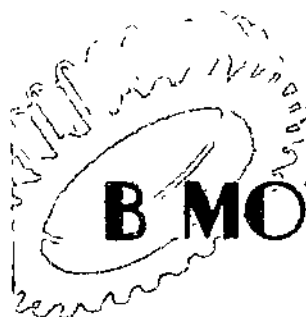


621.924.6

3-86.

А. А. ЗОРОХОВИЧ

ЗУБООТДЕЛОЧНЫЕ СТАНКИ В МОТОРОСТРОЕНИИ



ИКАП
ОБОРОНГИЗ
1945

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть	По чьей вине
23	—	(см. фиг. 13)	Выносная линия не нужна	авт.
52	—	На фиг. 35, поз. 7	поз. 8	ред.
		„ „ 35, поз. 8	поз. 7	
77	14 снизу	1 м	1 μ	ред.
108	7 сверху	21—23	2—4	авт.
	9 „	23	4	авт.
115	13 снизу	26	6	авт.
	12 снизу	7	3	авт.

Зорохович, Зубоотделочные станки в моторостроении.

3-86
21.92
3-86

А. А. ЗОРОХОВИЧ
канд. техн. наук

Д Е П

Принято 1950 г.

РЕПУБЛИКАНСКАЯ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ
БИБЛИОТЕКА
БССР

32086

0498

ЗУБООТДЕЛОЧНЫЕ СТАНКИ В МОТОРОСТРОЕНИИ

74068

19, 9707

ОБОРОНГИЗ НКВД
ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ АВИАЦИОННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
Москва 1945

РЕПРОДУКЦИОННОЕ

Зубоотделочные станки, применяемые при производстве авиационных двигателей, принадлежат к наиболее сложному и точному виду оборудования современных заводов.

В предлагаемой книге сделан разбор типов и конструкций шлифовальных станков, притирочных и шевинг-станков.

В ней изложены также методы наладки этих станков и рабочие процессы.

В основу книги положены опыт ведущих авиамоторных заводов, исследования автора и данные иностранных фирм.

Книга рассчитана на инженеров-производственников, мастеров, технологов и наладчиков станков.

Предполагается, что читатели знакомы с общими основами зуборезного дела.

ля
то
за
хо
ил
ко
ше

зн
ав

ил
ав
фо
пре

то
пре
та
уд
В
ли

ся
и
нос
кач
ста
лос

ств
лом
обо

А.
ков

ПРЕДИСЛОВИЕ

Весьма важным звеном в механической обработке шестерен является отделка зубьев. При плохой отделке зубьев, во время которой надо достигнуть высокой точности всех элементов зубчатого зацепления, можно ухудшить качество шестерни, изготовленной из хорошей стали и прошедшей надлежащую термическую обработку, или даже совсем испортить шестерню. Наоборот, хорошей отделкой зубьев можно не только добиться вполне надежной работы шестерен, но и увеличить срок их службы.

Способы отделки зубьев шестерен авиационных двигателей значительно отличаются от способов отделки зубьев шестерен автомобильных двигателей.

В производстве авиационных двигателей широко применяется шлифование зубьев цилиндрических шестерен. В современных авиационных двигателях не менее 80% всех шестерен имеют шлифованные зубья, в то время как в автомобильной промышленности преобладающим методом отделки зубьев является шевинг-процесс.

Автор, будучи ограничен объемом книги, придерживался сжатой формы изложения и остановился на станках, получивших распространение в авиационной промышленности и применяющихся также на танковых заводах. Основное внимание таким образом уделено типам станков, применяемых для шлифования зубьев. В книге сделан разбор конструкций зубоотделочных станков, анализ их использования и даны методы наладки.

Умение правильно определить причины дефектов, получающихся при отделке зубьев, дать критическую оценку состояния станка и его отдельных механизмов, максимально использовать особенности различных станков с целью увеличить их отдачу и улучшить качество изготавливаемых шестерен, правильно провести наладку станка — все это возможно лишь при хорошем знании зубоотделочных станков.

Задача данного труда — помочь лицам, занятым производством шестерен высокой точности или интересующимся этим делом, изучить и освоить сложное и ответственное металлорежущее оборудование, каким являются зубоотделочные станки.

Автор считает своим долгом выразить благодарность инж. А. Н. Ирд за ценную помощь, оказанную при исследовании станков Мааг.

Глава I

МЕТОДЫ ОТДЕЛКИ ЗУБЬЕВ ШЕСТЕРЕН АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Шестерни авиационных двигателей передают огромные мощности (1500—2000 л. с. и более) и работают на больших числах оборотов. В то же время они в большинстве случаев имеют ажурную или тонкостенную конструкцию в своей ступичной части. Типичные шестерни авиамоторов представлены на фиг. 1.

Все шестерни авиационного двигателя изготавливаются из высоколегированных сталей (табл. 1) и проходят специальную термическую обработку для придания твердости рабочим поверхностям зубьев. Это достигается путем цементации и последующей закалки зубьев или путем азотизации. Обычно желаемая твердость лежит в пределах $H_{Ro} = 55 \div 58$.

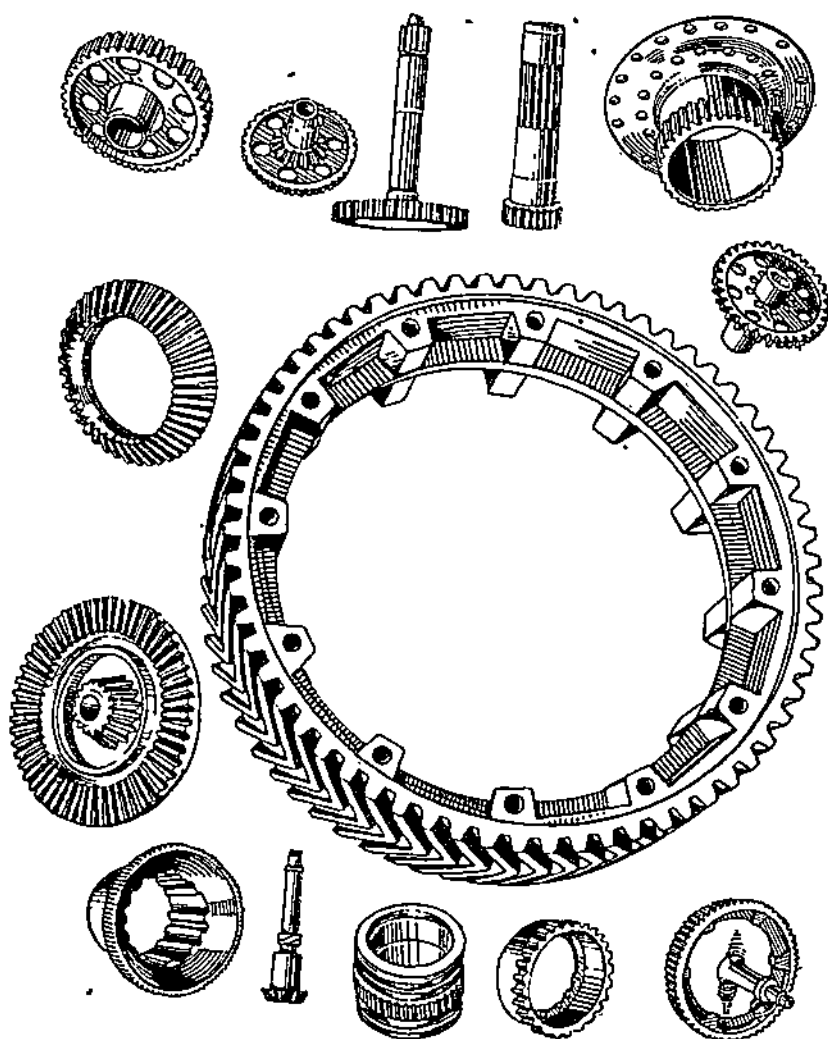
При отделке зубьев шестерен авиационных двигателей применяются следующие методы обработки:

- 1) шлифование,
- 2) шевинг-процесс,
- 3) притирка (лапинг-процесс),
- 4) полирование,
- 5) отделка зубьев для изменения формы профиля.

Шлифование

В процессе термической обработки неблагоприятное сочетание зубчатого венца и ажурной ступичной части шестерен приводит к искажениям их формы. Это обстоятельство предусматривается технологическим процессом, и на зубьях шестерен оставляется припуск под отделочные операции, увеличенный против припуска, принятого в среднем машиностроении.

При таких условиях (учитывая закаленную поверхность зубьев) шлифование является наиболее производительным методом отделки закаленных зубьев и позволяет получить точность основных параметров зубчатых зацеплений в пределах весьма жестких допусков, теоретически правильную эвольвентную форму зуба и весьма чистую рабочую поверхность зубьев.



Фиг. 1. Типы шестерен авиационных моторов.

Стали для шестерен авиационных двигателей 1

Группа	Марка стали	Химический состав в % (средний состав)				Механические свойства после закалки и отпуска				Другие обозначения данной марки стали
		C	Cr	Ni	Другие элементы	σ_B кг/мм ²	σ_S	H_B		
								кг/мм ²	d отпечата- ка в мм	
Цементуемые стали	12XH3A	0,13	0,75	3,0		95	70	269—363	3,7 —3,2	33, X1H, XH1
	12X2H4A	0,13	1,5	3,5		100	80	293—375	3,55—3,2	7330; ЭИ83 ответствен- ные шестерни
	13X2H4A	0,13	0,9	3,7		100	80	293—388	3,55—3,1	XM1, Э5
	13XHBA	0,12	1,5	4,25	W 1,0	100	75	302—303	3,5—3,2	ЭИ114, И114
Улучшаемая сталь	37XH3A	0,37	1,40	3,85		115	100	352—415	3,25—3,00	Э10, XH4, X4H
Азотируемая сталь	38XHMOA	0,38	1,5	—	Mo — 0,20 Al — 0,9	100	—85	302—340	3,5—3,3	XMA

1 По данным ВИАМ.

МО
ОТ
МО
ЗУ
КО
ОБ
НЫ
ТИ
ШУ
ЛЯ
УС
КО
де
ви
нь
19
Ф
ЗУ
МИ
ПУ
МО
Ж
НИ
П
НИ
ИЗ
Ф
Ш
ТО
НИ
П
С
Д
Ц
В
Б
В

Точность изготовления зубьев шестерен авиационных моторов можно охарактеризовать следующими данными:

- а) отклонения от теоретической эвольвенты зуба в зависимости от назначения шестерни $0,007 \div 0,015$ мм;
- б) допуски на биение по начальной окружности $0,03—0,05$ мм;
- с) отклонения по шагу $\pm 0,008 \div 0,015$ мм;
- д) перекос рабочей поверхности зуба $\pm 0,010—0,020$ мм.

Характерным преимуществом шлифования зубьев является возможность получить теоретически правильную эвольвентную форму зуба и чистую поверхность, независимо от величины припуска, который, как указывалось выше, диктуется условиями термической обработки шестерен. Образование эвольвенты на зубошлифовальных станках происходит автоматически и обусловлено конструктивными и кинематическими особенностями применяемых зубошлифовальных станков. Кроме того, зубошлифовальные станки являются полуавтоматами, благодаря чему при соответствующей их установке в цехе имеется возможность обслужить несколько станков одним рабочим.

Основным недостатком шлифования зубьев как метода их отделки является невысокая производительность по сравнению с шевинт-процессом и притиркой, обусловленная принципами, положенными в основу работы современных зубошлифовальных станков.

Впервые начинают применять шлифование для отделки зуба с 1926 г., когда швейцарский инженер Макс Мааг предложил шлифовать зубья обкаткой. Этот принцип лег в основу известного зубошлифовального станка Мааг. Однако сам станок появился на мировом рынке лишь в 1932 г.

В 1927—1928 гг. германская фирма Гилле-Верке тоже выпустила зубошлифовальный станок, работающий одним кругом по методу обкатки.

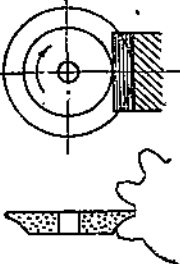
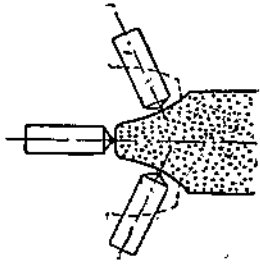
Быстрый рост и прогресс машиностроения и в особенности таких его отраслей, как авиационное моторостроение, турбостроение и др., требующих зубчатых зацеплений высокой точности для передачи больших мощностей и чисел оборотов, вызвал появление ряда конструкций зубошлифовальных станков, причем каждая из этих конструкций характеризуется оригинальным методом шлифования зуба.

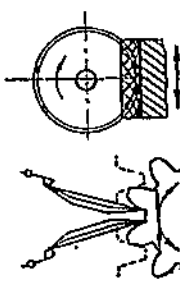
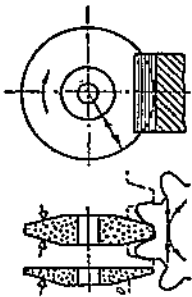
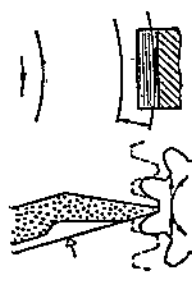
На табл. 2 представлены наиболее распространенные методы шлифования зуба у цилиндрических зубчатых колес.

Несмотря на появление новых методов отделки зубьев, о которых будет сказано ниже, шлифование остается наиболее надежным методом отделки зубьев шестерен авиационных моторов.

Прогресс термической обработки наталкивает на мысль, что шлифование может быть полностью заменено методом притирки. Считают, что, усовершенствовав термическую обработку, можно довести деформацию зуба, являющуюся следствием этого процесса, до самой незначительной величины, и тогда для корректирования зуба потребуется лишь небольшая притирка или приработка зубьев. Однако даже фирма Нейшенел-Броч Компани в США, выпустившая несколько более или менее удачных кон-

Методы шлифования зубьев цилиндрических шестерен

Метод	Направление зубьев шестерни	Профиль зуба	Инструмент	Эскиз	Фирма и страна
Копирование	Прямое	Любой	Шлифовальный круг, профилированный с одной стороны		"Минерва" (Германия)
Копирование	Прямое	Любой	Шлифовальный круг, профилированный с обеих сторон		Оркутт (Англия) и Гир-Грайнддинг (США)

Обкатка	Прямое и спиральное	Эволюент- ный	Два шлифовальных круга тарельчатой формы		Магс (Швейцария)
Обкатка	Прямое и спиральное	Эволюент- ный	Боковая поверхность шли- фовального круга, заточен- ного как зуб рейки		Рейцекер (прямой зуб) и Найлс (Гер- мания)
Обкатка	Прямое и спиральное	Эволюент- ный	Край тарельчатого шлифо- вального круга (Прагг-Уитни модель 10" работает двумя тарельчатыми кругами)		Прагг-Уитни (США), Черчилль (Англия)

струкций зубопритирочных станков и потому особенно пропагандирующая переход со шлифовки на притирку, вынуждена была признать, что «для шестерен диаметром от 200 мм и выше операция шлифования будет, вероятно, необходима в течение долгого времени».

Практика современного производства авиационных двигателей показывает, что оба эти процесса могут только дополнять друг друга. Искажение формы профиля зуба или изменение его по шагу после закалки, лежащее за пределами 0,03 мм, делает уже экономически невыгодным процесс притирки. Если же деформации зуба в результате закалки превышают 0,10 мм, то применение притирки становится совершенно бесцельным, ибо такую погрешность исправить притиркой не удастся.

Шевинг-процесс

Принципиальные моменты

Шевинг-процесс представляет собой сравнительно новый вид обработки металлов резанием. Здесь мы встречаемся с явлением так называемого «бреющего резания». Отсюда и название процесса: по-английски «to shave» означает брить. Инструмент для шевинг-процесса называется шевером.

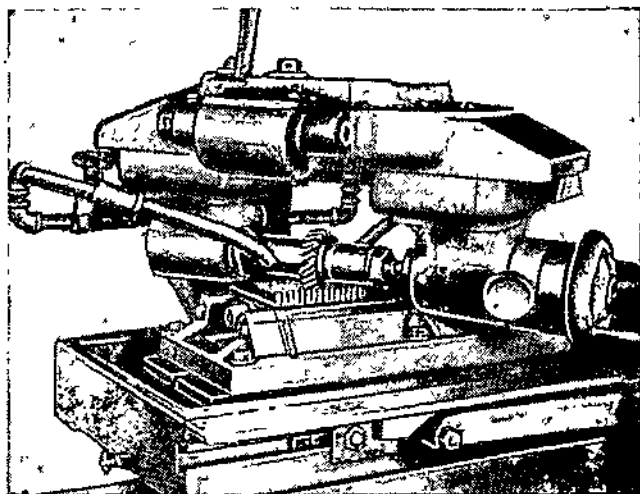
Родиной шевинг-процесса являются США. Станки по обработке шестерен методом шевинга появились еще в 1928 г. (Пратт-Уитни), но широкое распространение этот метод получил с 1933—1934 гг., когда американские фирмы выпустили несколько типов шевинг-станков, обладавших высокой производительностью и удачно выполненными в конструктивном отношении. К таким станкам относятся также станки фирм Мичиган-Тул Компани и Нейшенел-Броч Компани.

Практически при изготовлении передач стремятся к созданию таких условий и такой формы зубьев, чтобы максимально приблизиться к теоретическим условиям зубчатого зацепления, т. е. уменьшить, насколько возможно, скольжение зубьев во время работы, которое приводит к износу зубьев и потере их первоначальной формы.

Принцип шевинг-процесса заключается в следующем. Если шестерню с прямым зубом прокатывать по рейке с наклонными зубьями, то шестерня, помимо вращательного движения, получит еще и поступательное перемещение. Величина, на которую должна переместиться шестерня в осевом направлении, будет зависеть от величины угла между осями шестерни и зубьями рейки. Поскольку в данной сцепляющейся паре (шестерня-рейка) оси перекрещиваются, с точки зрения механики мы имеем здесь косозубчатую передачу, характерную усиленным скольжением сопрягающихся зубьев. Этот вредный элемент в работе косозубчатой передачи и использован в качестве основного рабочего фактора шевинг-процесса. Практически это делается следующим образом.

На зубьях стальной закаленной рейки прорезаны канавки так, что наружные края их представляют собой режущие кромки. Если

по такой рейке прокатить шестерню, ось которой образует некоторый угол α с зубьями рейки, и при обкатке не дать шестерне перемещаться в осевом направлении, то возникнут усилия скольжения, которые заставят зубья шестерни тереться о зубья рейки. При этом режущие кромки канавок, нарезанных на зубьях рейки, будут срезать тонкую волосообразную стружку с поверхности зубьев шестерни.



Фиг. 2. Шевинг-процесс по методу Мичиган-Тул.

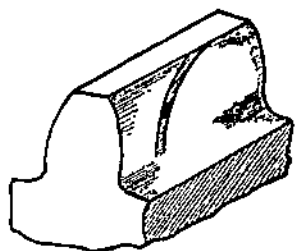
По принципу зацепления рейки и шестерни построены шевинг-станки Мичиган-Тул Компани. Работа станка Мичиган-Тул показана на фиг. 2. Обрабатываемая шестерня сидит на оправке, установленной между центрами, а шевер-рейка, укрепленная на столе станка, движется поступательно-возвратно. Для прямозубых шестерён применяется рейка с наклонными зубьями, а для шестерён со спиральным зубом применяется рейка с прямыми зубьями.

Угол перекрещивания осей шевера и обрабатываемой шестерни является величиной определенной для данных условий. Чем больше угол α , тем больше скольжение и тем интенсивнее протекает процесс. Если угол α очень мал, то благодаря тому, что режущим элементом являются кромки канавок, «бреющие» зуб, мы вместо шевинга, можем получить простую обкатку с врезанием зубьев шевера в зубья заготовки. Поэтому правильный выбор угла α при шевинг-процессе имеет немаловажное значение. При выборе величины угла α исходят из ширины канавки, прорезанной на зубе шевера. Ширина самой канавки обычно колеблется в пределах от 0,75 до 1 мм, в зависимости от прочности режущего выступа, образованного двумя канавками, и других причин. Практика показывает, что величина осевого смещения каждого зуба заготовки

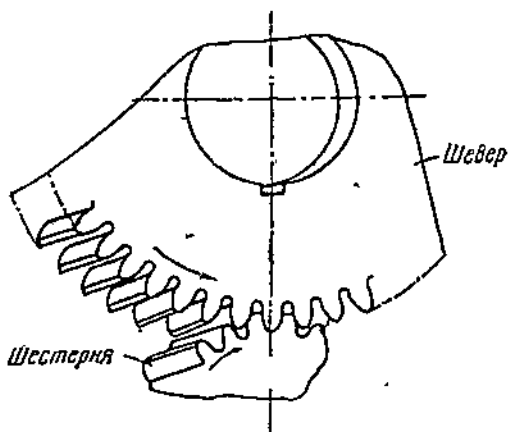
должна быть по крайней мере в 3—4 раза больше ширины канавки.

По данным фирмы Мичиган-Тул угол α не должен быть меньше 10° . Увеличение угла α , как уже было сказано, интенсифицирует процесс шевингования. Однако условия резания при этом ухудшаются, так как уменьшается зона контакта между шевером и заготовкой и возрастает дрожание заготовки, что отражается на чистоте обработки поверхности.

Второй метод шевинг-процесса, получивший также большое распространение и преимущественно применяющийся



Фиг. 3. След зуба шевера на зубе шестерни.



Фиг. 4. Схема шевинг-процесса по методу Нейшпенел-Броч.

в производстве авиационных моторов, — метод, предложенный американской фирмой Нейшпенел-Броч Компани. При этом методе шевингования режущим инструментом является уже не рейка, а стальная закаленная шестерня, на зубьях которой прорезаны канавки. Принцип перекрещивания осей инструмента и заготовки сохраняется и в данном случае, однако, при этом способе мгновенный контакт между шевером и шестерней будет происходить не по линии, как в случае рейки, а в одной точке. Эти точки образуют на поверхности зуба наклонную линию, которая начинается около дна впадины зуба и идет до его вершины (фиг. 3).

При методе Нейшпенел-Броч работа происходит по схеме, представленной на фиг. 4. Инструменту — шеверу-шестерне — сообщается вращение, и от него приводится шестерня-заготовка. Стол станка, на котором установлена заготовка, делает небольшие возвратно-поступательные движения вдоль оси шестерни, чтобы равномерно изнашивался инструмент и полностью обрабатывался каждый зуб заготовки по длине.

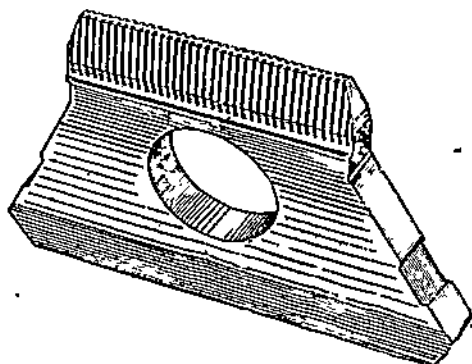
Несмотря на сохранение основного принципа шевингования при методе Нейшпенел-Броч, кинематическое отличие этого метода от метода Мичиган-Тул находит свое отражение не только в разнице конструкций шевинг-станков и шеверов, но и в результатах самого процесса обработки. Так как при применении круглого шевера мгновенный контакт с изделием происходит в одной точке,

а- то в процессе снятия стружки возникают меньшие усилия, чем при
б- работе рейкой, где мгновенный контакт между зубьями происхо-
н- дит по линии. Благодаря этому поверхность зуба при обработке
м- круглым шевером будет чище, чем поверхность, обработанная ше-
м- вером-рейкой.

Режущий инструмент шевер

Шевер-рейка представляет собой блок отдельных пластин, каж-
дая из которых является зубом рейки. Эти пластины, собранные
и смонтированные в приспособлении, и образуют рейку. Приспо-
собление с смонтированной в нем рейкой устанавливается на столе
станка. Зуб рейки (фиг. 5) представляет собой стальную закален-

р- ную пластину с отверстием
в середине. Верхняя часть
пластины оформлена в виде
зуба рейки и на ее боко-
вых гранях прорезаны канавки. Канавки прорезаются
на шлифовальном станке
одновременно по всей ши-
рине зуба после его закал-
ки. Инструментом для это-
го служит набор шлифо-
вальных кружков толщиной
0,75—1 мм каждый, смон-
тированных на общей оправ-
ке. Зуб рейки по толщине
изготавливается с точностью



Фиг. 5. Зуб шевера-рейки Мичиган-Тул.

й- 0,0005 мм. Такая точность достигается фирмой Мичиган-Тул при-
е- менением притирки специальными пастами. Монтаж зубьев в
а- блок производится в специальном помещении, где поддерживается
постоянная определенная температура, и с применением контроль-
ной электроизмерительной аппаратуры для измерения точности
б- обработки зубьев.

Сборная рейка состоит из нескольких десятков таких зубьев.
Количество их определяется максимальным размером шестерен,
подлежащих обработке. Общий допуск на длину собранной рейки
не превышает 0,0025 мм. Параллельность верхней и нижней пло-
скостей зуба выдерживается с точностью 0,005 мм. Такая рейка
выдерживает до 20 переточек, обрабатывая от 10 до 15 тыс. ше-
стерен между каждой переточкой. Количество обрабатываемых
шестерен зависит от количества зубьев, припуска на обработку и
рабочего режима.

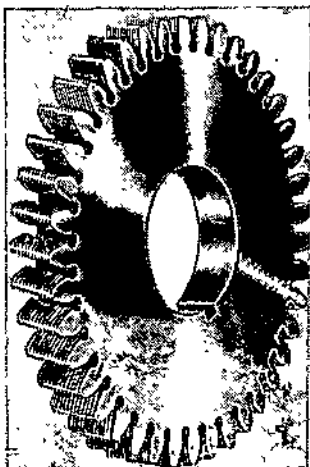
Таким образом до полного износа рейка может изготовить от
200 до 300 тыс. изделий. Изготовление каждой шестерни в сред-
нем занимает не более 1 мин. при 22—24 ходах стола.

В вертикальном направлении заготовка подается гидравличе-
ским механизмом станка после каждого хода стола. Заточка
зубьев рейки производится по сторонам профиля и по высоте. При
этом снимается слой 0,05÷0,10 мм.

Из всего сказанного видно, что шеввер-рейка является весьма сложным в изготовлении и потому весьма дорогим инструментом. Этот инструмент выгоден лишь при массовом производстве шестерен.

Шеввер-шестерня (фиг. 6) представляет собой шестерню со спиральным зубом. На зубьях шестерни прорезаны канавки для образования режущих кромок.

У дна впадин зубьев имеются сверления, необходимые для вывода реза при строгании канавок. Кроме того, благодаря им улучшаются условия смывания стружек потоком масла, подающимся под значительным давлением на шеввер при работе.



Фиг. 6. Шеввер-шестерня Нейшенел-Броч.

Для получения шестерен со спиральным зубом шеввер имеет направление спирали обратное направлению спирали на обрабатываемой шестерне. Так, для шестерен с левой спиралью шевверы делаются с правой спиралью и наоборот. Для обработки шестерен с прямым зубом пользуются обычно шевверами с правой спиралью. Головки зубьев у круглых шевверов делаются несколько длиннее, чем у нормальных шестерен. Этим облегчается поворот зуба шеввера, находящегося в сцеплении с заготовкой. У шевверов Нейшенел-Броч головки удлиняются на 0,25—0,5 мм. Для получения точной эвольвенты у зуба обрабатываемой шестерни эвольвента зуба у шеввера делается несколько искаженной¹ по своей крутизне.

В противном случае, т. е. при идеальной эвольвенте зуба шеввера, эвольвента зуба шестерни имеет отклонения, достигающие иногда 0,03 мм.

Шевверы изготавливаются из высокосортных быстрорежущих сталей типа ЭР. Канавки на зубьях нарезаются профильным резцом на специальном станке типа Нейшенел-Броч. Термическая обработка шевверов имеет целью получение твердости $H_{RC} = 61-63$. При большей твердости зубья шевверов имеют тенденцию выкрашиваться. При меньшей твердости они сравнительно легко тупятся. Шлифование зубьев шеввера по профилю производится на специальном зубошлифовальном станке (Нейшенел-Броч).

На советских заводах зубья круглых шевверов успешно шлифуют на станках Мааг.

Станок Нейшенел-Броч работает по методу обкатки. Перед шлифованием шеввера станок устанавливается и настраивается по специальному чугунному образцу, представляющему копию шеввера, но без канавок. Образец шлифуется и после каждого про-

¹ Подробней см. М. Д. Генкин, журн. „Машиностроитель“, № 3, 1938.

хода проверяется угол спирали и профиль зуба. Настройка станка корректируется по результатам проверки.

Основную роль для получения профиля требуемой формы играет копир станка, его форма и угол установка. После того как станок будет окончательно настроен, чугунный образец снимается и вместо него устанавливается и обрабатывается заготовка шевера. После шлифования шевера тщательно проверяется по всем размерам.

При контроле профиль зуба шевера сверяется с профилем зуба специального эталонного шевера. При этом допускаемые отклонения не должны превышать 0,005 мм. Разница в шаге на диаметре (полуокружности) должна лежать в пределах $\pm 0,015$ мм. Концентричность окружностей начальной и выступов (наружной) относительно посадочного отверстия выдерживается в пределах 0,01 мм. Отверстие для посадки шевера на оправку изготавливается с точностью $\pm 0,005$ мм и окончательно доводится до размера притиркой. Перпендикулярность торцев шевера относительно оси данного отверстия выдерживается в допуске 0,01 мм. С таким же допуском выдерживается и толщина шевера. Стандартная толщина шевера 19 мм. Каждый зуб имеет 12 канавок и 13 режущих выступов.

Круглый шевер выдерживает до четырех переточек. Между переточками шевер обрабатывает 6—12 тыс. шестерен (по данным фирмы). Фактической стойкостью между переточками надо считать по данным нашей практики 4—5 тыс. шестерен. Таким образом круглый шевер может обработать до износа 20—25 тыс. шестерен.

Оба метода шевинг-процесса (шевер-рейка и круглый шевер) дают высокую точность обработки. При массовой проверке шестерен, обработанных шевингом на автозаводе им. Сталина, установлена следующая точность:

эксцентricность	0,005 мм
точность профиля	0,01—0,015 мм
отклонения по шагу	0,01 мм

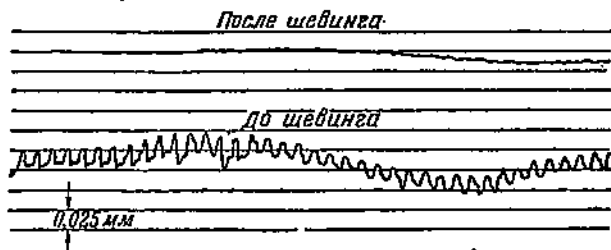
На фиг. 7 представлена диаграмма, изображающая запись, произведенную контрольным прибором при проверке на нем шестерен. Кривые показывают суммарную неточность шестерни, изготовленной на станке Феллоу, до и после шевингования.

Сопоставляя оба метода шевинг-процесса, приходим к следующему заключению. Шевер-рейка является значительно более долговечным инструментом, чем шевер-шестерня, но в то же время этот инструмент стоит в пять раз дороже круглого шевера и чрезвычайно сложен в изготовлении.

В работе рейка должна часто и тщательно очищаться для удаления стружки, что увеличивает время изготовления изделий. Кроме того, шевером-рейкой можно изготавливать только шестерни с внешним зацеплением.

Шевер-шестерня является более универсальным инструментом, чем рейка. Круглым шевером можно обрабатывать шестерни как

с внутренним, так и с внешним зацеплением. Круглым шевером можно обрабатывать шестерни, имеющие буртики, или блочные шестерни. Кроме того, поверхность, обработанная круглым шевером, чище, чем поверхность, обработанная рейкой. Все эти преимущества круглого шевера, вытекающие из его конструкции,



Фиг. 7. Диаграмма суммарных неточностей шестерни до и после шевинг-процесса.

заставляют отдать ему предпочтение при выборе метода шевингования шестерен авиационных моторов. К основным недостаткам круглого шевера относится невозможность замены зуба в случае его поломки, а также небольшое число допускаемых переточек. Однако преимущества круглого шевера покрывают его недочеты.

Шевингование круглым шевером

На фиг. 8 представлен станок для шевингования шестерен круглым шевером. Шеверная головка станка имеет независимый привод от мотора в 2 л. с., помещенного наверху станка. Вращение оправки шевера передается через систему шестерен. Шевер вращается со скоростью 120 м/мин. Стол станка совершает возвратно-поступательные движения, величина которых колеблется от 0,2 до 0,5 мм за один оборот заготовки в зависимости от выбранного режима. Стол приводится в движение от отдельного мотора. Величина продольной подачи стола изменяется посредством сменных шестерен. После каждого оборота обрабатываемой шестерни происходит вертикальная подача стола с заготовкой на шевер. Эта подача осуществляется механизмом, помещенным с левой стороны станка, и регулируется в пределах от 0,025 до 0,075 мм за один ход стола. Благодаря специальному механизму станок может быть установлен на определенное количество ходов стола, после совершения которых он остановится. После каждого хода стола вращение шевера реверсируется, и таким образом поочередно обрабатываются обе стороны зуба.

Как уже было сказано ранее, мгновенный контакт шевера с заготовкой происходит в одной точке. Такие точки располагаются на боковой поверхности зуба по линиям, как показано на фиг. 3. После того как фактически операция резания заканчивается, все эти линии снимаются двумя-четырьмя холостыми оборотами шевера, в результате чего получается блестящая зеркальная поверхность, превосходящая по чистоте даже шлифованную.

Во время работы на шеве́р подается обильное охлаждение. Смазочно-охлаждающая жидкость подается под давлением от насоса, приводимого отдельным мотором. Жидкость должна смывать стружки тотчас после их образования, не допуская их попадания между зубьями шеве́ра и заготовки.

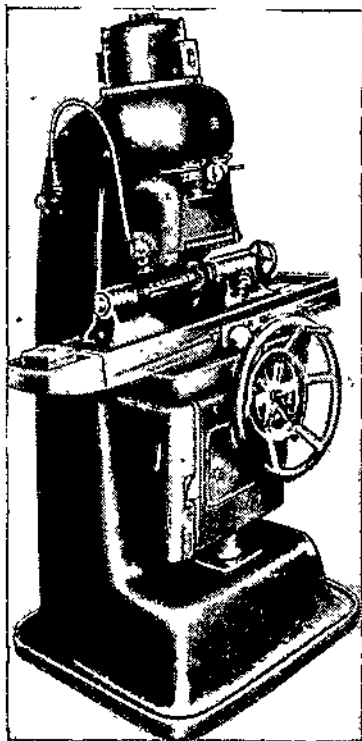
Припуск на обработку при шевинговании берется в пределах 0,15—0,25 мм на толщину зуба. Желательно оставлять минимально возможный припуск для получения лучшей чистоты и меньшего износа инструмента.

Угол наклона зубьев шеве́ра определяется углом наклона зубьев заготовки. Разница в углах наклона зубьев шеве́ра и шестерни для получения наиболее хороших результатов должна быть равна 15° . Следовательно, если надо обработать шестерню с углом спирали зуба 40° , то угол спирали зуба шеве́ра будет $40 - 15 = 25^\circ$. В случае прямозубой шестерни угол наклона зуба равен нулю и шеве́р делается с углом спирали, равным 15° . Для более точного корректирования угла между осями шестерни и шеве́ра на головке станка имеется градуировка и к вращающейся шкале добавлен еще индикатор. После того как изготовленная шестерня проконтролирована, любая, самая минимальная корректировка угла скрещивания может быть произведена установкой головки по индикатору.

При обработке шестерен авиационных моторов шевинг-процесс применяется как предварительная операция, если после закалки шестерня не шлифуется, а притирается.

В некоторых случаях конструкция шестерни не допускает применения шлифования, например, если шестерня имеет буртик. Шлифовальный круг в этом случае не имеет выхода, и единственным выходом из положения будет применение шевинга.

Перед закалкой шестерен крупные автомобильные заводы в США также обрабатывают шестерни на шевинговых станках, что является практически вполне оправданным. Дело в том, что искажения профиля зуба представляют суммарную величину из неточностей предварительной механической обработки, с одной стороны, и с другой, — в результате воздействия высоких температур при термообработке. Шевинг-процесс, перед термической обработ-



Фиг. 8. Станок Нейшенел-Брок для шевинг-обработки шестерен с наружным зубом.

кой ликвидирует первую группу неточностей обработки, не создавая в то же время сколько-нибудь значительных напряжений в зубьях заготовки. Следовательно, при окончательной отделке зуба шестерни остается исправить одни лишь дефекты термического происхождения. При высокой культуре процесса и метода термической обработки эти дефекты могут быть весьма незначительными и легко устранимыми притиркой зубьев.

Притирка зубьев

Притиркой зубьев, или лапинг-процессом, называется процесс обработки зубьев шестерни посредством чугунного притира, представляющего собой шестерню, аналогичную притираемой. Сущность процесса заключается в следующем. В течение определенного промежутка времени, определяемого опытным путем, шестерня-притир, изготовленная из мелкозернистого мягкого серого чугуна, вращается в зацеплении с шестерней-заготовкой. Вращение шестерен сопровождается осевым перемещением одной из них относительно другой. При этом притираемые зубья обильно поливаются смесью масла с мелкозернистым абразивом (обычно электрокорундом). Зерна абразива, попадая в поры на поверхности зубьев чугунного притира, задерживаются в них и служат шлифующим элементом, значительно ускоряя и активизируя процесс притирки. Вместо притирочных жидкостей применяют также притирочные пасты, в которых абразивный порошок смешан с густым маслом типа тавота. В производстве шестерен авиационных моторов применяют преимущественно пасту. Применение масла с абразивным порошком практиковалось ранее, но оказалось вредным для станков, так как притирочная смесь попадала в рабочие органы станков, и они преждевременно изнашивались.

Методы притирки весьма многообразны, и в практике применяется много станков оригинальной конструкции.

Несмотря на многообразие таких станков и методов, их можно разделить на две основные группы. В первой группе конструкций притирочных станков оси шестерни и притира параллельны друг другу. Ко второй группе станков относятся станки, работающие по методу скрецающихся осей.

Для примера рассмотрим метод фирмы Фриц Вернер (Германия), представленный в схематическом виде на фиг. 9 и являющийся типичным. Притиры и притираемые шестерни вращаются в разных направлениях. Притиры имеют еще и возвратно-поступательное движение, а притираемые шестерни, вращаясь, перемещаются в радиальном направлении. Притиры укрепляются в верхнем шпинделе головки станка, а притираемые шестерни в нижнем шпинделе стола станка.

Притирка зубьев применяется для достижения следующих целей:

1. Удаление следов режущего инструмента на поверхности зубьев шестерни.

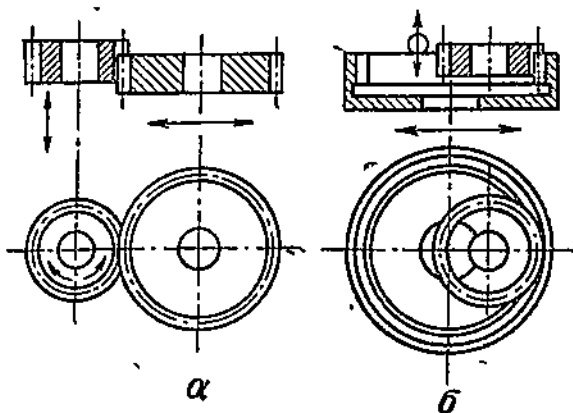
2. Устранение искажений шага и эксцентриситета по начальной окружности, полученных в результате термообработки, и исправление профиля. Последнее, впрочем, еще пока проблематично.

3. Получение более гладкой поверхности, чем при шлифовке и шевинг-процессе.

Притирка применяется для обработки каленых зубьев. Экономическая выгодность ее применения определяется величиной искажений зуба после термической обработки. Эта величина по данным практики не должна превосходить 0,03 мм. Прогресс в области термической обработки за последние годы дает возможность получить необходимую твердость зуба при минимальных искажениях профиля. Благодаря этому иногда представляется возможным отказаться от шлифовки зуба и заменить ее значительно более производительной и дешевой притиркой.

Кроме того, притирка часто применяется даже после шлифования при правильном профиле зуба с целью придания большей гладкости его поверхности и улучшения поверхностного слоя металла благодаря удалению слоя, разрушенного шлифованием.

Притирка применяется также при отделке конических шестерен. Для притирки конических шестерен на авиационном заводе Испано-Сюиза во Франции применялся в свое время простой станок. Станок имеет две бабки со шпинделями, оси которых пересекаются под прямым углом. Оба шпинделя при помощи рукояток имеют возможность перемещаться в осевом направлении. Работа производится без специальных притиров. Обе шестерни, работающие в паре на агрегате, устанавливаются и закрепляются на шпинделях станка и приводятся в сцепление так, чтобы поверхности их задних конусов были в одной плоскости. После этого приводится во вращение шпиндель ведущей шестерни. Притирочной средой является масло с абразивным порошком. Число оборотов ведущего шпинделя $n=320$ об/мин. Расстояние между осями притира и шестерни в процессе притирки должно изменяться для большей активизации процесса. На притирку пары: шестерня распределительного вала — шестерня наклонного валика — требовалось 6 мин. При этом шестерни вращались 3 мин. в одном направлении и 3 мин. в другом. После притирки шестерни промывают в бензине и проверяют на биение по делительному конусу. Допустимое биение по делительному конусу было установлено



Фиг. 9. Схема притирки шестерен по методу Фриц Вернер.

0,07 мм. До притирки биение доходило до 0,12 мм. После притирки описанным методом биение большинства шестерен при контролировании их на специальном аппарате «Заурер» оказалось в пределах 0,03—0,04 мм. Кроме уменьшения биения, притиркой достигалась большая гладкость рабочей поверхности зубьев.

Полировка

Полировка профилей зубьев шестерен имеет целью придать им максимальную гладкость. Некоторые иностранные фирмы перед войной применяли этот метод окончательной отделки зубьев. Однако если проанализировать влияние этого вида обработки на качество зацепления, то оказывается, что применение его в современных условиях вряд ли может быть оправдано. Полировка является одним из немногих видов обработки, где качество получаемого изделия зависит в основном от опытности и искусства рабочего, занятого этим делом. Несомненно, что при полировке профилей зубьев даже опытный рабочий может испортить профиль, поскольку он будет добиваться удаления следов предшествовавшей обработки (например, шлифования) и тем самым продолжительное время воздействовать на зубья полировальной пастой и т. п. материалами. Если же произвести только непродолжительную легкую заполировку зубьев, как это делала ранее фирма Райт, то цель — получение максимально гладкой поверхности — все равно не будет достигнута. Вообще следует заметить, что в условиях массового производства нельзя полагаться лишь на квалификацию работников. Таким образом от массовой полировки профилей зубьев, как от метода, связанного с большим риском порчи этих профилей, следует воздержаться.

Полировка может применяться и применяется в ряде случаев лишь для отделки кромок на торцах зубьев и для отделки дна впадины между зубьями, если в этом есть особая необходимость.

Для полировки зубьев используются те же полировальные станки и пасты, которые применяются для всех стальных и закаленных деталей.

В последнее время делаются попытки применить для полировки металлов электрохимию.

Отделка зубьев с целью изменения их формы

Образование бочкообразности

Практика изготовления шестерен высокой точности показала за последние годы, что некоторые небольшие изменения нормальной формы зуба, производимые без искажения шага и значительного искажения профиля зуба, весьма повышают качество работы зубчатого зацепления.

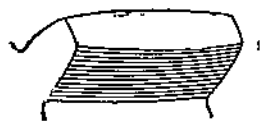
Распространенное искусственное изменение формы зуба — это искривление его боковых поверхностей на весьма небольшую величину (0,02—0,03 мм), в результате чего зуб получает бочкообразную форму (фиг. 10).

Шестерни с зубьями бочкообразной формы не имеют при за-

цеплении контакта по краям зуба, благодаря чему такие шестерни не нагружаются в этих местах, предотвращается концентрация напряжений и повышается срок их службы.

Кроме этого, такая форма зубьев обеспечивает наличие масляного слоя между зубьями.

Притирка шестерен с бочкообразной формой зуба для исправления неточностей также значительно облегчается, и время для притирки бочкообразного зуба равно почти половине времени, требуемого для притирки зуба обычной формы.

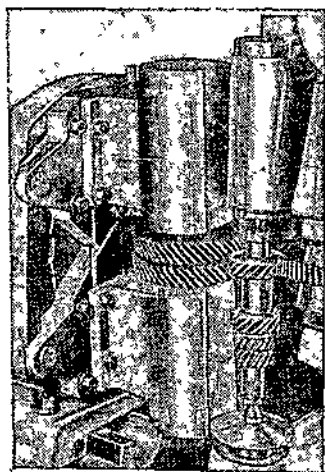


Фиг. 10. Изменение формы зуба.

Бочкообразную форму зубу придают при его отделке различным образом. Так, на некоторых шевинг-станках, работающих круглым шевером, применяется специальный кулачок, создающий дополнительное движение шевера параллельно его оси. При помощи кулачка шевер шевингует зуб, создавая на краях его начальную окружность меньшего диаметра, чем в середине. В середине зуба шевинг-процесс происходит нормально, и выдерживается нормальный диаметр начальной окружности.

На других шевинг-станках этот же результат достигается особым устройством, создающим дополнительное движение шестерни по дуге в процессе шевингования.

Наиболее удачным решением этого вопроса является выпуск станка для „кривого шевингования“ фирмой Мичиган-Тул. Общий вид установки на данном станке представлен на фиг. 11. Станок работает одновременно тремя шеверами. Один из них, находящийся с правой стороны, представляет собой обычный инструмент этого типа, установленный для шевингования по методу скрещивающихся осей. Два шевера с левой стороны монтируются на отдельной головке, которая устанавливается с противоположной стороны нормального шевера. Теоретический угол установки этих шеверов равен углу наклона спирали зубьев заготовки, если шестерня имеет спиральный зуб, но сами зубья скошены под различными углами. Так, например, если угол спирали зуба равен 30° , то одна сторона зуба шевера отшлифована под углом $33^\circ 5'$, в то время как другая отшлифована под углом $26^\circ 55'$.



Фиг. 11. Шевинг-станок для специальной отделки зуба.

Сама шеверная головка установлена под углом 30° . Два левых шевера в этой установке находятся в контакте с зубьями

обрабатываемой шестерни на расстоянии приблизительно 6—6,5 мм от края шестерни при шестернях со средним модулем. Они снимают очень маленькую стружку по краям зубьев, придавая им бочкообразную форму. Величина 0,02—0,03 мм как раз достаточна, чтобы уменьшить опорные поверхности на краях зубьев.

На фиг. 12, а схематически представлен характер контактной площади зуба, полученной при обработке одиночным шевером по описанному выше методу.

На фиг. 12, в представлена фактическая контактная площадь зуба, обработанного по методу кривого шевингования. Из сопоставления видов этих контактных площадей ясно, что методу кривого шевингования может быть отдано предпочтение.

Фланкирование

Фланкирование является наиболее распространенным методом изменения формы зубьев шестерен и радикальным средством устранения весьма вредного явления в работе сцепляющейся пары — питтинга (точечного разрушения рабочей поверхности зубьев).

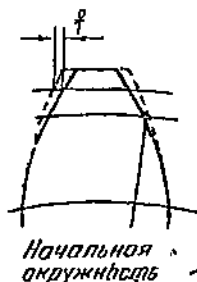
Фиг. 12. Влияние кривого шевингования на увеличение контактной площади зуба.

Питтинги возникают в результате усталости материала и развиваются из усталостных трещин. Иногда питтинги возникают вскоре после начала работы зубчатого зацепления. Начальные питтинги в зацеплениях авиационных двигателей чаще всего происходят из-за неточности сборки и ослабления требований к качеству отделки. Если с явлениями начального питтинга можно бороться путем усиления контроля за сборкой и улучшением качества отделки, то с «нормальным» питтингом дело обстоит иначе. В зубчатых зацеплениях авиационных двигателей отсутствует коррекция зубьев, поэтому их работа характеризуется резким увеличением работы трения в начале зацепления по сравнению с концом зацепления. Благодаря такому положению участки головок зубьев, расположенные близко от начала зацепления, подвергаются значительно более сильным напряжениям и, следовательно, усталости и в результате — точечному выкрашиванию, или питтингу.

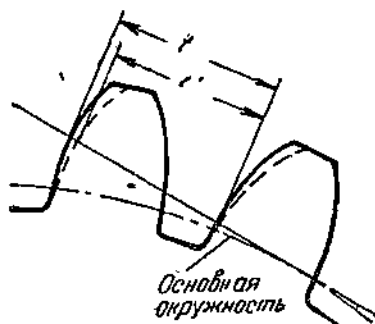
Чтобы предупредить это явление, применяют фланкирование. Сущность фланкирования заключается в том, что у зуба снимается на небольшую глубину часть поверхности головки по профилю. Благодаря этому исключаются из зацепления участки профиля, наиболее подверженные износу, и устраняется преждевременное вступление в зацепление головки зуба. Улучшаются также и условия смазки зубьев.

