie bei Scheiben- oder Satzfräsern, die an Arbeitsstücken Ansätze mit bestimmten Maßen herstellen sollen. Bei Fräsern für allgemeine Zwecke genügt meist das durch Schärfen der Zähne erreichte Rundlaufen.

Die Aufspannung der Fräser beim Schleifen der Bohrung und der Nabenflächen ist je nach Einrichtung des Betriebes sehr verschieden. In Fig. 213 wird der Fräser gegen eine Magnetfläche gespannt und zentrisch ausgerichtet. Der Zentrierdorn dazu, mit einem Führungszapfen und einem daran sich anschließenden

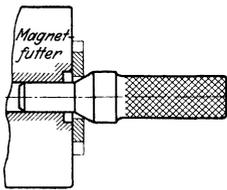


Fig. 213.

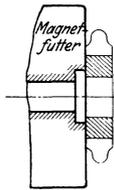


Fig. 214.

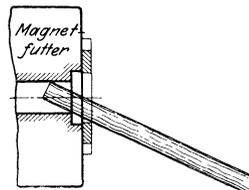


Fig. 215.

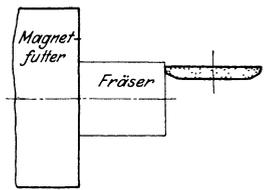


Fig. 216.

kegeligen Bund, wird in die Bohrung des Magnetfutters hineingesteckt und der kegelige Bund gegen den Rand der Fräserbohrung gedrückt, so daß der Fräser zentriert wird. Ein solches Ausrichten genügt im allgemeinen für spitzzahnige Fräser. Für hinterdrehte Formfräser (Fig. 214) empfiehlt es sich, Bohrung und Außendurchmesser nach dem Ausrichten am Futter noch mit einem Fühlhebel nachzukontrollieren und etwa noch vorhandenen Schlag zu beseitigen.

Ein beliebtes Mittel, schmale Fräser am Magnetfutter schnell zentrisch auszurichten, ist ein runder Holzstab (Fig. 215), den man mit dem Ende gegen die Innenwand des Loches stoßen läßt und dessen Schaft an den Rand des Loches vom Magnetfutter anliegt. Dann läßt man das Futter mit dem aufgespannten Fräser sich drehen und schwenkt den von Hand geführten Holzstab unter Beibehaltung der Stützpunkte im Futterloch so weit herum, bis er den Rand der Fräserbohrung streift. Bei einem schlagenden Fräser wird sich nun die Bohrung an den festgehaltenen Holzstab stoßen, wodurch der Fräser auf der Magnetfutterfläche so lange verschoben wird, bis er rund läuft.

Bevor man die Bohrung aufschleift, müssen die Nabenflächen der Fräser geschliffen sein, da sie, als Anlagefläche am Futter, die Richtfläche für die Achse der Bohrung sind. Das Schleifen der Nabenflächen geschieht entweder nach Fig. 216 oder, wenn die Konstruktion der Schleifmaschinen es zuläßt, nach Fig. 217. In diesem Fall müßte die Maschine entweder zwei Schleifspindeln besitzen, eine für die Topfscheibe zum Schleifen der Nabe und eine zweite für die Scheibe zum Schleifen der Bohrung, oder aber die Schleifspindel müßte so konstruiert sein,

daß die Schleifscheibendorne schnell ausgewechselt werden könnten. Man sparte dadurch einmal das Aufspannen und Ausrichten des Fräasers.

In Ermangelung eines Magnetfutters verwendet man ein zentrisch spannendes Dreibackenfutter (Fig. 218) mit weichen Backen. Größere, schwerere Fräser werden gegen eine Aufspannscheibe (Fig. 219) gespannt und mit Spannschrauben und Spanneisen festgehalten. Die zentrische Lage des Fräasers wird dabei in der Weise hergestellt, daß man einen leicht auswechselbaren Dorn mit einem zylindrischen Führungszapfen in die Arbeitsspindel der Schleifmaschine steckt und auf den herausstehenden Zapfen den Fräser setzt. Der Durchmesser des Zapfens muß genau der Bohrung des Fräasers entsprechen, muß also das gleiche Untermaß haben.

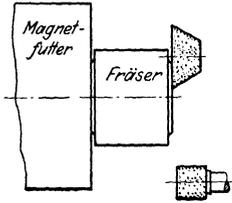


Fig. 217.

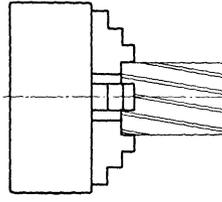


Fig. 218.