На фиг. 13 представлен вид фланкированного зуба. Величина фланка $f=0,05—0,10$ мм в зависимости от условий работы за-

цепления и его параметров. Фланкировать можно различными методами, в том числе шевинг-процессом, долблением, шлифованием посредством профилированного круга и т. п. Для этой цели зубья режущих инструментов должны быть специально корригированы, а шлифовальный круг, если фланк снимается шлифованием, должен быть специально заправлен по кривой профиля фланкированного участка.



Фиг. 13. Вид фланкированного зуба.



Фиг. 14.

Необходимо заметить, что процесс фланкирования лучше всего протекает на шестернях, имеющих модуль от 5 и выше. На шестернях с модулем 2—3 производить фланкирование очень неудобно ввиду незначительной высоты снимаемого участка профиля. Вместо фланкирования можно изготавливать шестерни с дифференцированным шагом по нормали. Схематически это представлено на фиг. 14. Сущность этого метода заключается в том, что вместо нормального шага t для одной из сцепляющихся шестерен применяется уменьшенный шаг t' , благодаря чему характер эвольвенты, ее кривизна на зубьях данной шестерни, изменяется в незначительных пределах.

Глава II

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗУБООТДЕЛОЧНЫХ СТАНКОВ

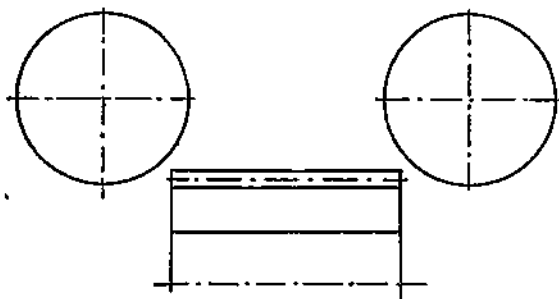
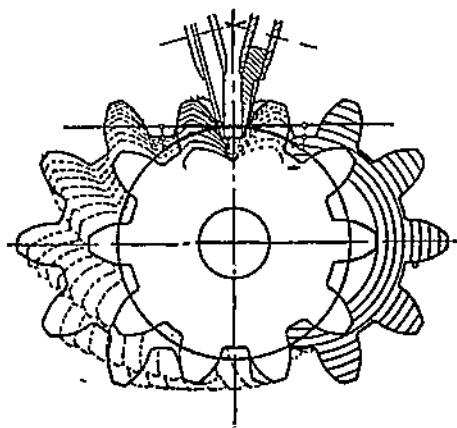
Зубошлифовальный станок Мааг

Зубошлифовальный станок Мааг, нашедший себе широкое применение в производстве авиационных двигателей, является станком-полуавтоматом и служит для шлифования зубьев цилиндрических шестерен с прямым и спиральным зубом. Станок снабжен рядом механизмов и агрегатов, благодаря которым весь цикл обработки, за исключением установки шестерен, протекает автоматически.

Принцип работы станка Мааг заключается в следующем. Как известно, наиболее правильным методом для получения формы зуба, максимально приближающейся к идеальной, является ме-

тод обкатки, при котором инструмент, нарезающий зуб, выполнен в виде шестерни или рейки, находящейся в зацеплении с заготовкой. Этот метод и был применен фирмой Мааг при конструировании станка.

В данном случае режущим инструментом являются два шлифовальных круга тарельчатой формы, расположенных под углом друг к другу таким образом, что внешние очертания их режущих кромок образуют форму зуба рейки. Угол наклона кругов сохраняется постоянным в процессе шлифования зубьев.



Фиг. 15. Схема работы зубошлифовального станка Мааг.

Износ шлифовальных кругов автоматически компенсируется при помощи специального весьма точного электромагнитного аппарата и этим самым обеспечивается постоянное прижатие внешних режущих кромок шлифовальных кругов к шлифуемой поверхности зубьев. Для того чтобы зуб шестерни был прошлифован по всей длине, шестерня имеет, кроме обкатывающих движений, также поступательно-возвратное движение вдоль оси. Направление этого движения меняется механизмом переключения ходов.

После того как профиль впадины зуба с двух сторон полностью прошлифован, специальный механизм деления поворачивает шестерню, подставляя под шлифовальные круги следующий зуб.

Движение обкатки складывается из двух движений шлифуемой шестерни:

- 1) вращения шестерни вокруг своей оси и
- 2) поперечного перемещения шестерни.

Оба эти движения происходят одновременно, причем их направления взаимно противоположны и величины поперечных перемещений равны дугам поворотов шестерни. Оба движения попеременно меняют свои направления, благодаря чему осуществляется шлифовка обеих сторон впадины зуба по эвольвенте.

Перед этим поступательно-возвратное движение приостанавливается, и шлифовальные крути выводятся из зацепления с изделием. Все эти движения выполняются автоматически и повторяются до тех пор, пока не будет отшлифован последний зуб шестерни, после чего станок автоматически останавливается.

Делительный механизм станка связан с механизмом продольной подачи, сообщаящим станку поступательно-возвратное движение. Процесс шлифования зубьев распадается на черновое и чистовое шлифование. В соответствии с этим механизм подачи сконструирован так, что при переходе с черного шлифования на чистовое скорость подачи изменяется, о чем подробно сказано в разделе «Наладка». После того как последний зуб шестерни будет отшлифован, движение шестерни во всех направлениях автоматически прекращается.

Особенности конструкции описанного станка являются характерными для станков Мааг и распространяются на все модели зубошлифовальных станков этой фирмы. Отдельные узлы и механизмы конструктивно выполнены различно у разных моделей станков.

В табл. 3 приведены характеристики наиболее распространенных станков Мааг.

Наибольшее применение в производстве авиационных двигателей находят станки $SS\frac{1}{2}X$ (буква X означает, что станок имеет обкаточный механизм с компенсирующим рычагом).

Станок модели $SS\frac{1}{2}$ имеет следующие основные звенья.

а) Два шлифовальных шпинделя, установленных под углом на поворотных супортах. Каждый из шпинделей снабжен индивидуальным мотором.

в) Два контрольных электромагнитных механизма, контролирующих положение кругов в процессе шлифования.

с) Коробка продольных подач со сменными шестернями для настройки соответствующей подачи и механизм перемены направления подачи.

д) Кулисный механизм, приводимый от главного мотора, сообщаящего поперечным салазкам поперечное прямолинейное движение.

е) Делительная головка с барабаном или роликом обкатки, установленная на поперечных салазках и имеющая центр для установки оправки со шлифуемой шестерней.

ф) Механизм для установки и натяжения лент дуги обкатки.

г) Автомат, включающий делительный механизм в соответствии с определенным моментом процесса шлифования.

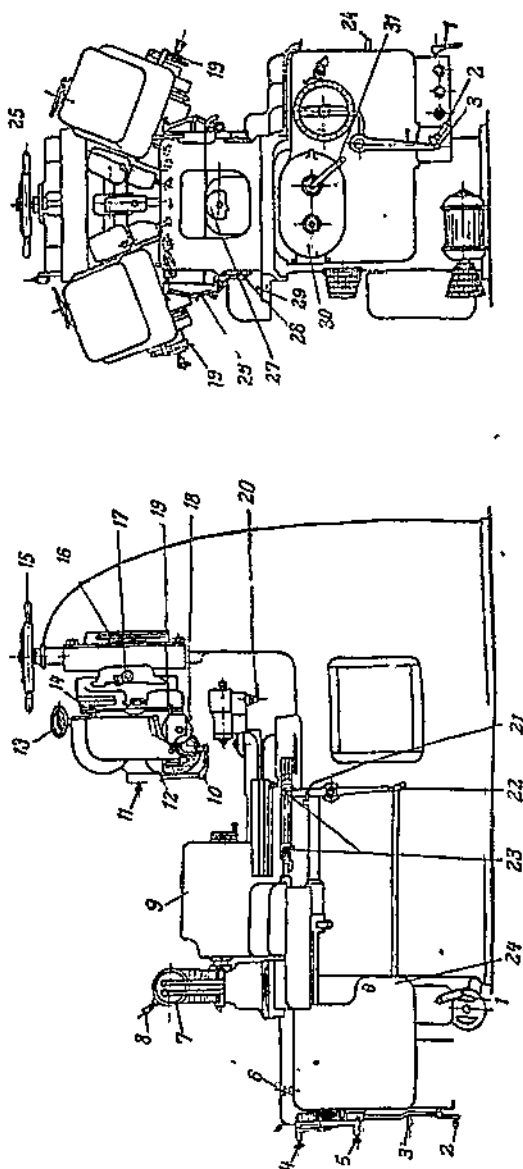
и) Механизм автоматического управления станком, контролирующий своевременность переключения подач и выключение станка после окончания шлифовки всех зубьев шестерни.

Общий схематический вид станка показан на фиг. 16.

Модель $SS\frac{1}{2}$ предназначена для шлифования шестерен с прямым зубом в диапазоне модулей от 2 до 6, при этом наименьший

Характеристики станков Маг

№ по пор.	Элементы характеристики	М о д е л и			
		SS $\frac{1}{2}$ SS $\frac{1}{2}$ X SS30X SS30	HSS $\frac{1}{2}$ HSS30	SS60 SS60X	SS1
1	Габариты станков, мм.	2060×1130×1790	2440×1750×1780	2690×1600×1980	—
2	Диаметр шлифовального круга, мм	220	220	280	220
3	Наибольшее расстояние между центрами, мм	300	360	420	—
4	Наибольший модуль, мм	10	10	12	12
5	Наименьший модуль, мм	2	2	2	2
6	Количество продольных подач стола	8	8	8	4
7	Количество скоростей обкатки	10	10	10	12
8	Количество обкаток в минуту	93—244	93—244	50—170	40—128
9	Величины подач стола на одну обкатку, мм	1,08—5,80	1,08—5,80	0,85—4,70	1,22—2,65
10	Число зубьев шлифуемой шестерни	10—120	10—120	10—180	10—100



Фиг. 16. Зубошлифовальный станок Маг, модель SS¹/₂.

1—включение моторов шлифовальных шпинделей и пылесоса; 2—аккумулятор мотора главного привода; 3—рычаг выключения для выключения станка после черновой шлифовки; 4—рычаг счетного диска для выключения станка после работы; 5—рычаг ручного переключения и выключения продольной подачи салазок; 6—маховичок для рас-
пределения при шлифовке снимаемого слоя металла; 7—заклинивающий механизм; 8—сменные шестерни делительной головки под кожухом; 9—алмазная державка для ручной правки шлифовальных кругов по диаметру;

11—заклинивающий державки 10; 12—алмазная державка для (ручной) правки боковых поверхностей шлифовальных кругов; 13—маховичок установочных кругов при их правке по аксиальности; 14—шкала для измерения угла наклона шлифовальных кругов; 15—штуцерал вертикального перемещения траверсы; 16—шкала периферийной установочной траверсы на радиальный размер шлифуемого зуба; 17—шпинт горизонтальной перестановки шлифовальных суппортов; 18—рычаг установки величин подачи шлифовальных кругов; 19—установочные винты для рычага 18; 20—рычаг отвода шпинели задней бабки; 21—рукоп-

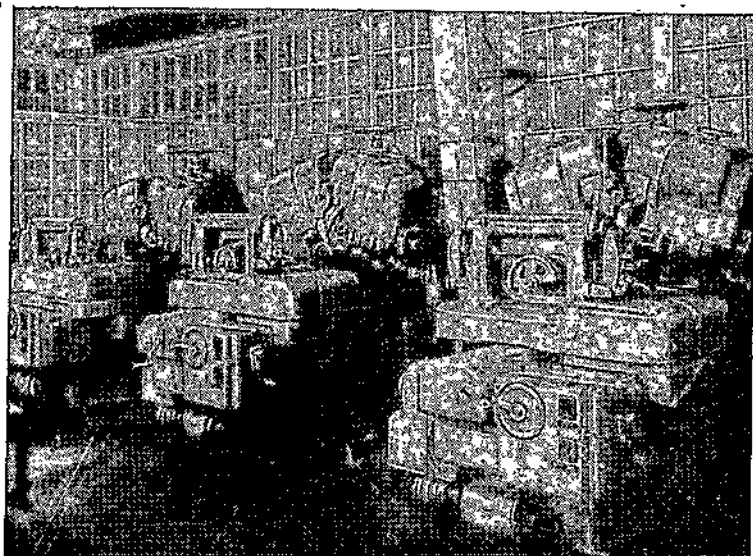
ка ручного деления; 22—рычаг переключения направления холостого хода; 23—переставные упоры для переключения холостого хода с реверсивными винтами; 24—рычаг управления делительным механизмом; 25—кнопка для подачи шлифовальных кругов к контр-рольным алмазам; 26—державка для обкаточных леб; 27—ролик (или барабан) обкатки с обкаточными зубами; 28—шкала установочной радиуса дуги качения; 29—кожух эксцентрикового кулачкового механизма с установочной чертой; 30—сменные шестерни подачи; 31—рукоятка для ручной подачи продольных салазок.

диаметр начальной окружности равен 40 мм, наибольший 220 мм. Наибольшая длина шлифуемого зуба 140 мм.

Весь станок обслуживается четырьмя моторами общей мощностью 2,6 л. с.

Для питания электромагнитной системы контрольных механизмов станок снабжен аккумулятором 4V, емкостью 50—80 а-ч.

Модель SS1 конструктивно несколько отличается от модели SS¹/₂, оставаясь во всех принципиальных чертах аналогичной



Фиг. 17. Батарея станков Мааг в цехе авиамоторного завода.

модели SS¹/₂. Модель SS1 имеет несколько расширенный диапазон возможностей по сравнению с моделью SS¹/₂. Предел модулей шлифуемых шестерен для этой модели увеличен с 2 до 12. Наибольший наружный диаметр шлифуемой шестерни достигает 400 мм.

Конструктивные отличия модели SS1 от модели SS¹/₂ заключаются в следующем.

В то время как у модели SS¹/₂ работа деления связана механически со звеном продольной подачи, у модели SS1 механизм деления приводится в действие от отдельного электромотора, расположенного на делительной головке и включающегося соответственно настроенными электрическими контактами в коробке. Далее, кроме кулисного механизма, модель SS1 имеет корректирующий аппарат, позволяющий для подбора правильной величины хода барабана обкатки по лентам пользоваться диаметром барабана обкатки, не строго соответствующим начальному диаметру шлифуемой шестерни. У модели же SS¹/₂ необходимо при-

менять барабаны в строгом соответствии с диаметрами начальных окружностей шлифуемых шестерен.

Модель SS3 является наибольшей по величине и аналогична по конструкции модели SS1. Наибольший модуль шлифуемой шестерни равен 20. Наибольший начальный диаметр шестерни допускается до 800 мм. Наименьший диаметр равен 100 мм. Максимальная рабочая длина шлифования достигает 1200 мм.

На станке модели HSS¹/₂ можно шлифовать цилиндрические шестерни как с прямым, так и с косым зубом. Последнее обусловлено тем, что обе колонки станка являются поворотными и могут поворачиваться от 0 до 45°, благодаря чему шлифовальные круги могут встать по отношению к изделию на необходимый угол. В остальном эта модель аналогична модели SS¹/₂.

На фиг. 17 представлена батарея станков Мааг на одном из авиамоторных заводов.

Гидравлический зубошлифовальный станок Оркутт

Зубошлифовальный станок Оркутт (см. табл. 4 и фиг. 18) предназначается для шлифования зубьев шестерен посредством шлифовального круга, профилированного соответственно форме впадины между зубьями шестерни.

Основными частями станка являются:

1. Станина.
2. Ползун 1, несущий на себе мотор и шлифовальную головку.
3. Делительный механизм 3.
4. Головка шлифовального круга.
5. Головка рабочего шпинделя с механизмом вертикальной регулировки А.
6. Механизм профилирования шлифовального круга 7.

Такие части, как головка рабочего шпинделя, делительный механизм, шлифовальная головка, пантограф для профилирования круга, являются независимыми друг от друга механизмами, что весьма облегчает ремонт станка.

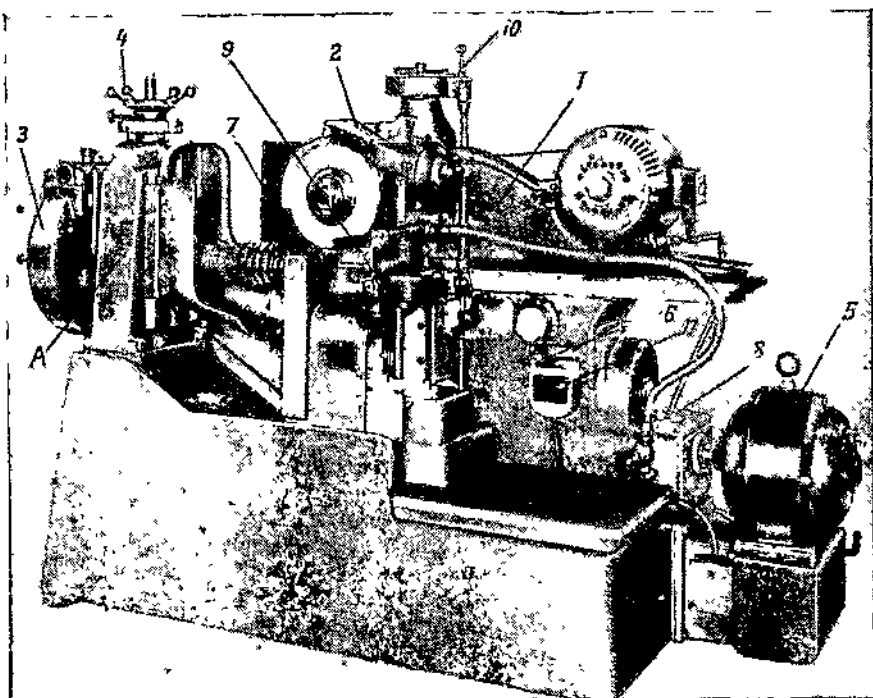
В кинематическом отношении станок довольно несложен. Ползун, несущий на себе шлифовальную головку и приводной мотор для нее, совершает возвратно-поступательные движения (аналогично ползуну шепинга).

Шлифуемые шестерни укрепляются на оправке, которая вставляется в рабочий шпиндель станка. При движении ползуна шлифовальный круг проходит между зубьями шестерен, причем после каждого хода ползуна шестерня поворачивается на один зуб.

Механизм рабочего шпинделя может перемещаться вертикально при помощи звездообразного маховичка с градуированной головкой. Этим маховичком осуществляется вертикальная подача шестерен при шлифовке.

Шлифовальная головка также перемещается вертикально на своей колонке. Движение ползуна осуществляется гидравлически на одной скорости 23 м/мин. Благодаря имеющемуся дроссельно-

му клапану эта скорость может понижаться. Для ограничения хода ползуна имеются два упора на задней стороне станка. Расстояние между ними соответствует длине шлифуемой поверхности пакета шестерен.



Фиг. 18. Зубошлифовальный станок Оркутт.

1—ползу с приводным мотором и шлифовальной головкой; 2—механизм для правки шлифовального круга по диаметру; 3—делительный механизм; 4—градупированная головка со звездообразным маховичком для вертикальной подачи; 5—приводной мотор для насоса гидравлической системы и насоса охлаждающей жидкости; 6—рычаг включения хода ползуна; 7—механизм для профилирования шлифовального круга; 8—коробка шестерен; 9—рычаг для ручного включения профилирующего механизма; 10—рукоятка включения механизма для автоматического профилирования; 11—пусковые кнопки.

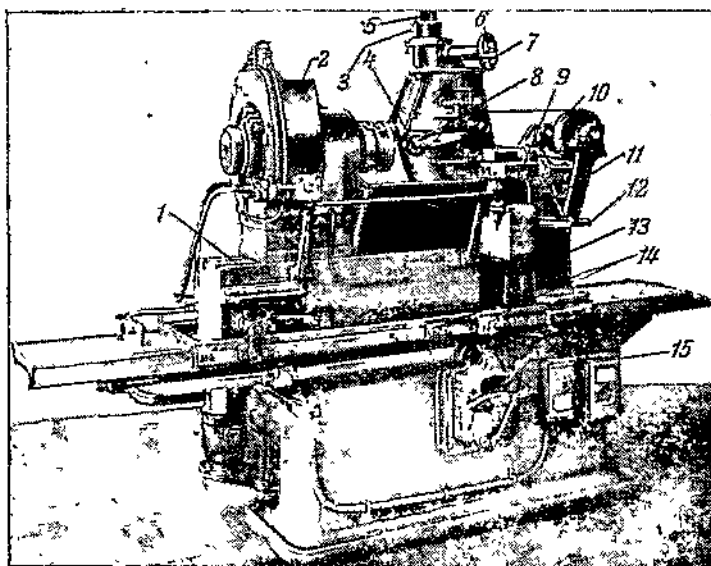
Зубошлифовальный станок Гир-Грайндинг, модель 6630

Изображенный на фиг. 19 станок Гир-Грайндинг служит для шлифования прямозубых шестерен с наружным и внутренним зацеплением. Станок работает профильным шлифовальным кругом по принципу копирования и устроен таким образом. На столе станка 1 установлена головка рабочего шпинделя 2. Ее можно передвигать вправо или влево по направляющим на плите стола и закреплять в нужном положении.

Со стороны, противоположной шпиндельной головке, на столе установлен кронштейн 13 с механизмом 9 для профилирования шлифовального круга. Этот механизм перемещается вертикально вдоль кронштейна при помощи рукоятки, которая находится сза-

Техническая характеристика станков Оркутт (12- и 24-дюймовые
зубошлифовальные станки)

Элементы характеристики	Станок 12"	Станок 24"
Минимальный модуль, мм	1,75	1,75
Максимальный модуль, мм	4,5	4,5
Минимальный наружный диаметр шлифуемой шестерни, мм	25	25
Максимальный наружный диаметр шлифуемой шестерни, мм	320	610
Максимальная длина шлифования, мм	203	203
Минимальное число зубьев шлифу- емой шестерни	10	10
Максимальное число зубьев шлифу- емой шестерни	150	150
Скорость движения ползуна	до 22,9 м/мин	до 22,9 м/мин
Наружный диаметр шлифовального круга, мм	305	305
Толщина шлифовального круга, мм	12,7 до 38	12,7 до 38
Диаметр делительного диска, мм	408	408
Приводной мотор для гидравличе- ской системы	3 л. с. $n = 1440$ об/мин	3 л. с. $n = 1440$ об/мин
Приводной мотор для шлифовально- го круга	2 л. с. $n = 1440$ об/мин	2 л. с. $n = 1440$ об/мин
Числа оборотов шлифовального круга	1700—2100 об/мин	1700—2100 об/мин



Фиг. 19. Общий вид зубошлифовального станка Гир-Грайндинг
для шлифовки шестерен с наружным и внутренним зацеплением.

ди кронштейна. Стол станка вместе с установленными на нем механизмами совершает во время работы возвратно-поступательные движения.

С задней стороны станка находится колонка 7, несущая на себе механизм шлифовальной головки. Шлифовальная головка состоит из шлифовального круга 4, установленного на кронштейне 8, который жестко скреплен с колонкой 7. Вращается шпиндель шлифовального круга мотором, установленным внизу, сзади станка. От шкива этого мотора приводится в движение трансмиссионный шкив 10, установленный подвижно на кронштейне 11, чтобы можно было регулировать натяжение ремня. Со шкива 10 вращение передается на промежуточный валик, помещенный внутри колонки, а со шкива этого валика — на шкивок шпинделя шлифовального круга 4.

Наверху колонки 7 установлена градуированная головка 5, связанная со шлифовальной головкой. Подается головка вниз при правке или профилировании круга при помощи маховичка 6. Головка 5 имеет круговую градуировку, каждое деление шкалы которой соответствует 0,01 мм вертикального перемещения. Для полного нового профилирования шлифовального круга последний должен быть опущен на 0,8 мм против данного его положения.

Шлифовальная головка имеет стопор 3 для ее фиксации в установленном положении. Профилирование круга производится вручную тремя алмазами. Два из них правят круг по профилю, а третий — по наружному диаметру. Алмазы укреплены в специальных державках. Державки профилирующих алмазов связаны с пантографом (помещенным в коробке), профилирующим шлифовальный круг по заданному профилю. Механизм пантографа приводится в действие нажимом на рукоятку 12. На столе станка имеются упоры 14, которые устанавливаются по длине шлифуемого зуба шестерни. Под упорами установлен рубильник 15. Упоры при движении стола проходят над рычагом рубильника и толкают его поочередно то в одну, то в другую сторону, меняя таким путем направление движения стола.

Станок обслуживается одним мотором в 5 л. с., $n=1150$ об/мин. Делительный механизм приводится в действие от гидравлической

Таблица 5

Число оборотов шлифовального шпинделя в минуту	Диаметр шлифовального круга, мм
3140	112
	150
4750	112
	150
4325 6500	112
	75

системы. Конструкция делительного механизма станка в принципе аналогична конструкции делительного механизма описанного выше станка Оркутт.

Минимальный диаметр шлифуемой шестерни внутреннего зацепления равен 80 мм.

Зубошлифовальный станок Найлс (Niles)

Зубошлифовальный станок Найлс предназначен для шлифования зубьев цилиндрических шестерен по методу обкатки.

В отличие от станка Мааг станок Найлс работает одним шлифовальным кругом. Кроме того, круг при шлифовании работает не кромкой, а плоскостью, заточенной под углом.

Принцип действия станка представлен схематически на фиг. 20. Шлифовальный круг профилирован прямолинейно таким образом, что сечение рабочей его части представляет собой зуб рейки. Следовательно, обкатка производится по методу зацепления зубчатого колеса с рейкой.

Сам рабочий процесс шлифования зубьев протекает следующим образом. Шестерня укрепляется на столе станка и совершает одновременно обкаточное и поступательное движение относительно шлифовального круга.

Шлифовальный круг укреплен в штосселе станка и совершает возвратно-поступательное движение вверх и вниз (вместе со штосселем), проходя сквозь впадины зубьев шлифуемых шестерен, и вращательное.

Непосредственно цикл шлифования состоит из четырех этапов:

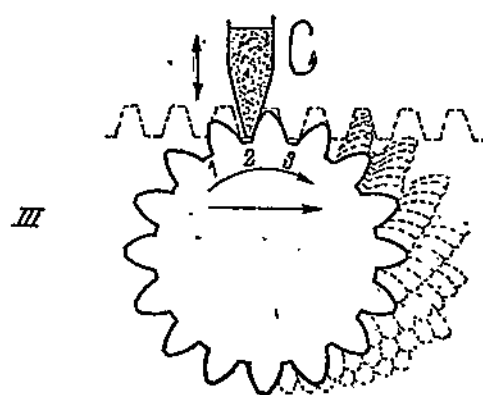
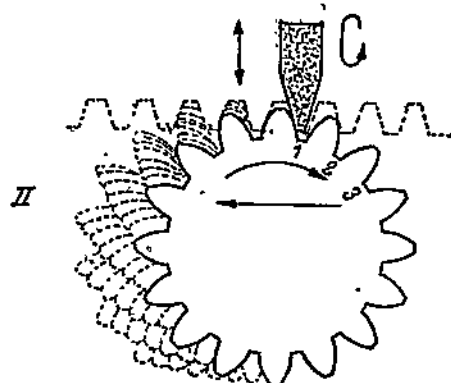
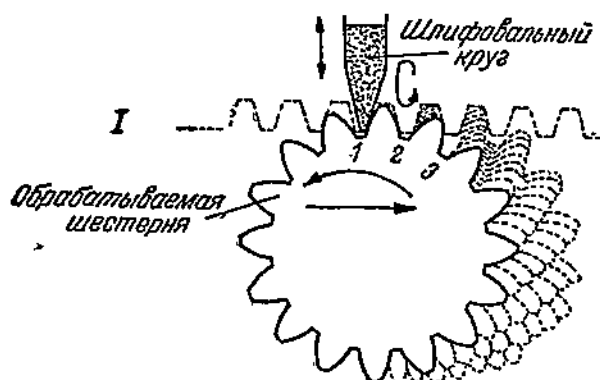
- 1) Шлифование левой стороны впадины зуба (со стороны штосселя станка).
- 2) Реверсирование обкаточного движения. В это время под круг подходит правая сторона впадины.
- 3) Шлифование правой стороны впадины зубьев.
- 4) Деление и подход следующей впадины под шлифовальный круг.

Все описанные движения совершаются автоматически.

Вручную устанавливается лишь заготовка и пускается станок. Следовательно, станок Найлс является полуавтоматическим станком.

На фиг. 21 представлен общий вид станка. Основными частями станка являются:

- 1) Станина.
- 2) Каретка с укрепленным на ней круглым вращающимся столом.
- 3) Штоссель с монтированной на нем шлифовальной головкой.
- 4) Стойка штосселя.
- 5) Механизм обкаточного движения.
- 6) Механизм деления, осуществляющий поворот шлифуемой шестерни на следующую впадину зуба.



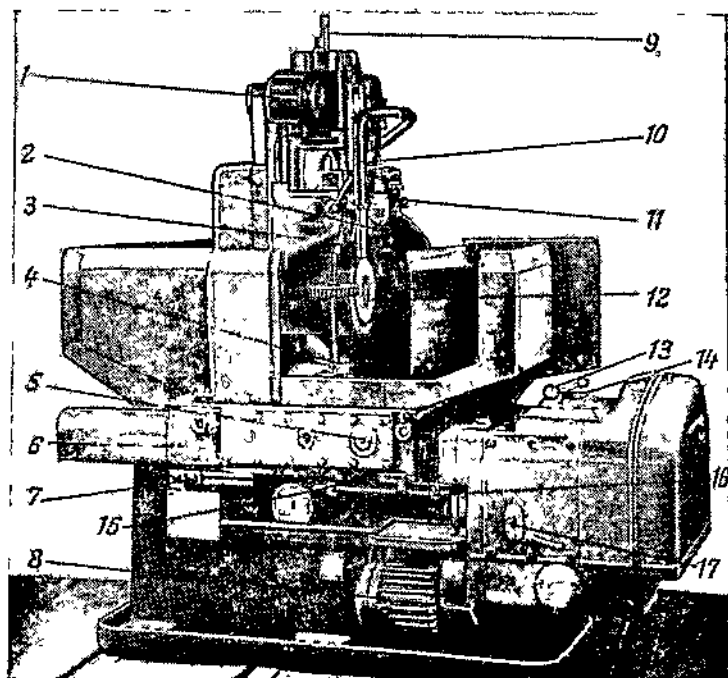
Фиг. 20. Схема работы зубошлифовального станка Найлс.

мы
фо
ро
ре
сел

1-
кр
вр
тр
то
ни
де.

болт
навл
болт
сел
поль
Д
мя а
при
вруг

Станок приспособлен для шлифования шестерен как с прямым, так и с косым зубом. Чтобы иметь возможность вести шлифование с косым зубом, весь узел штосселя станка сделан поворотным. Узел штосселя укреплен на стойке, имеющей прилабренный фланец, к которому прилегает фланец механизма штосселя. Для поворота штосселя на тот или иной угол отпускаются



Фиг. 21. Зубошлифовальный станок Найлс.

1—мотор для привода шлифовального круга; 2—механизм для правки шлифовального круга; 3—кронштейн с верхним центром; 4—хомуты с нижним центром; 5—вращение вручную круглого стола; 6—карета стола; 7—упор для быстрого отвода стола; 8—электромотор для обкатки и деления; 9—головка винта для перестановки штосселя по высоте; 10—подвод охлаждающей жидкости; 11—рукоятка для включения правочного механизма; 12—шлифовальный круг; 13—выключение обкаточного движения; 14—маховичок для установки на глубину снимаемого слоя металла; 15—упор для реверсирования деления; 16—упор для реверсирования; 17—выключение механического вращения круглого стола.

болты, закрепляющие механизм, штоссель поворачивается и устанавливается по градуированной круговой шкале, после чего болты снова закрепляются. Стойка с укрепленным на ней штосселем может перемещаться по направлению к заготовке. Этим пользуются при установке на глубину впадины.

Для правки круга имеется специальное приспособление с тремя алмазами. Один алмаз служит для правки круга по периферии и два других алмаза заправляют обе грани шлифовального круга.

Правка может производиться в процессе работы автоматически, в то время, когда шлифовальный круг выходит из зацепления с заготовкой перед ее поворотом на следующий зуб.

Правка шлифовального круга производится перед началом работы, а также перед последними чистовыми проходами.

Зубошлифовальный станок Пратт-Уитни

Зубошлифовальные станки Пратт-Уитни имеются двух типов: станки, работающие одним шлифовальным диском, и станки, работающие двумя шлифовальными дисками. Станки имеют рамы различной конструкции, несущие шлифовальные головки. В однодисковом станке рама с диском имеет поступательно-возвратное перемещение вдоль станины. В двухдисковом станке рама во время работы неподвижна.

Оба типа станков работают по принципу обкатки. Наибольшее распространение получили станки Пратт-Уитни, работающие двумя дисками, как более производительные.

Принцип работы станков заключается в следующем. Шлифовальные диски устанавливаются под углом и оба они представляют собой как бы зуб инструментальной рейки. Шлифуемая шестерня устанавливается на оправке и обкатывается вокруг дисков, которые прошлифовывают ее профиль по эвольвенте. Обкаточное движение шлифуемая шестерня получает при помощи сравнительно простого устройства. На конец рабочего шпинделя станка насаживается эталонная шестерня, имеющая число зубьев, диаметр начальной окружности и модуль, равные числу зубьев, модулю и диаметру начальной окружности шлифуемой шестерни. Эталонная шестерня находится в зацеплении с эталонной рейкой (имеющей тот же модуль), жестко связанной со столом станка. Рейка во время работы делает поступательно-возвратные движения и прокатывается по эталонной шестерне, заставляя последнюю совершать обкаточные движения вместе со шлифуемой шестерней.

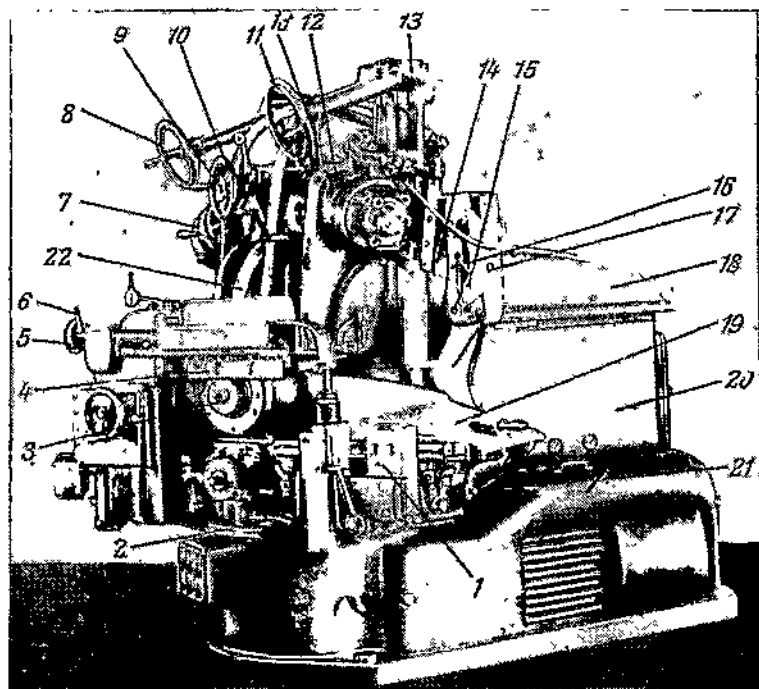
Устройство станка можно уяснить из общего его вида, представленного на фиг. 22. На массивной чугунной станине 20 покоится рама 18, на которой установлены шлифовальные головки со всеми обслуживающими их механизмами.

Рама станка имеет возможность переставляться в осевом направлении при подготовке к работе. Величина этого перемещения контролируется по шкале, прикрепленной сбоку к станине. Рама закрепляется на станине в требуемом положении специальным болтом, находящимся сзади станка. Во время работы рама жестко закрепляется на станине. Спереди рама заканчивается массивными направляющими 17, выполненными в форме ласточкина хвоста. По этим направляющим может перемещаться поперечина 16, имеющая с каждой стороны по диску с круговой шкалой 14. На поперечине укреплены на каждом диске поворотные стойки 13, несущие на себе супорты шлифовальных головок. Поворот стоек в вертикальной плоскости может осуществляться с точностью до 30' и с помощью нониуса до 1'. Отсчет произво-

дится по круговым шкалам на поперечине 16. Таким образом, чтобы установить шлифовальные диски в требуемое положение относительно шлифуемой шестерни, необходимо:

1) переместить стойку 13 в поперечном направлении на требуемую длину;

2) повернуть стойку 13 в вертикальной плоскости на требуемый угол с точностью до 1';



Фиг. 22. Зубошлифовальный станок Пратт-Уитни 10" (вид спереди).

3) переместить всю раму 18 в осевом направлении на требуемую величину;

4) переместить шлифовальные головки 12 вверх или вниз по стойкам, которые для этой цели снабжены длинными направляющими.

В поперечном направлении стойки перемещаются маховиком 10, причем обе стойки раздвигаются одновременно в разные стороны на одну и ту же длину, что необходимо при установке шлифовальных кругов на ширину впадины между зубьями.

На передней части станины установлена поворотная чугунная плита 2. Эта плита в своей верхней части снабжена направляющими, по которым во время работы движется стол 19 с установленным на нем изделием. Стол совершает поступательно-возвратные движения в горизонтальном направлении.

Поворотная плита и станина снабжены круговыми шкалами. При шлифовании шестерен с прямым зубом нулевые деления обеих шкал должны точно совпадать. При шлифовании шестерен со спиральным зубом плита вместе с находящимся на ней столом разворачивается на требуемый угол.

Шлифовальные диски диаметром 510 мм приводятся во вращение от моторов 7 и 12 с двумя скоростями: $n=1240$ об/мин. и $n=1400$ об/мин. Диски шлифуют только по одной внешней стороне, которая заправляется как плоскость. Шлифование производится в два приема (черновое и чистовое). Между этими операциями диски заправляются.

Для правки шлифовальных дисков при каждой шлифовальной головке имеются особые приспособления, которые приводятся в действие ручным способом. Каждое приспособление имеет три алмаза: один заправляет внешнюю плоскую сторону диска, другой — внутреннюю скошенную сторону и третий алмаз заправляет диск по наружному диаметру.

Шлифуемая шестерня надевается на оправку, которая затем устанавливается между центрами передней и задней бабок, установленных на столе станка.

Стол станка, механизм деления и управление рабочими движениями станка приводятся в действие с помощью гидравлического привода. Резервуар с маслом находится в задней части станины.

Станок после прошлифовки всех зубьев заготовки останавливается автоматически. В периоды, когда происходит деление, т. е. перестановка на очередную впадину, эталонная рейка 4 автоматически поднимается над эталонной шестерней 3 и опускается обратно, когда деление уже закончено.

Производительность станков Пратт-Уитни может быть охарактеризована следующими фирменными данными:

Число зубьев шестерни Z	Модуль M	Время шлифования мин.
24	2,5	11,5
23	3	18
18	5	10

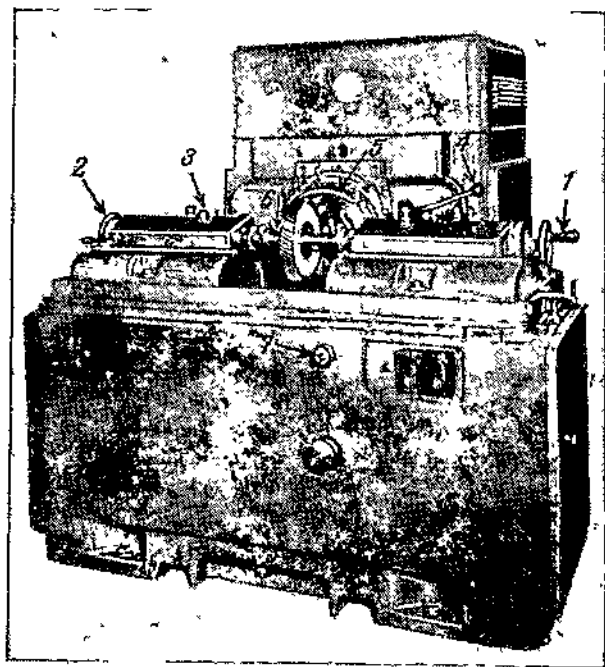
Шевинг-станок Феллоу 18

Этот станок служит для шевингования цилиндрических шестерен с прямым и спиральным зубом не только по методу скрещающихся осей, но и при параллельном расположении осей шевера и заготовки. Такая особенность станка Феллоу имеет существенное практическое значение по следующим причинам.

Так, при обработке шестерен с заплечиками или блока шестерен применение метода скрещающихся осей может оказаться

неудобным, а часто и совершенно неприемлемым, поскольку подобная конструкция изделия не позволит установить шевер под требуемым углом относительно оси заготовки.

При обработке прямозубых шестерен метод параллельных осей имеет то преимущество, что один и тот же шевер может быть применен для ряда шестерен с различным количеством зубьев и одинаковым модулем.



Фиг. 23. Станок Феллоу 18.

При отделке шестерен со спиральным зубом, в случае если шестерня позволяет надлежащим образом установить шевер, удобнее метод пересекающихся осей, потому что шевер, имеющий спиральные зубья при данном шаге, может быть применен для обработки шестерен с различными углами наклона зубьев и с любым направлением спирали, как правым, так и левым.

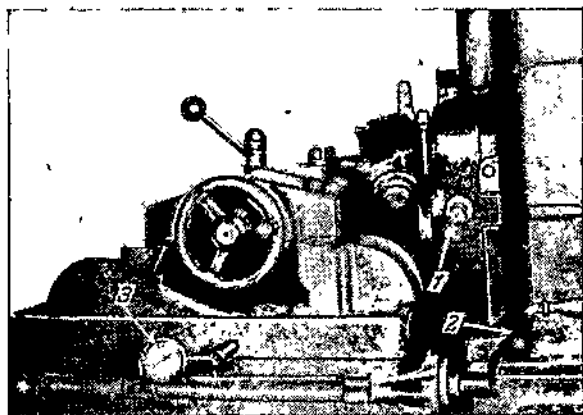
На станке Феллоу установка шевера под углом для работы по методу скрещивающихся осей производится просто, путем поворота шеверной головки.

Общий вид станка представлен на фиг. 23. Основными частями станка являются: массивная чугунная станина, две передвигаемые бабки с центрами для установки между ними изделий и механизм головки шевера.

Шпиндель шевера приводится в движение от мотора в 2 л. с., имеющего три скорости: 1800, 1200-й 900 об/мин. Поступательно-

возвратное движение станка осуществляется отдельным мотором мощностью $1\frac{1}{2}$ л. с. при 1800 об/мин.

На станках Нейшенел-Броч при больших окружных скоростях шевра поступательно-возвратные движения совершаются сравнительно медленно. На станке Феллоу поступательно-возвратные движения совершаются очень быстро. В результате этого сам процесс снятия стружки протекает также быстро, благодаря чему наклеп на поверхности зубьев получается меньший, чем при более медленном отделении стружек, как на станках Нейшенел-Броч.



Фиг. 24. Станок Феллоу 18 (вид сбоку).

Оправки с обрабатываемыми шестернями устанавливаются на вращающихся центрах, помещенных в правой и левой бабках станка. Шпиндели этих бабок с сидящими в них центрами могут регулироваться рукоятками 1 и 2 (фиг. 23). Кроме того, сами бабки могут перемещаться вдоль стола станка для установки детали относительно шевра.

Для снятия и установки изделия пользуются лишь шпинделем правой бабки, в то время как шпиндель левой бабки закреплен неподвижно посредством зажимной гайки 3. При установке изделий шпиндель правой бабки закрепляется поворотом рукоятки 4.

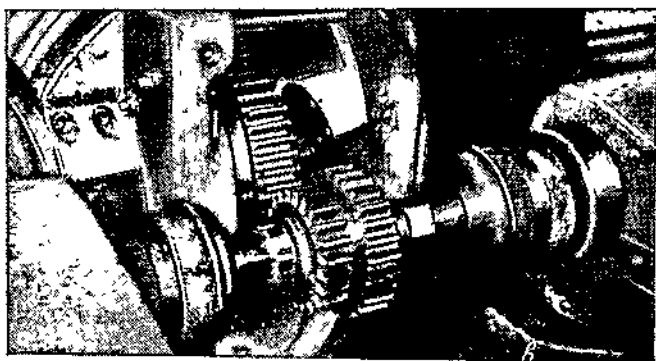
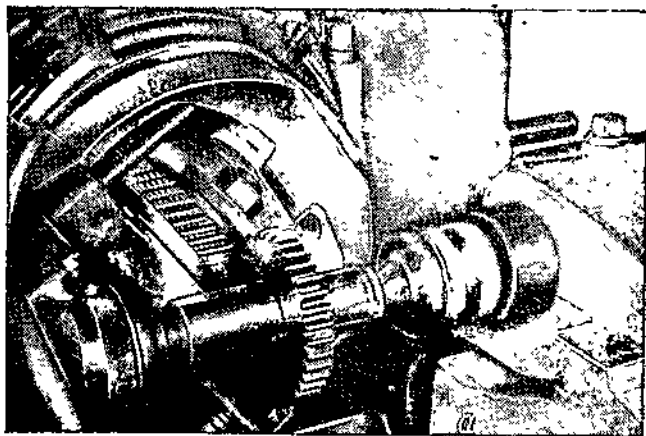
Шеверная головка 5 укреплена на салазках 6, совершающих поступательно-возвратные движения при помощи кривошипно-шатунного механизма.

Шеверная головка, кроме того, может перемещаться по окружности и фиксироваться под любым углом относительно оси изделия.

Для определения угла установка шеверная головка снабжена градуированной круговой шкалой. Для весьма точной установки можно пользоваться индикатором.

М
О-
Я
З-
О-
О-
И,
Х

По дуге шеверная головка устанавливается поворотом валика 1 (фиг. 24). Для грубой установки стола станка и корректирования правильности его положения служит рукоятка 2, для контроля точности установки используется индикатор 3 (что весьма важно для устранения такого дефекта обрабатываемой шестерни, как конусность зубьев).



Фиг. 25. Шевингование на станке Феллоу 18.

а—по методу скрещивающихся осей; б—по методу параллельных осей.

Рабочими движениями шевра являются:

- О
О
А
И
- 1) вращение;
 - 2) возвратно-поступательное перемещение вдоль оси;
 - 3) движение подачи—поперечное перемещение параллельно оси в направлении изделия.

Последнее движение осуществляется специальным кулачком, который приводится в действие от моторчика в $\frac{1}{4}$ л. с. при

1200 об/мин. через пару сменных шестерен, позволяющих регулировать величины подач в широком диапазоне.

Кулачок действует на направляющие, которые несут на себе салазки шеверной головки. Нажимая на них, он надвигает всю систему шеверной головки на изделие. В зависимости от подбора шестерен поперечная подача может происходить быстрее или медленнее. Так как подача может изменяться в широком диапазоне, то время для изготовления одной шестерни колеблется в пределах от 10 мин. до 25 сек.

При установке или регулировании направляющие могут продвигаться от руки с помощью ключа, надеваемого на конец валика 7 (фиг. 23). Станок имеет кнопочное управление. Кнопки расположены на панели спереди станка. Для смазывающе-охлаждающей жидкости имеется насос, приводимый в действие мотором в $1/4$ л. с. при 1200 об/мин.

Станок достаточно массивен, благодаря чему устранена возможность влияния вибраций на чистоту отделки зубьев.

Как было сказано выше, мотор для привода шевера имеет три ступени чисел оборотов. В соответствии с этим при диаметре шевера $D=200$ мм окружные скорости по делительной окружности будут равны 244, 156 и 125 м/мин.

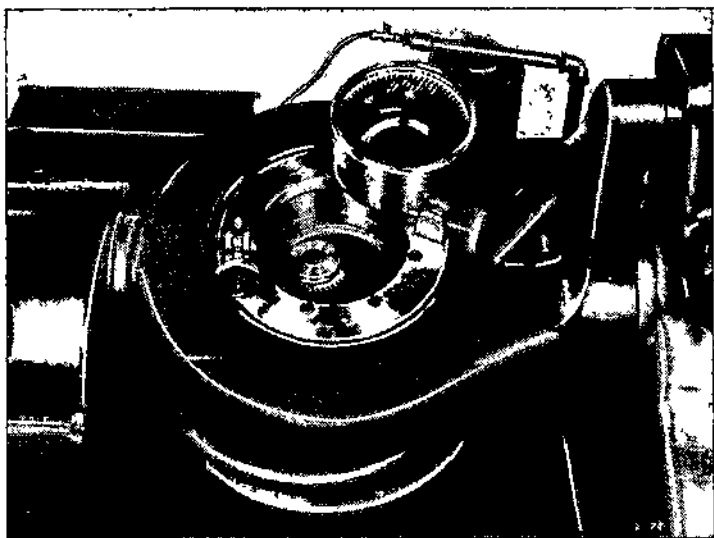
Число двойных ходов поступательно-возвратного движения зависит от передаточного числа сменных шестерен, передающих движение кривошипно-шатунному механизму. Минимальное число ходов салазок шеверной головки — 34, максимальное — 540 ходов в минуту.

Станок может обрабатывать шестерни с наибольшим диаметром делительной окружности, равным $D_{\max}=460$ мм при наибольшей ширине шестерни, равной $b=127$ мм, и максимальном модуле $M_{\max}=6-6,25$ мм.

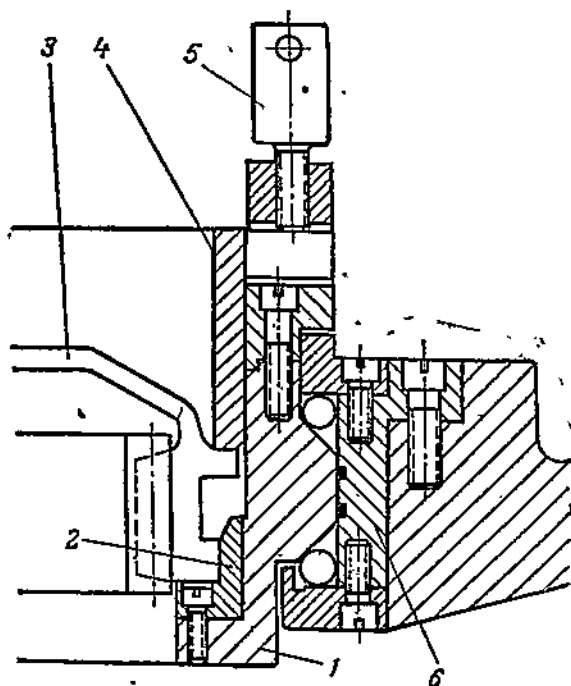
На фиг. 25 представлена работа станка по методу скрещивающихся a и параллельных b осей.

Шевинг-станок Мичиган-Тул, модель 858

Этот станок (фиг. 26) применяется в отечественном и американском производстве авиационных моторов для шевингования шестерен с внутренним зацеплением. Его основным достоинством является удобство и простота эксплуатации. Станок обрабатывает шестерни с прямым и спиральным зубом. Главными частями станка являются: станина, шпиндельная головка и головка изделия. Станина станка чугунная, коробчатой формы. Внутри ее помещается рабочий механизм привода шпинделя и сама шпиндельная головка. Сзади станины справа и слева к ней прикреплены два чугунных литых кронштейна, на которых установлены моторы. В верхней части прикреплен третий кронштейн, на котором установлен насос с прифланцованным к нему мотором для смазывающе-охлаждающей жидкости. Мощность мотора $1/4$ л. с., число оборотов 3600 об/мин. Рядом находится бак с охлаждающей жидкостью.



Фиг. 26. Станок Мичиган-Тул для шевингования шестерен с внутренним зацеплением.



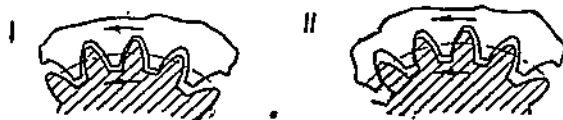
Фиг. 27. Конструкция патрона для установки и крепления шестерен при шевинговании на станке Мичиган-Тул.

Изделие устанавливается в специальном чашкообразном патроне, конструкция которого показана на фиг. 27. Патрон представляет собой чашку 1, вращающуюся на шариках в обойме 6 рабочей головки станка. На дно этой чашки устанавливается и крепится к ней кольцо 2. Внутренний диаметр кольца должен точно соответствовать наружному диаметру изделия.

Обрабатываемую шестерню 3 устанавливают, опирая торцом на торец буртика кольца 2. Сверху деталь прижимается вторым кольцом 4 при помощи зажимных болтиков 5, расположенных сверху по окружности кольца в количестве четырех штук. Конструкция колец и зажимов может изменяться в зависимости от конфигурации изделий.

Зубопритирочный станок Феллоу

Большое распространение в авиамоторостроении получил зубопритирочный станок Феллоу. Станок Феллоу имеет то преимущество перед другими притирочными станками, что на нем можно обрабатывать шестерни как с наружным, так и с внутренним зубом. Эта особенность конструкции станка Феллоу имеет существенное значение при использовании его на моторостроительных заводах.



Фиг. 28. Схема притирки на станке Феллоу.

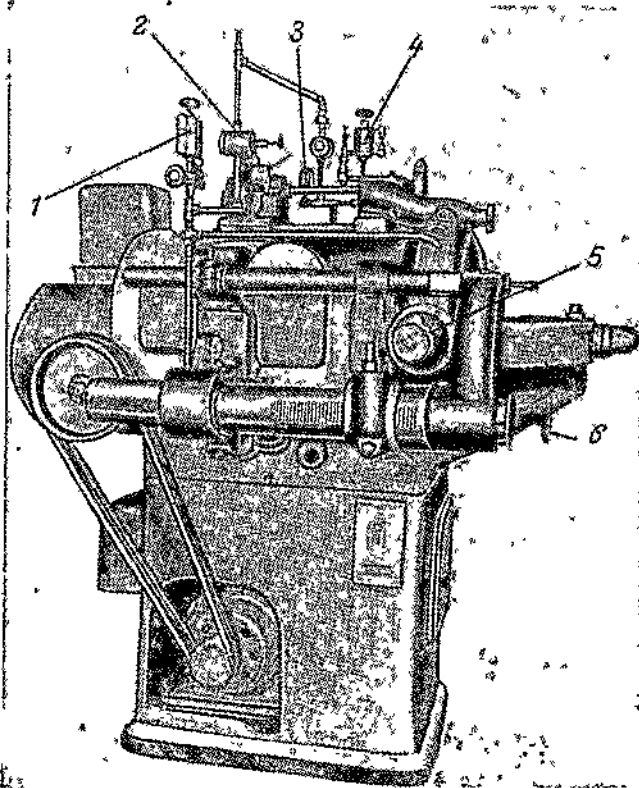
I—притир с прямым внутренним зубом, шестерня с прямым наружным зубом; II—притир с прямым наружным зубом, шестерня с прямым внутренним зубом.

Схема работы станка представлена на фиг. 28. Рабочие движения во время притирки — вращение и возвратно-поступательное движение притира или обрабатываемой шестерни. Станок имеет небольшие габариты и компактную конструкцию.

Основными частями зубопритирочного станка Феллоу являются: станина, рабочая головка, механизм подачи притирочной смеси и пневматический тормоз. Станина станка коробчатой формы. Внутри станины помещен приводной мотор мощностью 3 л. с. при 1800 об/мин. На фиг. 29 показан вид станка сбоку, слева от рабочего. Рабочая головка станка съемная. Она помещается на цапфе и зажимается в рабочем положении. Для сцепления изделия с притиром служит ручной маховичок 6. Точность установки изделия относительно притира регулируют при помощи микрометрической головки 5. Максимальное осевое перемещение притирочной головки 38 мм, благодаря чему можно использовать один притир для шестерен различной толщины (с одинаковым модулем).

Рабочая головка может смещаться в горизонтальной плоскости. Эта конструктивная особенность станка используется при

исправлении испорченного зуба. Пневматический тормоз станка выполнен в виде тормозной колодки, прилегающей к рабочей головке. Для прижима колодки через клапан 1 поступает воздух под давлением около 7 ат. Для контроля давления служит манометр 3. Притирочная смесь, состоящая из масла, смешанного с мелкой абразивной пылью, подается насосом, помещенным у



Фиг. 29. Зубопритирочный станок Феллоу (вид сбоку).

основания станка. Насос приводится в действие специальным мотором $\frac{1}{2}$ л. с. при $n=1800$ об/мин. Насос снабжен специальным аппаратом для перемешивания притирочной смеси. Аппарат приводится в действие до начала работы станка. Благодаря этому частицы абразива не оседают, а поддерживаются в масле во взвешенном состоянии. Часто вместо жидкой притирочной смеси применяется притирочная паста, которая наносится на притираемую шестерню с помощью щетки.

Станок имеет автоматическую смазку трущихся частей. Специальная масленка 4 связана с воздушной магистралью. Назна-

чение ее состоит в том, что она подает масло под давлением на подшипники рабочего шпинделя. Масло, смешанное с воздухом, создает защитную пленку, не допускающую притирочную смесь на шпиндель станка. Пневматическая тормозная система также снабжена смазочным аппаратом 2.

Усилие торможения устанавливается в зависимости от диаметра и модуля шестерен. Величина этого усилия может регулироваться при помощи дроссельного клапана.

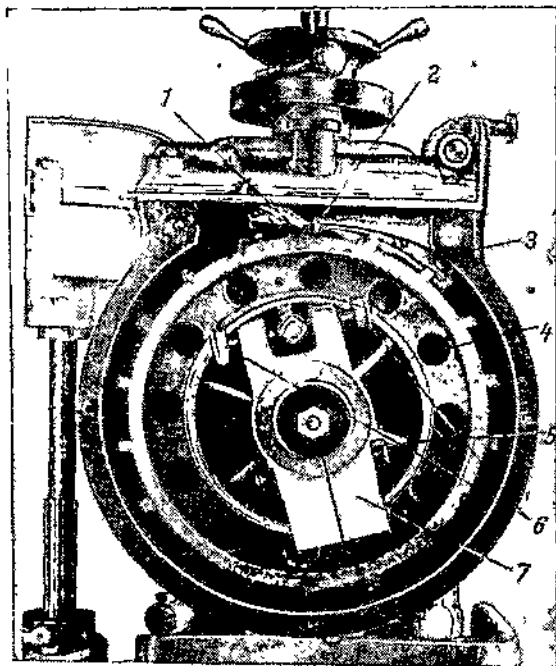
Глава III

МЕХАНИЗМЫ РАБОЧИХ ДВИЖЕНИЙ У СТАНКОВ

Зубошлифовальный станок Оркутт

Делительный механизм

Делительный механизм (фиг. 30) предназначен для поворота шестерни на следующий зуб при шлифовке в конце обратного хода ползуна и осуществляется специальным гидравлическим

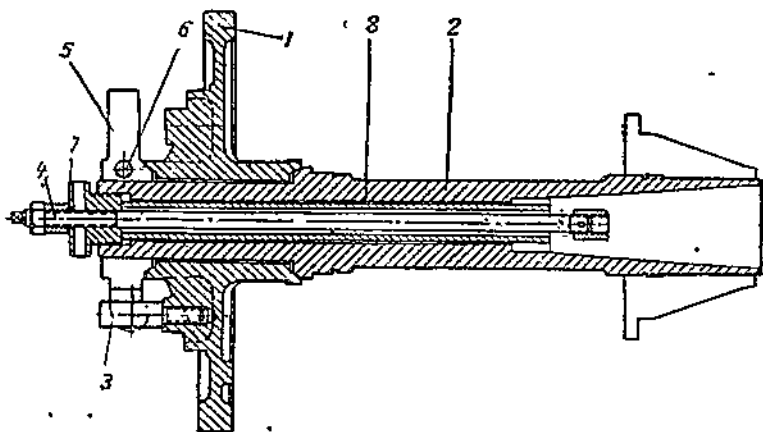


Фиг. 30. Механизм деления зубошлифовального станка Оркутт.

1—зашелка подачи; 2—упорная зашелка; 3—кулачок фиксирующей зашелки; 4—делительный диск; 5—закрепительный болт; 6—регулирующие винты; 7—установочная колодка.

механизмом. Непосредственно деление производится сменным делительным диском 4, насаженным на задний конец рабочего шпинделя. Делительный диск имеет зубья, количество которых соответствует количеству зубьев шлифуемой шестерни или кратное ему.

На фигуре делительный диск 4 показан в установленном положении, когда шлифовальный круг делает свой рабочий ход. Рабочие плоскости зубьев делительного диска точно отшлифованы. Суммарная ошибка допускается не более 0,05 мм на диаметре 400 мм.



Фиг. 31. Рабочий шпиндель станка Оркутт (продольный разрез).

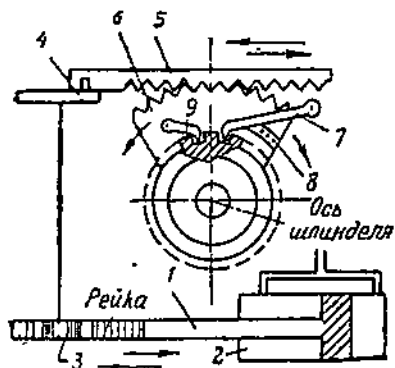
Как можно заметить, в момент, когда происходит работа, фиксирующая защелка 2 опущена вниз, а защелка подачи 1 прижимает зуб диска к плоскости фиксирующей защелки и таким образом жестко удерживает диск и связанный с ним рабочий шпиндель в данном положении. Фиксирующая защелка поднимается и опускается кулачком 3, действующим от гидравлического механизма.

Положение делительного диска относительно рабочего шпинделя можно уяснить себе из фиг. 30 и 31. На фиг. 31 представлен продольный разрез шпинделя. При установке делительный диск 1 своей конической выточкой садится на конус шпинделя 2. Затем на конец шпинделя надвигается установочная колодка 5, имеющая также конус, который входит во вторую коническую выточку диска. На этих конусах шпиндель должен легко вращаться без биения и перекосов.

При регулировке делительного механизма колодка 5 может сдвигаться на требуемый угол относительно оси шпинделя.

Колодка 5 болтом 6 (на фиг. 30 поз. 5) жестко закрепляется на шпинделе. В делительный диск ввинчен палец 3, который проходит в развилину колодки 5. Посредством этого пальца делительный диск 1 связывается с рабочим шпинделем. Задача

правильной установки делительного диска заключается в том, чтобы плоскость его зуба при опущенной собачке деления совпала с плоскостью симметрии шлифовального круга, проходящей через середину шлифуемой впадины зуба. Правильное положение шлифуемой впадины плоскости симметрии круга определяется равномерностью слоя металла, снимаемого с обеих сторон впадины. Для регулировки точности установки делительного диска служат винты 6 (фиг. 30), имеющие для большего удобства пользования ими большие накатанные головки.



Фиг. 32. Схема работы делительного механизма станка Оркутт.

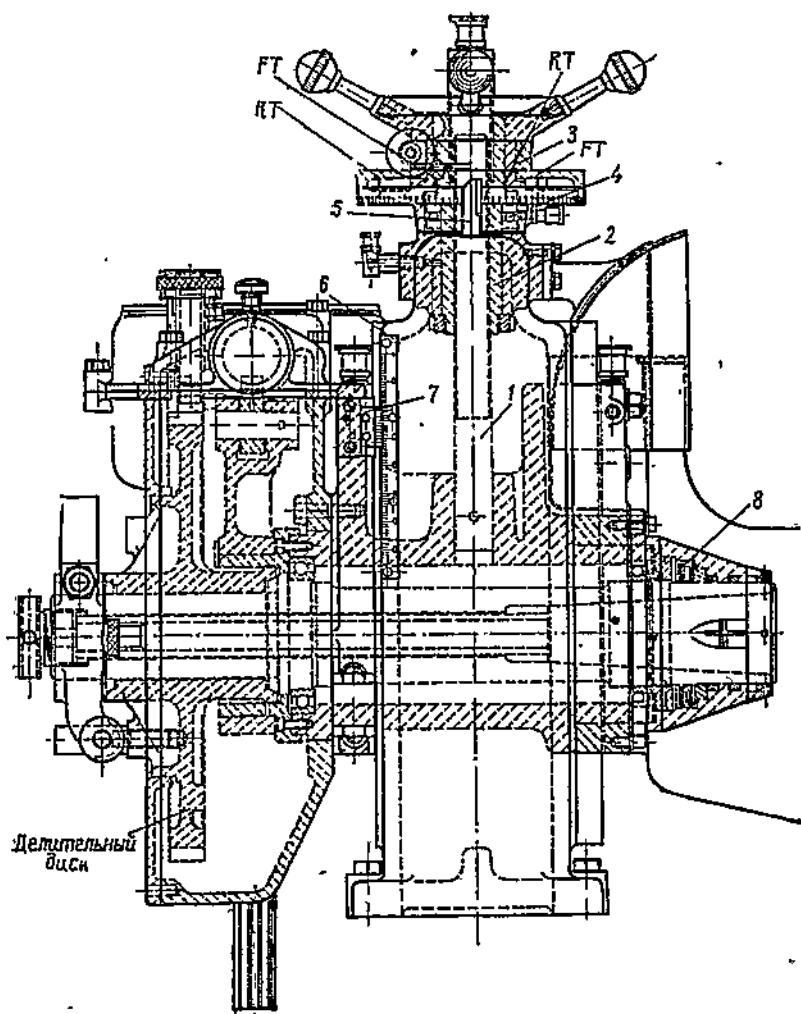
стрелки защелка 7, играющая роль упора, поднимается кулачком 8 над зубьями диска и дает возможность последнему повернуться влево. При этом собачка 9 (на фиг. 30 1) западет за следующий зуб и упрется в спинку зуба, прижимая его к успевшему к этому времени опуститься упору 7 (на фиг. 30 2). Если число зубьев установленного делительного диска будет не равным числу зубьев шлифуемой шестерни, а кратным ему, то при помощи кривошипа 4 ход рейки 5 делают таким, чтобы собачка 9 западала в следующую впадину через два, три или четыре зуба делительного диска.

Узел рабочего шпинделя

Рабочий шпиндель 2 (фиг. 31) пустотелый, имеет приспособление для крепления и выталкивания рабочих оправок. Оправки имеют конические хвосты, которыми они вставляются в конус шпинделя и затягиваются с помощью тяги 4. Оправку вынимают из шпинделя с помощью выталкивателя 7, представляющего гайку с отверстиями для ключа. Вставив стержень в одно из отверстий этой гайки, начинают вращать ее; гайка толкает вперед трубу 8, а последняя, упираясь в торец оправки, выталкивает ее из конуса шпинделя. Удобство этого метода заключается в том, что в данном случае не приходится прибегать к ударам для выбивания оправки, благодаря чему сохраняется конус шпинделя.

Рабочий шпиндель покоится на специальных шарикоподшипниках.

Корпус шпиндельной бабки со всем механизмом шпинделя и с монтированным на нем делительным диском может перемещаться вертикально на своей колонке (фиг. 33). Для этой цели в тело шпиндельной бабки вставлен и закреплен в нем стержень



Фиг. 33. Механизм узла рабочего шпинделя.

ержень 1, имеющий резьбу в верхней своей части. Этот стержень ввинчен в муфту 2, жестко соединенную с головкой 3. Головка 3 имеет круговую градуировку и покоится на шариковом подшипнике 4, благодаря чему она легко вращается при помощи звездообразного маховичка. Колонка шпиндельной бабки снабжена фиксатором 5, а головка — градуированной шкалой. На корпусе

шпиндельной бабки имеется шкала 6 с нониусом 7. При подъеме шпиндельной бабки пользуются для предварительного подъема шкалой 6, а для регулировки подъема при шлифовании — градуированной шкалой головки 3. Поскольку шпиндель вращается медленно и с перерывами, механизм его является наиболее долговечным конструктивным узлом станка.

- Войлочные кольца 8 сальника на носке шпинделя, предохраняющие его от попадания абразивной пыли, время от времени сменяются. Это необходимо делать, как только становится заметным, что шпиндель слишком легко вращается от руки. При смене колец проверяют обычно и смазку станка. Раз в шесть месяцев рекомендуется полностью разбирать шпиндель. При этом весь его механизм тщательно прочищают, удаляют остатки масла и все масляные камеры заполняют свежим маслом. Масленки главных подшипников заполняют раз в неделю.

Шпиндель шлифовального круга

Шпиндель шлифовального круга поконится на двух двухрядных роликовых подшипниках. Подшипники переднего конца шпинделя устанавливаются в максимальной близости к шлифовальному кругу для уменьшения дрожания во время работы. Чем правильнее отрегулированы эти подшипники, тем плавнее и правильнее работает шлифовальный шпиндель. Потребность в регулировании шпинделя устанавливается в зависимости от вида поверхности шлифуемых шестерен. Если шпиндель разрегулировался, то поверхность шлифуемых зубьев становится волнистой. Для того чтобы вновь отрегулировать шпиндель, его разбирают, прочищают и, вынув прокладочное кольцо между наружными обоймами шарикоподшипников, сошлифовывают его на 0,01—0,02 мм. Во время работы станка необходимо следить, чтобы подшипники чрезмерно не нагревались. Нормальным считается такое состояние подшипников, когда они теплые. С головкой шлифовального шпинделя связан корпус аппарата для правки наружного диаметра шлифовального круга. Шлифовальный шпиндель может делать 1700 и 2000 об/мин.

Профилирование шлифовального круга

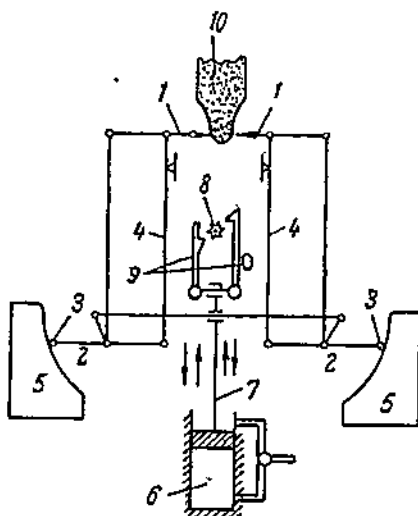
Профилирование шлифовального круга, т. е. придание рабочей части круга формы, соответствующей очертанию впадины зуба, является весьма важной операцией. Непосредственно процесс профилирования или правки круга производится пантографом.

Кинематическая схема пантографа представлена на фиг. 34. На этом пантографе имеются две алмазные державки с укрепленными на них алмазами 1, между которыми в процессе профилирования находится шлифовальный круг 10. На концах рычагов 2 запрессованы закаленные штифты 3. Система рычагов пантографа приводится в действие посредством гидравлического механизма. Поршень цилиндра 6 этого механизма совершает возвратно-поступательные движения, и шток этого поршня 7 при

водит в движение систему рычагов пантографа. При движении рычагов 4 (вверх или вниз) штифты 3, сидящие на концах рычагов 2, скользят по кривым копиров 5, плотно прижимаясь к ним при помощи пружин. Каждый из рычагов 2 связан с одной из алмазных державок. Вследствие этого острие каждого алмаза описывает кривую, зависящую от формы кривой копира и представляющую собой в данном случае эвольвентную кривую профиля зуба. В результате нескольких подобных движений алмазов шлифовальный круг приобретает требуемую форму.

На точность профиля зуба влияет состояние алмазов. Необходимо, чтобы острия алмазов максимально приближались к теоретическим точкам. Штифты 3 сменяются по мере износа алмазов.

Всего алмазы делают пять движений, из которых три рабочих и два холостых, контрольных. После этого державки с алмазами автоматически останавливаются. Этих движений достаточно для заправки круга при условии, что припуск на шлифование зубьев нормальной величины. Количество правок зависит от ряда факторов и прежде всего, при прочих одинаковых условиях, от величины припуска, длины шлифования и количества зубьев у шестерен. Однако при любых условиях шлифования круг обязательно следует профилировать перед окончательной отделкой шестерни.

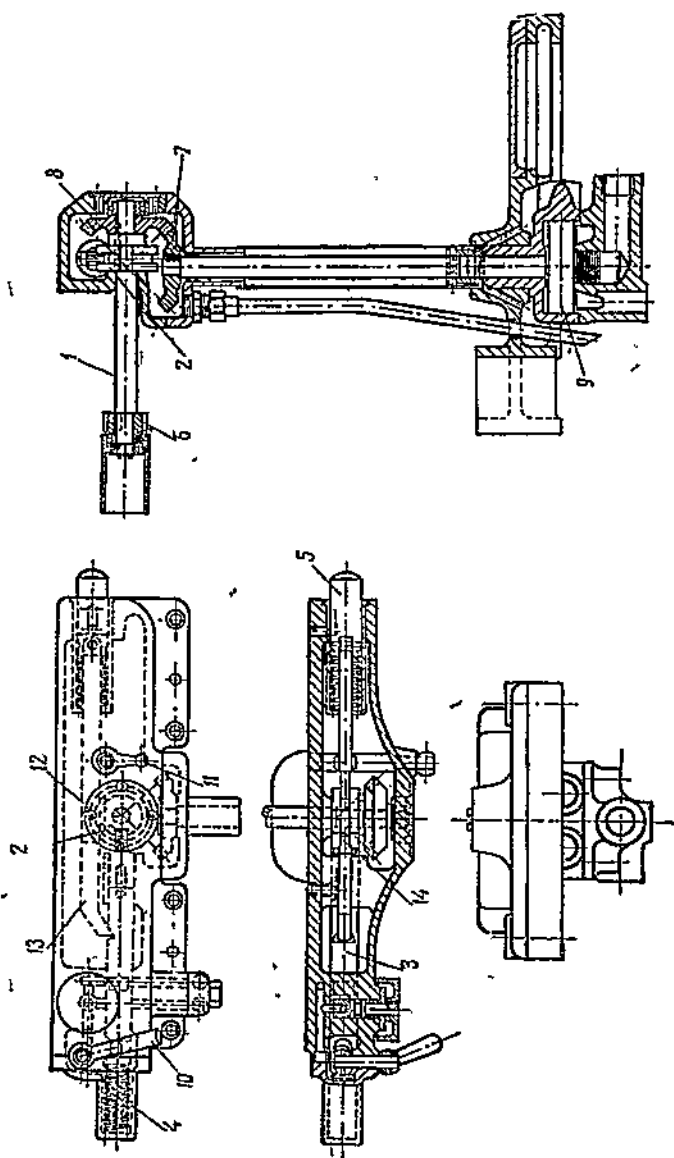


Фиг. 34. Кинематическая схема пантографа.

Механизм автоматического профилирования

Этот механизм управляет подачей шлифовальной головки на алмазы, с одной стороны, и действиями пантографа, — с другой, синхронизируя оба эти процесса. Таким образом этот механизм управляет всеми рабочими движениями, которые требуются при профилировании шлифовального круга. Операция профилирования круга начинается либо автоматически при выключении хода ползуна, либо поворотом рукоятки 9 (см. фиг. 18).

Рассмотрим действие механизма (фиг. 35). На валике 1 сидит диск 2, имеющий прорезь 12. В эту прорезь входит конец 14 плунжера 3. В торец этого плунжера с другого конца упирается спиральная пружина 4. Другой плунжер 5 имеет скалку 13, которая входит своим концом в вырез плунжера 3 и упирается в стенку этого выреза. Когда шлифовальная головка отводится в положение для профилирования, она своим упором на-



Фиг. 35. Механизм автоматического профилирования шлифовального круга.

сжимает на плунжер 5. Плунжер 5, преодолевая сопротивление своей пружины, движется влево, и его скалка толкает плунжер 3, который также начинает двигаться влево, сжимая свою пружину. Двигаясь влево, плунжер 3 выходит из зацепления с диском 2. В это время валик диска получает возможность свободно вращаться. В момент, когда плунжер 5 начинает свое движение, открывается клапан, управляющий гидравлическим механизмом пантографа, и поршень цилиндра этого механизма поднимается. Со штоком поршня связаны две собачки (фиг. 34 поз. 9), которые сцепляются с храповичком 6 (на фиг. 34 поз. 8), сидящим на валике 1 (фиг. 35).

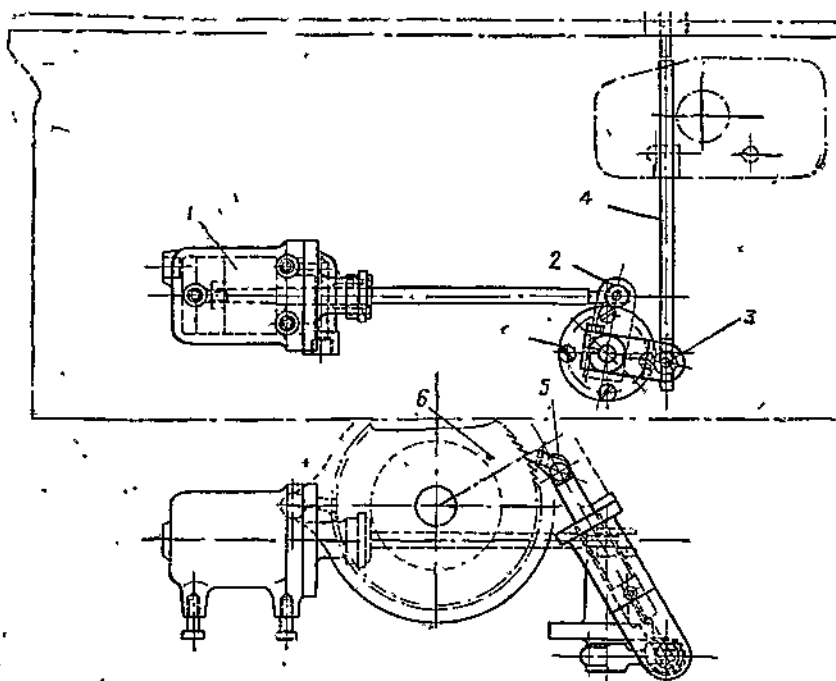
Таким образом каждый ход поршня вызывает поворот валика на определенную величину. На конце валика сидит коническая шестерня 7, сцепляющаяся с аналогичной шестерней 8, укрепленной на оси круглого золотника 9. Следовательно, каждый поворот валика 1 вызывает в свою очередь поворот золотника 9, управляющего вертикальной подачей шлифовальной головки. Так как передаточное число конических шестерен равно 1:1, то одному обороту золотника 9 будет соответствовать один оборот диска 2.

После того как диск 2 сделает один оборот, его прорезь 12 снова станет против конца 14 плунжера 3, который под давлением сжатой пружины западет в прорезь 12, и таким образом весь механизм застынет. В случае если правка круга производится от руки, конец плунжера 3 вытаскивается из прорези 12 при помощи рычага 10, который для этой цели необходимо повернуть влево. При автоматической правке круга рукоятка рычага 11 должна быть опущена вниз.

Автоматическая подача головки шлифовального круга при профилировании

Автоматическая подача головки шлифовального круга вниз для профилирования осуществляется механизмом, представленным на фиг. 36. Как только выключается движение ползуна и начинает действовать описанный механизм автоматического профилирования, начинает вращаться круглый распределительный золотник 9 (фиг. 35). Этот золотник управляет движениями поршня 1 (фиг. 36). Шток этого поршня приводит в движение рычаги 2 и 3, которые в свою очередь приводят в движение тягу 4. Последняя при помощи системы рычажков толкает собачку 5 храповика 6. Валик храповика жестко связан со шлифовальной головкой. Поэтому при каждом повороте храповика шпиндельная головка подается вниз.

Существует определенная связь между профилирующими движениями алмазов и величиной подачи шлифовальной головки. За каждый двойной ход алмазов головка подается на 0,05 мм. Это повторяется три раза, после чего алмазы делают еще два хода, причем головка уже больше не подается. Затем весь профилирующий механизм останавливается. В течение всей этой операции золотник 9 (фиг. 35) делает один оборот.



Фиг. 36. Механизм автоматической подачи головки шлифовального круга.

Главные цилиндры гидравлической системы

Главными цилиндрами называются гидравлические цилиндры ползуна и делительного диска. Синхронность, или согласованность, рабочих движений ползуна и делительного диска является весьма важным обстоятельством для работы станка.

На фиг. 37 представлен клапан управления главными цилиндрами. Пробка клапана 1 состоит из двух частей — верхней и нижней. Нижняя часть является автоматически действующим вращающимся золотником (сервомотором), управляемым четырьмя поршнями К. Верхняя половина пробки является золотником, распределяющим главный поток масла по двум цилиндрам — ползуна и распределительного диска. Для приведения в действие четырех поршней, которые вращают пробку, масло спускается через редукционный клапан и поступает в корпус клапана управления через отверстие А. Через систему отверстий и клапанов оно направляется к поршням, приводит их в действие и затем выходит через спускное отверстие В.

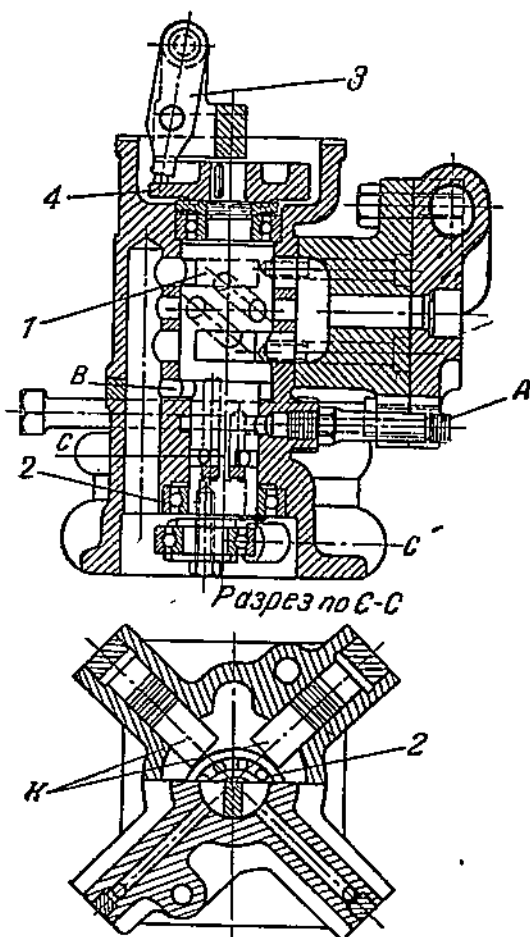
Поршни связаны с эксцентриком 2 и, действуя на него, стремятся повернуть всю пробку. Этому, однако, препятствует защелка 3, связанная с кулачковым диском 4. Таких защелок имеется две и для каждой из них имеется по две рабочие позиции. Таким образом при каждом повороте на 90° пробка ставится в новую

рабочую позицию. Две позиции обслуживают цилиндр ползуна, а две другие — цилиндр делительного диска. Так как повороты кулачкового диска, сидящего на верхнем конце пробки, происходят последовательно, то одновременное действие двух кулачков является невозможным, а следовательно, операция деления не может произойти одновременно с рабочим ходом ползуна.

На фиг. 38 изображен цилиндр ползуна. В цилиндре 1 ходит поршень 2. Поршень 2 имеет длинный шток 3, конец которого связывается с ползуном станка. Шток проходит через сальник, представляющий ряд войлочных колец. Масло поступает в полость цилиндра попеременно, то с одной, то с другой стороны поршня. Колпачок 4 закрывает две короткие трубки 6, которые входят в полость цилиндра. Через эти трубки выходит воздух при заполнении цилиндра маслом. В гидравлической системе цилиндра эти трубки являются наиболее высокими точками. Трубка 5 является спускным отверстием для масла в случае его излишка.

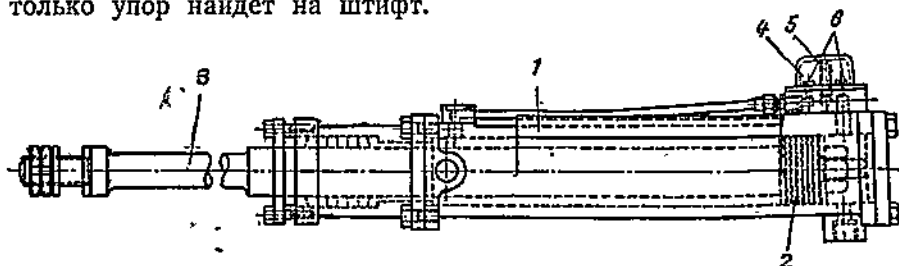
Гидравлическая система

Вся гидравлическая система станка питается от насоса. Последний приводится в действие электромотором в 3 л.с., установленным сзади станка (фиг. 18 поз. 5) на специальном кронштейне. Вращение от мотора на вал насоса передается через пару цилиндрических шестерен. За давлением масла в системе можно наблюдать по манометру, укрепленному на передней стенке станины. Для регулирования давления пользуются дроссельным клапаном. Особенно важно следить за тем, чтобы давление понижалось при перемене хода ползуна, дабы избежать реверсивных толчков, расшатывающих механизм станка. Понижение



Фиг. 37. Распределительный клапан главных цилиндров.

давления, вызывающее уменьшение скорости ползуна, достигается посредством двух упорчиков, укрепленных на ползуне. При обратном ходе ползуна один из упоров находит на штифт, связанный с дроссельным клапаном, прикрывает его и резко уменьшает этим масляный поток. В начале рабочего хода ползуна другой упор открывает дроссельный клапан до необходимого предела, и скорость ползуна снова возрастает. Регулировка дросселирования достигается положением штифта. Чем больше поднят штифт, тем больше будет дросселирование. Можно поднять штифт настолько, что движение ползуна прекратится совсем, как только упор найдет на штифт.



Фиг. 38. Цилиндр ползуна.

Масляный насос снабжен фильтром и отстойником. Наиболее слабым звеном насоса является спиральная пружина клапана, которая часто ломается, вследствие чего давление резко падает. Другой частой причиной падения давления служит слишком тугая набивка сальника.

На фиг. 39 представлена схема основных узлов и главных потоков гидравлической масляной системы. Поток идет от главного насоса через пусковой клапан и синхронный клапан. Здесь масляный поток разделяется и идет либо к цилиндру ползуна, либо к цилиндру делительного диска. Необходимо заметить, что редукционный клапан находится всегда под давлением, даже если клапан управления выключен.

Гидравлическая система станка состоит из:

- 1) главного масляного насоса 3;
- 2) цилиндра ползуна 1;
- 3) цилиндра делительной головки 6;
- 4) цилиндра профилирующего механизма 7;
- 5) цилиндра вертикальной подачи шлифовальной головки 5;
- 6) синхронного (распределительного) клапана 4;
- 7) пускового клапана 8;
- 8) редукционного клапана 9;
- 9) дроссельного клапана 2;
- 10) трубопроводов.

Масло от насоса гонится через контрольный клапан в клапан распределения. При помощи контрольного клапана регулируется величина потока масла, идущего от насоса в систему.

Де
выг
жа
ры
по

ТОВО
П
Враи

гает-
При
свя-
мень-
изуна
имого
дрос-
под-
нять

Приспособление для правки шлифовального круга по наружному диаметру

Конструкция этого приспособления представлена на фиг. 40. Державка алмаза выполнена в виде рычага, у которого часть 1, выходящая из корпуса приспособления, является собственно державкой с укрепленным на ее конце алмазом. Другая же часть рычага представляет собой валик 2, покоящийся на двух шарикоподшипниках 3 и 4. Шарикоподшипник 3 особой, сферической конструкции. Благодаря этому внешний конец рычага 1 может не только вращаться вокруг своей оси, но и перемещаться в горизонтальной плоскости. Рычаг приводится в движение круглой накатанной рукояткой 5, насаженной на валик 6. С другой стороны на валик насажен сухарь 7, в нижний конец которого входит сферическая головка пальца 8 кривошипа 9, насаженного на конец валика 2. Таким образом, вращая рукоятку 5, мы через палец кривошипа 8 и кривошип 9 поворачиваем рычаг 1.

При помощи данного приспособления можно придать периферии круга форму дуги или форму прямой с двумя закруглениями в зависимости от профиля впадины.

Настраивают приспособление на тот или иной вид формы периферии круга следующим образом. Допустим, что надо заправить круг по дуге. Радиус дуги будет определяться расстоянием от острия алмаза до оси рычага. Следовательно, установка алмаза по заданному радиусу должна быть произведена перемещением алмаза в державке до получения требуемого размера.

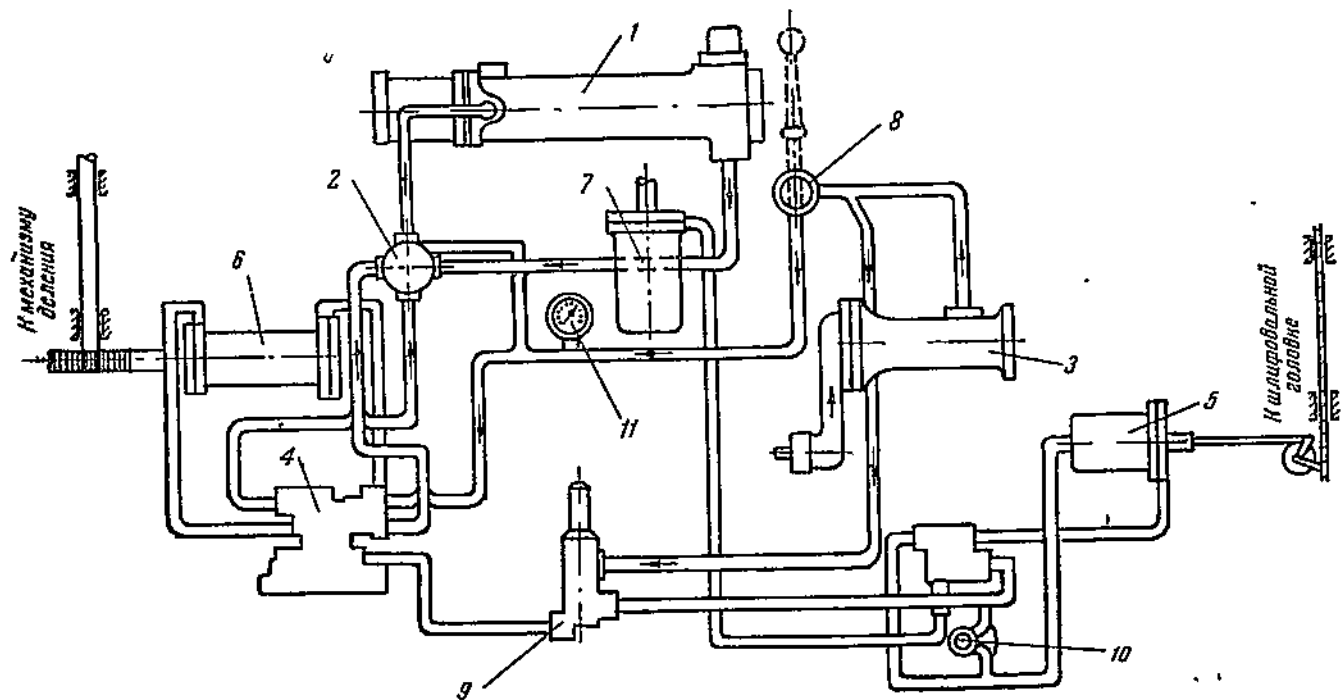
Как уже было сказано, державка имеет возможность не только вращаться, но и перемещаться в горизонтальной плоскости. Так как в данном случае нам необходимо одно лишь поворотное движение, то поступают следующим образом. Регулировочные винты 10 довинчивают до упора в наружную обойму шарикоподшипника 4. Вследствие этого рычаг 1 при повороте рукоятки 5 получит только вращательное движение. Если необходимо заправить периферию круга не по дуге, а по прямой с двумя закруглениями, то надо отвернуть винты 13 на величину, необходимую для того, чтобы алмаз прошел сначала по прямой в горизонтальной плоскости, а затем, когда шарикоподшипник 4 упрется в упор, сделал закругление. Данное приспособление при помощи болта 11 крепится в головке шлифовального шпинделя, а при помощи штифта 12 — к корпусу шлифовального механизма. При такой установке получается возможность регулировать положения алмаза в вертикальной плоскости.

Масляный насос

На фиг. 41 представлен продольный разрез масляного насоса гидравлической системы. Как можно видеть из этой фигуры, вращение от мотора на вал насоса передается через пару цилиндрических шестерен 1 и 2. Вал насоса делает 750 об/мин. Насос винтового действия типа ЖМО.

Принцип действия насоса состоит в следующем. От шестерни 2 вращается валик 3. Средняя часть валика а выполнена в виде

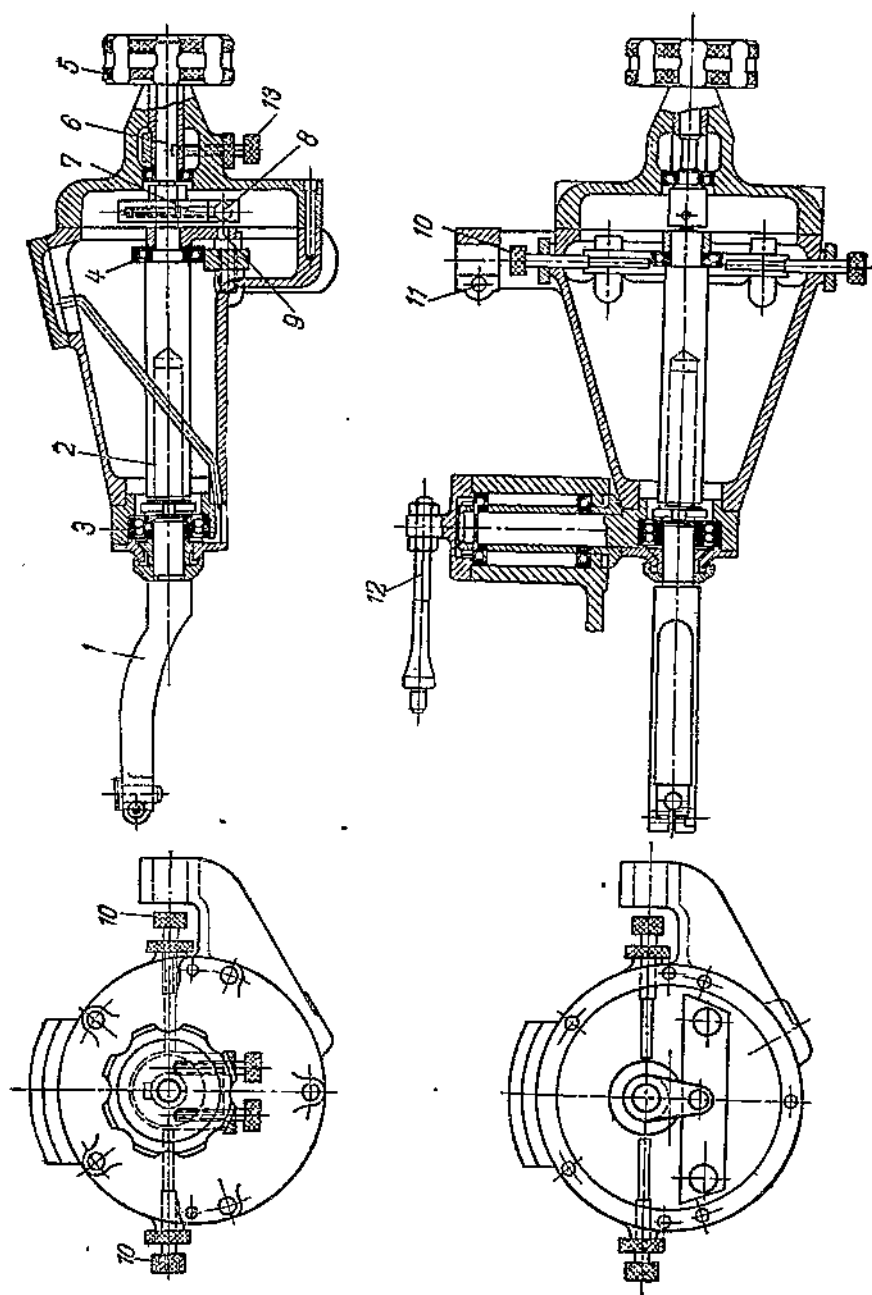
папан
уется



Фиг. 39. Схема гидравлической системы станка Оркутт.

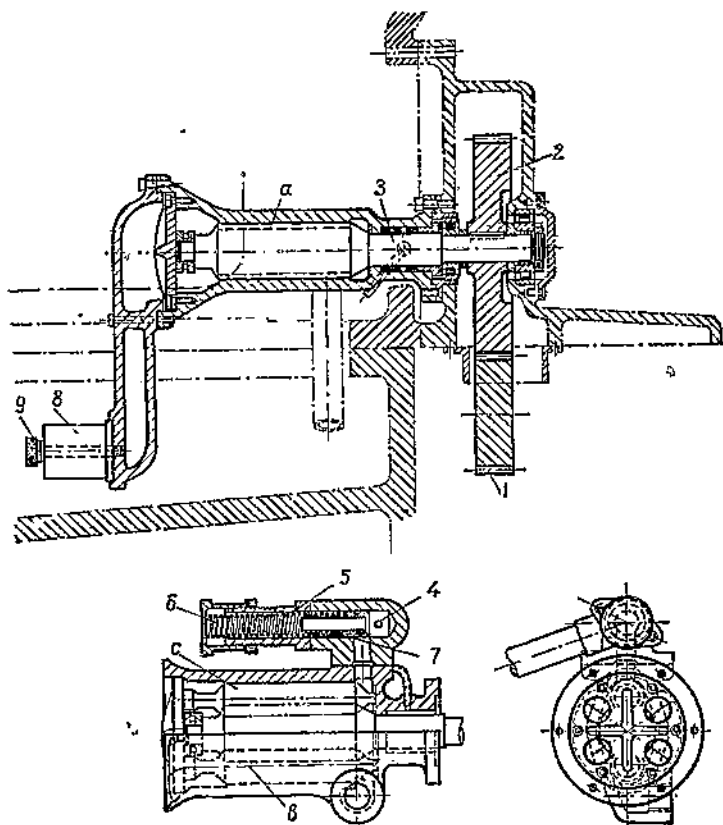
1—цилиндр ползуна; 2—дрессельный клапан; 3—главный насос; 4—распределительный клапан; 5—цилиндр механизма подачи шлицевой головки; 6—цилиндр делительной головки; 7—цилиндр профилирующего механизма;

8—клапан управления главным потоком от насоса к синхронному клапану; 9—редукционный клапан; 10—синхронный клапан подачи шлицевой головки при профилировании; 11—манометр для контроля давления масла в системе.