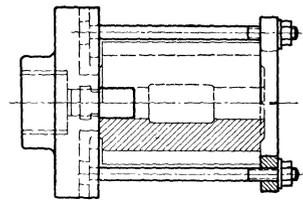


Fig. 219.

Während die Bohrungen der Fräser mit geringen Längen am Magnetfutter in einer Aufspannung ausgeschliffen werden können, muß man die großen Fräser auf der Spannscheibe zweimal aufspannen. Denn erstens reichen die Längen der Schleifspindeln meist für längere Bohrungen nicht aus und zweitens ist der Führungszapfen, auf den der Fräser aufgesetzt ist, im Wege. Das zweite Aufspannen macht aber bei Benutzung des Führungszapfens keine Schwierigkeiten, man muß nur den ersten Führungszapfen gegen einen zweiten auswechseln, dessen Durchmesser zu dem Normalmaß der bereits aufgeschliffenen Bohrung paßt.

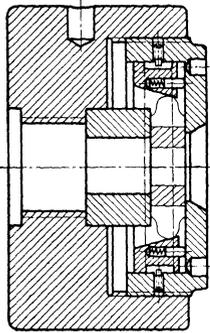


Fig. 220.

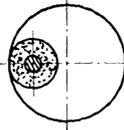


Fig. 221.

Fräser nach seiner Profilform zu zentrieren und also die Bohrung laufend zum Profil auszuschleifen.

Von etwa 8 mm an kann man Fräserbohrungen mit Schleifscheiben aufschleifen. Die dazu nötigen kleinen Schleifscheiben fertigt man sich meist aus Bruchstücken von größeren zersprungenen Schleifscheiben an, indem man mit einem spitzen Gegenstand, einer Feilenangel oder ähnlichem, ein Loch in das Bruchstück hineinarbeitet und dann außen mit einem Diamant runddreht. Die besonders bei schmalen Fräsern unangenehme Vorweite der Fräserbohrungen vermeidet man, indem man die Schleifscheibe nicht ganz aus der Bohrung herauslaufen läßt.

Da beim Schleifen von Löchern die Angriffsstelle der Schleifscheibe verhältnismäßig groß ist, wähle man einen möglichst kleinen Schleifscheibendurchmesser (Fig. 221) und eine ganz geringe Spanzustellung.

Zur Aufnahme der Fräser beim Außenrundscheifen benutzt man die im Handel erhältlichen Drehdorne. Diese Dorne sind um so viel kegelig gehalten, daß sie zu allen innerhalb der Toleranzen der Normalbohrungen liegenden Fräserbohrungen passen.

Schärfen.

Spitzzahnige Fräser. Nicht nur benutzte stumpfe Fräser, sondern auch neue Fräser werden scharf geschliffen. Durch das Einfräsen der Zähne in den Fräserkörper sind wohl die Zähne selbst hergestellt, aber ihren „Schnitt“ erhalten sie erst durch den Anstellungs-(Rücken)winkel, der nach dem Härten angeschliffen wird.

Beim Anschleifen dieser Winkel wird oft arg gefehlt, sehr zum Schaden der Fräser. Die Zähne werden in den meisten Fällen scharf geschliffen, ohne Rücksicht auf die vorgeschriebene Größe der Winkel. Das beim Fräsen in den Maschinen häufig auftretende Rattern ist meistens auf solche ungeeignete Größe der Winkel zurückzuführen. Man sollte daher mehr darauf achten, daß die Fräser richtig angeschliffen werden, daß sie solche Schnittwinkel erhalten, wie sie für die einzelnen Werkstoffe erforderlich sind.

So ist z. B. bei gewöhnlichem Gußeisen, Stahlguß und Bronze ein Anstellungswinkel von 5° – 6° nötig, während man bei den zäheren Materialien, wie Stahl,

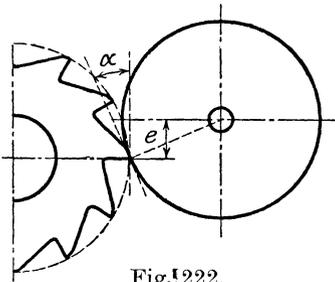


Fig. 222.

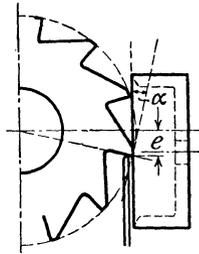


Fig. 223.

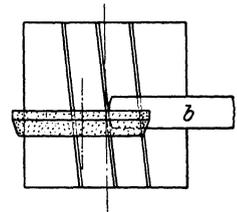


Fig. 224.

Eisen und Messing, einen solchen von 7° – 8° anwendet. Bei Schruppfräsern sind wegen der flacheren Rollkurve, welche durch den hierbei meist größeren Vorschub entsteht, Anstellungswinkel unter 7° nicht empfehlenswert, und zwar ohne Rücksicht auf den Werkstoff (s. Seite 23).

In Fig. 222 u. 223 sind die Stellungen der Fräser zur Schleifscheibe dargestellt, die sie beim Scharfschleifen einnehmen müssen, wenn die Zähne den richtigen Hinterschliff erhalten sollen. In Fig. 222 wird mit einer Flachscheibe geschliffen. Hierbei muß der Mittelpunkt der Schleifscheibe um so viel gegen den Mittelpunkt des Fräses verlegt sein, daß der Winkel α , der durch die im Berührungspunkt der Schleifscheibe mit dem Fräser gezogenen Tangenten gebildet wird, die vorgeschriebene Größe erhält. Das Einstellmaß ergibt sich aus der Formel $e = D/2 \cdot \sin \alpha$, wobei D der Durchmesser der Schleifscheibe ist¹⁾.

Beim Schleifen mit einer Topfscheibe (Fig. 223) verlegt man die beiden Mittelpunkte so, daß die Stirnfläche der Scheibe mit der durch den Berührungspunkt der Schleifscheibe mit dem Fräser gehenden Tangente den gewünschten Winkel bildet. Das Einstellmaß e wird ebenfalls nach der vorstehenden Formel berechnet. Die Führungszunge b (Fig. 224), gegen die man die Zahnbrust des Zahnes beim Schärfen legt, muß so breit sein, daß, wenn die Schleifscheibe aus dem

¹⁾ Eine Zahlentafel der Maße e für verschiedene D und α findet sich auf Seite 59 in Heft 5 dieser Sammlung (Buxbaum: „Schleifen“).

Zahn heraustritt, der Fräser durch die Führungszunge noch ein ganzes Stück in seiner Lage festgehalten wird. Dadurch wird verhindert, daß das Werkzeug von der Schleifscheibe durch vorzeitiges Abgleiten beschädigt wird.

Während bei geradnutigen Fräsern die Führungszunge an der Führungskante gerade sein muß, muß sie für Spiralnuten etwas abgerundet sein, so daß immer nur ein Punkt anliegt, und zwar möglichst an der Schleifstelle.

Verwendet man Flachscheiben zum Scharfschleifen, empfiehlt es sich, sie ziemlich schmal zu nehmen, damit die an der Schleifstelle entstehende Erhitzung und damit die Gefahr des Ausglühens der Schneidkanten verringert wird. Das gilt besonders für geradnutige Fräser; bei spiralnutigen schleift ja an und für sich nur eine Kante der Schleifscheibe. Die Drehrichtung der Schleifscheiben soll stets der Zahnbrust entgegengerichtet sein, damit jede Grabbildung am Fräserzahn vermieden wird.

Hinterdrehte Fräser. Das Schärfen der hinterdrehten Fräserzähne darf nur an der Zahnbrust geschehen, und der Schliff muß genau radial laufen, da sonst

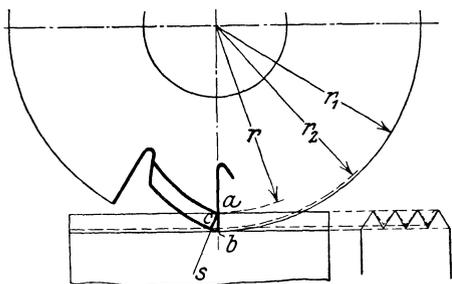


Fig. 225.

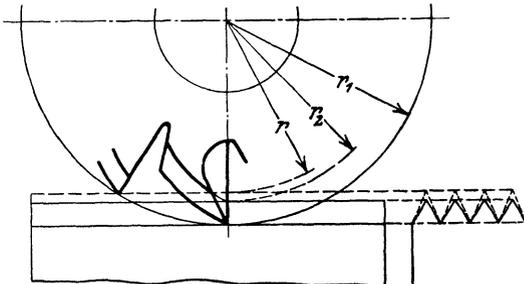


Fig. 226.

eine Profilveränderung entsteht. Solche Profilveränderungen bei unrichtigem Schliff machen sich besonders empfindlich bemerkbar bei Gewindefräsern.