Фиг. 40. Приспособление для правки круга по наружному диаметру.

двухходового червячного винта с большим углом подъема спирали. Винт *a* находится в сцеплении с винтами *b* и *c*. Допустим, что масло из резервуара поступило в камеру всасывания и попало в спиральную канавку винта *c*. Тогда при повороте валика *a* нитка его войдет в спиральную канавку винта *c* и погонит масло из камеры всасывания в камеру нагнетания. То же произойдет



Фиг. 41. Устройство масляного насоса станка Оркутт.

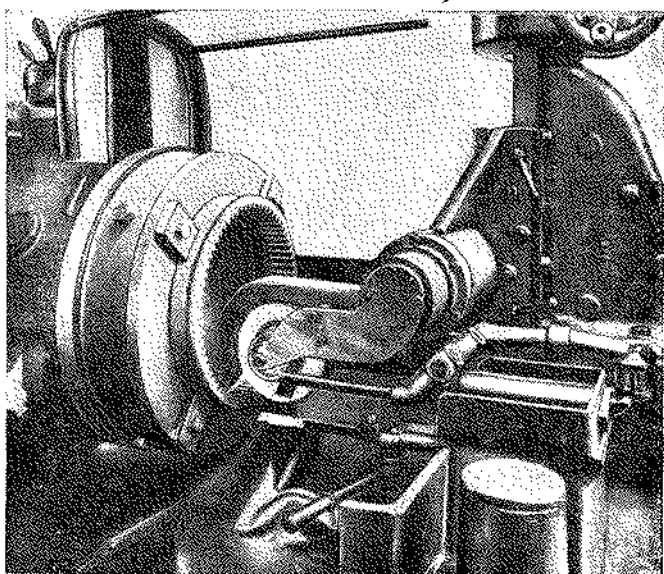
и с винтом *b*. Насос пропускает 62 л жидкости в минуту. Предохранительный клапан 4 отрегулирован так, что при повышении давления выше $8,75 \text{ кг/см}^2$ масло перепускается в резервуар. Регулируют клапан при помощи пружины 5, сила давления которой устанавливается гайкой 6. Поломка пружины или заедание штока клапана в сальнике 7 может вызвать падение давления в системе. Насос снабжен фильтром 8, который должен еженедельно очищаться и промываться. Фильтр легко отделяется от корпуса насоса. Для этого необходимо только отвернуть винт 9.

На одном валу с малой шестерней, передающей вращение валу насоса гидравлической системы, сидит коническая шестерня, приводящая в действие лопастный насос для охлаждающей

жидкости. Этот насос также снабжен фильтром. В корпусе насоса имеется окно, через которое можно регулировать состояние сальника путем подтягивания его гайки.

Станина

Станина станка выполнена в виде массивной чугунной отливки коробчатого сечения. В станине помещается резервуар для масла, питающего гидравлическую систему станка, и бак для охлаждающей жидкости. Наверху станины имеются направляющие, по которым двигается ползун со шлифовальной головкой.



Фиг. 42. Шлифование зубьев шестерни с внутренним зацеплением на станке Оркутт.

Фирма Оркутт выпускает также станки для шлифования зубьев шестерен внутреннего зацепления. На фиг. 42 представлено шлифование зубьев шестерни с внутренним зацеплением на станке Оркутт, установленном в механическом цехе авиамоторного завода Пратт-Уитни.

Зубошлифовальный станок Маг

Кинематика станка

Всю кинематическую схему станка можно разбить на следующие основные звенья:

I. Коробка продольных подач салазок с тrenzелем переключения направления движения.

II. Механизм обкатки, который состоит из двух звеньев:

а) кулисного механизма для сообщения поперечным салазкам прямолинейного движения в поперечном направлении;

в) механизма дуги обкатки для поворота шестерни вокруг оси.

III. Автомат деления, поворачивающий шестерню в определенный момент для шлифования очередной впадины.

IV. Делительная головка.

V. Супорт для кругов.

VI. Механизм поперечной подачи кругов.

VII. Механизм автоматического контроля кругов по шагу.

VIII. Механизм автоматического управления станком, контролирующий своевременное переключение подач и выключение станка после окончания шлифования всех зубьев шестерни.

Рассмотрим действие каждого из перечисленных механизмов в отдельности.

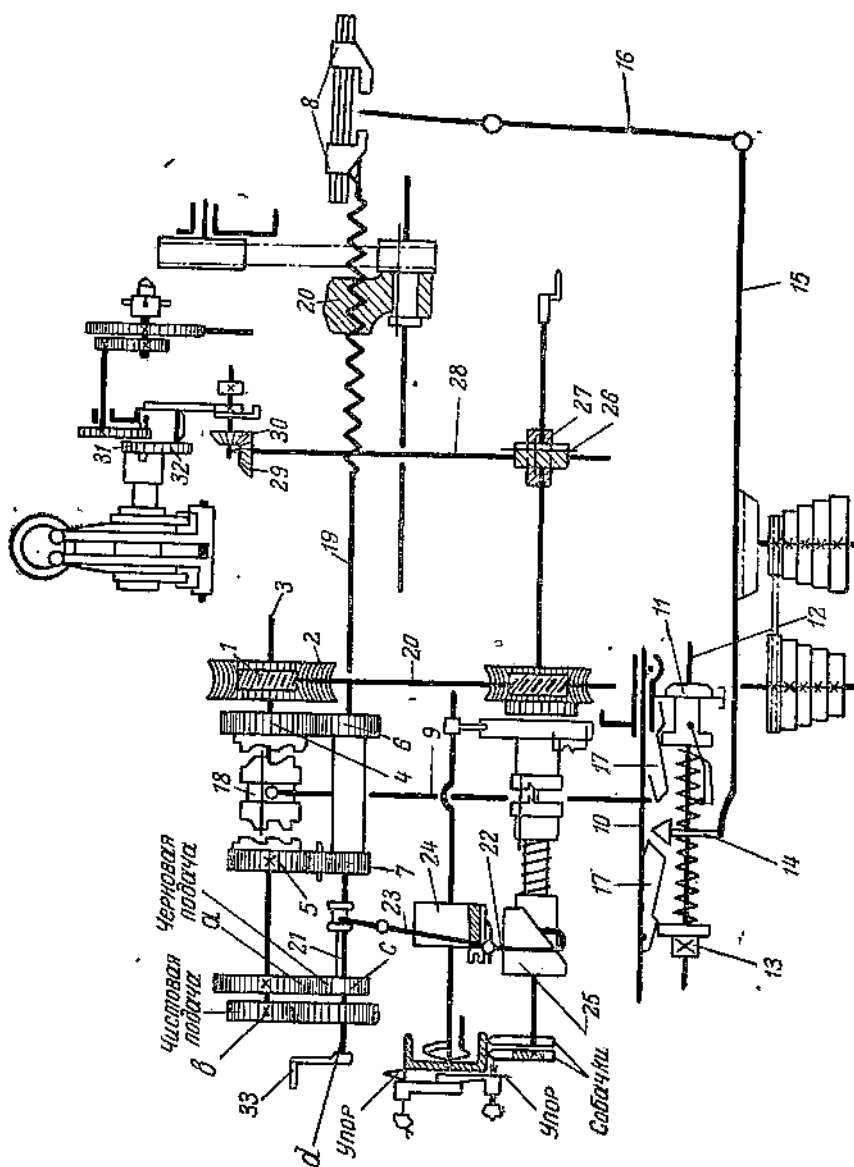
На фиг. 43 представлена общая кинематическая схема станка Мааг модели $SS\frac{1}{2}$.

Вращение со ступенчатого шкива мотора посредством ремня передается на ступенчатый шкив станка, сидящий на приводном валу. Червяк 1 приводного вала через червячную шестерню 2 передает вращение валику 3, на котором сидит зубчатая муфта 18. Эта муфта связана с валиком шпонкой и может скользить вдоль него. Муфта попеременно сцепляется с шестернями 4 и 5. При сцеплении муфты 18 с шестерней 4 крутящий момент через шестерни 6 и 7 передается на шестерню 5 валика сменных шестерен коробки подачи. Через эти шестерни вращение передается на ходовой винт. При сцеплении муфты 18 с шестерней 5 вращение передается непосредственно на валик сменных шестерен и через шестерни а и б на шестерни с или d, сидящие на конце вала ходового винта. Таким образом меняется направление и скорость вращения ходового винта.

Механизм переключения связан при помощи тяги и рычага с упорами 8 продольных салазок. В крайних положениях изделия упоры поочередно толкают рычаг тяги вправо или влево, и в соответствии с этим происходит перекидывание рычага муфты 18 и переключение ее с одной шестерни на другую.

Ходовой винт 19 через гайку 20 сообщает столу поступательное движение. В соответствии с изменением направления вращения винта меняется направление хода стола.

Переключение муфты 18 производится специальным пружинным механизмом. Шейка муфты 18 охвачена вилкой 9, которая жестко соединена с валом 10. Вал 10 заканчивается рычагом. Этот рычаг при помощи тяги шарнирно скреплен с муфтой 11 пружинного реверса. Пружина его закреплена на валике 12. Симметрично относительно середины валика на другом конце его закреплено кольцо 13. Посередине валика помещается хомутик с сухарем 14. Хомутик находится под действием пружины. Вилка хомутика тягой 15 соединена с рычагом переключения 16. Верхний конец этого рычага находится между упорами 8 стола станка. Его действие связано с расположением этих упоров. С обеих сторон сухарика 14 симметрично расположены два рычага 17, кото-



Фиг. 43. Кинематическая схема станка Maag SSI 1/2.

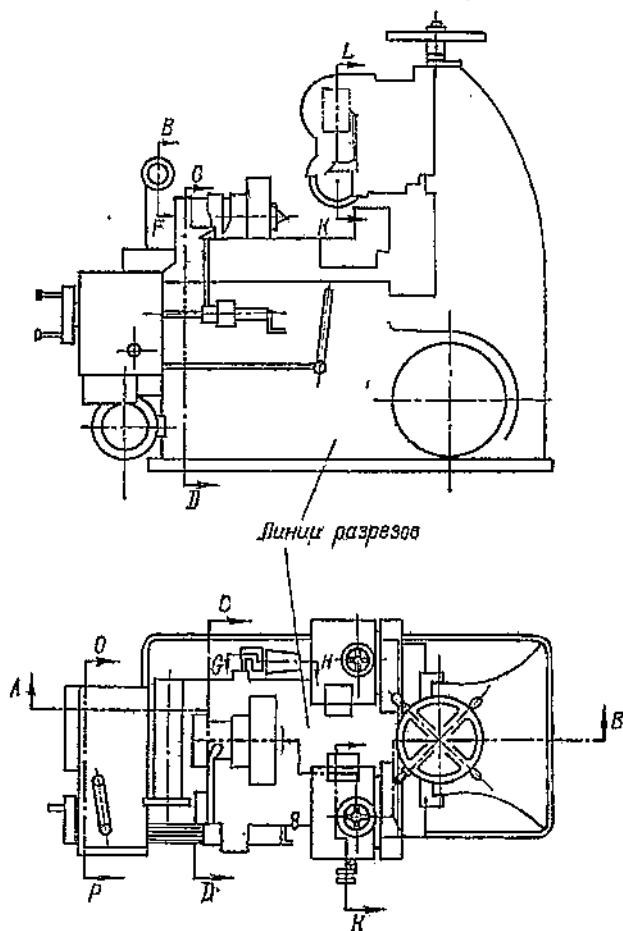
рые своими выступами под действием пластинчатых пружин попеременно западают за буртик кольца 13 и муфты 11.

Процесс переключения протекает следующим образом. После предыдущего переключения хода стола рычаг 17 упрется своим выступом в буртик муфты 11. Стол пойдет в обратном направлении. В некоторый момент упор стола встретит на пути своего движения конец рычага 16 и начнет толкать его вперед. Движение через тягу 15 передается хомутику с сухарем 14, который станет перемещаться вправо и, дойдя до рычага 17, своим скошенным краем толкнет рычаг и выведет его из зацепления с муфтой 11. Под действием пружины освобожденная муфта быстро отойдет и переключит вправо при помощи тяги 9 зубчатую муфту 18 грензеля. Одновременно с перемещением валика пружины вправо второй рычаг 17 защелкивается под действием пружины кольцо 13. Процесс переключения в обратную сторону протекает совершенно аналогично.

Рабочий цикл состоит из двух стадий: чернового и чистового шлифования изделия. Скорость подачи при переходе с чернового шлифования на чистовое меняется.

Для изменения скорости подачи в коробке подач имеются шестерни с и d, сцепляющиеся с ведущими шестернями a и b. Включение пар a и c или b и d происходит посредством скользящей вытяжной шпонки 21.

Скорость подачи изменяется посредством рычага 22, связанного с рычагом 23 и могущего перемещать вытяжную шпонку вправо или влево и тем самым заклинивать на валу ходового винта ше-



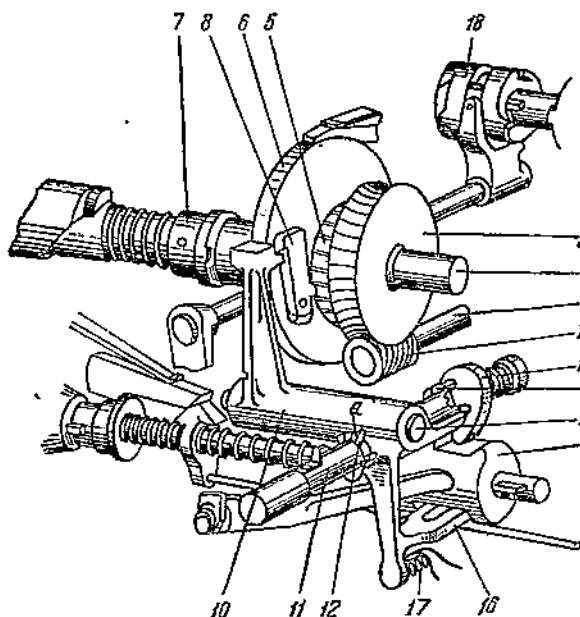
Фиг. 44. Станок Маг SS¹/₂ (схема разрезов).

стерни с или *d*. Рычаг 22 действует следующим образом. Верхний конец рычага, сделанный в виде вилки, охватывает скользящую муфточку, с которой соединена шпонка. Нижний конец рычага имеет два рычажка, шарнирно связанные с ним. Один из этих рычажков покоится на барабане 24, другой — на барабане 25. После окончания чернового шлифования барабан 24 приходит в такое положение, при котором выступ рычага западает в прорезь барабана и позволяет другому выступу стать на пути движения кривой барабана 25. Тогда, вращаясь, барабан переведет рычаг 22 из одного положения в другое.

При рассмотрении работы механизмов и узлов станка, будем пользоваться в дальнейшем различными сечениями согласно схеме на фиг. 44.

Механизм деления

Процесс деления, т. е. поворота шлифуемой шестерни для подстановки очередной впадины зуба под шлифовальные круги, происходит в моменты перемены направления хода продольных подач. Таким образом конструкции механизма деления и механизма подачи находятся в тесной связи между собой.



Фиг. 45. Устройство механизма деления.

В процессе деления участвуют два звена: автомат включения деления и механизм делительной головки, производящий деление. Механизм включения деления показан на фиг. 45. Валик 7, несущий на одном своем конце червяк продольной подачи, проходит в корпус механизма деления. На другом его конце укреплен второй червяк 2, находящийся в зацеплении с червячным колесом 3, свободно сидящим на валу 4. С червячным колесом 3 жестко скреплено храповое колесо 5. Далее на валу последовательно установлены диск 6 и муфта 7, связанная с валом посредством скользящей шпонки.

Муфта сцепляется с диском посредством косого зуба, входящего в соответственной формы впадину во втулке диска. Сцепление происходит под действием спиральной пружины, упирающейся в торец муфты.

На плоскости диска 6 со стороны червячной пары установлена собачка 8, которая под действием пружины, установленной с обратной стороны диска, стремится запасть в зубья храпового колеса. На валике 9 установлен рычаг 10 так, что выступ его верхнего конца западает в паз диска 6, благодаря чему диск не может поворачиваться на валу 4, а собачка 8 не может соединиться с храповиком 5.

Сквозь втулку рычага 10 проходит валик 11 с двумя штифтами 12 и 13, расположенными в одной плоскости. Эти штифты располагаются в прорезях втулки 10 и соответственно между выступами кулачка 14, насаженного на конце валика. Вся система прижимается в сторону кулачка спиральной пружины.

Втулка рычага 10 имеет три прорези. Нижний конец кулачка, сидящего на валике 11, расположен так, что находится внутри профрезерованного выреза муфты 15 реверсивного вала.

Нижний конец коленчатого рычага 10 имеет отросток — вилку 16, который расположен со стороны муфты реверса, противоположной профрезерованной стороне муфты. Весь рычаг 10 находится под постоянным натяжением пружины 17.

Для того чтобы произвести деление или поворот делительной головки на определенный угол, необходимо, чтобы вал 4 сделал один оборот. Достигается это следующим образом. В процессе работы червячное колесо 3 вместе с храповиком постоянно вращается на валу 4, находящемся до определенного момента в неподвижном состоянии. Верхний выступ рычага 10 находится в прорези диска 6 и не позволяет собачке сцепиться с храповиком.

Если установить валик 11 так, чтобы первый штифт 12 находился в углублении а, то второй штифт 13 западет в прорезь кулачка и не даст ему повернуться на валике. При данном положении в моменты переключения направления ходов будет происходить следующее. Муфта реверса 15 под действием своей пружины быстро перемещается вправо (или влево). При каждом своем движении она, проходя под кулачком, будет толкать его и поднимать вверх. В связи с этим рычаг 10 повертывается и верхний конец его выходит из зацепления с диском и верхним концом собачки 8. Последняя под действием своей пружины сейчас же западает в храповик и соединяет таким образом диск с вращающимся червячным колесом. Вследствие этого вал 4 начнет вращаться. Верхний конец рычага 10, выйдя из прорези диска, будет скользить по его поверхности, находясь под натяжением пружины 17. После совершения полного оборота диска реверсивная муфта 15 отойдет в исходное положение, кулачок 14 станет на прежнее место, и конец рычага 10, скользящий по диску 6, снова западет в прорезь диска. При этом собачка 8 выключится из сцепления с храповиком 5, вследствие чего прекратится передача движения валу и одновременно запрется диск 6. На то время, которое необходимо для совершения полного оборота валика 4, механизм продольной подачи должен быть выключен, что может быть достигнуто удержанием муфты переключения подачи 18 на нейтральной позиции в течение пе-

риода времени, необходимого для совершения полного оборота валика 4, или, иначе говоря, переключение муфты 18 должно произойти с некоторым перерывом. По выходе из зацепления муфта задерживается на своем валу в нейтральной позиции и только по окончании процесса деления включается в противоположном направлении.

Как было уже показано выше (фиг. 43), переключение муфты 18 зависит от движения вправо или влево реверсивной муфты 11 (на фиг. 45 15). Поэтому необходимо задержать муфту 15 (фиг. 45) в момент ее перебега для переключения рычагов, управляющих движением муфты 18 (фиг. 45), на период времени, необходимый для полного поворота диска 6.

Это осуществляется хвостовой вилкой коленчатого рычага 10 в момент переключения ходов. В тот момент, когда коленчатый рычаг 10 поворачивается и его верхний конец выходит из прорези диска, освобождая последний для вращения, нижний конец рычага, выполненный в виде вилки, входит в прорезь муфты реверса, препятствуя ее дальнейшему движению. По окончании процесса деления и западания верхнего конца рычага вилка освобождает муфту 15, находящуюся под действием пружины. Поворот валика 4 посредством шестерен 26 и 27 (фиг. 43) сообщается карданному валу 28. Этот валик через конические шестерни 29—30, мальтийский крест, гитару деления и шестерни 31 и 32 поворачивает делительный диск головки, который после поворота на необходимый угол закрепляется собачкой.

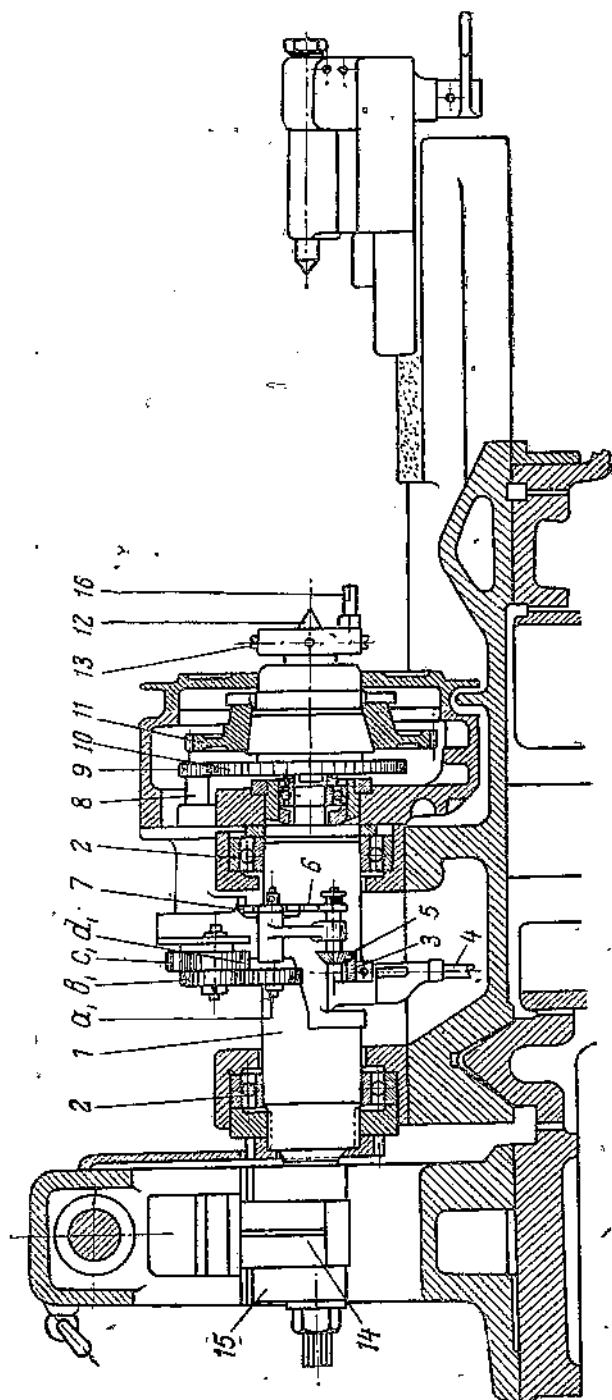
Механизм деления позволяет также производить деление и от руки помощью специальной рукоятки 21 (фиг. 16).

Делительная головка

Непосредственно поворот шлифуемой шестерни на угол, соответствующий одному зубу, совершается шпинделем делительной головки. Устройство делительной головки показано на фиг. 46.

Конструкция головки обусловлена принципом обработки изделия. Вал корпуса головки покоится на двух больших шариковых подшипниках 2. Коническая шестерня 3 (на фиг. 43 — поз. 29), которой заканчивается карданный валик 4 (на фиг. 43 — поз. 28), сцеплена с конической шестерней 5, валик которой имеет на конце кулачок 6, находящийся в зацеплении с мальтийским крестом 7. На валике мальтийского креста установлена первая сменная шестерня a_1 гитары деления. Далее через пару шестерен b_1 и c_1 гитары приводится шестерня d_1 , которая установлена на валике 8. Валик проходит в корпус головки и на другом своем конце имеет шестерню 9, сцепленную с шестерней 10, которая сидит на шпинделе делительной головки, будучи жестко соединена с ним.

Шпиндель проходит в пустотелый вал корпуса головки и установлен на шарикоподшипниках. На конусе шпинделя устанавливается и закрепляется сменный делительный диск 11. Закрепляет диск стопорная собачка 1 (фиг. 47). Собачка установлена на валике 2 и заблокирована с кулачком мальтийского креста.

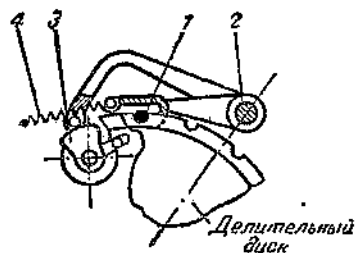


Фиг. 46. Делительная головка станка,
Разрез по АВ (фиг. 44).

Работа механизма протекает следующим образом. Движение, переданное по карданному валу 4 (фиг. 46) через коническую пару 3 и 5, сообщает поворот кулачку мальтийского креста. Палец кулачка (фиг. 46 — поз. 6, фиг. 47 — поз. 3) входит в зацепление с мальтийским крестом 7 (фиг. 46). Последний поворачи-

сп
ск
13,
16

на



Фиг. 47. Закрепление делительного диска.

чивает шестерню гитары на одну шестую часть оборота. Через настройку гитары с помощью шестерен 9 и 10 поворачивается шпindel головки. Перед поворотом мальтийского креста кулачком 3 (фиг. 47) поднимается вверх рычаг, делительный диск освобождается и поворачивается на положенный ему определенный угол. Вслед за тем как диск повернулся, колено кулачка освобождает противоположный конец рычага собачки 7 (фиг. 47) и позволяет пружине 4

завести собачку во впадину между зубцами делительного диска и запереть последний.

В передней части шпинделя делительной головки (фиг. 46) установлен неподвижный центр 12, на который надето кольцо 13, снабженное четырьмя винтами. В этом же кольце имеется палец 16, служащий поводком для оправки изделия.

Механизм автоматического управления

Конструкция механизма, контролирующего процесс шлифования и управляющего этим процессом, показана на фиг. 48 и 49. На валу 1 (фиг. 48) с наружной стороны стенки коробки механизмов насажен свободно вращающийся лимб 2. Лимб, внутри полый, имеет два ввернутых в него штифта 3 и 4. На пути движения штифта 3 в станину ввернут упор 5. Благодаря этому упору лимб может сделать только один оборот. Соответственно штифту 4 в стенку коробки ввернут штифт 6. На этих двух штифтах крепится взведенная спиральная пружина 7. На конце вала 1 установлены две рукоятки 1 и 2 (фиг. 49), из которых одна 1 закреплена на нем шпилькой. Эти рукоятки имеют пружинные собачки 3, с помощью которых они могут быть закреплены в необходимом месте лимба при настройке.

4

тор
фи
шли
ся
мет
ско
и в
шли
дел
зуб
шес
рук
чаг
В э
дач
кое

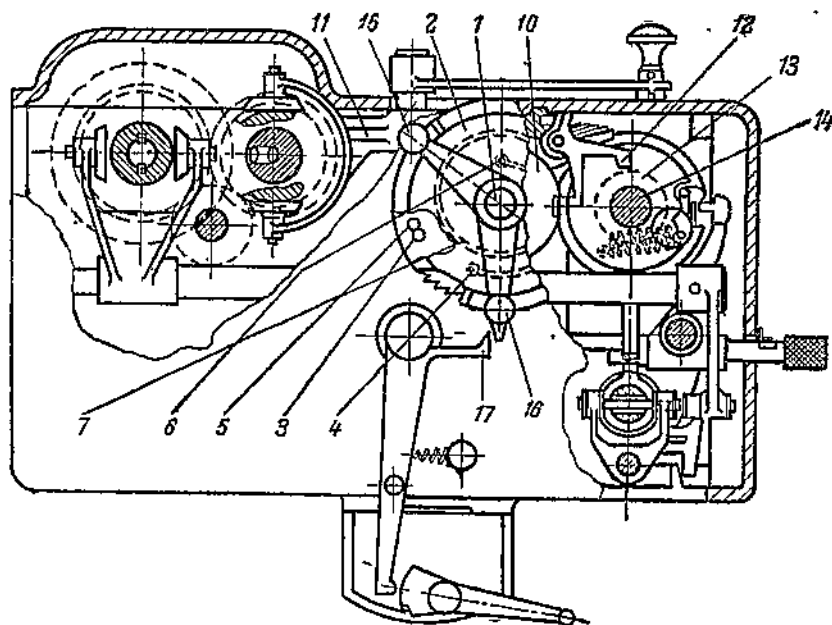
Валик 5 (фиг. 49, фиг. 48 — поз. 1), механизма деления связан с лимбом двумя собачками 4, из которых одна установлена эксцентрично оси валика. Обе собачки остриями сцеплены с зубцами лимба, находясь все время под действием спиральных пружин.

На одном валу с лимбом в коробке посажен широкий диск 10 (фиг. 48). Диск имеет прорезь, положение которой согласовано с положением рукоятки 1 (фиг. 49). Рычаг 11 (фиг. 48) переключения скользящей шпонки коробки скоростей имеет шарнирно связанный с ним коленчатый кулачок 12, который под действием

спиральной пружины скользит одним концом по поверхности диска 10. Другой конец кулачка расположен над кривой барабана 13, закрепленного на валике 14. На пути упоров рукояток 15 и 16 расположен верхний конец рычага 17 рубильника подачи.

Управление процессом происходит следующим образом.

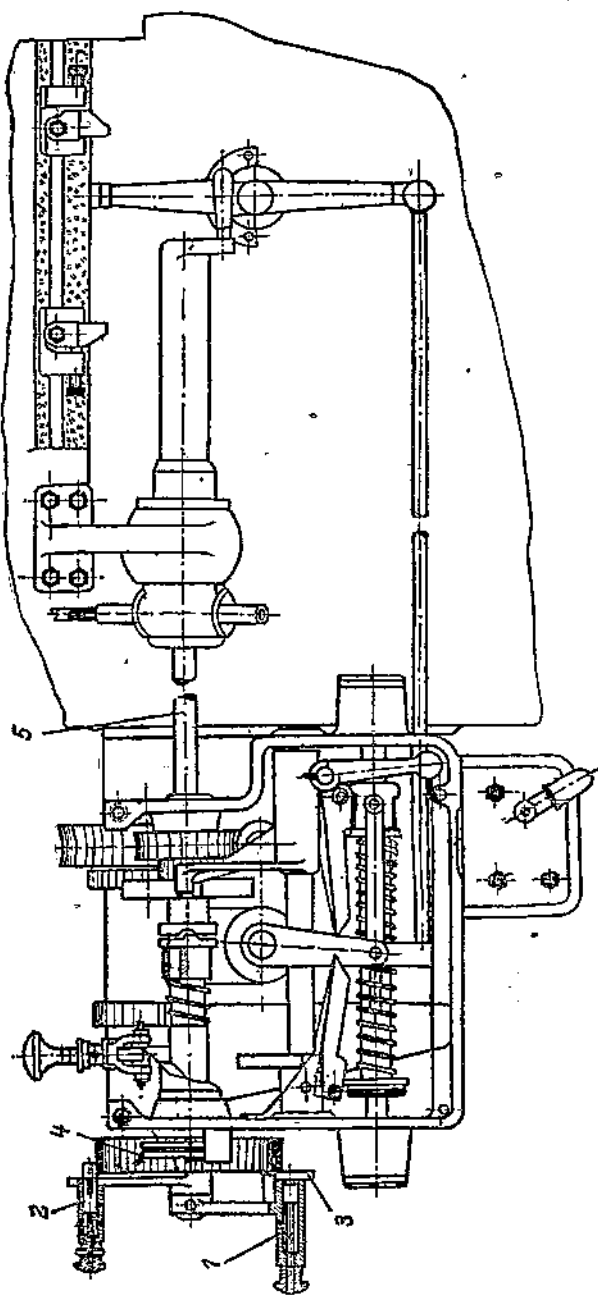
В процессе наладки и после каждой обработки изделия путем нажима на хвосты собачек 4 (фиг. 49) освобождается лимб, ко-



Фиг. 48. Механизм автоматического управления (разрез по ОР, фиг. 44).

торый под действием пружины приводится в исходное положение, фиксируемое штифтами 3 и 5 (фиг. 48). Согласно числу зубьев Z шлифуемой шестерни, рукоятка 15 устанавливается и закрепляется на делении, соответствующем Z шестерни. Тогда диск 10 займет по отношению к коленчатому кулачку рычага переключения скоростей определенное положение. Рукоятка 16 устанавливается и закрепляется на лимбе соответственно удвоенному числу зубьев шлифуемой шестерни.

При такой установке рукояток 15 и 16, при каждом движении деления, собачки будут поворачивать и закреплять лимб на один зуб, что будет соответствовать прохождению одной впадины шестерни под шлифовальными кругами. В определенный момент рукоятка 16 займет положение, при котором упор настигнет рычаг рубильника 17 (фиг. 48), и последний выключит подачу. В этот перерыв производят правку кругов. После включения подачи снова через три деления рукоятка 15 (фиг. 48) займет такое положение, при котором прорезь диска 10 (фиг. 48) встанет



Фиг. 49. Механизм автоматического управления (вид по АВ, фиг. 44).

прот
запа
вую
Г
дейс
рост
ново
шем
дейс
бачк
нави
внут

К
димс
щает
кото
реме
пере
щени
с дв
и 3
В то
вяк
влячи
хани
вяк
водн
рывн
ную
рая
лу 5
Ва
плен
ках
мов,
сред
лом
стане
тяже
вала
ника
шпон
К ст
кром
своим
нее и
шквив
образ

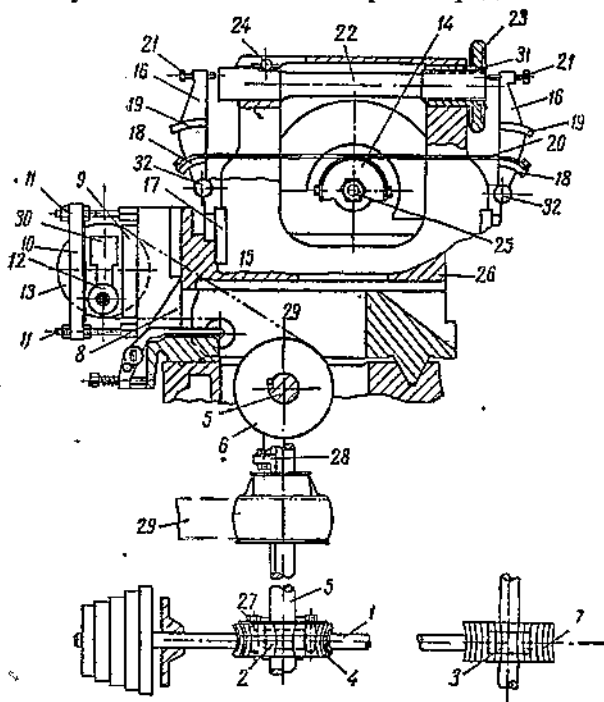
против колена рычага 12, отчего рычаг под действием пружины упадет в прорезь. Тогда другой конец рычага опустится на кривую барабана.

При последующем делении, т. е. при повороте вала 14, кривая, действуя на коленчатый рычаг, переместит рычаг переключения скоростей подачи, изменив скорость подачи с большой скорости черновой подачи на меньшую скорость чистовой подачи. В дальнейшем при прохождении всех впадин шлифуемой шестерни упор, действуя на рычаг 17 рубильника, снова выключит подачу. Собачка рукоятки 1 (фиг. 49) имеет на стержне резьбу, на которой навинчена головка. При повороте вправо собачка оттягивается внутрь, и упор проходит мимо рычага рубильника, не выключая его.

Механизм обкатки

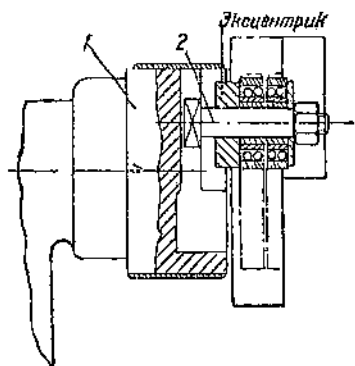
Как уже было сказано выше, шлифуемой шестерне необходимо сообщить обкатывающее движение. Это движение сообщается шлифуемой шестерне механизмом обкатки, конструкцию которого можно уяснить из фиг. 50 и 51. От мотора посредством ременной ступенчатой передачи получает вращение вал 7 (фиг. 50) с двумя червяками 2 и 3 на своих концах. В то время как червяк 3 сцеплен с червячной шестерней 7 механизма деления, червяк 2 при работе приводного мотора непрерывно вращает червячную шестерню 4, которая закреплена на валу 5 шпонкой.

Вал 5 (фиг. 50), укрепленный в подшипниках коробки механизмов, проходит непосредственно под столом станка в выемке станины. На всем протяжении длинной части вала от края подшипника профрезерована шпоночная канавка. К столу прикреплен кронштейн, в который вставлена бронзовая втулка. Втулка своим бортиком упирается в кронштейн, а на другом конце на нее насажен шкив 6 и закреплен шпонкой. Внутри самой втулки шкива укреплен тангенциальная клиновидная шпонка. Таким образом при поступательно-возвратном ходе стола шкив, пере-



Фиг. 50. Механизм обкатки (разрез по CD).

мещающаяся вместе со столом, находится в постоянном сцеплении с валом 5. С левой стороны поперечного супорта прикреплен кронштейн 8, несущий на себе параллели 9 и 10. Эти параллели представляют собой стальные планки призматического сечения. Параллель 9 повернута непосредственно к кронштейну, а 10 установлена на болтах 11. Вследствие этого имеется возможность регулировать их параллельность, как направляющих для кулисы. Между параллелями кулисы помещается эксцентрик 12, установленный с торца шкива 1 (фиг. 51). Эксцентрик представляет собой короткий цилиндр, установленный на валике 2; вращающемся



Фиг. 51. Разрез по *GH* по схеме разрезов фиг. 44.

ся в двух подшипниках, расположенных рядом. Своей Т-образной головкой валик перемещается в пазу тела шкива 1 и в любом месте может быть закреплен гайкой. Шкив 1 (поз. 13 фиг. 50), несущий эксцентрик, приводится посредством ременной передачи от шкива 6 (фиг. 50). Таким образом эксцентрик 12 вращающегося шкива (1 фиг. 51 или 13 фиг. 50), нажимая на планки 9 и 10 (фиг. 50) поперечных салазок, сообщает последним поступательно-возвратный ход, длина которого равна двойному эксцентриситету.

Это звено механизма сообщает одно из движений, составляющих обкатку, — поперечное перемещение шестерни.

В шариковых подшипниках 2 (фиг. 46) установлена на поперечных салазках делительная головка. На коническом хвосте 14 головки насажен обкатной барабан или обкатной ролик (оба названия одинаково применяются). Чаше всего этот барабан имеет вид сектора (на фиг. 46 поз. 15, а на фиг. 50 поз. 14).

Непосредственно на продольных салазках установлена рама 15 (фиг. 50), имеющая два симметрично расположенных передвижных рычага 16, передвигающихся по шкалам 17. Рычаги с полочками 18 и 19 вращаются на шарнирах 32. Радиусы полок описаны из центров шарниров таким образом, что при определенном положении супортов по шкалам 17 в зависимости от величины диаметра барабана обкатки касательные к полкам и к окружности сектора соответствующего диаметра будут находиться на одной прямой.

Барабан обкатки 14, насаженный на хвост делительной головки, помещен симметрично плоскости, проходящей между рычагами 16. С полок рычагов на барабан обкатки натянуты четыре (соответственно по две) стальные ленты 20, которые огибают дугу.

Все ленты равной длины прикреплены болтами таким образом: один конец к полке 18, другой к ролику обкатки, огибая его слева направо (левая пара лент) и соответственно справа на-

лево (правая пара). Ленты равномерно натягиваются упорными винтами 21.

Таким образом обе пары лент при соответствующей установке полок по высоте представляют собой касательную к окружности диаметра дуги. При принудительном поперечном перемещении механизма обкатки действием кулисы 30 ось изделия (она же ось барабана) будет перемещаться в направлении движения поперечного супорта. Для такого перемещения барабан должен сматывать с себя обхватывающую часть ленты. Вследствие этого барабан поворачивается в сторону, противоположную направлению поперечного перемещения обкатного супорта.

Таким образом обкатное движение шлифуемой шестерни складывается из двух движений. Первое движение — это перемещение поперечных салазок параллельно оси шестерни и второе — поворот обкатного барабана с шестерней вокруг оси.

Так как концы лент находятся в симметричном и неизменном положении по отношению к оси симметрии барабана, а сами ленты неизменной длины, то всякое поперечное перемещение оси барабана сопровождается поворотом последнего под натяжением концов прикрепленной к нему противоположной пары лент.

В верхней части рамы 16 пропущен вал 22, в который по обеим сторонам в торец упираются упорные болты 21 рычагов для натяга лент. Валик 22 установлен на резьбе шага t_1 во втулке маховика 23; другой конец валика непосредственно лежит в корпусе рамы. Втулка в свою очередь установлена на резьбе шага t_2 в теле рамы. Валик 22 удерживается от вращения пальцем 24 и может иметь лишь небольшое поступательное движение. Таким образом при повороте маховика в ту или иную сторону валик будет перемещаться на величину разности шагов ($t_2 - t_1 = c$) за один оборот маховика.

Головка шлифовального шпинделя

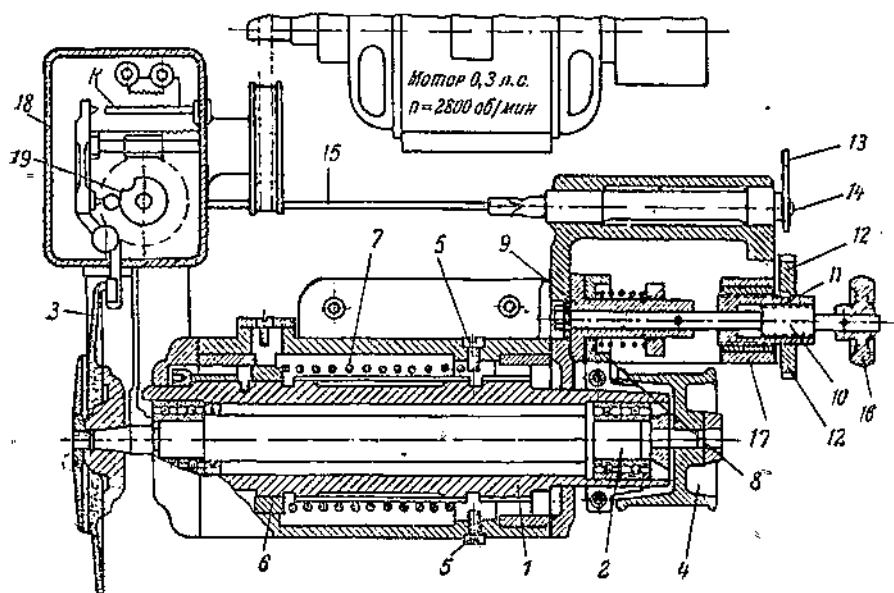
На фиг. 52 представлен продольный разрез шлифовального шпинделя.

В цилиндрическом кожухе 1 установлен на шариковых подшипниках шлифовальный шпиндель 2. Шлифовальный круг 3 тарельчатой формы сидит на конусном конце шпинделя и закреплен резьбовым кольцом. На хвостовом конце шпинделя установлен шкив 4, который получает вращение непосредственно от мотора при помощи полотняного ремня.

Цилиндрический кожух в подшипниках корпуса может перемещаться в осевом направлении. Эти перемещения (поперечных подач) происходят под действием двух причин. Непосредственно в корпусе шпинделя ввернуты два диаметрально расположенных винта 5. На кожухе 1 на резьбе установлен кольцо 6. Между кольцом и винтами помещена спиральная пружина 7. Таким образом, упираясь одним концом в винты, пружина толкает кольцо в противоположном направлении — шлифовальные круги будут сближаться.

На хвостовике шпинделя установлен хомут 8, который своим другим концом сидит на винте механизма поперечной подачи. Соединение выполнено через втулку 9, которая своим бортиком упирается в ушко хомута.

Шпиндель подачи шлифовального круга 10 на резьбе соединен с бронзовой втулкой 11, которая имеет резьбу и по наружному диаметру.



Фиг. 52. Разрез по *LK* по схеме разрезов фиг. 44.

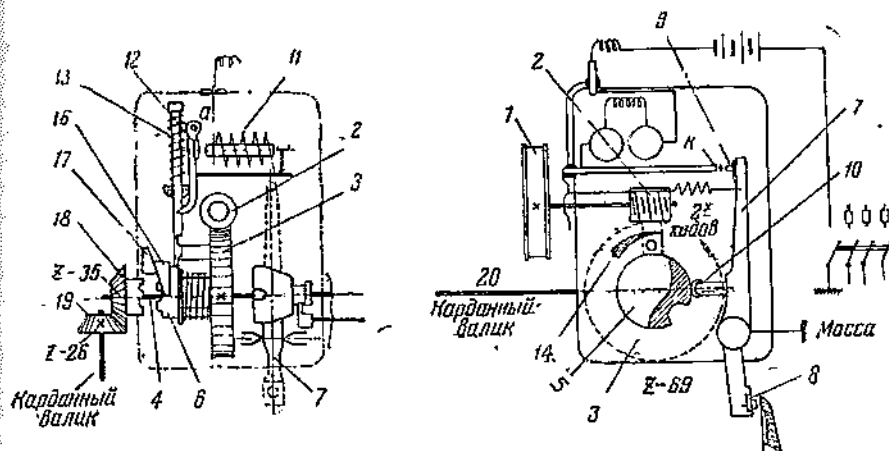
На втулке 11 установлен на шпонке храповик 12. Последний сцепляется с собачкой 13, которая сидит на эксцентричном пальце валика 14. Валик 14 соединен с карданным валиком 15 контрольного механизма.

Непосредственно на шпинделе 10 подачи установлен маховик 16 для ручной быстрой установки кругов.

Сцепление собачки с храповым колесом регулируется переставной планкой, которая поворачивается около оси храповика помощью рычажка. Положение планки фиксируется упорными винтами.

Поперечная подача при работе механизма автоматического контроля протекает следующим образом. В момент включения конической передачи механизма карданному валику 15 сообщается один оборот. Тогда эксцентрик конца вала 14 сообщит собачке 13 поступательно-возвратный ход. Последняя войдет в зацепление с храповым колесом 12 и повернет его. Поворот храповика передается втулке 11, которая своей наружной резьбой будет ввертываться в корпус 17, одновременно свертываясь со шпинделя 10. Но так как шаг наружной резьбы втулки больше внутренней, то

за один оборот втулки 11 шпиндель 10 переместится на величину, равную разности шагов внутренней и наружной резьбы. Шпиндель 10 жестко связан со шлифовальной головкой, и вследствие этого шлифовальный шпиндель перемещается одновременно с перемещением шпинделя 10. При повороте храповика 12 на один



Фиг. 53. Устройство механизма автоматической правки кругов.

зуб под действием собачки 13 шлифовальный шпиндель переместится на 0,001 мм. За один оборот бронзовой втулки 11 шлифовальный шпиндель переместится вдоль оси на 0,2 мм. Так осуществляется микрометрическая подача для компенсации износа шлифовальных кругов.

Механизм автоматической подачи шлифовальных дисков (компенсирующий механизм)

Этот механизм приводится в действие мотором шлифовального шпинделя. Для каждой шлифовальной головки станка имеется свой механизм автоматической подачи. Оба они совершенно одинаковы. Сущность действия этих механизмов заключается в том, что через каждые 5—6 сек. они при износе шлифовальных кругов автоматически подают их к шлифуемым поверхностям зубьев. Величина подачи составляет 0,001 мм. Таким образом компенсируется износ режущих кромок шлифовальных дисков, и они постоянно находятся в соприкосновении рабочей частью с обрабатываемой шестерней.

Принцип действия каждого такого механизма состоит в следующем.

К режущей кромке каждого диска прижимается плоский алмаз, укрепленный на нижнем конце качающегося рычага. На верхнем конце рычага имеется контактный штифт. Если кромка шлифовального диска не изношена, то алмаз через каждые 5—6 сек. будет к ней прижиматься. В случае износа кромки ал-

маз ее не коснется, зато контактный штифт на верхнем конце рычага коснется контактной кнопки компенсирующего механизма. Механизм сработает и придвинет шлифовальный диск к изделию на 0,001 мм, компенсируя таким образом износ режущей кромки шлифовального диска.

Контроль и компенсацию износа кругов осуществляет электромагнитный аппарат (см. фиг. 52 и 53).

На супорте шлифовального шпинделя установлена коробка механизма (18 на фиг. 52), конструкция которого заключается в следующем.

Непосредственно от мотора шлифовального шпинделя приводится шкив 1 (фиг. 53), на валу шкива внутри коробки установлен червяк 2. Последний сцеплен с червячным колесом 3. На общей скользящей шпонке валика 4 (19 на фиг. 52) последовательно установлены: барабан 5, червячное колесо 8 и зубчатая муфта 6 (сзади червячного колеса).

На конических центрах качается рычаг 7, нижний конец которого выходит через отверстие в корпусе, защищенное резиновым кожухом от попадания пыли в аппарат. На нижнем конце рычага установлена оправка 8 с плоско отшлифованным алмазом. Противоположный конец рычага внутри коробки имеет контактную кнопку 9.

Рычаг под действием тонкой спиральной пружины постоянно стремится приблизиться своим верхним концом к стержню (электроконтакт) в точке К (фиг. 52 и 53). Этому однако препятствует ролик 10, укрепленный на пальце рычага. Ролик катится по поверхности барабана 5 (19 на фиг. 52).

Вверху корпуса на кронштейне установлены электромагнитные катушки 11 (фиг. 53), электрически связанные с реле. Якорь 12 катушек шарнирно подвешен в точке а. Между катушками от якоря проходит рычажок, который под действием спиральной пружины оттягивает якорь от сердечника катушек и одновременно заводит острый конец якоря в зарубку вертикального стержня 13. Стержень этот служит для удержания муфты 6 в разомкнутом состоянии, задерживая ее своим нижним концом, упирающимся в бортик муфты.

Сам стержень стремится подняться вверх под действием своей сжатой спиральной пружины. Со стороны муфты привернут кулачок 14, который в определенный момент опускает, заводя за бортик муфты, стержень 13. Непосредственно на муфте привернут кулачок 16. Соответственно на стенке корпуса привернут кулачок 17 с противоположно направленной кривизной.

Вторая половина муфты 6 представляет собой втулку конической шестерни 18, свободно вращающуюся на валу червячного колеса. Эта шестерня расположена за задней стенкой корпуса. С ней сцеплена коническая шестерня 19 карданного валика 20 (на фиг. 52 — поз. 15), идущего к механизму поперечной подачи.

Контроль кругов протекает следующим образом. В процессе вращения кругов при шлифовании приводится во вращение червячная передача и барабан 5 (фиг. 53). Последний периодически

устанавливается профрезерованной в нем впадиной против ролика 10 рычага 7. Рычаг таким образом получает возможность под действием пружины подойти к контакту реле (в точке К).

В том случае если круг потерял размер (сносился), нижний конец рычага пройдет некоторое «лишнее» расстояние. Тогда верхний конец рычага замкнет контакт в точке К и таким образом замкнет цепь постоянного тока. Вследствие этого притянется

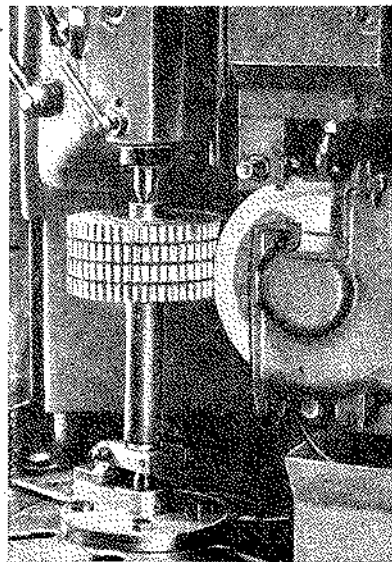
якорь электромагнитов и освободится стержень 13, который под действием пружины поднимется вверх и позволит этим пружине муфты включить муфту 6. Следствием этого явится сцепление конической шестерни на валу червячного колеса и, следовательно, поворот карданного валика 20, который с помощью храпового механизма переместит шлифовальный круг. Необходимо, чтобы муфта находилась в сцеплении только на время одного полного оборота карданного валика. В конце оборота кулачки 16 и 17 набегают друг на друга, толкают муфту вправо и выводят ее таким образом из зацепления. Одновременно кулачок 14 на червячном колесе опускает стержень 13 за борт муфты, а якорь под действием пружины закрепляет стержень в этом положении. Таким образом механизм будет готов для последующего включения.

Алмаз на конце рычага 7 приходит в соприкосновение со шлифовальным кругом через каждые 6 сек., что соответствует приблизительно износу круга в 1 м. Шлифовальный супорт при замыкании реле (через контакт К) сдвигается каждый раз на 1 м навстречу алмазу. Если износ круга слишком велик, то верхний конец рычага 7 продолжает замыкать ток, якорь электромагнитов продолжает удерживаться в прежнем положении, и весь процесс пододвигания шлифовального круга к алмазу повторяется снова. Как только рабочая поверхность круга примет правильное положение, алмаз коснется круга раньше, чем замкнется ток верхним контактом рычага, и круг останется в данном положении.

Зубошлифовальный станок Найлс

Закрепление заготовки

Шлифуемая шестерня закрепляется при помощи различных приспособлений, конструкция которых зависит от конструкции и величины шлифуемых шестерен.



Фиг. 54. Установка шестерен при шлифовании зубьев на станке Найлс.

На фиг. 54 представлена типичная установка для шлифования пакета шестерен. Шестерни посажены на одной оправке, установленной между центрами. Нижний центр укреплен во фланце, который в свою очередь закреплен на круглом столе станка. Оправка при помощи хомутика связана с фланцем и, следовательно, со столом. Сверху в центровое углубление оправки входит верхний центр, укрепленный в кронштейне станка.

Привод станка

Станок снабжен тремя электромоторами. Один из них, самый большой, установлен сзади стойки станка и служит для привода в действие штосселя. Второй мотор установлен на самом штосселе и приводит шлифовальный круг. Этот мотор имеет постоянное число оборотов ($n=3000$ об/мин) и укреплен с передней стороны штосселя. Мощность мотора равна $0,7$ kW. Шлифовальный круг приводится от этого мотора при помощи тканого ремня. Третий мотор установлен внизу станка и прифланцован к станине. Он приводит в действие каретку стола, осуществляя перемещение каретки и повороты стола.

Кинематическая схема станка

На фиг. 55 представлена кинематическая схема станка Найлс RS5.

От мотора ($N=1,1$ kW, $n=1400$ об/мин) вращение передается через промежуточные шестерни 18, 43, 18, 54 и пару конических шестерен 32 и 40 на валик 1. С этого валика через конические шестерни 24 и 40 вращение сообщается механизмам коробки шестерен.

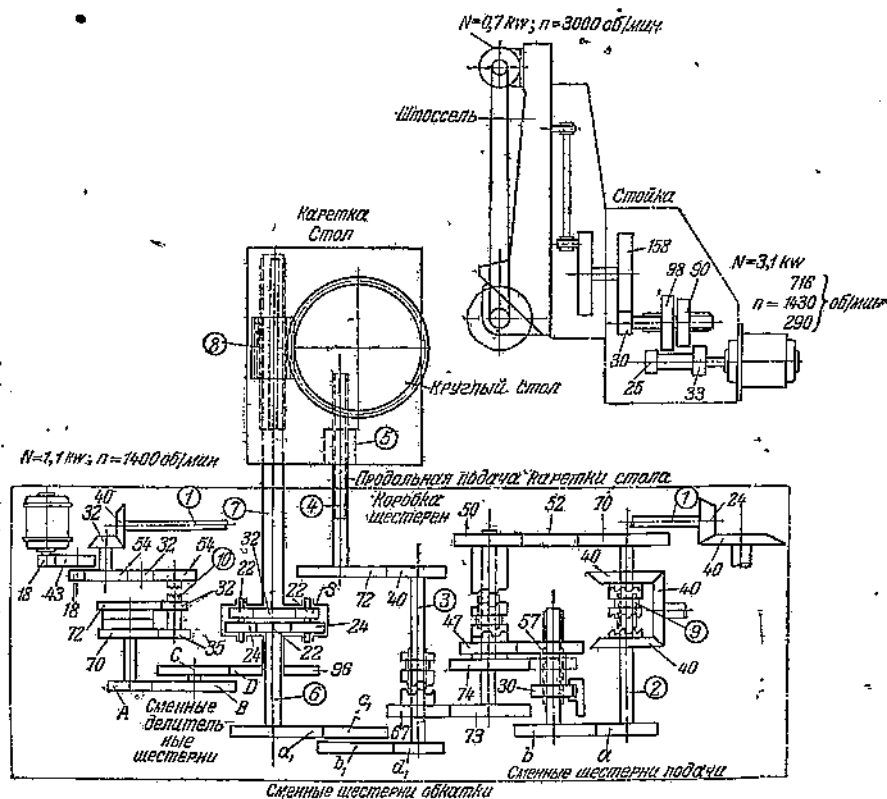
Коробка шестерен содержит в себе:

- 1) механизм продольной подачи каретки,
- 2) механизм вращения круглого стола и
- 3) делительный механизм.

Продольное перемещение или подача стола осуществляется следующим образом. Крутящий момент с валика 2 через сменные шестерни a и b и систему промежуточных шестерен передается на валик 3. Шестерня 40, сидящая на конце этого валика, сцепляется с шестерней 72, которая жестко закреплена на ходовом винте 4. Последний, ввинчиваясь в гайку 5, укрепленную в каретке, или вывинчиваясь из нее, в зависимости от направления движения каретки, сообщает столу необходимое продольное перемещение.

Через сменные шестерни a_1, b_1, c_1, d_1 вращение передается валику 6 и от этого валика через систему шестерен планетарного механизма (который в данном случае еще не используется как таковой) валику 7. Часть валика 7, проходящая в каретку стола, имеет шлицы. На шлицевой части валика скользит червяк 8, сцепляющийся с червячной шестерней круглого стола. Величины продольной подачи и скорости кругового вращения стола подбираются при помощи сменных шестерен механизма подачи и механизма обкатки.

Как было сказано выше, операция шлифования начинается шлифованием левой (со стороны штосселя) стороны впадины зуба. После шлифования левой стороны впадины шлифуемая шестерня должна перейти из положения I (фиг. 20) в положение II, в котором шлифуется правая сторона впадины зуба. Для этого движения каретки и круглого стола должны получить обратное направление. Реверсирование этих движений осуществляется посредством упора 16 (фиг. 21).



Фиг. 55. Кинематическая схема зубошлифовального станка Найлс, модель RS5.

Каретка станка в конце обкатки левой впадины доходит до упора 16. Упор 16 толкает рычаг, управляющий муфтой 9 (фиг. 55), которая и производит реверсирование. Стол станка начинает вращаться и перемещаться в противоположном направлении. При этом происходит обкатка соседней правой стороны впадины зуба.

После того как будет закончено шлифование правой стороны впадины и шлифовальный круг выйдет из контакта с изделием, упор 15 (фиг. 21) воздействует на рычаг, который произведет реверсирование и включение делительного механизма. За этим должен последовать делительный поворот изделия.

Чтобы проделать делительный поворот, каретка стола сначала быстро отходит на определенное расстояние, затем круглый стол поворачивается на очередную впадину, после чего каретка снова быстро возвращается в исходное положение (фиг. 20, III), и начинается шлифование левой стороны впадины следующего зуба.

Для совершения ускоренных движений стола служит упор 7 (фиг. 21). Упор 7 укреплен в пазу каретки стола. В конце обкатки правой стороны впадины первого зуба, как только шлифовальный круг перестает касаться этой стороны, упор 7 находит на конец рычага, управляющего муфтой 10 (фиг. 55) ускоренного хода.

Рычаг муфты 10 включает ее и муфту 9 и одновременно освобождает шестерни делительного механизма 72 и 70, благодаря чему приводится в действие весь делительный механизм. При этом вращение через сменные шестерни А, В, С и D делительного механизма передается на планетарный механизм S, который сообщает ускорение валу 7 и тем самым червяку 8-и круглому столу. Через муфту 9 осуществляется быстрый продольный ход стола.

Благодаря зубчатому перебору прибавляются еще две скорости. Следовательно, штоссель станка имеет шесть различных чисел двойных ходов. Числа двойных ходов выбираются в зависимости от установленного режима шлифования.

Непосредственно поступательно-возвратное движение штосселя осуществляется с помощью кривошипно-шатунного механизма.

Движение обкатки складывается из поступательного движения каретки и вращательного движения стола станка. Оба эти движения должны быть согласованы между собой.

Это осуществляется путем подбора сменных шестерен в гитарах обкатки и деления, помещенных сбоку станка. Шестерни подбираются по специальным таблицам в зависимости от величины начальной окружности и числа зубьев шлифуемой шестерни.

Станок Найлс, модель RS5 имеет следующие основные размеры:

Максимальный наружный диаметр шлифуемой шестерни. . . . 500 мм.

Минимальный диаметр шестерни (по основной окружности). 50 мм.

Модули шлифуемых шестерен. 2—10.

Максимальная ширина зуба у прямозубых шестерен. 150 мм.

Максимальный угол наклона зубьев у косозубых шестерен. 25°.

Максимальный диаметр шлифовального круга. 240 мм.

Минимальный диаметр шлифовального круга. 160 мм.

Число оборотов шлифовального круга. 2200 об/мин.

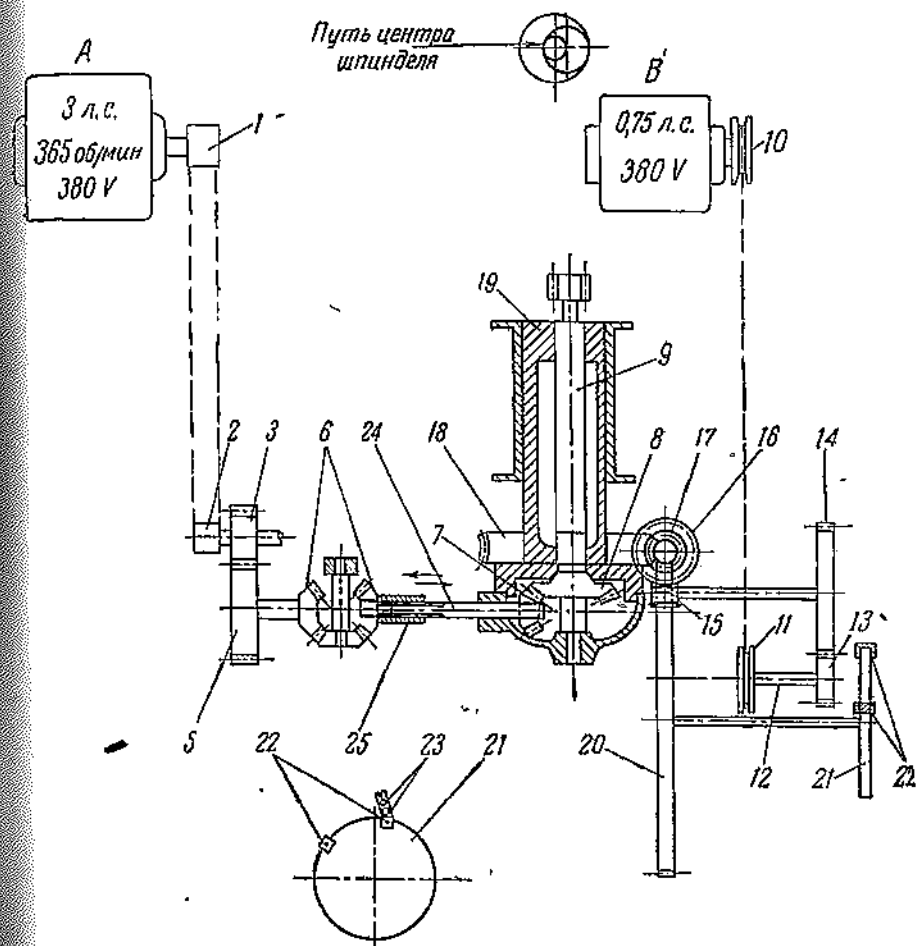
Числа двойных ходов штосселя. 35—50—70—100—140—200 в минуту.

Диаметр стола для укрепления изделия. 520 мм.

Шевинг-станок Мичиган-Тул (модель 858) для шевингования шестерен с внутренним зацеплением

Кинематическая схема

Станок модели 858 применяется в авиамоторостроении для шевингования шестерен с внутренним зацеплением, прямозубых и со спиральным зубом. Устройство станка можно уяснить из его кинематической схемы (фиг. 56). Со шкива 1 мотора А кру-

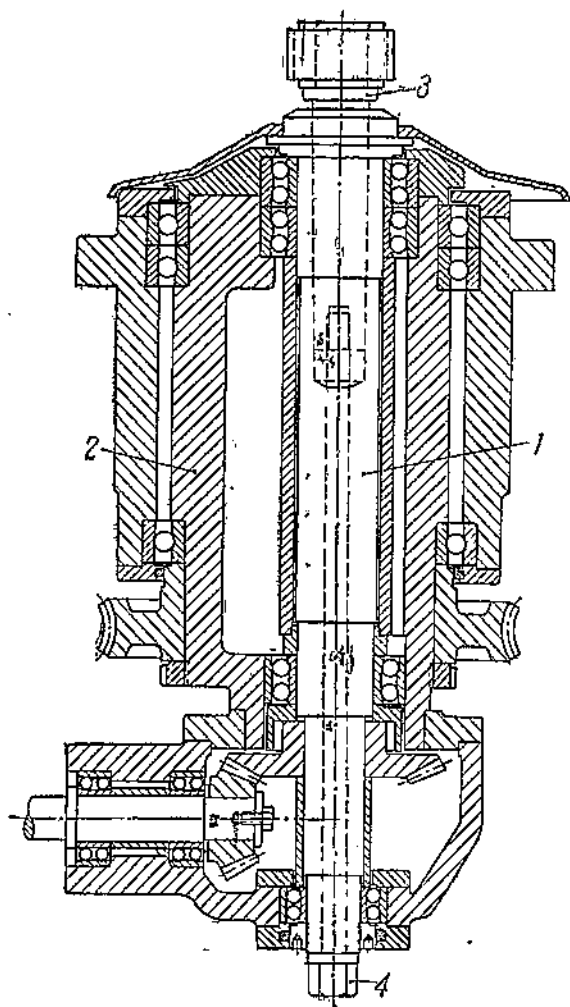


Фиг. 56. Кинематическая схема станка Мичиган-Тул для шевинга шестерен внутреннего зацепления.

тящий момент передается на шкив 2 промежуточного валика и через шестерню 3 этого валика на сменную шестерню 5; затем через дифференциал 6 и спиральные конические шестерни 7 и 8 на шпиндель станка 9. Для подачи шевера шпиндель 9 имеет, кроме основного вращательного движения, еще и дополнительное

планетарное движение, представляющее собой медленное перемещение шпинделя по окружности небольшого радиуса.

Круговое вращение шпиндель получает от специального механизма, приводимого от второго мотора В. Со шкива 10 мотора



Фиг. 57. Продольный разрез шпиндельной головки станка Мичиган-Тул для шевингования шестерен внутреннего зацепления.

вставляется коническим хвостом оправка 3, на которой устанавливается шевр. Оправка затягивается снизу болтом 4.

Рабочая головка

На фиг. 58 представлена рабочая головка станка. В соответствии с принципом шевинг-процесса оси шевера и заготовки должны перекрещиваться между собой под углом, величина ко-

через желобчатый шкив 11, надетый на промежуточный валик 12, и пару сменных шестерен 13 и 14 вращение передается червяку 15, сидящему на одном валу с шестерней 14.

С червяком 15 сцепляется червячное колесо 16, на валике которого находится червяк 17, сцепляющийся в свою очередь с шестерней 18, жестко закрепленной на эксцентриковой гильзе 19. Ось вращения этой гильзы смещена относительно оси шпинделя 9, и благодаря этому ось последнего описывает небольшой круг (см. схему сверху). При этом зацепление шестерен 7 и 8 не нарушается, так как валик 24 шестерни 7 имеет шлицы и сидит в шлицевой втулке 25, на которой находится шестерня 6. При повороте шпинделя вокруг оси эксцентриковой втулки 19 валик 24 ходит во втулке 25.

На фиг. 57 представлен продольный разрез шпиндельной головки. Шпиндель 1 покоится на трех шарикоподшипниках внутри эксцентриковой гильзы 2. В шпиндель

тор
тов
гол
Ч
лови
7, к
стви
шес
связ
чина
рует
поср
ров
З
вер
при
дик
конц
с че
зани
стан
вчка
меща
Таки
расст
вера
Во
лывае
с цен
лы 0,1
станк
кноп
перед
с пра
Во
клуче
ванну
сторо
ваться
тичес
ально
этого
в сле
больш
На ва
редви
дятся
Упоры
переж
может

торого будет равна разнице между углами наклона зубьев заготовки и шевера. Для установки изделия под требуемым углом головка сконструирована поворотной.

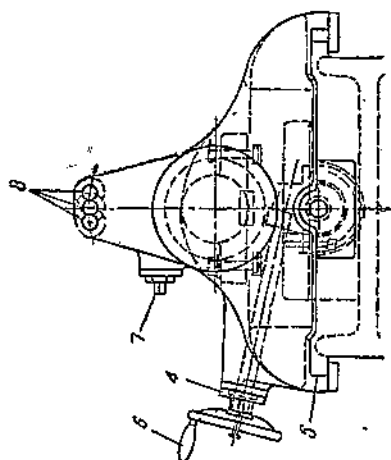
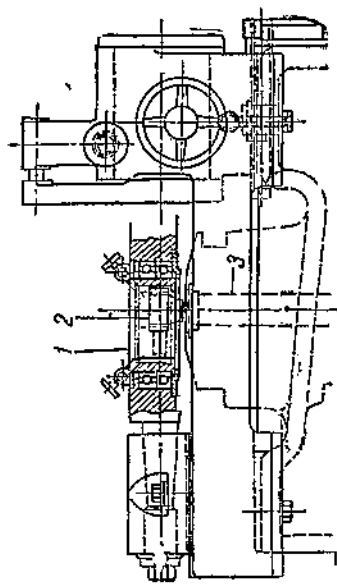
Чтобы установить корпус головки 1, поворачивают штифт 7, который приводит в действие червяк и червячную шестерню. Шестерня жестко связана с головкой и поворачивает ее. Головка фиксируется под требуемым углом посредством калиберных упоров 8, расположенных по дуге.

Заготовка подается на шевер 2, сидящий на шпинделе 3 при помощи маховичка 6. Валик штурвала имеет на другом конце червяк в зацеплении с червячной шестерней, связанной с винтом в корпусе станка. При повороте маховичка головка изделия перемещается по направляющим 5. Таким образом регулируется расстояние между осями шевера и заготовки.

Величина подачи устанавливается по круговой шкале 4 с ценой одного деления шкалы 0,01 мм. Пуск и остановка станка производятся двумя кнопками, находящимися на передней стенке станины с правой стороны.

Все электроуправление заключено в коробку, монтируемую на панели на задней стороне станка. Останавливаться станок может автоматически при помощи специального устройства. Сущность этого механизма заключается

в следующем. Червяк 17 (фиг. 56) находится в зацеплении с большой червячной шестерней 18 и одновременно с шестерней 20. На валике шестерни 20 сидит диск 21, на котором находятся передвижные упоры 22. Диск медленно вращается. Над ним находятся собачки 23, связанные с рычажком электропереключателя. Упоры 22, проходя при вращении диска под собачками электропереключателя, толкают их поочередно, благодаря чему мотор может реверсироваться и выключаться.



фиг. 58. Рабочая головка станка Мичиган-Тул для шевингования шестерен с внутренним зацеплением.

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СТАНКОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Характерными конструктивными особенностями зубошлифовальных станков являются механизмы для обкатки зубьев, делительные устройства и устройства для профилирования шлифовальных кругов.

В зубошлифовальном станке «Минерва» деление, или поворот шлифуемой шестерни на очередной зуб, в процессе шлифования происходит с помощью делительного круга. Профилирование производится по шаблону. В станках Оркутт деление также происходит с помощью делительного круга, но профилирующий аппарат представляет собой пантограф с копирами, от формы которых зависит форма профилируемой части шлифовального круга. У станков Мааг также имеется делительный круг, но профилирующего аппарата нет, так как станки работают по методу обкатки. На станках Пратт-Уитни обкаточное движение шлифовального круга, образующее эвольвентный профиль зуба, получается благодаря прокатыванию эталонной рейки по эталонной шестерне.

Наиболее совершенный зуб в смысле точности можно получить на станке Мааг. Зуб инструментальной рейки образуется на этом станке не одним шлифовальным кругом, а двумя, установленными под углом друг к другу. Обкаточное движение создается качающимся роликом при помощи стальных лент Бильграма. Такой метод дает возможность получить наиболее точную эвольвентную форму зуба. Шлифовальные круги тарельчатой формы работают краями так, что рабочая часть круга, находящаяся в контакте с поверхностью шлифуемого зуба, имеет в ширину не более 2 мм. Сочетание обкаточного движения с движением подачи изделия, направленного вдоль его оси, приводит к быстрой смене мест контакта края круга с поверхностью зуба как по профилю зуба, так и по его длине. Благодаря этому получается незначительный нагрев зуба, и работа может происходить без охлаждения. Кроме того, при этом способе не развиваются большие усилия резания, которые отрицательно влияют на качество поверхности при шлифовке. Станок имеет остроумное устройство для компенсации износа круга. Износ компенсируется автоматически при помощи двух контрольных алмазов, находящихся в контакте с кругом. Как только этот контакт нарушается при износе круга более чем на 1μ (0,001 мм), специальный электромагнитный механизм пододвигает круг, устанавливая его в прежней плоскости шлифования. Благодаря этому износ круга не отражается на времени изготовления изделия или на точности его изготовления. Это еще одно преимущество станка Мааг перед любым другим зубошлифовальным станком.

Перестановка на очередной зуб при шлифовании происходит при автоматически выключенном движении обкатки.

Отсутствие необходимости заправлять круги вручную и полуавтоматический рабочий цикл делают станок Мааг наиболее удобным для многостаночного обслуживания.

Станки «Минерва», Оркутт и Гир-Грайддинг сходны по методу работы. Станок «Минерва» имеет круг, профилированный с одной стороны, а станок Оркутт — круг, профилированный с обеих сторон. Оба станка работают по методу копирования.

Шлифование зубьев по методу копирования появилось позже, чем шлифование обкаткой, и нашло себе применение на производстве лишь за последнее десятилетие. Причиной этого явились довольно длительные эксперименты в поисках наиболее рационального устройства для профилирования шлифовальных кругов. Необходимо было создать точное и безотказно действующее устройство для профилирования кругов, т. е. для заточки их режущей части по эвольвенте. Решение этой задачи было осуществлено различными путями заводом, выпускающим станки «Минерва», и заводом Гир-Грайддинг Компани в США. На станках «Минерва» острие алмаза совершает движение по дуге кривой, подобранной соответственно эвольвенте шлифуемого зуба. Понятно, что такой метод не может быть особенно точным, так как нельзя подобрать кривую такого радиуса, которая бы абсолютно точно совпадала с эвольвентой. Обычно даже при тщательных расчетах получаются расхождения в несколько сотых миллиметра.

Фирма Гир-Грайддинг весьма удачно решила эту задачу. Сконструированный ею аппарат для профилирования представляет собой два пантографа, соединенные между собой и действующие одновременно. Нижние рычаги пантографов связаны с копиями; в концы верхних рычагов вставлены алмазные державки. Острия алмазов, находящихся с обеих сторон круга, описывают кривые, аналогичные по форме кривым на копиях, но уменьшенные в шесть раз. Аппарат для правки круга по наружному диаметру сконструирован отдельно. Это профилирующее устройство было заимствовано у Гир-Грайддинг фирмой Оркутт для своего станка. Благодаря ему оба станка получили за последнее время широкое распространение. Наличие такого устройства, которое дает возможность быстро получить требуемый профиль на режущей части круга и обеспечивает получение точной формы профиля у шлифуемого зуба, имеет особенно большое значение при шлифовании шестерен с внутренним зацеплением, где нельзя применить обкатку.

Практика показывает, что станки Оркутт сравнительно трудны в освоении их для получения точности по эвольвенте в пределах $0,008-0,01$ мм, требуемой для ответственных шестерен авиационных двигателей. Однако и такая точность на станках Оркутт достижима. Станки Оркутт весьма часто используются для чернового шлифования зубьев, а чистовое шлифование производится на станках Мааг. Благодаря этому экономится значительное время на шлифование зубьев. Станки Оркутт неудобны для шлифования шестерен с малым количеством зубьев, так как

у этих шестерен при равенстве всех параметров зацепления с шестернями с большим количеством зубьев эвольвентный профиль имеет большую кривизну. Благодаря этому на станках типа Оркутт профиль шлифовального круга очень быстро изнашивается и теряет свою форму. Нужна частая заправка, и работа становится непроизводительной, влечет большой расход шлифовальных кругов.

Станки Гир-Граиндинг имеют механизмы для профилирования шлифовальных кругов такого же типа, как и станки Оркутт. Однако у наиболее распространенных моделей GG30 этот механизм приводится в действие от руки и лишь у последней модели GG34 он имеет гидравлический привод. Принципиальное отличие станков Гир-Граиндинг заключается в том, что на них можно шлифовать шестерни как наружного, так и внутреннего зацепления. Для этого шлифовальная головка, у станков делается съемной.

С конструктивной стороны станки Оркутт и Гир-Граиндинг различаются тем, что у станков Гир-Граиндинг шлифовальная головка установлена на неподвижной колонке, а головка рабочего шпинделя вместе с делительным механизмом совершает возвратно-поступательные движения.

У станков Оркутт шлифовальная головка установлена на ползуне и совершает возвратно-поступательные движения, а рабочая головка стоит на месте. На станках Оркутт и Гир-Граиндинг удобно производить фланкирование благодаря тому, что шлифовальные круги можно заправлять по любому профилю. Это также является одним из преимуществ станков типа Оркутт по сравнению со станками Мааг и Пратт-Уитни, работающими по методу обкатки, на которых можно получить только один эвольвентный профиль. Станки Оркутт и Гир-Граиндинг все больше внедряются в производство авиационных моторов, успешно конкурируя со станками Мааг.

Работают эти станки с меньшей точностью по эвольвенте, чем мааги. Средняя точность маагов в получении эвольвентного профиля 0,002 мм, а станков типа Оркутт 0,01 мм, но станки типа Оркутт работают в два-три раза производительнее маагов.

Преимущество станков Оркутт и Гир-Граиндинг перед станками Мааг заключается еще в том, что на этих станках шлифуются весь профиль впадины зуба, т. е. эвольвентные рабочие участки и непосредственно примыкающее к ним дно впадины, что очень важно для сильно нагруженных шестерен. На станках Мааг при нормальном их использовании должны шлифоваться лишь одни эвольвентные участки профиля, а дно впадины остается не шлифованным и при необходимости требует дополнительной отделки на других станках.

Рабочая головка у станков Оркутт лучше сконструирована, чем на станках Гир-Граиндинг, так как имеет более жесткую конструкцию. Поэтому шлифовать шестерни с большими модулями предпочтительнее на станках Оркутт. При шлифовании таких шестерен на станках Гир-Граиндинг, вследствие недостаточной

жесткости головки рабочего шпинделя, возникают большие вибрации, влекущие за собой неудовлетворительную чистоту шлифовки.

Деление на станках Оркутт и Гир-Грайндинг происходит более точно, чем на станках Мааг, вследствие лучшей конструкции делительных дисков. У станков Мааг диски небольшого диаметра (220 мм) и имеют большое количество впадин. Станки Оркутт и Гир-Грайндинг имеют делительные диски больших диаметров, более точное расположение впадин, меньшее число их для данного диаметра и форму впадин, обеспечивающую более точную фиксацию при делении. Все это находит отражение в большей точности по шагу, которая на станках Оркутт достигается в пределах 5 м.

На некоторых заводах авиационных двигателей в США при шлифовании шестерен на станках Мааг, заготовки, если позволяет их конструкция, нарезаются червячной фрезой по методу Пфаутера, так как этот метод дает более точный размер по шагу, чем нарезание на зубодолбежных станках типа Феллоу. При шлифовании же шестерен на станках Оркутт и Гир-Грайндинг нарезание зубьев на заготовке возможно любым из этих двух методов. Станки Гир-Грайндинг можно в случае необходимости применять для полирования дна впадины зуба. Для этого следует снять со станка шлифовальный диск и заменить его диском для полирования.

Зубошлифовальные станки Пратт-Уитни 10" работают, как уже указывалось выше, по методу обкатки. Они проще по конструкции, наладке, дешевле и универсальнее станков Мааг, не на всех моделях которых можно шлифовать шестерни со спиральным зубом. Эти качества станков Пратт-Уитни дают им возможность иногда конкурировать со станками Мааг. Однако станки Пратт-Уитни имеют также серьезные недостатки, вызванные особенностями их конструкции. К числу этих недостатков надо прежде всего отнести то, что на станках Пратт-Уитни максимальная ширина шлифования составляет всего лишь 37 мм. Это обусловлено тем, что шлифовальные круги в процессе работы не имеют поступательно-возвратного движения, а только вращательное. Чистота рабочей поверхности зубьев при шлифовании на станках Пратт-Уитни недостаточна, и шестерни авиационных моторов после шлифования на станках Пратт-Уитни часто подвергаются притирке для улучшения качества поверхности.

Применение шестерни и рейки как обкаточного механизма в станке Пратт-Уитни имеет свои преимущества и свои недостатки. Преимущества этого вида обкаточного механизма заключаются в том, что он очень прост, и наладка станка с таким механизмом занимает мало времени. Это особенно важно, когда работа по своему характеру требует частых переналадок станка. Недостаток этого механизма заключается в необходимости иметь эталонные шестерни и рейки на каждый модуль шлифуемых шестерен. Дефекты при изготовлении эталонных реек и шестерен переносятся непосредственно на шлифуемую шестерню в процессе об-

катки. Кроме того, механизм обкатки слабо защищен от попадания абразивной пыли при шлифовании, вследствие чего он сравнительно быстро изнашивается. Предельная точность у станков Пратт-Уитни ниже, чем точность, достигаемая на станках Мааг. Все же на этих станках можно получить ту точность, которая требуется для шестерен авиамоторов.

На станках, работающих по методу Рейнекер и Найлс, шлифовальный круг в своем рабочем сечении имеет профиль зуба рейки. Обкаточное движение на станках Найлс производится по методу рейки, сцепляющейся с шестерней, причем движение обкатки совершает шестерня. Шлифовальная головка станка монтирована на штосселе станка вместе с приводным мотором и совершает во время работы возвратно-поступательные движения в вертикальном направлении.

При прямом ходе штосселя шлифуется одна сторона впадины зуба, при обратном ходе штосселя направление поворота шлифуемой шестерни меняется, шестерня поворачивается в другую станках Рейнекер при односторонне профилированном круге шлифования идет от ножки зуба к головке, одновременно по всей длине зуба. Поворот на очередной зуб происходит автоматически. Эталонные шестерни для осуществления поворота сменные и подбираются в соответствии со шлифуемыми шестернями. На станках Рейнекер при односторонне профилированном круге шлифовка производится последовательно — сначала с одной стороны у всех зубьев, а затем с другой. При том и при другом методе круг работает широкой плоскостью, благодаря чему создается значительное давление, а следовательно, и нагрев.

Чтобы обезвредить влияние нагрева, применяется охлаждение. Износ круга происходит неравномерно. Для компенсации его фирма применяет большие круги диаметром 600—750 мм. Станки Найлс не дают достаточной чистоты поверхности.

По всем этим причинам они не получили широкого распространения в производстве авиационных двигателей.

На зубошлифовальных станках Черчилль, работающих по методу обкатки, обкаточное движение осуществляется при помощи копировальных кулачков, профилированных по эвольвенте. Надо признать, что это не совсем удачное, хотя и несложное решение вопроса. Дело в том, что даже при минимальном износе или загрязнении эвольвентных кулачков нарушается точность обкаточного движения. Поэтому станки Черчилль не могут быть использованы при обработке шестерен с высокой точностью.

Выбор метода шлифования

При одинаковых условиях выбор того или иного метода шлифования будет зависеть от требуемой точности изделий и необходимой производительности. Как было уже указано выше, станки, работающие профильным кругом, значительно производительнее станков, работающих по методу обкатки, но уступают им в точности. На авиамоторных заводах находят себе применение как те, так и другие станки.

Требования, которые производство шестерен автотранспортных двигателей предъявляет к зубошлифовальным станкам, могут быть сведены к следующему:

1. Максимальная точность по эвольвенте профиля зуба в пределах до 0,007 мм, по шагу 0,008 мм, неконцентричность делительной или начальной окружности до 0,03 мм.

2. Постоянство регулировки (станок не должен быстро «развертаться») и точное крепление изделия.

3. Высокая производительность и максимальная автоматизация рабочего процесса станка.

4. Универсальность.

5. Простота обслуживания и возможность быстрой настройки.

Что касается станков, работающих по методу обкатки, то надо иметь в виду, что наилучшим обкаточным механизмом будет наиболее простой. Наилучше зарекомендовавшим себя механизмом остается дуговой сектор со стальными лентами, применяющийся на станках Маат. Этот механизм, помимо точной работы, является еще и весьма стойким в отношении износа.

Из сделанного анализа явствует, что при всем многообразии типов зубошлифовальных станков современное шлифование зубьев шестерен базируется все же на двух основных принципах: обкатки и копирования.

Первый метод применим для шестерен наружного зацепления с прямым и спиральным зубом, цилиндрических и конических.

Второй метод применяется лишь для цилиндрических шестерен с наружным и внутренним зацеплением и для червячных колес.

Глава V

НАЛАДКА ЗУБООТДЕЛОЧНЫХ СТАНКОВ

Установка шлифуемых шестерен на оправках

При выборе типа оправок, на которых монтируются шестерни во время шлифования, необходимо исходить из того соображения, что опорные поверхности оправок должны быть аналогичны тем рабочим поверхностям, на которых покоятся шестерни, находясь в агрегате. Оправки обычно делаются калеными и шлифованными, иногда их цементируют.

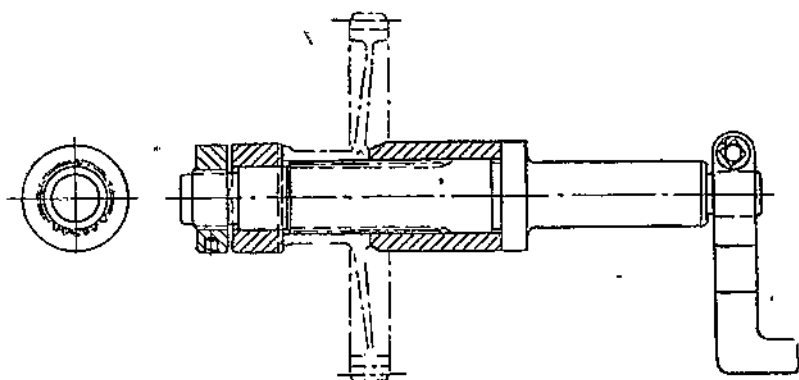
Шестерни, составляющие одно целое с валиком, устанавливаются либо в центрах, либо в подшипниках.

Если шлифуются шестерни, имеющие посадочное отверстие, что чаще всего встречается на практике, то при этом пользуются цилиндрическими оправками. Цилиндрические оправки должны быть сделаны с определенными допусками на посадочной части, с тем чтобы шлифуемую шестерню можно было посадить плотно, как только возможно, но без применения ударов или значительных усилий. При закреплении шестерни на оправке необходимо соблюдать известную осторожность, чтобы не допустить перекаса или другого вида искажения положения шестерни.

На фиг. 59 представлена оправка с монтированной на ней шестерней. Шестерню устанавливают на оправке таким образом, чтобы ее плоскость была прижата к торцу заплечика оправки. Плоскость торца заплечика оправки должна быть строго перпендикулярна оси посадочной части оправки.

В этом случае базовый опорный торец шестерни должен быть выполнен строго перпендикулярно к базовому отверстию.

Шестерню закрепляют на оправке посредством втулки и гайки.



Фиг. 59. Установка шестерен на шлицевой оправке.

Для связи оправки с обкаточным механизмом в станках, работающих по методу обкатки, или с делительным механизмом в станках, работающих профилированным кругом, употребляются ведущие хомутки различных конструкций. Эти хомутки надевают на оправки и жестко крепят на них зажимными болтиками. Верхняя часть хомутки также жестко связывается с соответствующим крепежным звеном обкаточного или делительного, в зависимости от конструкции станка, механизма. Если конструкция шлифуемых шестерен позволяет, то для более высокой производительности на оправку надевают не одну шестерню, а несколько — пакет шестерен.

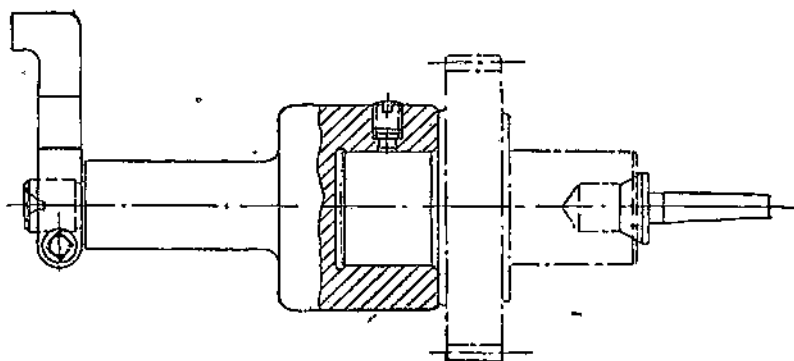
Если шестерня, как это весьма часто бывает, имеет не гладкое посадочное отверстие, а шлицованное, то она должна, по приведенным выше соображениям, шлифоваться на оправке, представляющей шлицевый валик (фиг. 59). Эвольвентные шлицы являются установочной базой для шлифуемой шестерни. Шлицы на оправке должны быть точно нарезаны относительно ее оси.

На фиг. 60 представлен случай, когда шлифуемая шестерня составляет одно целое с валиком. В этом случае державка должна иметь отверстие, в которое вставляется и закрепляется валик шестерни. Ось отверстия должна строго совпадать с осью шпинделя станка.

Важным элементом в цилиндрических оправках являются центры. Центры должны быть хорошо отделаны и должны иметь достаточную опорную поверхность, чтобы не терять своей формы

под влиянием нагрузки. Могут иногда применяться также закаленные вставные центры.

Абсолютно необходимым условием для получения точности при шлифовании шестерен является строгое совпадение осей цен-

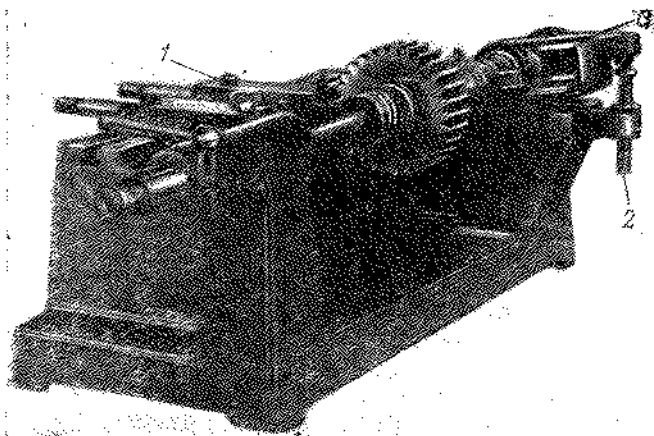


Фиг. 60. Установка шестерен в пустотелой оправке.

тров и посадочной части оправки. Поэтому оправка должна проверяться в центрах на биение.

Само собой разумеется, что центры оправок должны всегда содержаться в чистоте и смазываться.

Установка оправок с шестернями на зубошлифовальные

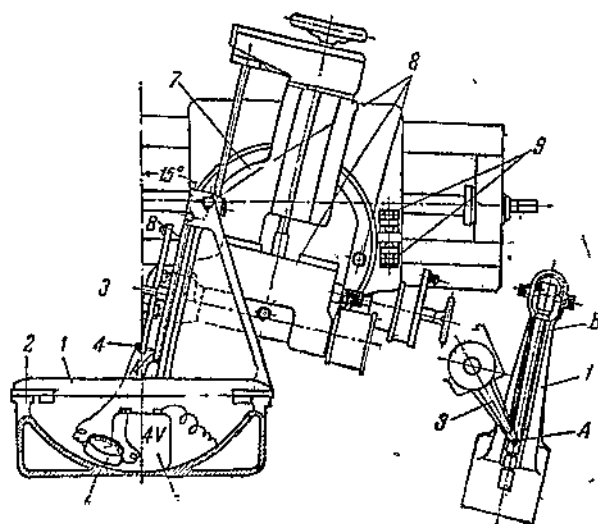


Фиг. 61. Приспособление для правильной установки шестерен и ведущих хомутиков на оправках.

станки занимает немало времени. Для увеличения производительности желательно упростить, насколько возможно, эту операцию. Для этой цели можно пользоваться специальным приспособлением (фиг. 61), сущность которого заключается в том, что оно дает возможность быстро установить ведущий хомут в пра-

вильном положении относительно зубьев шестерни. Гораздо больше времени отнимают эти операции, если их производить непосредственно на самом зубошлифовальном станке.

Настройка приспособления производится следующим образом. После того как первая шестерня из партии отшлифована и проверена, ее, не снимая с оправки, устанавливают между центрами приспособления. При этом установочный сухарь 1 клиновидным концом вводят во впадину между зубьями и фиксируют шестерню, таким образом, в определенном положении. Затем устано-



Фиг. 62. Установка шлифовальных дисков под углом.

вочный винт 2 доводят до соприкосновения с установочным сухарем хомутка 3, при помощи которого хомутник устанавливается в требуемой позиции на зубошлифовальном станке.

Таким образом, если настроить приспособление по правильно отшлифованной шестерне, то в дальнейшем можно быстро и точно устанавливать шестерни и хомутники на оправках, и благодаря этому установка оправки на станке будет сведена лишь к регулированию ее в центрах станка, так как шестерня уже будет правильно ориентирована относительно шлифовального круга.

Для рационального пользования этим приспособлением необходимо иметь несколько оправок. В то время как одна шестерня шлифуется на станке, следующая устанавливается в приспособлении на оправке. Установку может производить тот же шлифовщик во время процесса шлифовки.

Наладка станков Маг

Установка шлифовальных кругов

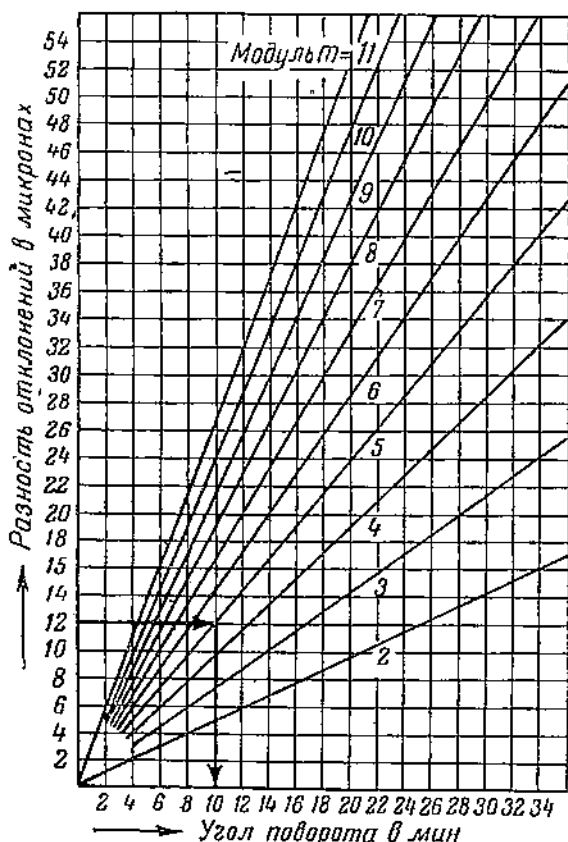
Шлифовальные круги устанавливаются под углом 15° к вертикальной плоскости.

Установку кругов хорошо проводить по схеме, представлен-

ной на фиг. 62. Для этой цели применяется установочный угольник, у которого плоскость наклонена под углом 15° . Угольник укрепляется на направляющих 2, и вместо шлифовального круга на шпинделе устанавливается указатель 3. Контрольный штифт 4 указателя заострен и электрически изолирован. Он соединен с положительным полюсом четырехвольтового аккумулятора 5. Отрицательный полюс аккумулятора можно присоединить к станине. В цепь включен вольтметр 6. Непосредственно установка производится посредством поворота супорта шлифовального круга. Для этого на поворотной части 7 супорта ослабляются три крепящих винта 8, и весь узел шпинделя поворачивается. С помощью установочных винтов 9, которые упираются в отросток поворотной части 7, можно зафиксировать узел шлифовального шпинделя в требуемом положении. Чтобы определить это положение, вращают указатель 3, поворачивая узел шпинделя и добиваясь при этом такого положения, при котором острие контрольного штифта 4 будет одинаково плотно касаться плоскости установочного угольника 1 в двух диаметрально противоположных точках А и В.