Schleift man nämlich die Zahnbrust so, daß sie nach hinten geneigt ist (in Fig. 225 der Deutlichkeit halber übertrieben dargestellt), dann wird das Gewindepprofil zu flach. Diese Veränderung entsteht dadurch, daß der Abstand r , also der von der Fräserachse bis zu der von der Schnittkante a am Arbeitstück erzeugten Arbeitsfläche unverändert bleibt, während sich der Abstand r_1 mit der Schneidkante b in r_2 mit der Schnittkante s verändert. Wird die Zahnbrust unter sich geschliffen, wie in Fig. 226 übertrieben gezeichnet, dann vergrößert sich das Gewindepprofil, wie aus der Figur zu erkennen ist. Zur Kontrolle der radialen Zahnbrust dienen die bekannten Lehren Fig. 164 und 229.

Damit sämtliche Zähne eines hinterdrehten Fräasers zum Schneiden kommen, werden die Zähne auf einer Rundschleifmaschine um so viel angeschliffen (Fig. 227), daß auf jedem Zahnrückens eine eben sichtbare Fase entsteht. Bei unrund laufenden Fräsern werden diese Fasen verschieden breit werden. Schleift man nun die Zahnbrust der Zähne so nach, daß die Fase auf allen Zähnen gleichmäßig ist oder gerade eben verschwindet, dann hat man einen rund laufenden Fräser, bei dem alle Zähne zum Schnitt kommen und gleichmäßig beansprucht werden.

Die zum Schärfen von hinterdrehten Fräsern benutzten Schleifscheiben haben in ihrer äußeren Form Ähnlichkeit mit den zum Einfräsen der Zahnücken benutzten Fräsern. Zum Schleifen von geradnutigen hinterdrehten Fräsern können die

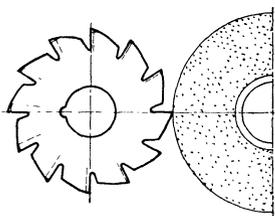


Fig. 227.

einseitig abgeschrägten Schleifscheiben gebraucht werden, wobei aber das Schleifen mit der schrägen Seite vorzuziehen ist, weil dabei die Schleifscheibe nur mit einer Linie arbeitet und den Fräser weniger erwärmt. Für spiralnutige Fräser können nur die doppelseitig abgeschrägten Schleifscheiben gebraucht werden.

Die beim Schleifen von spitzzahnigen Fräsern sehr gut angebrachten Führungszungen lassen sich beim Schärfen hinterdrehter Fräser nur schlecht anwenden. An die Brust des zu schleifenden Zahnes läßt sich die Zunge nicht anlegen, und die Benutzung einer anderen Zahnbrust ist wegen möglicher Teilungsfehler nicht ratsam. Aus demselben Grunde kann man auch die hintere Zahnfläche des zu schleifenden Zahnes als Anlage für die Zunge nicht gut gebrauchen. Die einzige Möglichkeit, mit der Zunge richtig zu arbeiten, liegt darin, daß man zunächst die Brustflächen aller Zähne nach angeschliffener Fase, wie oben beschrieben, genau rund laufend schleift und dann nach der Brustfläche die hintere Fläche des Zahnes so schleift, daß alle Zähne gleich stark werden. Dann kann man die Zunge gegen die hintere Fläche legen und ist sicher, daß bei gleichem Abschleiß von der Grundfläche alle Zähne genau laufen. Bei stark wechselnden Fräserdurchmessern, hervorgerufen durch große Höhenunterschiede im Profil, scheidet diese Führung überhaupt aus. Geübte Scharfschleifer verzichten beim Schleifen hinterdrehter Fräser meistens auf jede Führung und benutzen lediglich die Schleifscheibe als Anlage beim Durchschleifen durch die Zahnücke.

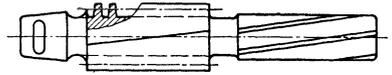


Fig. 228.

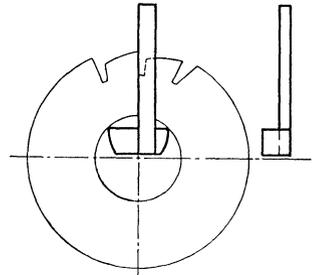


Fig. 229.

Häufig wird auf den Schleifdorn neben den zu schärfenden Fräser eine Führungsbuchse aufgesetzt mit der gleichen spiraligen Nut wie der Fräser. Diese Buchsennut dient als Führung des Fräasers beim Schärfen, indem die Führungszunge an sie angelegt wird.