Чтобы узнать, когда наступит этот момент, надо наблюдать за показаниями вольтметра. При одинаково плотном касании штифта в точках А и В вольтметр дает одинаковые отклонения. Положение фиксируется установочными винтами 9, после чего весь узел шпинделя крепится тремя винтами 8.

Погрешности при обработке зуба могут быть устранены корректированием угла наклона шлифовальных кругов. Для этого при шлифовании первую шестерню из партии исследуют на кон-



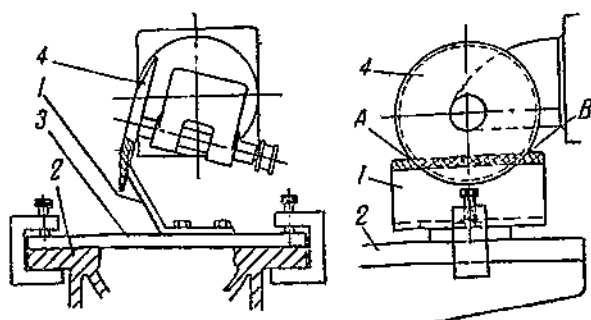
Фиг. 63. График для корректировки угла установки.

трольном приборе ТМЕ¹. Измеряется зацепление эталонной шестерни с работающей стороной зубьев исследуемой шестерни. При этом выводится разность отклонений угла давления, выраженная в микронах. По графику (фиг. 63) находят угол в минутах, на который надо повернуть шлифовальный круг, чтобы компенсировать погрешность в его установке.

Величина угла поворота отсчитывается по шкале станка. Пример пользования графиком показан на фиг. 63. Если, например, приведенная разность отклонений по прибору составляет 12 μ , то при модуле шлифуемой шестерни, равном 5, угол корректировки составит 10'.

Установка крестообразной штриховки при шлифовании

Характерной особенностью шлифования на станках Мааг является то, что на шлифованной поверхности зуба остаются крестообразные штрихи от работы шлифовального круга. Считается, что такой вид поверхности способствует улучшению условий смазки зубьев в процессе работы шестерен на моторе.



Фиг. 64. Установка шлифовальных кругов для крестообразной штриховки.

Возможность получения такой штриховки обусловлена тем, что станки Мааг шлифуют узкими кромками своих тарельчатых шлифовальных дисков (ширина кромок 0,2 мм), а также характером самого движения шестерни (обкаточное движение).

Плоскость режущей кромки шлифовального круга должна быть строго параллельна поверхности шлифуемого зуба. Для этого делается установка, схематически представленная на фиг. 64. На направляющих стола 2 укрепляется планка 3, с угольником 1. Угольник устанавливается вплотную к шлифовальному диску 4.

Боковая плоскость угольника 1 параллельна оси станка. При вращении шлифовального круга во время установки плоскость угольника 1 прижимается к нему, в то время как стол вручную перемещается в продольном направлении. При этом на плоскость угольника будут нанесены штрихи. Если плоскость круга не па-

¹ Прибор описан в книге Пимкина, Контрольные приборы для зубчатых колес, Машгиз, 1935 г.

параллельна плоской стороне угольника, то режущая кромка круга будет касаться ее только одной стороной, и штрихи от шлифовки также будут направлены в одну сторону — вправо или влево. Чтобы штриховка стала крестообразной, необходимо положение круга отрегулировать так, чтобы он касался плоскости угольника в двух точках *A* и *B*.

Установка изделий

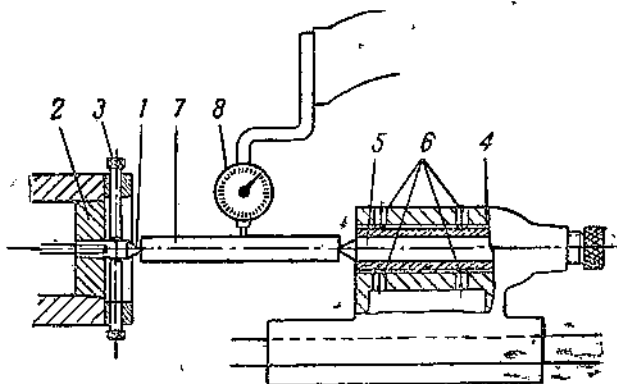
При шлифовании шестерен на станках типа Мааг, Пратт-Уитни, Оркутт или Найлс применяются различной конструкции центровые оправки, в зависимости от типа обрабатываемых шестерен. Они представляют собой закаленные стальные валики с тщательно отделанными и точными центрами.

Перед установкой изделий необходимо тщательно отрегулировать и выверить положение центровых фасок, на которых должна быть установлена оправка с изделиями.

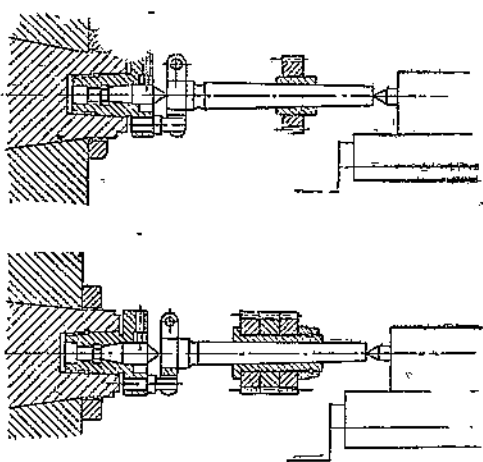
На фиг. 65 представлена операция регулировки центровых фасок и установки их в требуемое положение. Передний центр 7 помещается в специальной цанге 2 и регулируется с помощью двух винтов 3. Положение втулки 4 с задним центром 5 регулируется четырьмя винтами 6. При наладке вставляется контрольная оправка 7 длиной 300 мм и употребляется индикатор 8, укрепленный на площадке суппорта шлифовального круга.

Необходимо произвести выверку как в горизонтальном, так и в вертикальном положении. Стол станка при этом необходимо перемещать в продольном направлении. Затем надо проверить оправку на биение.

На фиг. 66 показана установка на оправках шестерен. Шестерни установлены на разрезной втулке на конической оправке

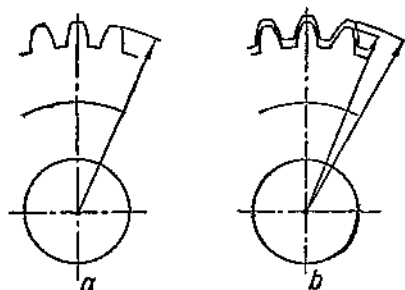


Фиг. 65. Установка оправки в правильное положение.



Фиг. 66. Установка шестерен для шлифовки на станке Мааг.

(конусность $\frac{\%}{100}$). При установке пакета шестерен надо обращать внимание на то, чтобы шестерни, имеющие разницу по глубине впадин между зубьями, располагались друг за другом в порядке увеличения глубины впадины. На фиг. 67, а представлено правильное, а на фиг. 67, б неправильное расположение друг с другом.



Фиг. 67. Схема положения зубьев шестерен при установке на оправке.

Для шлифовки тяжелых шестерен весом более 20 кг рекомендуется применять специальные патроны и поджимать центром только со стороны задней бабки.

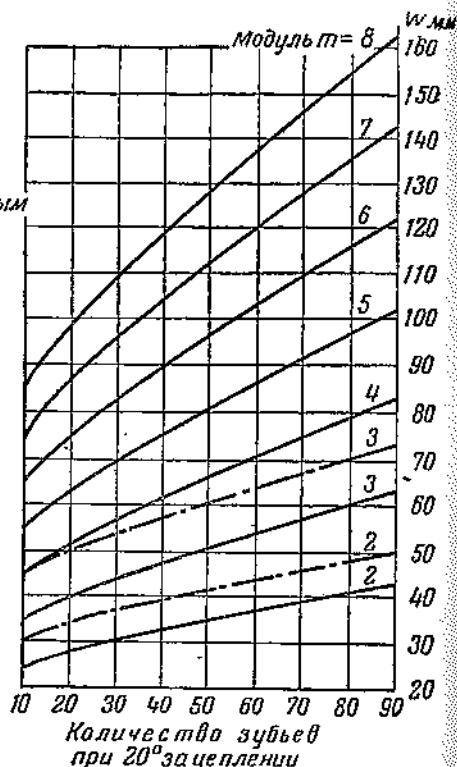
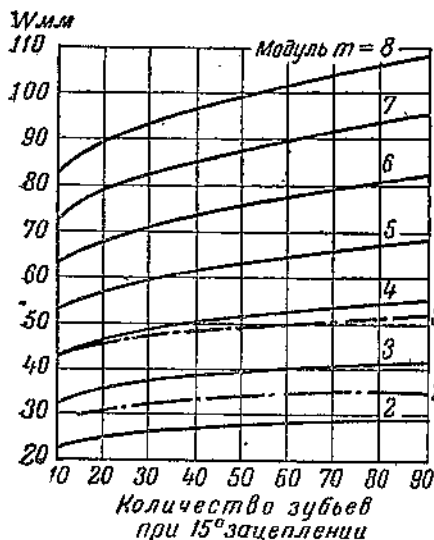
Установка стола в центральное положение и правильное распределение снимаемого припуска

Для установки стола в центральное положение необходимо повернуть кулису механизма обкатки (фиг. 50) и придать ей такое положение, чтобы паз, в котором ходит палец эксцентрика 12,



Шлифовка через
один зуб.
Длину хода выбирать
по сплошным кривым

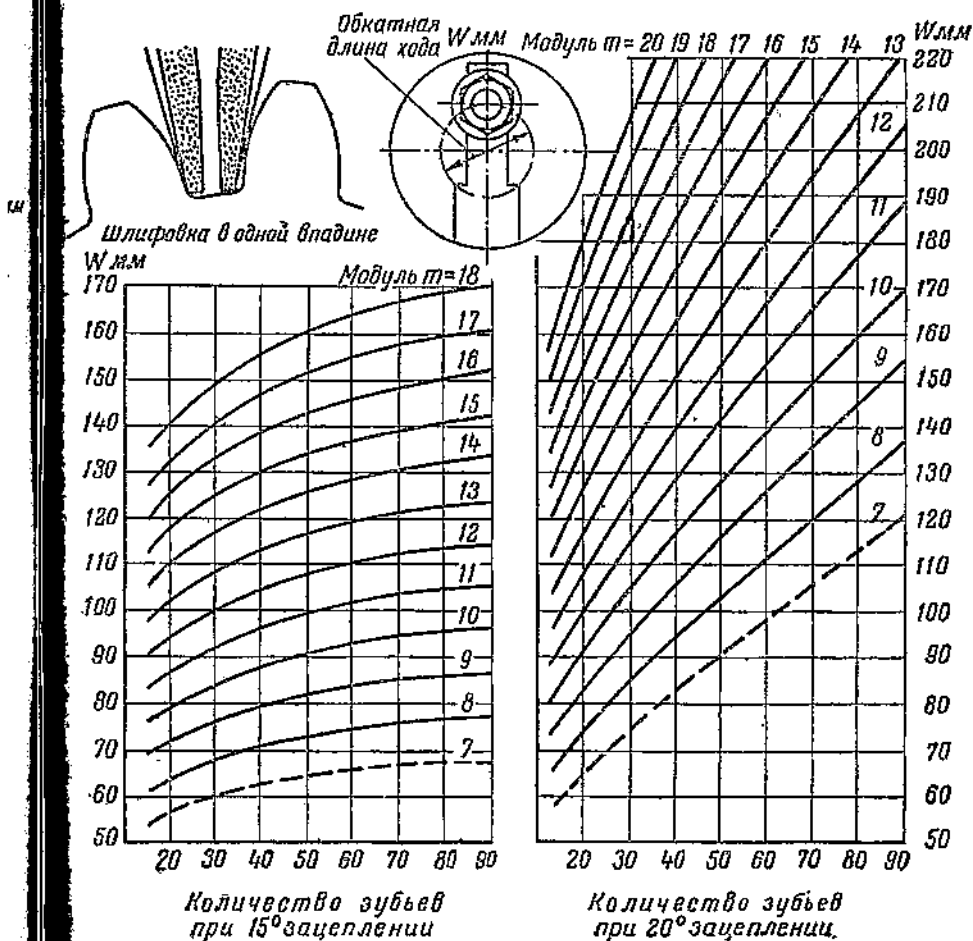
Шлифовка через
два зуба
Длину хода выбирать
по пунктирным кривым



Фиг. 68а. Графики величин обкатки.

заял строго вертикальное положение. При этом верхняя часть стола примет центральное положение.

Так как при закалке шестерен зубья могут в той или иной степени деформироваться (коробиться), то сошлифовывание материала с разных сторон зубьев идет неравномерно. Для избежания этого имеющейся рукояткой у обкатного механизма производят регулировку положения заготовки вправо и влево до тех пор, пока оба круга начнут снимать материал одинаково. Этот момент узнается по искрообразованию. Где материала снимается больше, там и сильнее искрение. Когда на обеих сторонах шлифовальных кругов искрообразование происходит в одинаковой степени, это будет означать равномерное снятие припуска. Проверку следует производить по четырем, противоположно расположенным впадинам между зубьями.



Фиг. 686. Графики величин обкатки.

Установка на толщину стружки или на глубину резания производится посредством шкалы на супорте шлифовального шпинделя. При обдирке снимается обычно припуск 0,08—0,1 мм за один проход.

Выбор величины обкатки

Под величиной обкатки имеется в виду длина поперечного хода W , которая определит величину углового поворота изделия. Величина обкатки вычисляется по графикам (фиг. 68). Такие графики строятся на основании опытных данных. Здесь по заданному модулю m , числу зубьев шлифуемой шестерни Z и углу зацепления устанавливается величина W мм.

Условия выбора обкатного барабана (ролика)

Диаметр обкатного барабана, или, как часто его называют, сектора обката, выбирается в зависимости от делительной окружности шестерни и угла зацепления. Диаметр обкатного барабана $D_{бар}$ для шлифования зубьев шестерни, имеющей диаметр начальной окружности $D_{н.о.}$, равен

$$D_{бар} = D_{н.о.} - t,$$

где t — толщина стальной ленты, применяемой для обкатки;
 $D_{н.о.}$ — диаметр начальной окружности шлифуемой шестерни.

Как уже было сказано выше, шлифовальные диски устанавливаются обычно под углом 15° к вертикали. При угле зацепления, отличающемся от 15° , например, для угла 20° или другого угла, необходимо соответственно вычислить значение диаметра обкатного барабана. Расчет производится по формуле

$$D_{бар} = D_{н.о.} \frac{\cos \alpha}{\cos 15^\circ} - t,$$

где $D_{н.о.}$ — диаметр начальной окружности шлифуемой шестерни;

α — угол зацепления шлифуемой шестерни.

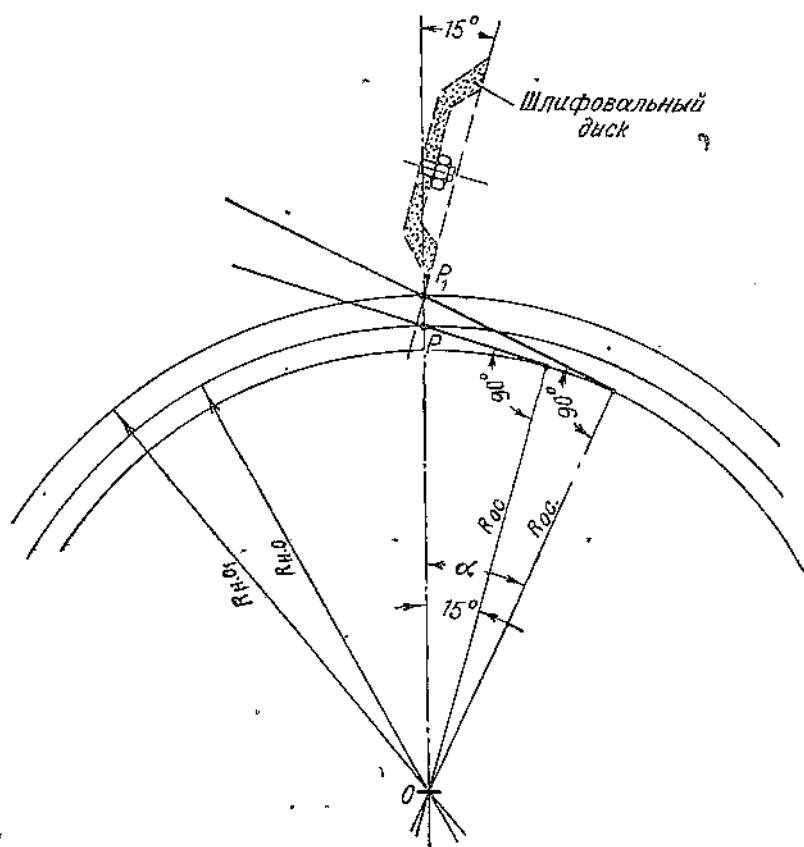
Такая зависимость получается при исследовании математической связи между параметрами зацепления.

Для определения этой зависимости рассмотрим фиг. 69. Шлифуемая шестерня с углом зацепления α будет иметь профиль зуба, образованный эвольвентой, полученной от развертывания основной окружности радиуса $R_{ос.}$. При этом в зависимости от угла зацепления будет меняться лишь радиус начальной окружности

$$R_{н.о.} = \frac{R_{ос.}}{\cos \alpha}.$$

Касательная, проведенная к основной окружности радиуса $R_{ос.}$ под углом зацепления 15° , пересечет вертикаль в точке P , являющейся полюсом зацепления, через который пройдет начальная

окружность радиуса $R_{н.о} = OP$. Касательная, проведенная к той же основной окружности под углом зацепления α , пересечет вертикаль в точке P_1 — полюсе зацепления для начальной окружности



Фиг. 69.

сти радиуса $R_{н.о} = OP$. Сторона шлифовального диска (зуба инструментальной рейки) будет проходить под углом 15° :

$$R_{н.о} = R_{ос} \frac{1}{\cos 15^\circ}, \quad (1)$$

$$R_{ос} = R_{н.о} \cos \alpha. \quad (2)$$

Подставив значение $R_{ос}$ из формулы (1) в формулу (2), получим

$$R_{н.о_1} = R_{н.о} \frac{\cos \alpha}{\cos 15^\circ}$$

или

$$D_{н.о_1} = D_{н.о} \frac{\cos \alpha}{\cos 15^\circ} = m \cdot Z \frac{\cos \alpha}{\cos 15^\circ}. \quad (3)$$

Подбор сменных шестерен гитары подачи

Движение подачи стола с заготовкой в осевом направлении осуществляется от мотора главного привода (фиг. 43).

Уравнение кинематической цепи выразится следующей формулой:

$$n_{\text{ж}} \cdot i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_y \cdot t = s, \quad (1)$$

где $n_{\text{ж}}$ — число оборотов приводного мотора, $n = 1500$ об/мин.;

i_1 — передаточное число шкивов мотора и приемного; это число зависит от положения ремня;

$i_2 = 0,075$ — передаточное число червячной пары (1,2);

$i_3 = 1,21$ — передаточное число зубчатой передачи (3,4);

$i_4 = \frac{1}{1,21}$ — передаточное число зубчатой передачи (5,7);

i_y — передаточное число гитары подачи;

$t = 3,6$ мм — шаг ходового винта;

s — подача стола станка в осевом направлении в мм.

Следовательно, формулу (1) можно написать так:

$$s = 1500 \cdot 0,075 \cdot 1,21 \cdot \frac{1}{1,21} \cdot 3,6 \cdot i_1 \cdot i_y. \quad (1')$$

После соответствующих преобразований получим

$$s = 405 i_1 \cdot i_y. \quad (2)$$

В течение одной минуты заготовка, продвинувшись на величину s , в то же время совершит определенное количество обкаточных движений k , тогда подача на одну обкатку s_1 выразится:

$$s_1 = \frac{405 i_1 \cdot i_y}{k}. \quad (3)$$

На станках Мааг имеются таблицы подач на одну обкатку, которые можно получить на данном станке. Эта таблица на латунной дощечке приклепана к задней стороне крышки коробки гитары подач. Величина s_1 выбирается опытным путем из условий требуемой производительности, качества шлифовальных дисков, которые не должны слишком быстро изнашиваться, и желаемой степени чистоты обработки. После того как установлена подача на одну обкатку, а величины i_1 и k известны по паспортным данным станка, определяют передаточное отношение сменных шестерен подачи i_y :

$$i_y = \frac{s_1 \cdot k}{405 \cdot i_1}.$$

Гитара подачи состоит из двух пар шестерен. Одна пара для черновой обработки $\frac{a}{c}$ и другая пара $\frac{b}{d}$ для чистовой обработки (фиг. 43). Переключение с черновой обработки на чистовую про-

изводится при помощи рукоятки 33 (фиг. 43) в конце ходового винта. С рукояткой 33 связана скользящая шпонка, которая соединяет винт с первой или второй парой шестерен гитары.

Подбор сменных шестерен гитары деления и делительного диска

Работа делительного механизма станка Мааг была уже объяснена выше (гл. III). За один цикл деления мальтийский крест (фиг. 70) делает $\frac{1}{6}$ часть оборота, а заготовка поворачивается на величину $\frac{1}{Z}$, где Z — число зубьев заготовки. Уравне-

ние кинематической цепи в данном случае выразится следующей формулой:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{1}{6} \cdot 0,2 = \frac{1}{Z}.$$

Из этого уравнения выводим расчетную формулу для настройки гитары делительного механизма:

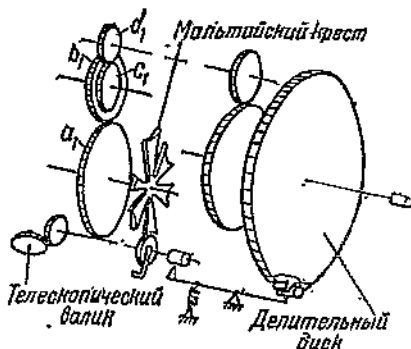
$$\frac{a_1 \cdot b_1}{c_1 \cdot d_1} = \frac{30}{Z}.$$

Сменные шестерни a_1 , b_1 , c_1 и d_1 можно также быстро найти по таблице. Обычно такие таблицы имеются на станках Мааг. Они написаны на латунных дощечках, приклепанных с задней стороны крышки делительного механизма.

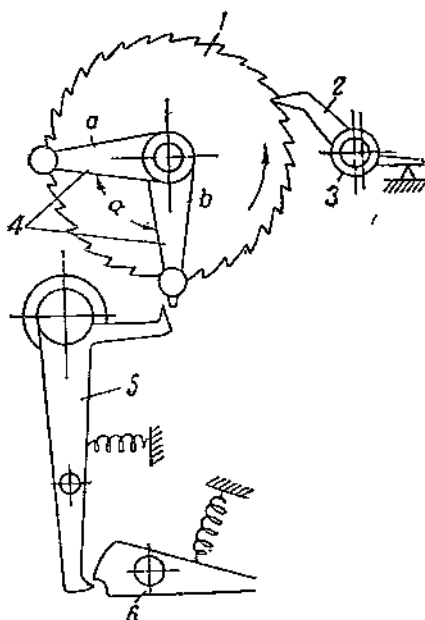
Делительный диск подбирается по числу зубьев шлифуемой шестерни. Число зубьев диска должно быть не меньше числа зубьев шестерни, а точность шага диска должна быть выше точности шага шлифуемой шестерни. Так, например, для обеспечения точности шага шестерни до 0,005 мм делительный диск должен быть изготовлен с точностью шага до 0,003 мм.

Настройка механизма автоматического выключения мотора (счетчика)

На фиг. 71 представлена схема работы механизма автоматического



Фиг. 70. Схема устройства делительного механизма.



Фиг. 71. Схема устройства автоматического счетчика.

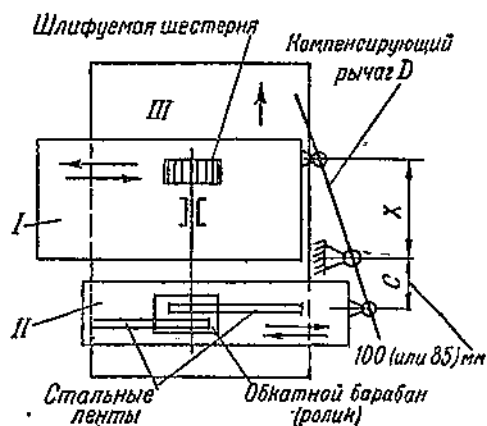
ческого выключения станка. Храповое колесо 1 имеет количество зубьев, превышающее не меньше чем в два раза количество зубьев любой шестерни, шлифуемой на данном станке. Собачка 2 храпового колеса сидит на эксцентрике валика делительного механизма. Эксцентрик валик 3 делает один оборот при повороте шестерни на один зуб. При каждом повороте эксцентрикового валика собачка 2 поворачивает храповое колесо на один зуб. На оси храповой шестерни насажен двоярный переставной рычаг 4. Плечи его a и b раздвигаются на дугу такой величины, чтобы между ними в пределах этой дуги было заключено число зубьев храповика, равное числу зубьев шлифуемой шестерни. При полном обороте шлифуемой шестерни длинное плечо b рычага 4 подойдет под собачку рычага 5 и нажмет на нее. Рычаг 5 повернется вокруг своей оси, и его второй конец сойдет от рычага 6, который под действием своей пружины повернется и выключит этим мотор.

Настройка механизма обкатки при работе с компенсирующим рычагом

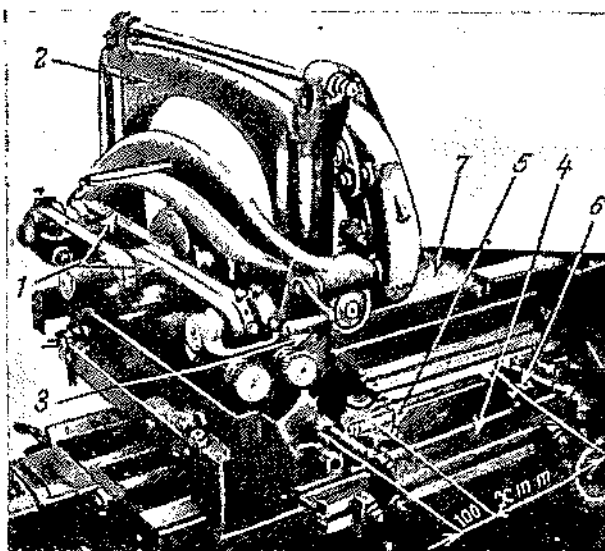
При работе на станках Маг SS $\frac{1}{2}$ -X, SS30X и SS60X можно барабаном одного диаметра производить шлифовку шестерен, имеющих различные диаметры начальных окружностей. Особенностью обкатного устройства у этих станков является наличие компенсирующего рычага. На фиг. 72 представлен общий вид устройства и схема принципа действия обкатного устройства с компенсирующим рычагом. Здесь (фиг. 72 а) I — верхняя часть стола с заготовкой и обкатным барабаном, имеющая возвратно-поступательное движение в поперечном направлении; II — стойка с обкатными лентами перемещается в сторону, противоположную движению стола; III — нижняя часть стола перемещается лишь в продольном направлении и является неподвижной относительно частей I и II; C — постоянное плечо компенсирующего рычага D; X — переменное плечо компенсирующего рычага D. Плечо C имеет постоянный размер и равно 85 или 100 мм. Плечо X имеет переменный размер и может быть установлено в пределах 125—220 мм.

Работа рычага D заключается в следующем. Рычаг связывает две подвижные части стола — стойку II с обкатными лентами и барабаном и смежную с ней верхнюю часть стола I. Обе части движутся в противоположных направлениях. Изменяя длину регулируемого плеча X, можно установить такую величину поперечного перемещения заготовки, которая необходима для полной обкатки профиля зуба. Следовательно, изменяя длину плеча X рычага D, можно увеличить недостаточные или уменьшить избыточные движения шлифуемой шестерни в поперечном направлении, работая при этом с обкатным барабаном одного диаметра.

Задача настройки обкатного механизма с компенсирующим рычагом сводится таким образом к определению величины плеча X.



Фиг. 72а. Схема работы с компенсирующим рычагом.



Фиг. 72в. Узел с компенсирующим рычагом.

1—обкатной ролик; 2—стойка обкатного ролика; 3—рукоятка для установки салазок;
4—компенсирующий рычаг; 5—ось поворота рычага; 6—подвижной шарнир рычага;
7—верхняя подвижная часть стола.

Обозначим через l величину поперечного перемещения стола;

y — величину поперечного перемещения стойки с обкатными лентами;

δ — толщину калиброванной обкатной ленты;

$D_{ш}$ — диаметр начальной окружности шлифуемой шестерни;

$D_{бар}$ — диаметр обкатного барабана;

x — искомую длину переменного плеча X рычага D ;

100 или 85 — длины постоянного плеча рычага D .

Уравнение подвижных частей стола I и II можно написать так:

$$\frac{l}{y} = \frac{x}{100},$$

откуда

$$y = \frac{100 \cdot l}{x}. \quad (1)$$

Углы поворота барабана и шлифуемой шестерни должны быть равны. Обозначим угол поворота шестерни через β , тогда

$$\beta = \frac{l \cdot 360^\circ}{\pi \cdot D_{ш}} = \frac{(l + y) 360^\circ}{\pi (D_{бар} + \delta)} \quad (2)$$

или

$$\frac{l}{D_{ш}} = \frac{l + y}{D_{бар} + \delta}. \quad (3)$$

Подставляя значение y из первого уравнения во второе и решая его относительно x , получим

$$\begin{aligned} \frac{l}{D_{ш}} &= \frac{l + \frac{100 \cdot l}{x}}{D_{бар} + \delta}; \quad \frac{l}{D_{ш}} = \frac{lx + 100l}{x(D_{бар} + \delta)}; \\ x(D_{бар} + \delta) &= D_{ш}x + D_{ш} \cdot 100; \\ D_{бар}x + x\delta - D_{ш}x &= 100D_{ш}. \end{aligned} \quad (3)$$

Отсюда

$$x = \frac{100 D_{ш}}{D_{бар} + \delta - D_{ш}}$$

или

$$x = \frac{100 Z \cdot m}{D_{бар} + \delta - Z \cdot m},$$

где Z и m — число зубьев и модуль шлифуемой шестерни.

Толщины обкатных лент δ выбираются в зависимости от диаметра D обкатных барабанов.

$D, \text{ мм}$	$\delta, \text{ мм}$
$35 \div 85$	0,2
$85 \div 300$	0,3
$300 \div 450$	0,5

В случае, если диаметр барабана равен диаметру шлифуемой шестерни, стойка закрепляется неподвижно двумя шпильками, а шарнир рычага *D* снимается.

Подготовка станка к пуску

Станок модели SS¹/₂ работает от четырех индивидуальных электромоторов фирмы Orglison Schweiz и одного аккумулятора. Общая мощность моторов равна 3,25 л. с. Один из моторов приводит в движение вентилятор насоса, другой, — главный привод станка (продольные салазки, обкаточные салазки и насос центральной смазки). Два других приводят в движение шлифовальные шпиндели. Характеристика моторов приведена в табл. 6.

Таблица 6

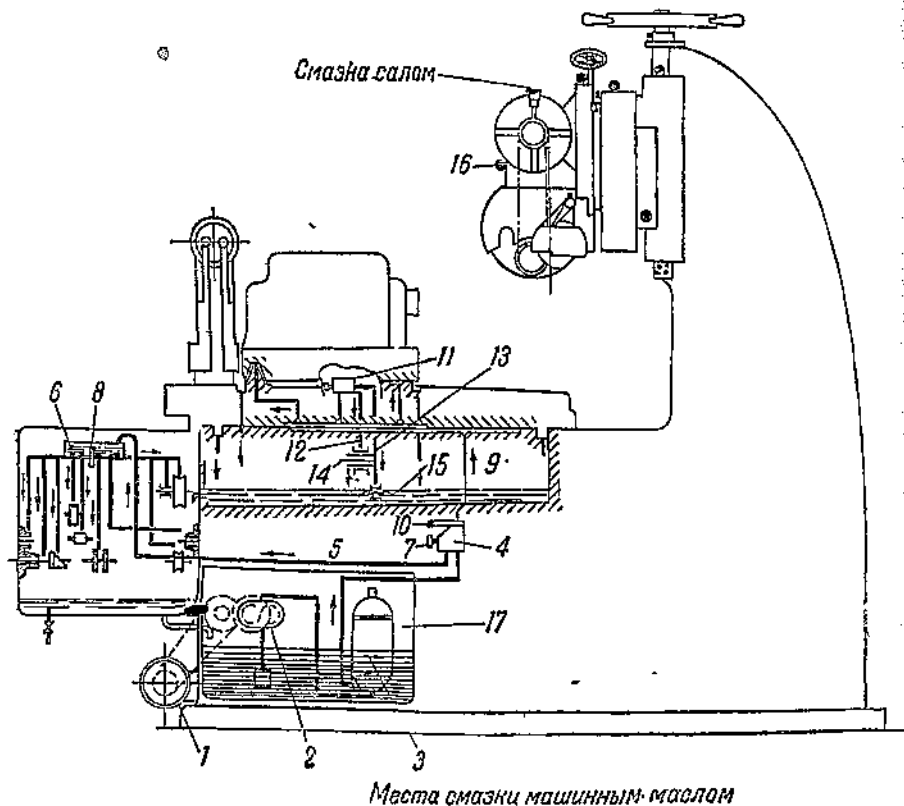
Моторы	Напряжение и сила тока				Мощность моторов л. с.	Число оборотов мотора об/мин.
	V	A	V	A		
Вентилятора	220	2,9	380	1,7	1,15	2850
Главного привода	220	4,3	380	2,5	1,5	1420
Шлифовального шпинделя . .	220	1,1	380	0,65	0,3	2850

Кроме этих моторов, для работы двух алмазных аппаратов автоматического контроля точности работы шлифовальных кругов требуется постоянный ток 4—4,3 В. Для этого служит аккумулятор емкостью 50—80 Ач, установленный в стойке станка. Положительный полюс аккумулятора присоединен к электрораспределительной коробке, отрицательный — к корпусу станка. Электропроводка к моторам от распределительной коробки заключена в жесткие металлические трубки, а угловые переходы — в гибкие металлические трубки. Когда электрооборудование включено в сеть, нужно проверить правильность вращения электромоторов, при этом необходимо снять с моторов все приводные ремни.

В тех случаях, когда шлифование ведется без охлаждения, устанавливается пылесос для принудительного отвода наждачной пыли и весьма мелкой стружки, образующейся в процессе работы. Работа пылесосной установки заключается в следующем. Алюминиевая крыльчатка, насаженная на вал мотора, тянет пыль при помощи подведенного к шлифовальным кругам рукава и прогоняет ее через две камеры. В первой понижается скорость движения частиц пыли, во второй камере пыль собирается при помощи пакли, хорошо смоченной маслом. Эту паклю нужно менять не реже одного раза в месяц, для чего на задней стороне стойки станка отвинчивают железную сетку и производят замену фильтра.

Смазка описываемого станка выполнена двумя способами: 1) при помощи центральной и 2) местной системы.

Ряд ответственных частей станка при их работе бывает мало доступен для смазки, как, например, направляющие станины, салазки и им подобные детали. Центральной смазкой обслуживаются места, схематически показанные на схеме смазки (фиг. 73).



Фиг. 73. Схема смазки станка Маг.

К станине, с левой стороны станка, привернут бак емкостью 10 кг для машинного масла.

Электромотором 1 приводится в движение насос 2, который подает масло через фильтр 3 к крану 4. Далее оно расходится, по двум направлениям: 1) к коробке скоростей, монтированной в передней части станины станка, и 2) к направляющим станины и далее к направляющим обкаточных салазков.

В первом случае масло идет по трубке 5 и при работе станка беспрерывно подается в резервуар 6. Количество подаваемого масла регулируется винтом 7; уровень масла в резервуаре 6 не должен превышать уровня трубки 8. Из резервуара масло при

помощи фитилей поступает в целый ряд трубочек, подводящих его к местам смазки работающих частей коробки скоростей.

Во втором случае масло поступает в трубопровод 9 только тогда, когда открыт кран 10. Через трубопровод 9 масло подводится к двум направляющим станины, заполняя их продольные канавки. Против этих канавок приходится отверстия вертикальных сверлений в продольных салазках, через которые масло при открытом кране вследствие давления, создаваемого насосом, поднимается к двум направляющим обкаточных салазок и поступает в коробку 11. Из последней масло по трубкам 12 и 13 подводится к подшипникам вала 14, гайке ходового винта 15.

Отработанное масло стекает в резервуар станины и оттуда на дно коробки скоростей и дальше по трубке в бачок 17.

Кроме обслуживания ряда мест центральной смазкой, в стенке имеются звенья, которые смазываются при помощи маленьких масленок и подводящих отверстий. Работающему на станке необходимо все масленки ежедневно наполнять маслом. Смазка подшипников двух электромоторов шлифовальных шпинделей и мотора пылесоса производится тавотом. Тавотницы ежедневно нужно наполнять и каждый день подвертывать.

Мотор привода движения обкатки смазывается машинным маслом, смена которого производится через каждые 3—4 месяца. Приборы автоматической алмазной правки шлифовальных кругов имеют ряд деталей, работающих на износ (валики, шестерни и др. части). Они закалены и отшлифованы и смазка их выполняется через масленку 16, в которую нужно задавать масло один раз в неделю по несколько капель (обильная смазка может ухудшить работу электромагнитной системы прибора).

Проверка основных звеньев

До пуска станка в ход надо проверить состояние монтажа основных его звеньев путем пробных перемещений движущихся частей. Основные требования, предъявляемые к монтажу станка, заключаются в том, чтобы иметь плавное и легкое перемещение продольных салазок, обкаточных салазок, а также траверсы и шлифовальных супортов. При этом следует обратить внимание, чтобы не было люфтов в его основных приводных механизмах. Последнее главным образом касается механизма обкатки, приводимого в движение главным приводом. Обкаточный механизм, выполняющий обкаточное движение обрабатываемой заготовки, работает в таких условиях, которые требуют, чтобы движение обкатки шестерни вправо и влево было точно одинаковым. Если точность шлифовки на этого рода станках должна быть выше 0,01 мм, то необходимо с большой точностью монтировать обкаточный механизм. Конструкция такого рода механизмов предусматривает возможность устранения в них люфтов.

При исправной работе механизма обрабатываемая шестерня, связанная со шпинделем 25 (фиг. 50), должна настолько повернуться влево, насколько салазки 26 переместятся вправо. Если при перемене направления хода обкаточных салазок 26 замечает-

ся люфт (зазор), сказывающийся в виде легких ударов в предельных положениях салазок, то, следовательно, имеется мертвый ход в механизме привода обкаточного движения. Мертвый ход в механизме обкаточного движения устраняется в трех его звеньях: 1) в червячной передаче, 2) в ременной передаче и 3) в механизме распределения снимаемого слоя при шлифовании.

Мертвый ход в червячной передаче 21—23 (фиг. 50) зависит от зазора в червячной паре и устраняется следующим образом. Червячное колесо 23 выполнено из двух неравных половинок, свернутых между собою болтами. Болты 27 (фиг. 50) отвинчивают и немного смещают одну половину червячного колеса относительно другой так, чтобы установить плотную связь червячной шестерни с червяком.

Мертвый ход у ременной передачи, который может возникнуть между валом 5 и шкивом 6 (фиг. 50), устраняется подтягиванием конической шпонки 28 при помощи винтов, для чего нужно, переместив продольные салазки от колонки станка в крайнее положение и сняв щиток, отрегулировать передачу. Ремень 29 должен быть всегда натянут достаточно крепко при помощи леникса — натяжного ролика. Мертвый ход в кулисном механизме 30 устраняется регулированием зазора между планками 10 и шарикоподшипниками 12 (фиг. 50).

При продолжительной работе станка может возникнуть осевой люфт в резьбе стержня 22 и маховичка 23. Для устранения люфта предусмотрен резьбовой ниппель, который при помощи штифтов 31 нужно весьма незначительно повернуть, чтобы получить натяг в резьбовом соединении маховичка со стержнем, и таким образом устранить люфт.

Исключительно важным звеном зубошлифовального станка Магг является шпиндель шлифовального круга. Со шпинделями шлифовальных кругов рекомендуется обращаться особенно осторожно. При установке и съемке шлифовальных кругов никаких ударов не допускается.

Рабочий цикл

Рабочий цикл складывается из 1) чернового и 2) чистового шлифования и протекает следующим образом.

Рабочий, установив шестерню на оправке, проверяет правильность установки по индикатору и закрепляет ее в центрах станка.

Далее, нажимом на хвосты собачек механизма автоматического управления он ставит лимб в исходное положение.

Положение рычагов 1 и 2 (фиг. 49) установлено при наладке, как указано на фигуре, в соответствии с числом зубцов шестерни Z, а рычаг скорости подачи стоит на первом делении влево.

Затем рабочий устанавливает порядок деления (через один зуб или через два зуба).

После этого включается мотор обкатки и подачи. Изделие получает все необходимые движения и входит под круг. Начинается непосредственно процесс шлифования. Сперва идет черновое шлифование первой впадины. После окончания шлифования,

по выходе изделия с противоположной стороны круга на расстояние, установленное при наладке станка, выключается продольная подача на период, необходимый для деления. Затем происходит деление.

Деталь возвращается, проходя под кругами своей следующей впадиной. Дальнейшее поступательно-возвратное перемещение изделия сопровождается делением в конце каждого хода.

За три зуба до полного оборота шестерни рычаг 1 (фиг. 49) выходит из зацепления с храповиком, выключая таким образом движение заготовки.

Рабочий алмазом от руки правит круги.

Нажимом на рычаги 1 и 2 включается движение.

Наладка станка Оркутт

Профилирование шлифовального круга

Профилирование шлифовального круга разделяется на два этапа: а) настройку копиров пантографа и б) профилирование.

Копиры к пантографу станка выбираются по модулю и числу зубьев шлифуемой шестерни по табл. 7.

Быстрый подбор копиров для каждого данного случая является еще делом известного опыта. Наборы копиров составлены таким образом, что разница в характерах кривизны эвольвент при различных числах зубьев и диаметрах учтена. Поэтому иногда приходится при шлифовании шестерни, имеющей 20 зубьев, пользоваться копиями на $19\frac{1}{2}$ зубьев. Цифра $19\frac{1}{2}$ есть, конечно, условная величина и характеризует здесь лишь некоторое увеличение кривизны эвольвенты по сравнению с величиной этой кривизны у копира на 20 зубьев. В случае, если получается разница между обеими сторонами зуба, можно применять, например, один копир $19\frac{1}{2}$, а другой $19\frac{1}{4}$.

Возникает также необходимость подрегулировать копиры по высоте профиля. Одна сторона профиля может получаться выше или немного ниже другой. Каждая сторона профиля регулируется отдельно. Регулирование копиров по высоте бывает также необходимо, если у зуба шестерни имеются отклонения от требуемого профиля в сторону утолщения или утоньшения. Если головка зуба получается утолщенной, то копиры нужно переместить вверх. Если же утолщенной получается ножка зуба, копиры нужно переместить вниз. Копиры 2 перемещаются посредством регулировочных винтов 1 (фиг. 74).

Так как отношение криволинейного участка копира к такому же участку профиля зуба равно 6:1, то для увеличения или уменьшения высоты профиля зуба на какую-нибудь величину h необходимо поднять или опустить соответствующий копир на величину, равную $6h$.

Резьба на регулировочных винтах 1 — 40 ниток на дюйм. Поэтому если повернуть винт на четверть оборота, то это вызовет перемещение алмазного острия в вертикальном направлении на $\sim 0,001$ дюйма.

Копиры к пантографу станка Оркутт

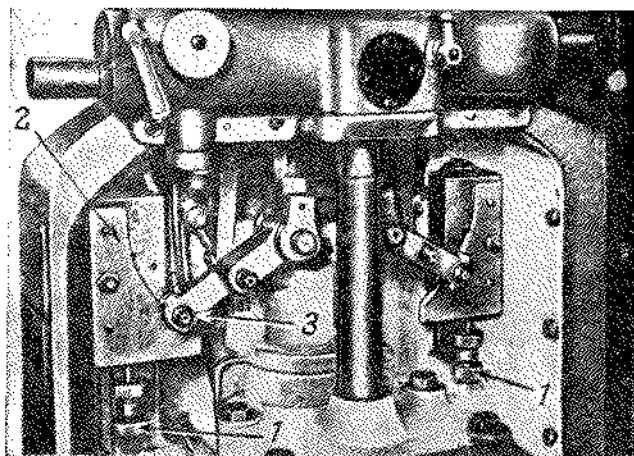
№ комплек- та	Модуль <i>m</i>	Число зубьев шлифую- мой шестерни <i>Z</i>	К о п и р ы				
1	1,75	19	19	$18\frac{3}{4}$	$18\frac{1}{2}$	$18\frac{1}{4}$	18
		22	22	$21\frac{3}{4}$	$21\frac{1}{2}$	$21\frac{1}{4}$	21
		31	31	$30\frac{1}{2}$	30	29	—
		41	41	40	39	—	—
		59	59	57	56	—	—
2	2,0	16	16	$15\frac{3}{4}$	$15\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{4}$	15
		26	26	$25\frac{3}{4}$	$25\frac{1}{2}$	$25\frac{1}{4}$	25
		43	43	42	41	—	—
		50	50	49	48	—	—
		60	66	64	62	—	—
3	2,25	46	46	45	44	—	—
4	2,5	18	18	$17\frac{3}{4}$	$17\frac{1}{2}$	$17\frac{1}{4}$	17
		20	20	$19\frac{3}{4}$	$19\frac{1}{2}$	$19\frac{1}{4}$	19
		24	24	$23\frac{3}{4}$	$23\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{4}$	23
		25	25	$24\frac{3}{4}$	$24\frac{1}{2}$	$24\frac{1}{4}$	24
		28	28	$27\frac{3}{4}$	$27\frac{1}{2}$	$27\frac{1}{4}$	27
		32	32	$31\frac{1}{2}$	31	30	—
		42	42	41	40	—	—
		70	70	68	66	—	—
5	2,75	25	25	$24\frac{3}{4}$	$24\frac{1}{2}$	$24\frac{1}{4}$	24
		40	40	39	38	—	—
		50	50	49	48	—	—
		60	60	58	56	—	—
6	3,0	20	20	$19\frac{3}{4}$	$19\frac{1}{2}$	$19\frac{1}{4}$	19
		21	21	$20\frac{3}{4}$	$20\frac{1}{2}$	$20\frac{1}{4}$	20
		22	22	$21\frac{3}{4}$	$21\frac{1}{2}$	$21\frac{1}{4}$	21
		23	23	$22\frac{3}{4}$	$22\frac{1}{2}$	$22\frac{1}{4}$	22
		24	24	$23\frac{3}{4}$	$23\frac{1}{2}$	$23\frac{1}{4}$	23
		26	26	$25\frac{3}{4}$	$25\frac{1}{2}$	$25\frac{1}{4}$	25
		27	27	$26\frac{3}{4}$	$26\frac{1}{2}$	$26\frac{1}{4}$	26
		30	30	$29\frac{3}{4}$	$29\frac{1}{2}$	$29\frac{1}{4}$	29
		31	31	$30\frac{1}{2}$	30	29	—
		32	32	$31\frac{1}{2}$	31	30	—
		34	34	$33\frac{1}{2}$	33	32	—
		40	40	39	38	—	—
		41	41	40	39	—	—
		42	42	41	40	—	—
		45	45	44	43	—	—
		46	46	45	44	—	—
		48	48	47	46	—	—
		56	56	55	54	—	—
		68	68	66	64	—	—

№ комплекс- та	Модуль <i>m</i>	Число зубьев шлифую- мой шестерни <i>Z</i>	К о п и р ы				
7	3,5	20	20	19 ³ / ₄	19 ¹ / ₂	19 ¹ / ₄	19
		21	21	20 ³ / ₄	20 ¹ / ₂	20 ¹ / ₄	20
		22	22	21 ³ / ₄	21 ¹ / ₂	21 ¹ / ₄	21
		24	24	23 ³ / ₄	23 ¹ / ₂	23 ¹ / ₄	23
		26	26	25 ³ / ₄	25 ¹ / ₂	25 ¹ / ₄	25
		27	27	26 ³ / ₄	26 ¹ / ₂	26 ¹ / ₄	26
		28	28	27 ³ / ₄	27 ¹ / ₂	27 ¹ / ₄	27
		30	30	29 ³ / ₄	29 ¹ / ₂	29 ¹ / ₄	29
		31	31	30 ¹ / ₂	30		
		34	34	33 ¹ / ₂	33	32	
		36	36	35 ¹ / ₂	34	33	
		40	40		38		
		54	54	53	52		
		60	60	58	56		
8	4,0	18	18	17 ³ / ₄	17 ¹ / ₂	17 ¹ / ₄	17
		20	20	19 ³ / ₄	19 ¹ / ₂	19 ¹ / ₄	19
		22	22	21 ³ / ₄	21 ¹ / ₂	21 ¹ / ₄	21
		23	23	22 ³ / ₄	22 ¹ / ₂	22 ¹ / ₄	22
		25	25	24 ³ / ₄	24 ¹ / ₂	24 ¹ / ₄	24
		26	26	25 ³ / ₄	25 ¹ / ₂	25 ¹ / ₄	25
		28	28	27 ³ / ₄	27 ¹ / ₂	27 ¹ / ₄	27
		30	30	29 ³ / ₄	29 ¹ / ₂	29 ¹ / ₄	29
		33	33	32 ¹ / ₂	32	31	
		35	35	34 ¹ / ₂	34	33	
		40	40	39	38		
		44	44	43	42		
		45	45	44	43		
		60	60	58	56		
9	4,5	10	10	9 ³ / ₄	9 ¹ / ₂	9 ¹ / ₄	9
		19	19	18 ³ / ₄	18 ¹ / ₂	18 ¹ / ₄	18
		23	23	22 ³ / ₄	22 ¹ / ₂	22 ¹ / ₄	22
		24	24	23 ³ / ₄	23 ¹ / ₂	23 ¹ / ₄	23
		25	25	24 ³ / ₄	24 ¹ / ₂	24 ¹ / ₄	24
		26	26	25 ³ / ₄	25 ¹ / ₂	25 ¹ / ₄	25
		30	30	29 ³ / ₄	29 ¹ / ₂	29 ¹ / ₄	29
		31	31	30 ¹ / ₂	30	29	
		34	34	33 ¹ / ₂	33	32	
		35	35	34 ¹ / ₂	34	33	
		40	40	39	38		
		41	41	40	39		
		44	44	43	42		

Правильно будет, перед тем как начать шлифование партия шестерен, изготовить одну или две пробные шестерни и проверить на них правильность установки и регулировки всех механизмов станка. Профиль шестерен измеряют на эвольвентомере.