Fräser mit so kleinem Durchmesser, daß sie statt der Bohrung einen Schaft erhalten müssen, versieht man wohl am vorderen Ende mit einem zylindrischen Schaft und fräst in diesen Schaft die Führungsnuten für die Zunge ein (Fig. 228). Wegen der Mehrkosten ist diese Ausführung jedoch nicht sonderlich beliebt, ebensowenig die vorerwähnte Ausführung mit Führungsbuchsen. Um die Arbeitsfläche der Schleifscheiben zur Fräsermitte einzustellen, werden Lehren nach Fig. 164 und 229 benutzt.

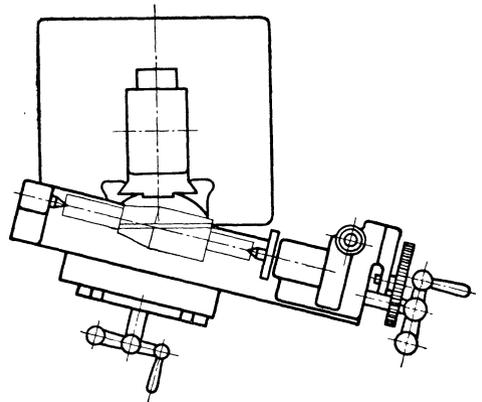


Fig. 230.

Spiralgenutete hinterdrehte Fräser werden am besten auf einer Schleifvorrichtung geschärft, bei der ähnlich wie bei einem Universalteilkopf, die spiralige Bewegung durch Räderübersetzung hervorgerufen wird (Fig. 230).

Der Fräser, zwischen Spitzen aufgenommen und mit dem Mitnehmer fest verbunden, wird hierbei zwangsläufig an der Schleifscheibe vorbeigeführt.

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig.

WERKSTATTBÜCHER

FÜR BETRIEBSBEAMTE, VOR- UND FACHARBEITER

HERAUSGEGEBEN VON EUGEN SIMON, BERLIN

In Vorbereitung befinden sich:

- Einrichten von Automaten II.** Von Ph. Kelle, A. Kreil, E. Gothe.
Gesenkschmiede. Von P. H. Schweißguth.
Prüfen und Aufstellen von Werkzeugmaschinen. Von W. Mitau.
Werkzeuge für Revolverbänke. Von K. Sauer.
Einbau und Behandlung der Kugellager. Von H. Behr.
Haupt- und Schaltgetriebe der Werkzeugmaschinen. Von Walther Storck.
Fräsen. Von W. Birtel.
Kaltsägeblätter. Von A. Stotz.
Herstellung der Gewindeschneidwerkzeuge. Von Th. Müller.
Herstellung der Lehren. Von A. Stich.
Beizen und Entrosten. Von Otto Vogel.
-

Handbuch der Fräselei. Kurzgefaßtes Lehr- und Nachschlagebuch für den allgemeinen Gebrauch. Gemeinverständlich bearbeitet von Emil Jurthe und Otto Mietzschke, Ingenieure. Sechste, durchgesehene und vermehrte Auflage. Mit 351 Abbildungen, 42 Tabellen und einem Anhang über Konstruktion der gebräuchlichsten Zahnformen an Stirn-, Spiralzahn-, Schnecken- und Kegelrädern. (312 S.) 1923.
Gebunden 11 Goldmark

Der Fräser als Rechner. Berechnungen an den Universal-Fräsmaschinen und -Teilköpfen in einfachster und anschaulichster Darstellung; darum zum Selbstunterricht wirklich geeignet. Von E. Busch. Mit 69 Textabbildungen und 14 Tabellen. (220 S.) 1922.
4.60 Goldmark; gebunden 6 Goldmark

Der Dreher als Rechner. Wechsellräder, Touren-, Zeit- und Konusberechnung in einfachster und anschaulichster Darstellung; darum zum Selbstunterricht wirklich geeignet. Von E. Busch. Mit 28 Textfiguren. (193 S.) 1919. Gebunden 6 Goldmark

Die Dreherei und ihre Werkzeuge. Handbuch für Werkstatt, Büro und Schule. Von Willy Hippler, Betriebsdirektor. Dritte, umgearbeitete und erweiterte Auflage.
Erster Teil: **Wirtschaftliche Ausnutzung der Drehbank.** Mit 136 Abbildungen im Text und auf 2 Tafeln. (266 S.) 1923.
Gebunden 13.50 Goldmark