Пробную шестерню следует измерять через определенное количество проходов. Если будет замечено, что зуб у нее становится слишком тонким, то ширина получаемой впадины зуба

может быть изменена путем смены скользящих штифтов 3 копира. Чтобы выявить на пробной шестерне все дефекты регулировки и устранить их, шестерню немного не дошлифовывают, а оставляют маленький припуск, для чего шлифовальную головку устанавливают на меньшую глубину, чем это требуется. Затем шестерню рекомендуется снять со станка и испытать обкаткой по эталонной рейке, чтобы установить, является ли форма профиля зуба правильной с обеих сторон. Опытный рабочий, прокатывая шестерню по рейке с легким нажимом, определяет, какая дополнительная регулировка еще необходима.



Фиг. 74. Механизм пантографа.

После того как шестерня окончательно отшлифована, ее проверяют обкаткой на краску. Если след краски ложится только на часть профиля, необходимо поставить копиры для большего числа зубьев.

Чувство «обкатки» имеет немаловажное значение для правильного и быстрого подбора копиров, и поэтому наладчики станков Оркутт должны быть хорошо натренированы.

Правка круга для чистовой отделки

Пометки RT и FT на градуированной головке (см. фиг. 33) означают соответственно «предварительная правка круга» и «окончательная правка круга». Как уже было сказано, окончательная правка круга производится перед последним проходом. Обратим внимание, что за пометкой FT имеется лишь два деления (цена деления 0,025 мм) до пометки Depth (глубина). Таким образом достижение пометки FT при подаче указывает на то, что осталось еще снять припуск в 0,05 мм. При установке головку поворачивают так, чтобы пометка Depth пришлась против фиксатора 5 (фиг. 33). Для достижения наибольшей чистоты поверхности зуба подают головку сначала на глубину 0,025 мм, т. е. на

одно деление, затем на подделения и еще на последнее подделение, снимая таким образом за последний проход самый минимальный слой металла.

После установки копиров в нижних рычагах пантографа укрепляются штифты. Нормальный диаметр штифта 6,35 мм. При подборе штифтов необходимо иметь в виду, что от их диаметра будет зависеть толщина профиля круга и, следовательно, толщина зуба. Чем меньше диаметр штифта, тем тоньше будет профиль круга; поэтому при пробе механизма следует начинать подбор штифтов с диаметра 6,35 или с меньших размеров, чтобы не получить зуб с утоньшением, что явится уже неисправимым дефектом.

Состояние алмаза является важным фактором для получения правильного профиля круга. Поэтому острие алмаза всегда должно совпадать с осью державки. Радиус острия не должен превышать 1 мм. Кроме того, алмазы должны быть отрегулированы и установлены по калибровому кольцу для получения симметрии относительно шлифовального круга.

Профиль шлифовального круга должен быть предварительно ободран, чтобы алмазом не пришлось сдирать слишком много, так как они могут быстро затупиться и вырваться из своего гнезда. Поднимать и опускать шлифовальный круг при настройке надо сначала вручную. Для этого пуговка на рукоятке 10 (фиг. 18) вытягивается вверх. Круг поднимают над алмазами и включают станок нажимом правой нижней пусковой кнопки 11 (фиг. 18). Затем, когда круг дойдет до постоянного упора, включается нажимом левой нижней кнопки 11 мотор шлифовальной головки. После этого рукоятка 9 отводится влево, и профилирующий механизм начинает свои движения. Шлифовальный круг вращением рукоятки 10 осторожно опускается на алмазы до соприкосновения с ними. Затем опускается пуговка рукоятки 10 и начинается цикл автоматического профилирования круга с автоматической подачей его вниз до получения профиля требуемой формы.

Настройка делительного механизма

Делительный диск подбирается в соответствии с числом зубьев шлифуемой шестерни. Число зубьев шлифуемой шестерни должно быть равным или кратным числу зубьев диска. Поэтому, имея диск с числом зубьев $Z=60$, можно шлифовать шестерни с числом зубьев $Z=60, 30, 20, 15, 12$ и 10.

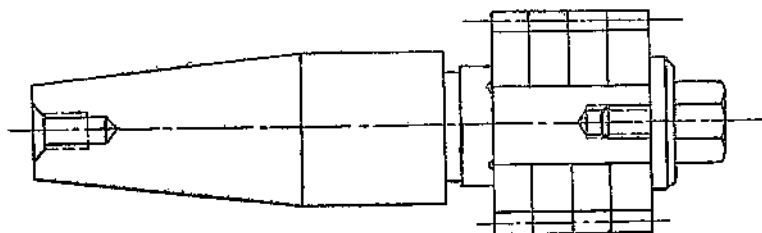
Делительный диск устанавливается на заднем конце шпинделя и прижимается хомутиком. Для настройки делительного механизма станку дают пробный ход и останавливают его в тот момент, когда начнется деление. В этот момент защелка делительного диска и упор подняты и диск повертывают вручную. Когда поворот сделан и защелка опустилась перед зубом, надо проверить положение кривошипа механизма деления. Кривошип должен полностью повернуться и занять исходное положение, при котором паз кривошипа будет параллелен шатуну. В этот момент упор крепко прижимает зуб к защелке. Если это положение

ние не достигнуто, то необходимо соответственно переместить палец кривошипа по его пазу и отрегулировать пружину упора при помощи гайки.

Равномерное снятие слоя припуска с обеих сторон шлифуемой шестерни достигается соответствующим регулированием положения делительного диска регулировочными винтами 7 (фиг. 30). После всех регулировок диск еще раз проверяется вручную, и, если деление происходит четко и правильно, можно приступить к пробному пуску станка.

Установка изделий

Шлифуемые шестерни монтируются на оправке, представленной на фиг. 75. Обычно устанавливается несколько шестерен (пакет) для одновременной шлифовки.



Фиг. 75. Рабочая оправка к станку Оркутт с насаженным для шлифовки пакетом шестерен.

До монтажа шестерен оправку тщательно протирают, затем вставляют конусной частью в конус шпинделя делительной головки и затягивают болтом 4 (фиг. 31) с обратной стороны шпинделя.

При установке оправки в станке ее необходимо выверить на биение с помощью индикатора. Биение не должно быть более 0,005 мм. Для проверки пугонку индикатора упирают в поверхность цилиндрической шейки оправки, служащую для посадки шестерен, и проверяют шпиндель от руки.

Шестерню (или пакет шестерен) устанавливают так, чтобы шлифовальный круг прошел в одну из впадин обрабатываемой шестерни. Затем поднимают весь механизм шпинделя делительной головки с помощью маховичка и вводят заготовку в зацепление со шлифовальным кругом — плотно, без зазора. В этом положении заготовку закрепляют на оправке.

Пуск станка

Перед пуском станка следует заполнить бак гидравлической системы профильтрованным гидравлическим маслом. Коробка шестерен заполняется смазочным маслом. Заливаются маслом масленки шлифовальной головки рабочего шпинделя и ползуна. Масленка механизма профилирования круга заполняется до отметки на стекле.

Бак охлаждающей жидкости надо залить до его переполнения, пока жидкость не пойдет в камеру насоса.

Необходимо проверить, вращается ли главный (нижний) мотор в направлении, показанном стрелками.

Прежде чем дать ползуну возвратно-поступательное движение, следует заполнить гидравлическую систему маслом и вытеснить из нее воздух. Для этого рекомендуется сделать несколько коротких ходов ползуна (50—75 мм) с помощью рычага ручной подачи, находящегося сзади станка, и спустить воздух через контрольный клапан. Ползун при этом не должен пройти мимо упоров. Упоры для ограничения хода ползуна устанавливаются по длине шлифовки. При установке упоров проследить, чтобы величина перебега шлифовального круга была достаточной для того, чтобы мог сработать механизм деления, и повернуть шестерню на шаг.

При установке или смене копиров надо отвести от них концы рычагов со скользящими штифтами.

На шпинделе станка устанавливается делительный диск и провертывается от руки до тех пор, пока какой-либо из его зубьев не придет в сцепление с делительной защелкой. После этого закрепляется разрезная колодка и окончательно регулируется диск.

Затем станок надо пустить и заставить ползун сделать несколько ходов, чтобы убедиться, имеется ли нормальное взаимодействие между ползуном и делительным диском. Если эти механизмы действуют нормально, можно приступить к проверке профилирующего механизма. С этой целью во время хода станка рычаг подачи (фиг. 18) повертывается направо, и это положение сохраняется до тех пор, пока ползун не придет в соприкосновение с упором. Чтобы пантограф пришел в действие, необходимо, чтобы рычаг 9 (фиг. 18) стоял острием вниз.

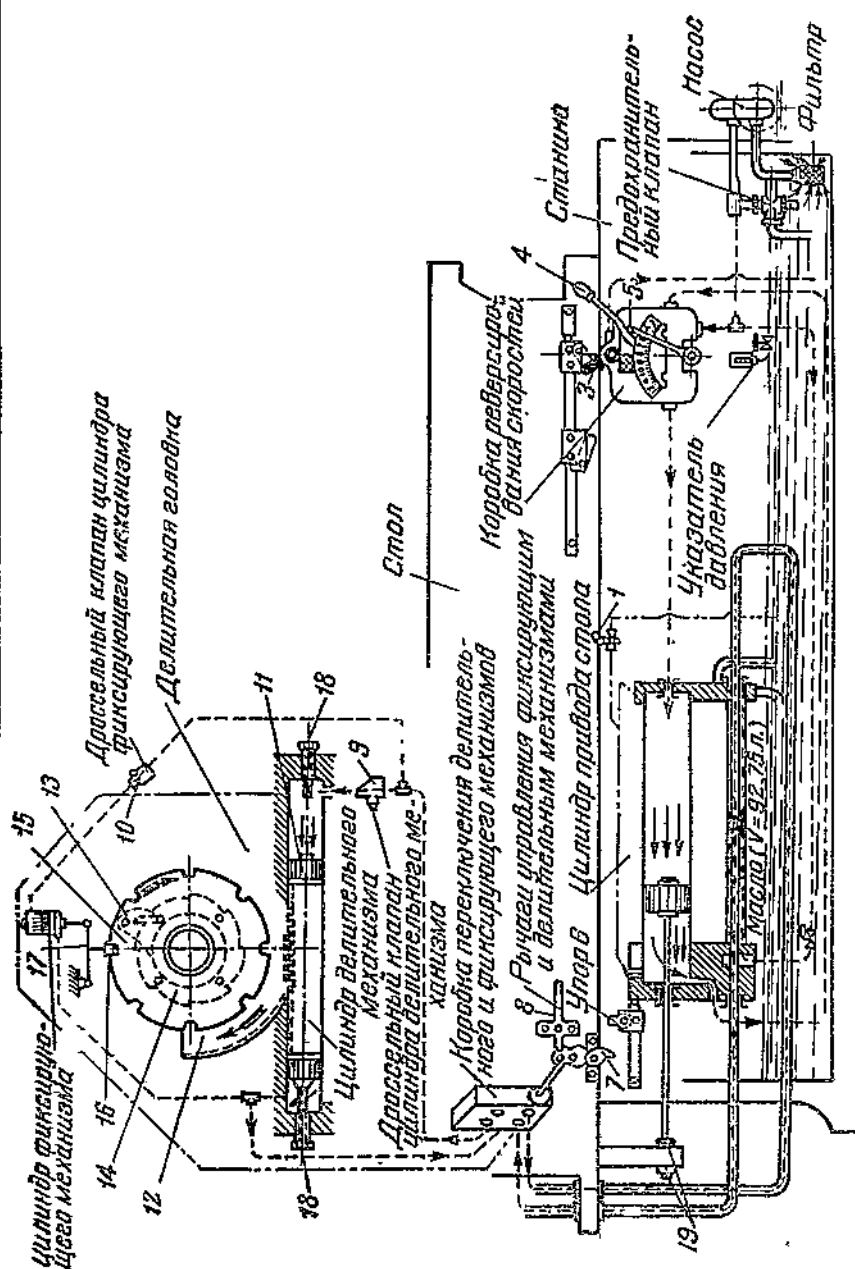
При шлифовании зубьев по методу Оркутт особое внимание должно уделяться контролю зубьев в процессе их нарезки (до шлифования). Надо учесть, что такие дефекты, как подрезы зубьев, не исправляются при шлифовании профильным кругом.

Во время шлифования заготовку подают вверх, устанавливая величину глубины впадины предварительно по вертикальной шкале 26, находящейся сбоку механизма делительной головки (фиг. 33), и окончательно — по круговой шкале 7 (фиг. 33), с точностью до 0,01 мм. Количество проходов зависит от величины припуска. Шестерни с припуском до 0,15 мм шлифуются за четыре прохода, с большим припуском (0,2—0,25) за шесть проходов. Круг заправляется два раза за полный цикл обработки шестерни.

Наладка станка Гир-Грайндинг

Наладка станка состоит из следующих основных этапов:

- 1) подготовка станка к пуску;
- 2) настройка делительной головки;
- 3) настройка приспособления для профилирования шлифовального круга;
- 4) установка изделия.



Фиг. 76. Схема устройства зубошлифовального станка Гир-Граиндинг.

Подготовка станка к пуску

Согласно имеющейся инструкции надо залить масло в гидравлическую систему и наполнить им все масленки для смазки механизмов станка.

Для того чтобы движение стола станка происходило равномерно, без толчков, необходимо выпустить воздух из гидравлической системы. С этой целью открывается кран 1 (фиг. 76), рычаг переключения 4 устанавливается в правое положение, кран регулировки скоростей 5 устанавливается в положение медленного хода. Станок пускается в ход.

Стол будет перемещаться вправо, и весь воздух из левой части цилиндра стола выйдет вместе с небольшим количеством масла через кран 1. Когда стол дойдет до крайнего правого положения, рычаг 4 переключается влево, и масло, заполнив правую часть цилиндра, вытеснит воздух через кран 1. После того как стол станка дойдет до крайнего левого положения, кран 1 закрывается.

Настройка делительной головки

В нижней части корпуса головки помещается цилиндр. Поршень цилиндра имеет на стороне, обращенной кверху, зубчатую рейку, которая сцепляется с зубчатым сектором 12. Этот сектор посредством имеющейся на нем собачки 13 сцепляется с храповиком 14 и поворачивает его. Храповой диск жестко закреплен на шпинделе делительной головки и сцеплен с делительным диском 15. С помощью делительного диска и происходит поворот шлифуемой шестерни на определенный угол.

Храповой и делительный диски являются сменными и подбираются по числу зубьев шлифуемой шестерни.

Фиксация делительного диска после поворота на требуемый угол производится благодаря западанию фиксирующего штифта 16 в соответствующую прорезь диска. Штифт 16 вмонтирован в рычаг 17. Движения этого рычага управляются поршнем гидравлического цилиндра фиксирующего механизма, который гидравлически заблокирован с цилиндром делительного механизма. Болты 18, ввернутые в цилиндр делительного механизма с обеих сторон, являются упорами для ограничения хода поршня 11 и вместе с тем поворота шлифуемого изделия.

Делительный и храповой диски подбирают по числу зубьев шлифуемой шестерни по следующему правилу: число впадин на обоих дисках должно быть равно числу зубьев шлифуемой шестерни или кратным ему, но не должно быть более 72.

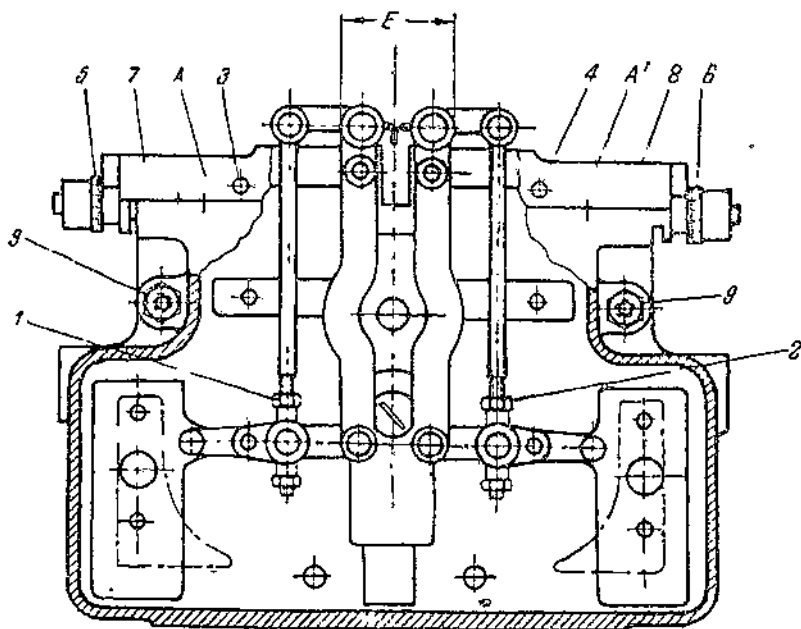
Для монтажа делительного и храпового дисков снимают кожух с задней стороны делительной головки. С конца шпинделя снимают ступицу, на ней устанавливают оба диска и ставят на шпиндель. Поворачивают шпиндель с дисками вручную так, чтобы фиксатор 16 рычага 17 зашел в одну из впадин делительного диска. После этого болт 18 с правой стороны цилиндра ввертывают до упора в торец поршня. Затем фиксирующий штифт 16 выводят из впадины и проворачивают диск до следующей впадины и снова фиксируют, вводя штифт в эту впадину. После этого

ввертывают второй ограничитель в левую головку цилиндра и доводят его также до упора в торец поршня. Таким образом ход поршня будет точно отрегулирован в соответствии с поворотом шестерни на требуемый угол.

Настройка механизма профилирования шлифовального круга

При настройке этого приспособления необходимо обеспечить следующие главные условия:

1. Оси обоих боковых алмазодержателей должны совпадать, а ось изделия проходить строго посередине расстояния между



Фиг. 77. Схематический общий вид механизма для профилирования шлифовального круга станка Гир-Грайндинг.

осями боковых алмазодержателей; острия обоих боковых алмазов должны лежать на одной прямой, на точно заданном расстоянии друг от друга.

— 2. Оси обоих боковых алмазодержателей должны находиться в вертикальной плоскости, секущей шлифовальный круг по его оси.

3. Передний алмазодержатель должен быть установлен так, чтобы острие алмаза описывало дугу радиусом, равным радиусу впадины зуба.

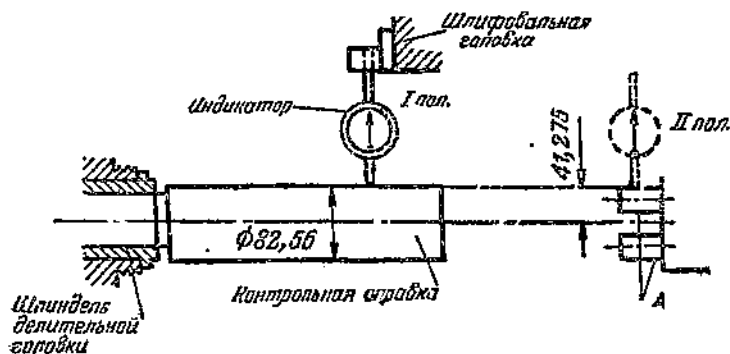
4. Установить передний алмазодержатель на величину смещения острия алмаза относительно осевой линии боковых алмазов.

Рассмотрим методы настройки механизма профилирования.

На фиг. 77 схематично показан общий вид приспособления для профилирования боковыми алмазами. Чтобы произвести уста-

новку боковых алмазодержателей на соосность, ослабляют гайки 1 и 2 и стопорные винты у верхних салазок 3 и 4. С помощью микрометрических винтов 5 и 6 верхние салазки 7 и 8 приспособления подают вперед так, чтобы имеющиеся на них риски АА' совпали с рисками на нижних салазках. После этого сквозь отверстия обоих алмазодержателей пропускают контрольный штift. В таком положении алмазодержатели фиксируются затягиванием гаек 1 и 2 и стопорных винтов 3 и 4.

Для установки приспособления относительно оси шлифуемой шестерни (фиг. 78) в шпindelь делительной головки вставляется контрольная оправка $D=82,55$ мм, что соответствует расстоянию между крайними образующими обоих алмазодержателей. После этого ослабляют болты 9 (фиг. 77), крепящие корпус приспособления к станине. На супорте шлифовальной головки



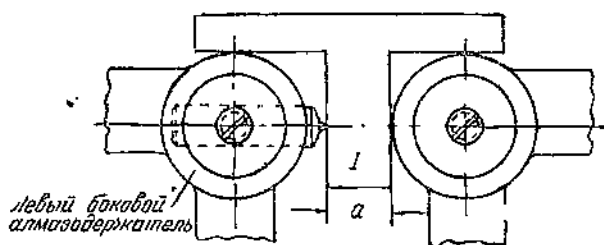
Фиг. 78. Выверка положения алмазов.

(фиг. 78) укрепляют индикатор. Головку с индикатором подают вниз до соприкосновения его с контрольной оправкой. При этом отмечаются показания индикатора. Затем под пуговку индикатора подводят левый боковой алмазодержатель.

Показания индикатора в обоих случаях должны быть одинаковы. Если этого нет, то надо ослабить винты 9 и отрегулировать приспособление путем легких ударов по нему до полного совпадения показаний индикатора. Это совпадение будет свидетельствовать о том, что ось изделия проходит строго посередине расстояния между осями боковых алмазодержателей.

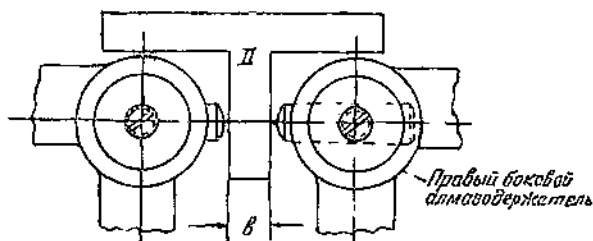
Для установки державок с алмазами применяются также специальные шаблоны (фиг. 79 и 80). С помощью шаблона I устанавливают левый боковой алмаз и закрепляют его зажимным винтом. Затем по шаблону II устанавливают правый боковой алмаз и также закрепляют. После установки обоих алмазов их положение надо проверить по высоте. Для этой цели применяется шаблон, сделанный из латуни и имеющий форму шаблонов I или II. Этот шаблон прижимают сначала к острию левого алмаза и передвигают в прижатом положении параллельно оси боковых алмазодержателей. Острие алмаза чертит при этом на шаблоне риску. Затем шаблон переворачивают, прижимают к правому

алмазу и повторяют ту же операцию. Если острия алмазов лежат на одной прямой, то обе риски совпадут. Незначительное несоответствие рисок может быть устранено регулировкой посредством гаек 1 и 2 (фиг. 77). Если в процессе этой регулировки гайки надо завернуть более чем на полоборота, то рекомендуется всю установку повторить снова.



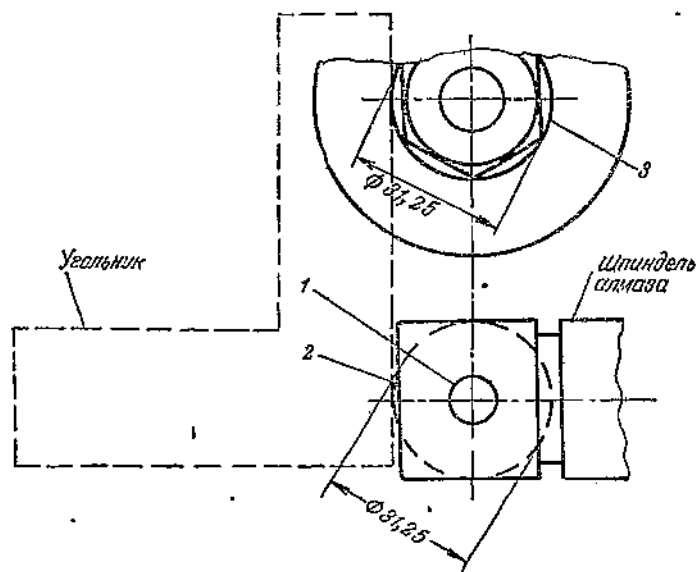
Фиг. 79. Левый боковой алмазодержатель.

Чтобы проверить, находятся ли оси боковых алмазодержателей и шлифовального круга в одной вертикальной плоскости, в отверстие бокового алмаза вставляют штифт 1 (фиг. 81) с надетым на него диском 2. На шпиндель шлифовального круга насажено кольцо 3. Диаметры диска 2 и кольца 3 равны. Угольником выверяют, как показано на фиг. 81, положения кругов. Стол станка должен находиться при этом в крайнем левом положении. Регулировка, в случае если она необходима, производится гайками 19 (фиг. 76) на конце поршневого штока в левом конце стола станка.

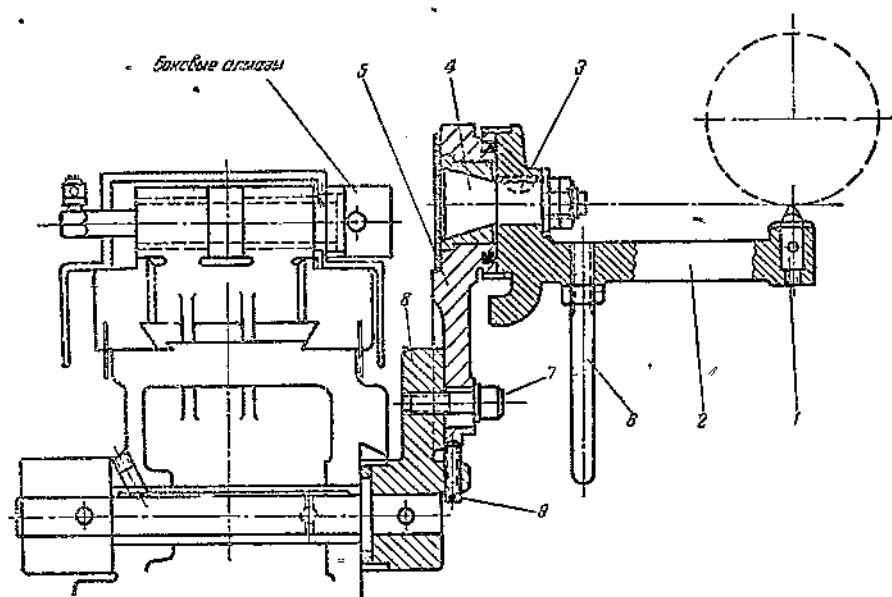


Фиг. 80. Правый боковой алмазодержатель.

Устройство переднего алмазодержателя можно уяснить себе из фиг. 82, где дано сечение его в вертикальной плоскости. Алмазная державка 1 вставляется в отверстие рычага 2, который может поворачиваться вокруг своей оси. Рычаг 2 закреплен жестко посредством шпонки 3 на валике 4, входящем в стойку 5. Валик 4 вращается в стойке своей конусной частью. Это дает возможность отрегулировать его положение с помощью гайки и контргайки так, чтобы выбрать возможный люфт и устранить качку, которая может отразиться на точности и правильности дуги, описываемой острием алмаза.



Фиг. 81. Выверка положения алмазов относительно шлифовального круга.



Фиг. 82. Механизм правки круга на периферии.
Продольный разрез.

Вращают алмазодержатель с помощью рукоятки б.

Для того чтобы установить алмаз по высоте относительно его оси вращения, необходимо сначала определить радиус R (фиг. 83), равный радиусу дна впадины между зубьями шлифуемой шестерни. Этот радиус определяется не на основании спра-

вочных данных, а непосредственно из геометрии того инструмента, которым нарезались зубья данной заготовки (долбяка, инструментальной рейки, червячной фрезы).

Установка на радиус R производится с помощью микрометра и специальной насадки, надеваемой на нижний штифт микрометра (фиг. 83). Расстояние от дна насадки до оси вращения переднего алмазодержателя будет

$$A = C + T,$$

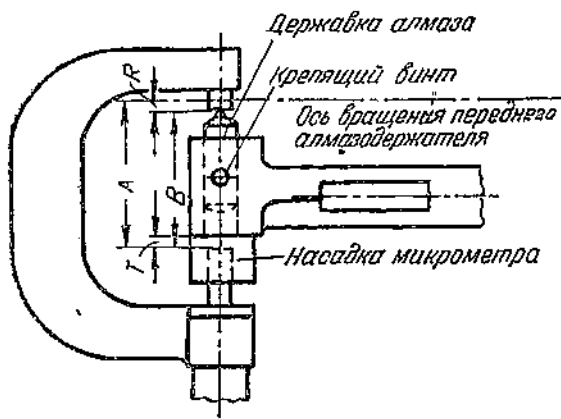
где C — определенная постоянная величина, выбитая на боковой стороне алмазодержателя;

$$T = 3,175 \text{ мм} — \text{толщина дна насадки.}$$

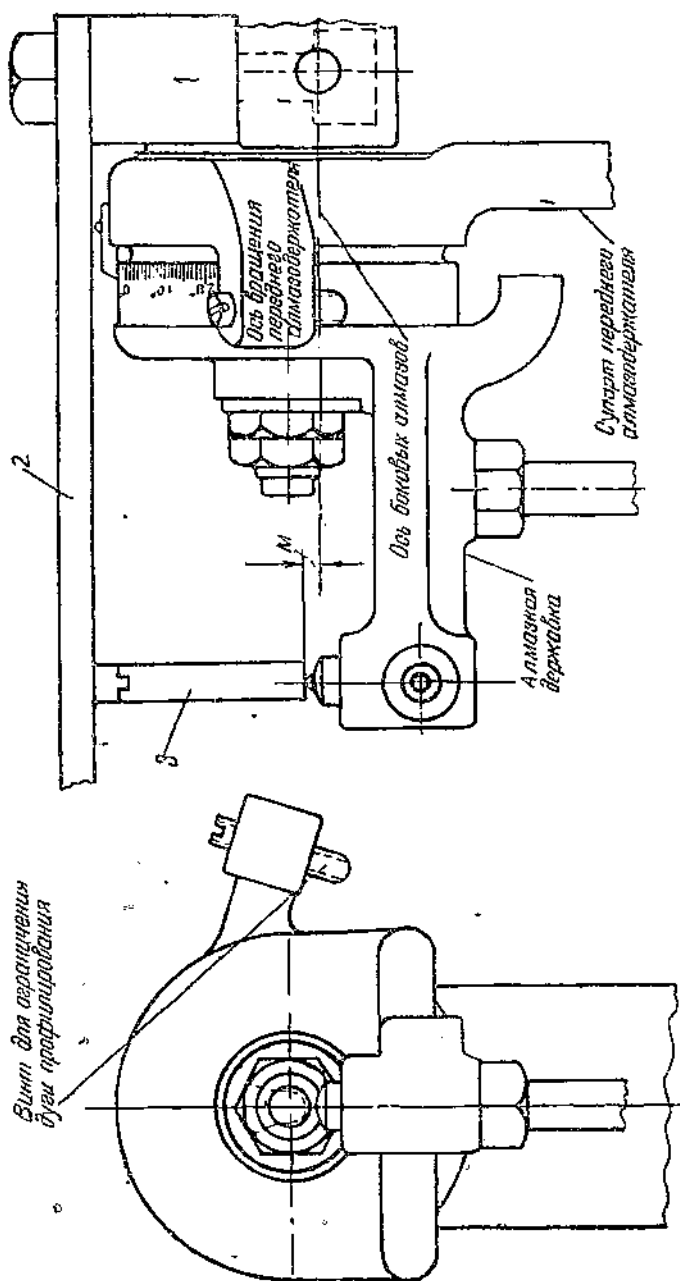
Зная величину радиуса R , устанавливаем микрометр с надетой на него насадкой так, чтобы расстояние между верхней плоскостью насадки и плоскостью верхнего штифта микрометра равнялось величине $B = A - R$. В этом положении микрометр закрепляется.

Затем микрометр подводят под алмазодержатель (как это показано на фиг. 83) так, чтобы плоскость насадки плотно прилежала к торцу алмазодержателя. При этом отпускают винт, крепящий державку алмаза, и перемещают последнюю вверх или вниз настолько, чтобы алмаз уперся своим острием в плоскость верхнего штифта микрометра. После этого закрепляют державку в достигнутом положении крепящим винтом.

Весьма существенное значение имеет точность положения острия переднего алмаза по высоте относительно осевой линии боковых алмазов, от чего зависит очертание впадины зуба и высота его. Для этой цели для установки алмаза применяется контрольное приспособление, состоящее из мерной колодки 1 (фиг. 84), пластины 2 и сменной мерной пластинки 3. Пластина 3 с колодкой 1 закрепляется на верхней части одного из боковых алмазодержателей. В зависимости от величины смещения M подбирается сменная пластинка 3. Значение величины M выбивается на копирах пантографа. Величина M считается положительной, если острие переднего алмаза приподнято над осевой линией бо-



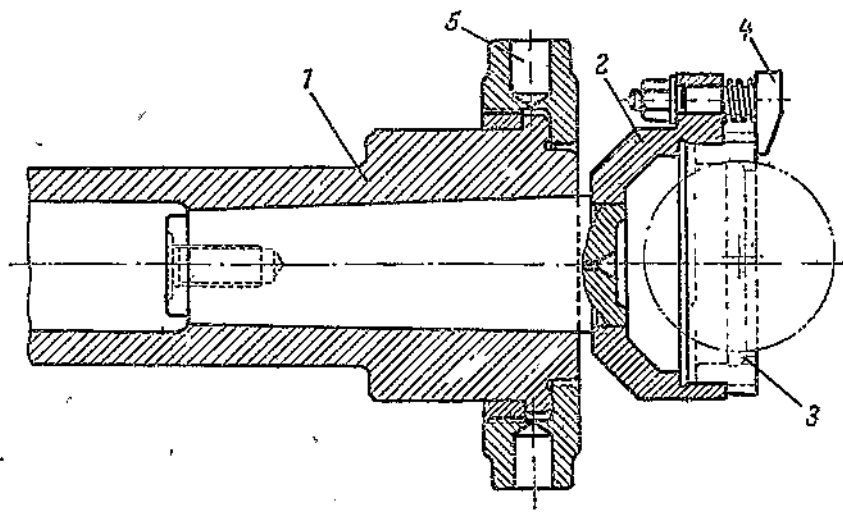
Фиг. 83. Установка алмаза по микрометру.



Фиг. 84. Установка нижнего алмаза по калибру.

ковых алмазов, и отрицательной, если оно находится ниже этой линии. В практике последний случай встречается редко.

После того как мерная пластинка подобрана и вставлена в гнездо пластины 2, производится регулировка. Для этого (см. фиг. 82) ослабляют винт 7. Тогда стойка 5 со всем механизмом алмазодержателя сможет перемещаться по направляющим рычага отвода 8. С помощью винта 9 производится регулировка стойки 5 до упора острия алмаза в торец пластинки 3 (фиг. 84), после чего винтом 7 стойка 5 закрепляется.



Фиг. 85. Установка оправки со шлифуемой шестерней в шпинделе зубошлифовального станка Гир-Грайдинг.

Острые переднего алмаза устанавливают строго вертикально и так, чтобы оно совпадало с вертикальной осью шлифовального круга при правке. Отводной рычаг закрепляют барашком, который находится на его конце. Для правки круга передним алмазом стол станка перемещают вправо.

После всего этого правильность профилирования круга проверяют на зубах изготовленной шестерни с помощью эвольвентомера и устраняют замеченные дефекты регулировкой соответствующих элементов в механизме профилирующего приспособления такими же методами, как и при наладке описанного выше станка Оркутт.

Установка и крепление изделия (фиг. 85)

В шпиндель 1 станка вставляется коническим хвостом приспособление 2 и затягивается со стороны заднего конца шпинделя посредством длинного болта.

Шлифуемая шестерня 3 вставляется в прошлифованное для нее кольцо приспособления 2 и прижимается тремя зажимами 4, расположенными по окружности.

Для смены приспособления затяжной болт вывинчивается из хвостовика приспособления, затем кольцо 5 свинчивают. Свинчиваясь со шпинделя, кольцо упирается в спинку приспособления и выталкивает это приспособление из отверстия шпинделя.

Наладка станка Пратт-Уитни

Правка шлифовальных дисков

Для правки дисков сначала снимают кожухи с них и с приспособлений для правки. Шлифовальные диски, если они очень близко подведены друг к другу, должны быть разведены с помощью рукоятки 15 (фиг. 22).

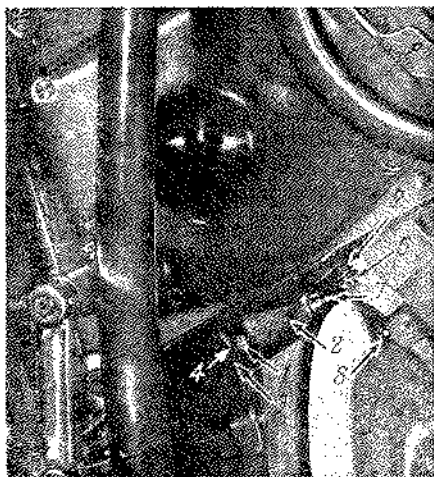
Все алмазные державки подводятся к заправляемому диску на максимально близкое расстояние, причем все алмазы должны иметь одинаковый зазор относительно шлифовального диска. Затем надо отрегулировать подвод охлаждающей жидкости и проверить правильность смазки шпинделей шлифовальных дисков.

При правке дисков, как и при шлифовании, должна применяться охлаждающая жидкость. Рекомендуется избегать при составлении охлаждающей жидкости таких компонентов, которые образуют клейкую смесь.

На фиг. 86 представлены алмазы для правки шлифовального диска. Алмазом 8 заправляется наружная рабочая плоскость диска, алмазом 5 производится заправка диска по периферии. Алмазом 7 производится правка внутренней нерабочей плоскости диска.

После запуска моторов шлифовальных дисков все алмазы одновременно сближают на 0,05—0,07 мм поворотом маховичков 8 и 11 (фиг. 22) и приступают к правке дисков.

Салазки шлифовальных головок и супорты правочных приспособлений связаны кинематически таким образом, что заправляемые диски не изменяют своего положения при заправке (или после нее). Чтобы получить достаточную рабочую ширину у заправляемой наружной части шлифовального диска, боковой наружный алмаз можно соответственно отрегулировать, подавая его на диск (или отводя от него) посредством регулировочного болта с шестигранной головкой 1 (фиг. 86). Предварительно необходимо отпустить стопорный винт 2. Когда алмазы затупятся, их надо повернуть на четверть оборота.



Фиг. 86. Приспособление для заправки шлифовальных дисков.

Это делается посредством болта 3 и гайки 4 (фиг. 86). Когда рабочая плоскость диска уже заправлена, производят заправку диска по периферии алмазом 5. Если нужно повернуть алмаз 5, то для этого отпускают гайку 6. Внутренняя плоскость шлифовального диска заправляется для того, чтобы иметь постоянную требуемую толщину в сечении рабочей части шлифовального диска.

Установка шлифовальных дисков

Шлифовальные диски необходимо точно установить по углу давления шлифуемой шестерни. Сначала они раздвигаются с помощью маховичка 10 (фиг. 22) так, чтобы при поворотах во время настройки они не могли задевать друг за друга. Для того чтобы можно было поворачивать и устанавливать диски в требуемое положение, надо отпустить крепящие их три зажима, снабженные шестигранными головками. Каждая шлифовальная головка имеет свои три зажима. Два из них видны на фиг. 22, поз. 15, третий находится позади правочного приспособления.

Установка шлифовальных головок производится по круговым шкалам 14 (фиг. 22), которые градуированы с точностью до 30', и окончательно — по нониусу с точностью до 1'.

Шлифовальные диски поднимаются вверх таким образом, чтобы образовался зазор между шлифуемой шестерней и краем диска. Предварительно надо расцепить правочные приспособления с помощью рукояток, находящихся наверху шлифовальных салазок. Это позволит поднять вверх диски, не изменяя положения дисков относительно правочных приспособлений.

Далее надо освободить крепящий винт наверху рамы (фиг. 22) и установить раму станка таким образом, чтобы плоскость, проходящая через центры шлифовальных дисков, проходила и через середину шлифуемой шестерни. Установка и регулировка рамы станка в этой позиции производится посредством регулировочных винтов, находящихся с задней стороны рамы. После регулировки рама фиксируется крепящим болтом. После этого шлифовальные диски снова опускают, вводят во впадину между зубьями шлифуемой шестерни и раздвигают до требуемой величины до касания с поверхностями шлифуемых зубьев.

Обычно, если требуется большая точность по шагу, между шлифовальными дисками находятся два зуба шлифуемой шестерни. Края шлифовальных дисков не должны касаться дна впадины между зубьями.

После установки шлифовальных дисков в рабочее положение приспособления для правки дисков снова сцепляются со шлифовальными головками.

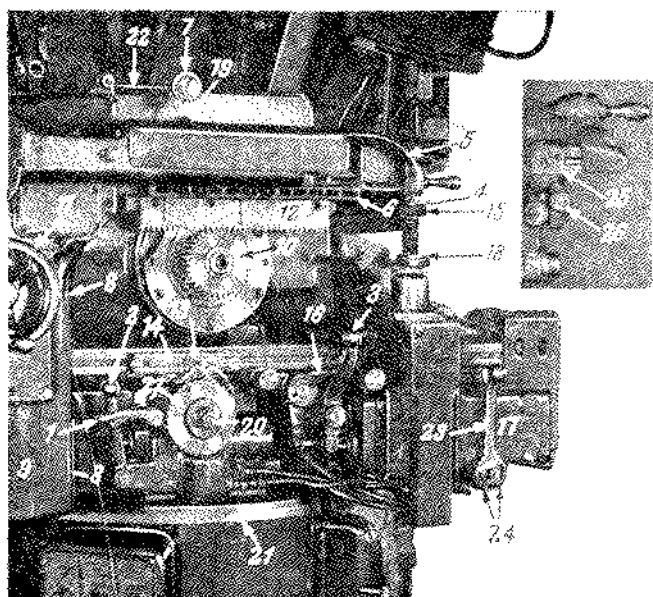
Настройка механизма обкатки

(фиг. 87)

Надо отпустить три крепящих салазки винта (расположение винтов показано на поз. 8) и поставить салазки 9 посредством маховичка 11 в такое положение, чтобы рукав 5 для рейки не мешал монтировать эталонную шестерню 10 на конце шпинделя.

Эталонная шестерня не имеет шпонки и жестко закрепляется на шпинделе. Рекомендуется гайку, прижимающую эталонную шестерню, затянуть покрепче.

После этого надо установить эталонную рейку 12. Для этого опускают салазки 9 таким образом, чтобы эталонная рейка пришла в нормальное зацепление с эталонной шестерней. Винт домкрата 15 должен быть настолько завинчен, чтобы он не соприкасался с реечным рукавом во время его опускания.



Фиг. 87. Органы управления рабочими движениями станка Пратт-Уитни.

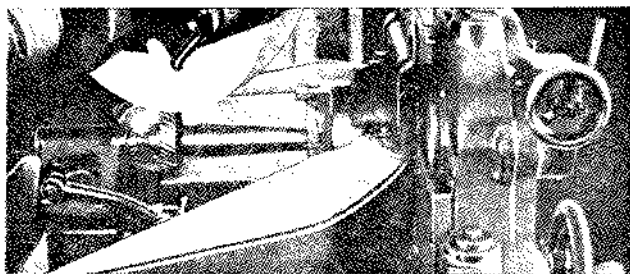
На державке 22, шарнирно укрепленной на станке, монтируется циферблатный индикатор 7. Державка поворачивается, и ножка индикатора упирается в специально обработанную бобышку 19 на реечном рукаве 5.

Рычаг 16 Т-образной формы управляет клапаном распределительной коробки 17, в которой сосредоточено управление основными функциями гидравлической системы. Один конец рычага 16 нажимается левыми упорами; а другой — правыми.

Затем следует отрегулировать положение собачки 13 на колодке 14, как это показано на фиг. 87. Положение колодки 14 должно быть таким, чтобы когда рычаг 3 повернется влево, рабочие салазки, или, иначе, стол станка, получили возможность поступательно-возвратно двигаться на 150—160 мм по длине (при этом один только салазки будут иметь быстрое движение, других же движений станок иметь не будет). Во время этого движения надо наблюдать за стрелкой индикатора. Реечный рукав будет дрожать (опускаться и подниматься) до тех пор, пока не будет

найден для него правильное положение, а именно, когда делительная прямая эталонной рейки займет положение, строго параллельное направляющим станка, по которым ходят салазки стола. Эта доводка положения реечного рукава производится регулированием по высоте салазок 9. Салазки опускают и поднимают до тех пор, пока подсакивание рейки, наблюдаемое по индикатору, не станет менее 0,02 мм.

После этого затягивают крепящие винты 8 и удаляют индикатор. Затем поднимают домкрат 15 до тех пор, пока пружинный штифт 4 не вдавится до 0,4—0,5 мм по заплечикам на головке винта домкрата 15. Это положение фиксируется затяжкой гайки 18.



Фиг. 88. Шлифуемая шестерня в рабочем положении.

После пробы движения стола его останавливают поворотом рычага 3 вправо.

При шлифовании шестерен с прямым зубом поворотная плита должна быть установлена по дуговой шкале 21 (фиг. 87) на нуль. Для этого сначала отпускают зажимной болт 21 (фиг. 22). Затем, взявшись за рукоятки на обоих концах стола станка, поворачивают плиту вместе с установленным на ней столом до нулевого деления и снова затягивают болт 21 (фиг. 22).

Шлифуемая шестерня монтируется на оправке с поводком 2 (фиг. 88). Оправка устанавливается в центрах. Чтобы подвинуть заднюю бабку при установке обрабатываемой шестерни, надо отпустить закрепляющий ее винт с квадратной головкой.

Оправку с шестерней легко можно снимать путем отвода шпинделя задней бабки посредством рукоятки 1.

Регулировка рабочих движений

Регулирование рабочих движений можно расчленить на следующие основные этапы:

- 1) регулирование хода стола;
- 2) регулирование правильности зацепления эталонной шестерни с эталонной рейкой;
- 3) регулирование положения делительных реек.

При регулировании пробные рабочие движения станка сначала осуществляются при помощи ручного управления. После уста-

новки соответствующих упоров и согласования движений — обкатки, деления, ходов стола, проверки правильности положения шлифовальных дисков и их своевременного выхода из зацепления со шлифуемой шестерней при перемене направления хода стола — станок переводят на работу по автоматическому циклу.

Для пуска и остановки стола вручную пользуются рычагом 23 (фиг. 87). Этот рычаг управляет скоростью движения стола. Чтобы полностью остановить стол, надо повернуть рычаг 23 влево доотказа.

Для того чтобы можно было действовать рычагом 23, надо сначала ослабить крепящие болты 24. При работе с рычагом 23 следует нейтрализовать рычаг 16, т. е. поставить упоры, нажимающие во время работы на рычаг 16, в такое положение, чтобы они не могли нажимать на него при регулировке.

Упор 25 надо передвинуть влево приблизительно на 250 мм так, чтобы рычаг 26 не мог задеть его при движении стола. Рычаг 2 повернуть влево, защелка 1 упадет и зафиксирует его в определенном положении. Стол пойдет влево. Остановить его следует рычагом 23 в положении, когда шлифуемая впадина займет приблизительно центральное положение под шлифовальными дисками.

Путем поворота маховичка (поз. 10, на фиг. 22) влево надо сблизить диски до 0,12—0,15 мм. Между дисками и шлифуемыми сторонами зубьев, таким образом, образуется зазор. После этого пускают в ход шлифовальные диски и придают медленное поступательно-возвратное движение столу станка. В это время следует окончательно отрегулировать упоры 13 и 14 (фиг. 87) с тем, чтобы шлифуемая шестерня выходила из зацепления в конце каждого хода стола в момент перемены направления хода.

Упоры 13 и 14 располагаются и с левой и с правой сторон Т-образного рычага 16 и действуют поочередно то на один, то на другой конец этого рычага, меняя этим направление хода стола. Рычаг 16 управляет клапаном гидросопровода, который находится в главной распределительной коробке 17, где сосредоточено управление большинством автоматических функций гидравлической системы станка.

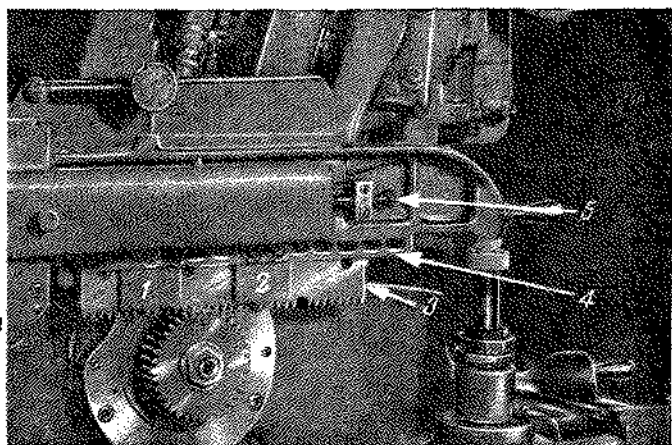
Когда ходы достаточно отрегулированы, шлифовальные диски осторожно раздвигают с помощью маховичка 10 (фиг. 22) до тех пор, пока появится легкое искрение, что будет свидетельствовать о том, что они пришли в контакт с обрабатываемыми зубьями.

В те моменты, когда направление хода стола меняется, что совпадает по времени с появлением зазора между наружным диаметром шестерни и шлифовальным диском, эталонная шестерня должна находиться в таком положении, чтобы ее центр лежал приблизительно на линии, проходящей через середину зуба эталонной рейки. В противном случае надо остановить станок, подняв собачку 1 (фиг. 87), и отрегулировать упор до требуемого положения. Станок пускается вновь движением рычага 2 влево.

В момент перемены хода салазки 6 (фиг. 87) или 4 (фиг. 89) делительной рейки будут находиться в крайней правой позиции.

Надо при остановке станка смонтировать на них две делительные рейки 1 и 2 (фиг. 89) так, чтобы контуры зубьев этих реек совпадали с контурами зубьев эталонной рейки 3. Если эталонная рейка смонтирована и отрегулирована правильно, то делительные рейки должны будут иметь люфт в зацеплении с эталонной шестерней, равный 0,2 мм.

Остановить салазки стола следует в таком положении, чтобы эталонная шестерня находилась на одинаковом расстоянии от обеих делительных реек. Упор 25 (фиг. 87) располагают прямо над штифтом, выступающим из конца рычага 26.



Фиг. 89. Установка делительных реек.

Винт 5 (фиг. 89) регулируется таким образом, чтобы расстояние от его конца до упора равнялось шагу эталонной рейки.

После наладки делительных реек станок пускают посредством рычага 2 (фиг. 87). Салазки стола будут двигаться медленно в одну сторону, пока рычаг 16 частично нажат. Когда рычаг 16 будет полностью нажат, салазки пойдут быстро. Когда салазки остановятся в крайней точке, гидравлический домкрат 15 поднимет эталонную рейку над эталонной шестерней, оставив последнюю в зацеплении с одной из делительных реек.

В это время салазки делительных реек передвинутся вправо на один шаг, и этим движением оставшаяся в зацеплении делительная рейка повернет эталонную шестерню и вместе с ней шлифуемую шестерню на один зуб. После этого гидравлический домкрат опустит эталонную рейку на эталонную шестерню. Рабочие салазки быстро передвинутся в позицию для шлифования и затем перейдут на более медленную рабочую скорость. Приблизительно на середине хода салазок стола собачка 25 (фиг. 87) нажмет на рычаг 26, и салазки делительной рейки продвинутся обратно влево. Весь цикл будет повторен, когда салазки стола дойдут до другого своего крайнего положения.

На пальце 20 (фиг. 87) монтируется храповое колесо 27, которое имеет то же число зубьев, что шлифуемая шестерня. Каждый раз при делении собачка храповика поворачивает его против часовой стрелки на один зуб, храповое колесо поднимает защелку 1, и станок автоматически останавливается.

Для удобства в работе храповое колесо имеет отверстие. В начале шлифования собачка храповика должна приходиться прямо против этого отверстия, как показано на фиг. 87. Тогда можно будет легко установить момент, когда будет закончено шлифование всех зубьев шестерен в течение данного прохода, и осмотреть шестерню, зная, что все ее зубья в течение данного прохода отшлифованы.

Регулировка снятия припуска

(фиг. 22)

Если при первом проходе выявилось неравномерное распределение припуска на шлифуемых сторонах зубьев, т. е. с одной стороны впадины снимается больше материала, чем с другой, то это можно исправить поворотом маховичка 5. Маховичок 5 должен быть вначале установлен в нейтральную позицию. Для установки в нейтральную позицию валик, на котором сидит маховичок 5, имеет продольную риску. Нейтральная позиция валика соответствует такому положению, при котором риска совпадает с прорезью в бобышке, где находится рычаг 6 для закрепления валика.

От нейтральной позиции маховичок может повернуться примерно на полтора оборота в любом направлении. Необходимо следить, чтобы валик был установлен и закреплен в нейтральной позиции. При вращении маховичка 5 заготовка поворачивается, и зубья ее могут переместиться в ту или иную сторону в пределах до 0,10 мм. Эту регулировку величины снятия припуска надо делать на первых предварительных проходах.

Отшлифовав все зубья шестерни, станок автоматически останавливается. После первого прохода, когда осмотр детали показывает удовлетворительные результаты в смысле равномерности снятия припуска и других моментов работы, шлифовальные диски раздвигаются на 0,35—0,4 мм для следующего чернового прохода. Эти черновые проходы повторяются до тех пор, пока на зубьях заготовки не останется непрошлифованных участков. Для большинства шлифуемых шестерен бывает достаточно четырех черновых проходов. Перед чистовым проходом следует заправить шлифовальные диски.

После заправки дисков надо поднять собачку 1 (фиг. 87) и передвинуть рычаг 23 в позицию для чистового шлифования. Затем пустить станок и окончательно отшлифовать шестерню.

Чистовое шлифование

При нормальных припусках шлифование ведется в пять проходов. За последние два прохода рекомендуется снимать слой толщиной 0,04—0,02 мм.

Если при осмотре шестерни в процессе наладки обнаруживается неточность профиля, это исправляется изменением угла наклона шлифовальных головок. Угол одной головки может изменяться, независимо от угла другой головки. Если профиль получается слишком полным у верхушки зуба, надо увеличить угол наклона шлифовальной головки, если же профиль получается слишком полным у дна впадины, надо уменьшить угол наклона шлифовальной головки.

Конусность зубьев исправляют небольшим поворотом алмазов и последующей дополнительной правкой шлифовального диска. Положение алмаза фиксируется при помощи трех винтов, из которых один находится на кожухе, прикрывающем алмазное приспособление, а два других — сзади кожуха, внизу.

После всех этих подрегулировок шестерню можно шлифовать в размер.

Когда шестерня окончательно отделана, освобождается рукоятка фрикциона 9 (фиг. 22), и маховичок 10 устанавливается на нуль, после чего шлифовальные диски выводятся из зацепления с изделием, и оно снимается со станка.

Смазка

Смазочное масло должно отвечать определенным кондициям.

Смазочная система устроена таким образом, что на трущиеся места станка масло подается под давлением 1 атм. Сначала оно попадает в коробку распределения и уже отсюда по отдельным трубкам подается к направляющим стола станка. Поток масла из распределителя должен быть отрегулирован так, чтобы на направляющие станка попадало от 30 до 60 капель в минуту. В этих пределах надо все время поддерживать расход масла. Необходимо следить за уровнем масла по стеклянной трубке 1 (фиг. 22). Если масло превышает уровень по шкале или находится ниже этого уровня, станок надо немедленно выключить, найти и устранить причину ненормальности. На станке имеется еще ряд масленок и отверстий для ручной смазки. Смазка через них производится два раза в течение рабочего дня. В остальном следует придерживаться соответствующей инструкции.

Наладка станка Найлс

Установка длины хода штосселя

Штоссель станка устанавливается на длину хода таким образом, чтобы эта длина была не больше ширины шлифуемой заготовки на 10—20 мм. Штоссель перемещается по высоте посредством винта. Установка производится таким образом, чтобы середина шлифовального круга выступала сверху и снизу над краем шлифуемой шестерни на 5—10 мм.

Установка шлифовального круга на глубину

Установка шлифовального круга на требуемую глубину достигается путем пододвигания стойки со штосселем с помощью винта, головка которого выходит сбоку станка. На головку винта

надевается рукоятка, при помощи которой винт вращается. Шлифовальная головка продвигается навстречу шестерне до тех пор, пока шлифовальный круг, войдя во впадину между зубьями, не коснется слегка дна впадины, причем установка фиксируется по высшей точке дна впадины.

Реверсирование хода стола и деление

Для реверсирования хода стола служат упоры 15 и 16 (фиг. 21). Упор 16 служит для реверсирования хода стола в момент перехода от шлифования левой стороны впадины к шлифованию правой стороны той же впадины зуба. Этот упор должен быть установлен так, чтобы реверсирование произошло в тот момент, когда только прекратилось искрение, что будет означать, что шлифовальный круг отошел от края шлифуемого зуба.

Упор 15, кроме реверсирования, управляет также и делительным движением. Он должен быть установлен таким образом, чтобы дать возможность шлифовальному кругу совершенно выйти из зацепления с шестерней так, чтобы последняя имела возможность свободно повернуться, не задев за край круга.

Для быстрого отхода стола перед делительным поворотом имеется упор 7 (фиг. 21), установленный на каретке стола. Этот упор действует следующим образом. Как только шлифовальный круг выйдет из зацепления с шестерней, упор 7 включит муфту ускоренного хода. Благодаря этому каретка сначала быстро отойдет на расстояние, необходимое для совершения делительного поворота. После совершения делительного поворота каретка так же быстро возвратится в исходное положение.

Подбор сменных шестерен

Шлифуемая шестерня совершает обкатное движение, которое складывается из поступательного и вращательного движения по отношению к кругу.

Движение круглого стола регулируется подбором сменных шестерен. Гитара шестерен обкатки находится в коробке с правой стороны станка. На фиг. 90 представлена гитара сменных шестерен.

Вращение круглого стола и поступательное движение его салазок по направляющим станины должны быть согласованы.

Набор сменных шестерен для обкатки подбирается по формуле

$$\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{k}{D_{н.о}}, \quad (1)$$

где a_1 , b_1 , c_1 и d_1 — сменные шестерни обкатки;

k — постоянный коэффициент;

$D_{н.о}$ — диаметр начальной окружности шлифуемой шестерни.

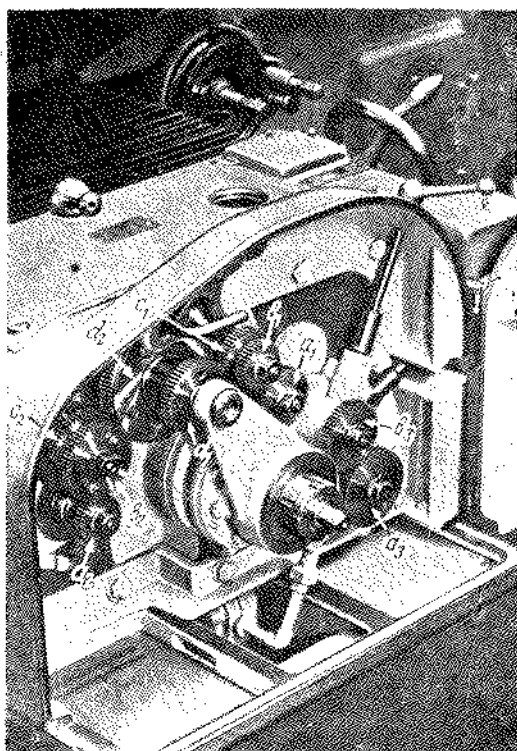
Подбор сменных шестерен для деления производится по формуле

$$\frac{a_2 \cdot c_2}{b_2 \cdot d_2} = \frac{A}{Z}, \quad (2)$$

где a_2, b_2, c_2, d_2 — сменные шестерни деления;

A — постоянный коэффициент;

Z — число зубьев шлифуемой шестерни.



Фиг. 90. Коробка шестерен станка Найлс.

Сменные шестерни для подачи стола подсчитываются по формуле:

$$\frac{a_3}{b_3} = \frac{s}{B}, \quad (3)$$

где a_3 и b_3 — сменные шестерни;

s — подача стола в миллим;

B — постоянный коэффициент.

При подсчете сменных шестерен обкатки необходимо определить возможную ошибку в диаметре начальной окружности шлифуемой шестерни и выяснить при этом, не выходит ли она за пре-

делу допустимого. Допустимые ошибки в диаметре начальной окружности $D_{н.о}$ должны составлять для

$$20^\circ \text{ зацепления: } F = \pm 0,000169 \cdot Z;$$

$$15^\circ \text{ зацепления: } F = \pm 0,000164 \cdot Z.$$

Здесь F — величина допустимой ошибки и
 Z — число зубьев шлифуемой шестерни.

Приводим пример поверочного расчета для определения точности диаметра начальной окружности.

Пример.

Надо отшлифовать зубья шестерни, имеющей следующие данные:

угол зацепления $\alpha = 20^\circ$, число зубьев $Z = 20$; диаметр начальной окружности $D_{н.о} = 30$ мм.

Тогда допустимая ошибка для $D_{н.о}$ будет

$$F = 0,000169 \cdot 20 = \pm 0,00338.$$

Определяем сменные шестерни по вышеприведенной формуле (1) и таблице сменных шестерен, имеющейся у каждого станка:

$$\frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = \frac{70}{52} \cdot \frac{74}{50}.$$

Для модели RSS постоянная k

$$k = 59,7686.$$

Имея эти данные, определяем $D_{н.о}$:

$$D_{н.о} = \frac{k \cdot b \cdot d}{a \cdot c} = \frac{59,7686 \cdot 52 \cdot 50}{70 \cdot 74};$$
$$D_{н.о} = 29,999683.$$

Фактически ошибка составит

$$30,000000 - 29,999683 = 0,000317,$$

т. е. при данном подборе сменных шестерен может быть соблюдена значительно большая точность, чем требуется.

Наладка зубопритирочного станка Феллоу

Настройка гитары станка

Гитары станка на заданную скорость настраивают по формуле

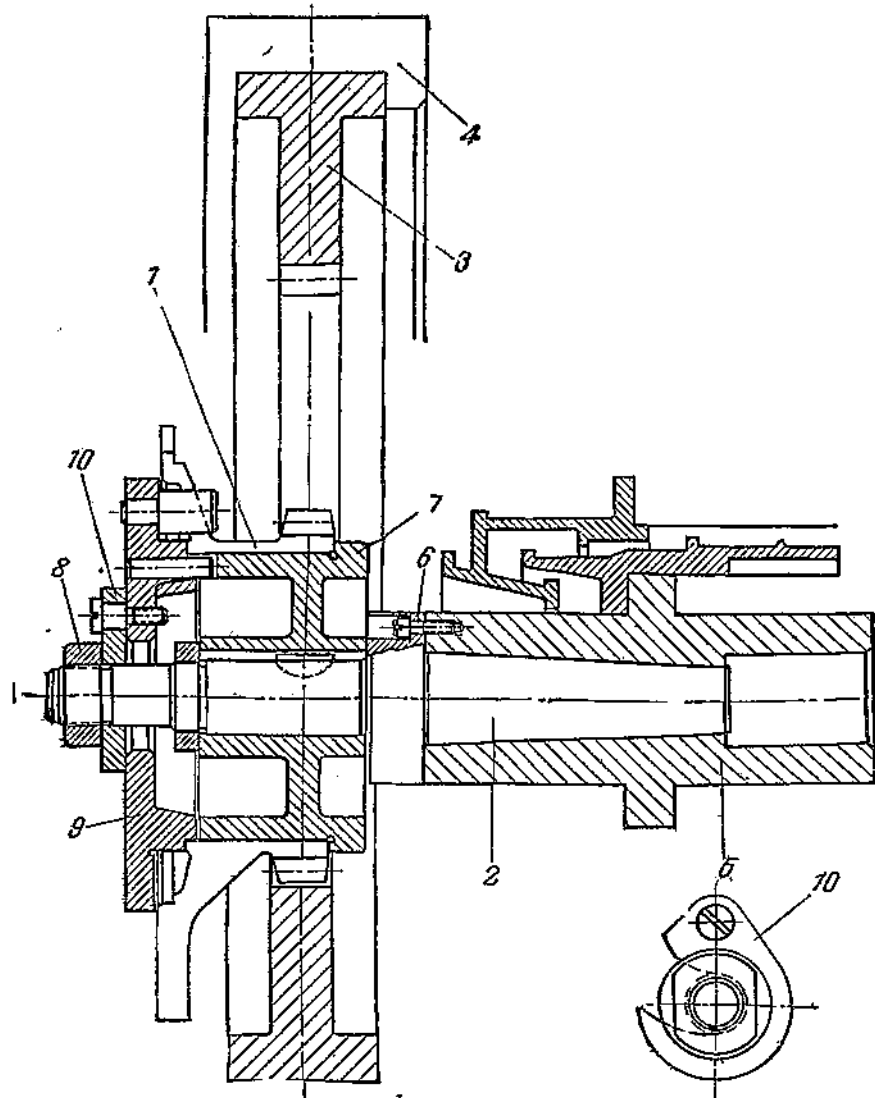
$$n = 450 \frac{1}{3} \cdot \frac{E}{F} \cdot \frac{A}{B},$$

где 450 — число оборотов в минуту вала контрпривода станка;
 $\frac{1}{3}$ — постоянное передаточное число;

A, B, E и F — число зубьев сменных шестерен гитары станка.

Установка изделий

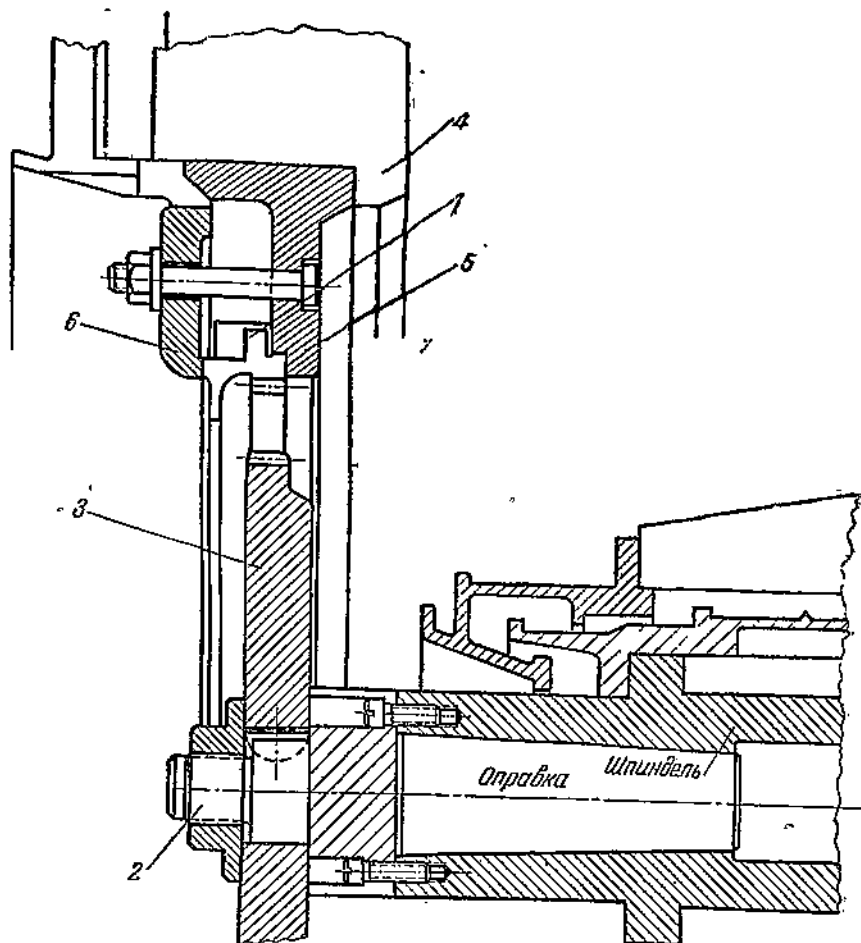
На фиг. 91 представлена шпиндельная головка станка Феллоу. Притираемая шестерня 1 с наружным зубом установлена на оправке 2. Притир 3 установлен в рабочей головке 4 станка. Конусный



Фиг. 91. Продольный разрез шпиндельной головки зубопритирочного станка Феллоу во время притирки шестерен наружного зацепления.

хвостовик оправки входит в конусную расточку носка шпинделя 5. Во избежание сдвига конуса оправки во время работы оправка дополнительно крепится по окружности фланца винтами 6, ввинчиваемыми в торец шпинделя. Оправки делают обычно од-

ного типа и отличаются в основном лишь размерами посадочной цилиндрической части и переднего конца. Для изделий же делаются, если это необходимо, специальные приспособления в зависимости от их конструкции и формы. Таким образом одна оправка может обслужить несколько изделий. Приспособление 7 устро-



Фиг. 92. Продольный разрез шпindleльной головки зубопрофилирующего станка Феллоу во время притирки шестерни внутреннего зацепления.

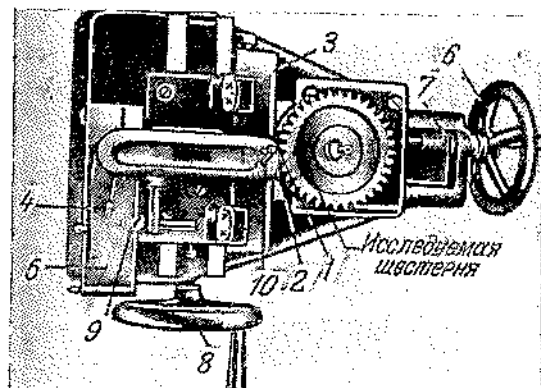
ено таким образом, что обрабатываемая шестерня 1 садится на его цилиндрическую часть, упираясь торцом в буртик приспособления. Затем на носок оправки надевается фланец 9 с шайбой 10, упирающийся буртиком в противоположный торец выточки на шестерне. Вся система закрепляется гайкой 8.

На фиг. 92 представлен случай притирки шестерни с внутренним зубом на этом же станке. Как можно видеть, шестерня и притир поменялись местами. На оправке 2 находится теперь притир 3.

имеющий форму шестерни наружного зацепления. Обрабатываемая шестерня 1 закреплена в специальном приспособлении 5. Наружной выточкой шестерня фиксируется по внутренней выточке приспособления и одновременно упирается торцом в торец кольца приспособления. Обрабатываемая деталь зажимается в приспособлении посредством трех зажимов 6, расположенных по окружности приспособления. Само приспособление установлено и закреплено в рабочей головке станка 4.

Контроль шестерен в процессе наладки

В процессе наладки необходимо прежде всего добиться правильности эвольвентной формы профиля зуба. Для этого применяются приборы, называемые эвольвентомерами. На отечественных заводах чаще всего применяется эвольвентомер Мааг. Особенность этого прибора заключается в том, что он имеет специальный механизм, записывающий результат измерения профиля в виде диаграммы на бумажной ленте. Этот прибор особенно полезен при наладке зубошлифовальных станков.



Фиг. 93. Прибор Мааг для контроля эвольвентного профиля зуба (вид сверху).

Принцип работы прибора заключается в следующем. По диску радиуса r , представляющему основную ок-

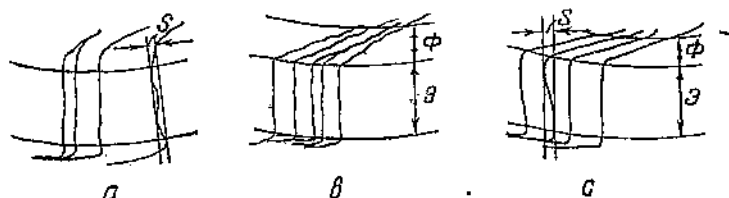
ружность обкатываемой шестерни, катится без скольжения обкаточная линейка. Щуп, прикрепленный шарнирно к линейке, постоянно прижимается острием к боковой поверхности зуба. При этом перо, связанное со щупом при правильной эвольвенте, вычерчивает на движущейся бумажной ленте прямую линию. Перу передаются малейшие колебания щупа с большим увеличением. При неправильной эвольвенте щуп отклоняется, и связанное с ним перо вычерчивает не прямую, а зигзагообразную линию.

На фиг. 93 представлен общий вид прибора Мааг для измерения эвольвент.

Отклонения измеряемого профиля от правильной теоретической формы передаются от шарового щупа 1, соприкасающегося с профилем зуба во время качения диска 2, основной окружности по обкатывающей линейке 3, через систему рычагов пишущему перу 4, которое на листе бумаги 5 записывает отклонения, увеличенные в 250 раз. Диск 2 подводится к линейке 3 маховичком 6 и прижимается к ней с постоянным усилием посредством пружины 7. Движение линейки 3, приводящей во вращение диск 2 и изме-

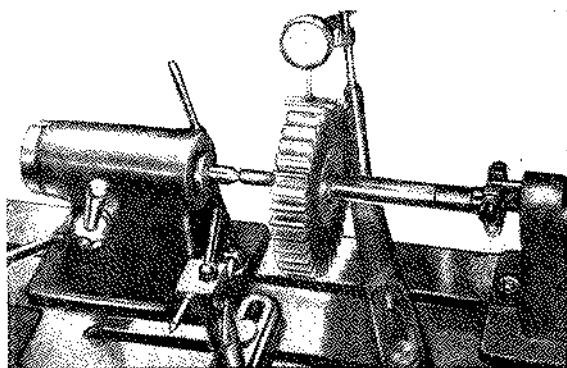
ряемую шестерню, осуществляется маховичком 8. Если профиль зубьев будет иметь правильную эвольвентную форму, то линии, записанные на бумажной ленте, будут иметь форму прямых, параллельных установочной прямой, нанесенной пером 9. Линейка закрепляется винтом 10.

На фиг. 94, а, в и с представлены диаграммы эвольвент, заснятые прибором Мааг при обмере шестерен авиационных двигателей. Рабочие участки профиля зуба заключены между двумя дугами.



Фиг. 94. Диаграммы эвольвентного профиля.

На фиг. 94,а представлены диаграммы нормального эвольвентного профиля, на фиг. 94,в — диаграммы фланкированного профиля. Здесь видно, что эвольвентный профиль Э начинается непосредственно у верхней дуги, а до нее идет фланкированный участок зуба Ф. Из этой же диаграммы видно, что в месте перехода фланка в эвольвентный профиль имеется резкий перелом. Такое явление нежелательно, так как может привести к концентрации напряжений в месте перехода кривой фланка в эвольвенту. Если не удастся подобрать такую величину и кривизну фланка, которая позволила бы получить плавный переход, то прибегают к притирке. Пригирка в течение непродолжительного времени сглаживает место стыка кривых, и получается плавное сопряжение.



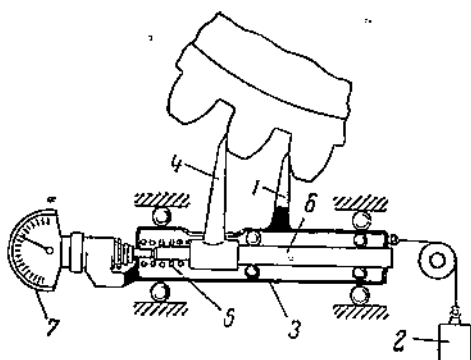
Фиг. 95. Контроль на биение по начальной окружности.

На фиг. 94,с представлены диаграммы фланкированного зуба после притирки. Как можно видеть из этой фигуры, места стыка кривых фланка и эвольвенты сглажены. Величина отклонения S эвольвенты измеряется путем наложения прозрачной целлулоидной пластинки с нанесенной на ней сеткой. Расстояние между двумя линиями сетки соответствует 0,003 мм.

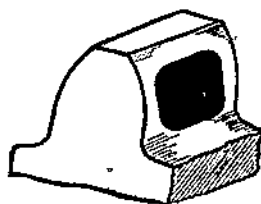
На фиг. 95 показан контроль шестерни на биение по профилям

зубьев. Шестерня на той же оправке, на которой она шлифуется, устанавливается в центрах прибора. Между зубьями закладывается ролик. Пуговка индикатора упирается в ролик, и стрелка его устанавливается на нуль. Затем шестерня поворачивается на 180° , снова закладывается ролик, на него опускается ножка индикатора, и устанавливается величина отклонения. Эта операция повторяется на других парах зубьев шестерни, пока не будет найдена максимальная величина отклонения.

На фиг. 96 представлена схема контроля шестерни по нормальному шагу посредством прибора, называемого одонтометром. Шуп 1 прижимается к зубу грузиком 2, тянущим цилиндр 3. Шуп 4 под действием пружины 5, сжимаемой верхней стенкой цилиндра 3, также всегда прижат к поверхности соседнего зуба. Шуп 4 насажен на скалочку 6, соединенную с индикаторной головкой 7. Слегка поворачивая шестерню, наблюдают за отклонениями стрелки индикатора. Все перечисленные измерения делают на пробных образцах шестерен.



Фиг. 96. Одонтометр Цейсса.



Фиг. 97. Контроль правильности касания профилей зубьев.

Контроль на правильность контакта между зубьями производится посредством окраски ведущей шестерни на контрольном приборе. При правильном касании после нескольких поворотов сопряженных шестерен пятно краски примет положение, указанное на фиг. 97. Пятно при правильном касании профилей зубьев в процессе зацепления должно занимать не менее 70% всей рабочей площади зуба.

Режимы зубоотделочных работ

Зубоотделочные станки являются станками с полуавтоматическим рабочим циклом. Все они могут быть настроены либо на определенное время обработки изделия, либо на определенное число рабочих движений, после чего станок выключается автоматически при помощи специального устройства. Эта особенность станков может быть всегда использована в целях многостаночного обслуживания и повышения производительности труда.

Рабочий режим при отделке зубьев складывается из ряда моментов. Прежде всего необходимо самое аккуратное отношение работников к станкам и инструментам. Там, где речь идет о величинах допусков, выражающихся в микронах, необходимо возвести в принцип работы чистоту и сохранение точности инструментов. Оправки к станкам не должны иметь никаких заборн или царапин. Конусы их должны быть точно пригнаны к коническим отверстиям в шпинделях станков. Биение оправок в шпинделях станков допускается в пределах пяти микрон. Сами станки должны часто выверяться. Особое внимание надо уделять состоянию направляющих на станинах, сохранению параллельности их оси шпинделя.

Рабочий режим станка состоит из скорости резания, подачи, числа поступательно-возвратных движений в единицу времени, характера и количества смазывающе-охлаждающей жидкости. Рассмотрим эти факторы по видам зубоотделочных работ. Прежде всего необходимо заметить, что ни для одного вида зубоотделочных работ пока еще не найдено сколько-нибудь надежных функциональных зависимостей между элементами, составляющими рабочий режим. Поэтому в каждом конкретном случае приходится экспериментальным путем подходить к выбору этих элементов. Основным критерием при этом будут являться: полученная чистота поверхности зуба, правильность профиля и сохранение точности по всем элементам в пределах установленных допусков.

При шлифовании рабочий режим в значительной мере определяется выбором образцов. Обычно для шлифования зубьев с закаленными рабочими поверхностями, имеющими твердость в пределах $H_{RC} = 58$ и выше, следует применять: для модулей $m = 2 \div 4$ шлифовальные круги зернистостью 46—60 и твердостью CM_1 , для модулей $5 \div 7$ круги зернистостью 60—80 и твердостью M_n . Рекомендуется применять электрокорунд высшего сорта — корракс.

Числа оборотов шлифовального круга в современных зубошлифовальных станках или постоянные или могут изменяться в небольшом диапазоне (2—3 различных числа оборотов). Обычно на меньшей скорости (15—18 $м/сек$) ведут предварительную обработку. На большей скорости (28—30 $м/сек$) окончательно обрабатывают зуб. В первом случае работают с большей подачей, чем во втором. Производительность станка будет зависеть от числа двойных ходов в минуту и величины снимаемого припуска за один двойной ход стола. Однако величина снимаемого припуска за проход будет лимитироваться требованиями к чистоте поверхности зуба и необходимостью избегать нагрева зуба при шлифовании.

На шестернях авиационных двигателей средняя величина припуска на сторону зуба составляет 0,15—0,20 мм. Для чистого шлифования оставляется припуск 0,10—0,15 мм. Если шлифование ведется сразу окончательное, величина припуска составляет 0,20—0,25 мм, и этот слой снимается за 4—5 проходов. Чистота поверхности зуба устанавливается по эталонной шестерне.

При шевинг-процессе скорость резания будет являться не окружной скоростью шевера (при методе Нейшенел-Броч), а ско-

ростью скольжения зуба шевера по зубу изделия, ибо процесс резания происходит при шевинге благодаря этому скольжению. Так как шевер и заготовка представляют винтовую пару, то из теории винтовой передачи скорость скольжения¹:

$$v_{ск} = R_1 \omega_1 \sin \varphi_1 \pm R_2 \omega_2 \sin \varphi_2$$

или

$$v_{ск} = v_1 \sin \varphi_1 \pm v_2 \sin \varphi_2;$$

здесь R_1 — радиус начальной окружности шевера;
 R_2 — радиус начальной окружности заготовки;
 ω_1 — угловая скорость шевера;
 ω_2 — угловая скорость заготовки;
 φ_1 — угол спирали зуба шевера;
 φ_2 — угол спирали зуба шестерни;
 v_1 — окружная скорость шевера;
 v_2 — окружная скорость заготовки.

При определении скорости v_1 знак плюс ставится в формуле при совпадении направлений спиралей зубьев шевера и шестерни. В случае несовпадения направления спиралей берется знак минус. Скорость осевого движения заготовки, имеющая одинаковое направление со скоростью скольжения, складывается с последней. Скорость осевого движения

$$s = tn \text{ м/мин},$$

где t — шаг винта для продольного движения стола;
 n — число оборотов винта в минуту.

Полное выражение скорости резания при наружном шевинговании и при совпадении направлений будет, следовательно,

$$v = v_1 \sin \varphi_1 \pm v_2 \sin \varphi_2 + tn.$$

При шевинговании шестерен авиамоторов с внутренним зацеплением припуск обычно составляет 0,15 мм, причем сначала снимается слой в 0,10 мм, а затем в 0,05 мм.

Вертикальная подача при шевинговании берется в пределах 0,02—0,04 мм на один ход стола станка.

Продольная подача (вдоль оси шестерни) берется 0,20—0,25 мм/об.

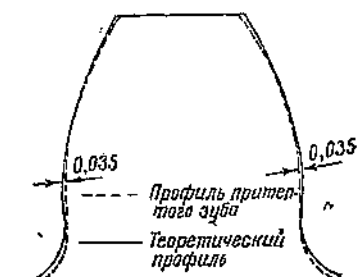
Притирка зубьев является наименее исследованным методом отделки зубьев. Здесь можно гарантировать лишь качество поверхности, которая получается матовой и превосходит по гладкости качество поверхности шлифованной. Что касается получения точного профиля, то здесь дело обстоит гораздо сложнее, чем при шлифовании.

¹ Чапаев, Окончательная обработка шестерен, доклад ЭНИМС.

На фиг. 98 и 99 представлены для сравнения профили шлифованного и притертого зуба шестерни. Разница очевидна. Можно, правда, подобрать режим, который дал бы возможность получить профиль еще более близкий к теоретической эвольвенте, но получить полное совпадение с теоретическим профилем, как это имеет место при шлифовании, практически почти неосуществимо. Режим при притирке определяется скоростью вращения притира и числом двойных ходов в минуту. Фирма Феллоу рекомендует для работы на ее станках скорость $v=26-30$ м/мин при количестве двойных ходов 250 в минуту. Фирма Пратт-Уитни при притирке зубьев шестерен на тех же станках применяет скорость $v=38$ м/мин.



Фиг. 98. Правильный профиль шлифованных зубьев.



Фиг. 99. Отклонение профиля притертых зубьев от теоретического профиля эвольвенты.

Шестерня вращается сначала в одном направлении, а затем вращение реверсируется.

Исследования, проведенные ЭНИМС, в некоторой мере освещают связь между вращательным и поступательным движением при притирке и влияние различных комбинаций этих движений на характер изменения формы зуба во время притирки.

Так, например, по данным ЭНИМС¹ при соотношении скоростей вращения заготовки и возвратно-поступательного движения 29:1 (т. е. когда линейная скорость вращения заготовки в 29 раз больше линейной скорости осевого перемещения) происходит усиленный износ ножки зуба.

При уменьшении этого отношения до 17:1 износ зуба начинает увеличиваться ближе к начальной окружности и к головке зуба, но еще остается большим у ножки зуба.

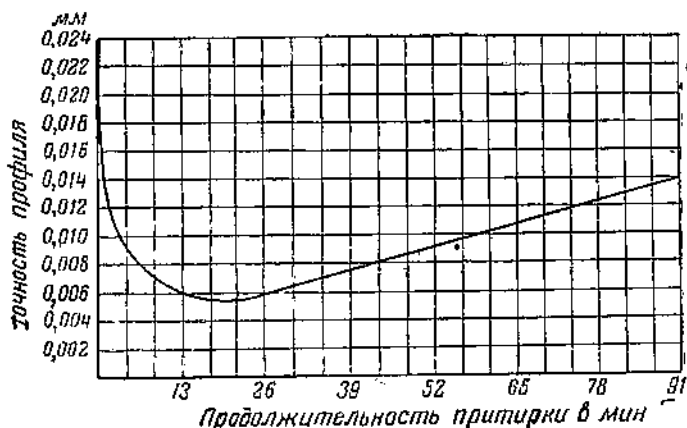
При соотношении скоростей 10:1 износ зуба происходит равномерно, и профиль зуба приближается к теоретической эвольвенте.

При соотношении скоростей 7:1 изменяется направление износа. Износ у ножки прекращается и переносится на головку зуба.

Однако не только соотношение скоростей вращательного и поступательного движения влияет на форму притираемых зубьев. Большое влияние на результат притирки оказывает еще и элемент

¹ Доклад инж. ЭНИМС т. Чапаса, Окончательная обработка шестерен.

времени. На фиг. 100 представлена диаграмма влияния продолжительности притирки на точность профиля зуба. Как можно видеть, по мере увеличения времени притирки довольно быстро ухудшается точность эвольвентного профиля зуба. Это объясняется природой самого метода притирки, являющейся искусственным износом зуба, который усиливается применением абразива.



Фиг. 100. Влияние продолжительности притирки на профиль зуба.

Из всего сказанного следует, что выбор режима для притирки является непростой задачей. Он требует обязательного проведения предварительных опытов для установления оптимального режима, требует идентичности термической обработки зубьев притираемых шестерен, так как в противном случае притирка может привести к увеличению брака либо к слишком большим затратам рабочего времени.

Главным условием получения хороших результатов притирки является качественная предварительная подготовка шестерин под притирку. Эта подготовка заключается в том, что профили зубьев должны быть обработаны под притирку с максимально возможной точностью. Тогда притирка не займет много времени и даст требуемую точность. Это указание имеет особенно важное значение для крупно-серийного производства, где притирка как метод исправления профилей зубьев не должна применяться, т. к. это потребует слишком большой затраты времени и огромного расхода притиров.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОПИРОВ И ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ДИСКОВ К ЗУБОШЛИФОВАЛЬНЫМ СТАНКАМ

Модуль, шаг и число зубьев изготавливаемых зубчатых колес часто изменяются, поэтому приходится соответственно менять копии и делительные диски у зубошлифовальных станков. Методы изготовления этих сменных деталей зубошлифовальных станков представляют значительный интерес для заводов, применяющих шлифование зубьев шестерен.

Ниже приводятся данные по этому вопросу из практики моторостроительного завода им. Сталина, хорошо освоившего изготовление копиров и делительных дисков.

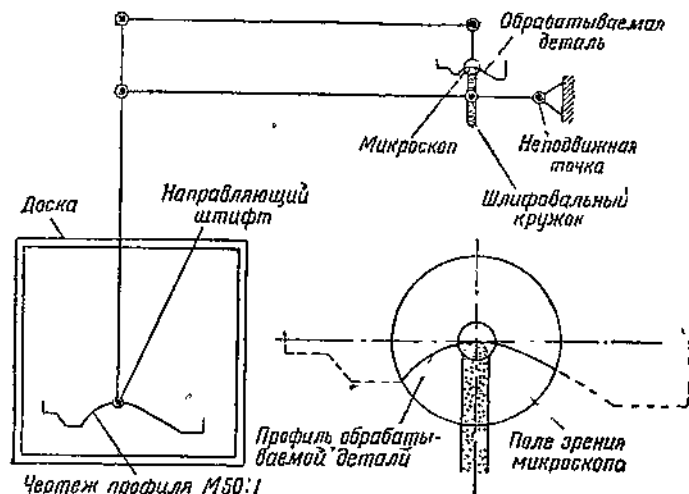
Технология изготовления копиров для зубошлифовальных станков типа Оркутт и Гир-Грайдинг

1. Отрезка заготовок на два копия из листовой малоуглеродистой цементнующейся стали толщиной 6 мм.
2. Зачистка заусенцев и рихтовка.
3. Шлифование одной плоскости на размер 5,4 мм.
4. Разметка контура и отверстий и сверление двух отверстий ϕ 3 мм.
5. Склепка двух заготовок.
6. Фрезерование плоскости контура заготовки для получения прямоугольной формы.
7. Фрезерование рабочего контура копиров с припуском под опиловку 0,25 мм на сторону.
8. Клеймение плоскости шифром чертежа.
9. Слесарная обработка.
 - а) Зачистка плоскостей.
 - б) Опиловка рабочего контура с припуском под шлифовку 0,25 мм на сторону.
10. Разобрать комплект для подготовки к термической обработке и пометить обе заготовки одинаковыми клеймами.
11. Омеднение.
12. Зачистка омеднения на рабочем контуре.
13. Цементирование на глубину 1,2:1,5 мм.
14. Закалить и отпустить.
15. Обдуть песком.
16. Шлифовать обе плоскости на толщину 5 мм.
17. Сборка заготовок в комплект в струбчинках.
18. Шлифование рабочего контура на профильно-шлифовальном станке.
19. Произвести старение.
20. Доводка притиркой рабочего контура до требуемой точности по контрольному.
21. Рассверлить и расточить два отверстия ϕ 6,35 $\pm$ 0,013 на координатно-расточном станке.
22. Слесарная обработка:
 - а) Разметка отверстий под резьбу.
 - б) Сверление двух отверстий под резьбу ϕ 4 мм.
 - в) Нарезание резьбы.
 - г) Зачистка заусенцев и скругление острых краев.

Шлифование профиля копиров к станкам Оркутт и Гир-Грайдинг

Наиболее ответственной операцией при изготовлении копиров является шлифование профиля. Эта операция производится на специальных профильно-шлифовальных станках, снабженных оптическими головками. Схема работы станка представлена на фиг. 1.

На специальной кронштейне укреплен в горизонтальном положении квадратная доска, на которую накладывается чертеж изготавливаемого профиля, увеличенный в 50 раз. По вычерченному профилю переставляется заостренный штифт, укрепленный на рычаге пантографа. На пантографе укреплен микроскоп. Каждое перемещение штифта по чертежу соответствует движению микроскопа, уменьшенному в 50 раз. Обрабатываемое изделие закреплено на столе станка.



Фиг. 1. Схема пантографа оптического шлифовального станка.

Рабочий подводит шлифовальную головку к изделию. Шлифовальная головка снабжена отдельным моторчиком и имеет возможность перемещаться в продольном и поперечном направлениях. Рабочий смотрит в окуляр оптической головки и, вращая ручки продольного и поперечного суппортов, подводит шлифовальный кружок к изделию таким образом, чтобы он оказался в поле зрения и занял положение на пересечении двух нитей, находящихся внутри окружности, как это показано в верхнем углу фиг. 1.

После этого включается рабочий ход шлифовальной головки и происходит шлифование данного участка профиля. Рабочий ход шлифовальной головки представляет собой быстрое поступательно-возвратное движение сверху вниз.

После того как один участок профиля отшлифован, направляющий штифт пантографа переставляется на следующий участок.

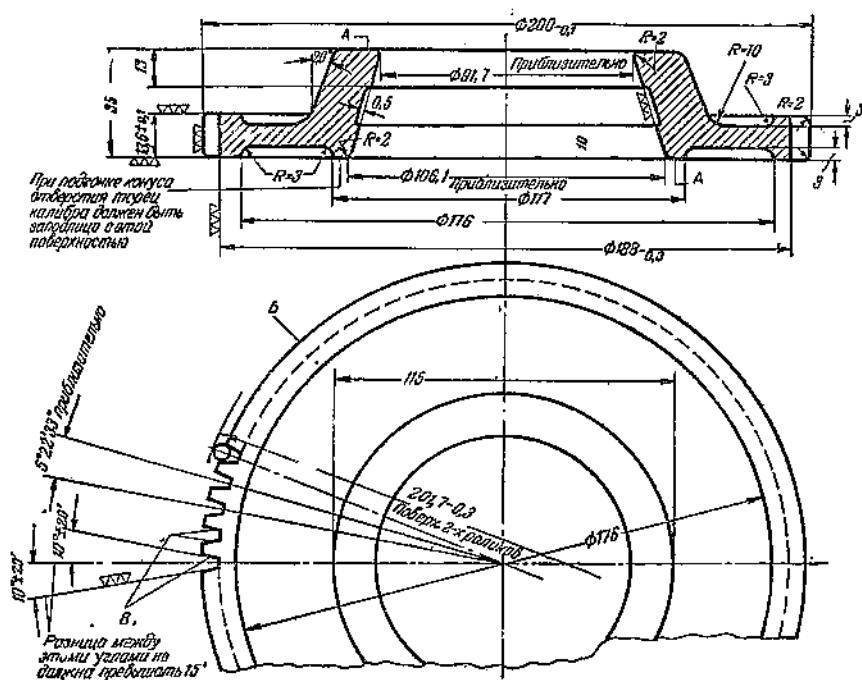
Так как пантограф уменьшает величину перемещения, то если, например, штифт на чертеже перейдет из положения А в положение В и расстояние АВ будет равно 5 мм, то соответствующее расстояние, пройденное шлифовальным кружком по профилю изделия, составит лишь 0,1 мм.

Для копиров зубошлифовальных станков чертеж профиля изготавливается не на ватмане, а на алюминиевом листе. Это увеличивает срок службы чертежа и позволяет вычерчивать кривые с максимальной точностью.

Технология изготовления делительных дисков к станкам Maag (фиг. 2)

1. Отжиг поковок.
2. Токарная обработка кругом с припуском под шлифование 0,6—0,7 мм.
3. Расточка посадочного отверстия на конус по калибру с припуском 0,3 мм.
4. Фрезерование зубьев на глубину 5,8 мм.
5. Термическая обработка:
 - а) закалка,
 - б) отпуск.

6. Обдувка песком.
7. Оксидирование.
8. Шлифование торцев диска на размер по чертежу. Выдержать параллельность в пределах 0,01 мм.
9. Старение.



Фиг. 2. Делительный диск к станку Магг.

Примечания. 1. Ошибка в шаге от зуба к зубу 0,002 мм; суммарно на 180° — 0,006 мм.

2. Конус отверстия изготовить по калибру.

3. Концентричность расположения впадин В к отверстию (при проверке роликом) в пределах 0,005 мм полного показания индикатора.

4. Биеение торцев А.

5. Концентричность поверхности В к отверстию в пределах 0,05 мм полного показания индикатора не больше 0,01 мм на $\varnothing 116$ мм.

10. Притирка торцев.

11. Шлифование конусного отверстия по калибру.

12. Шлифование на оправке наружного диаметра диска 200-^{0.1} мм.

13. Шлифование впадин по размерам чертежа.

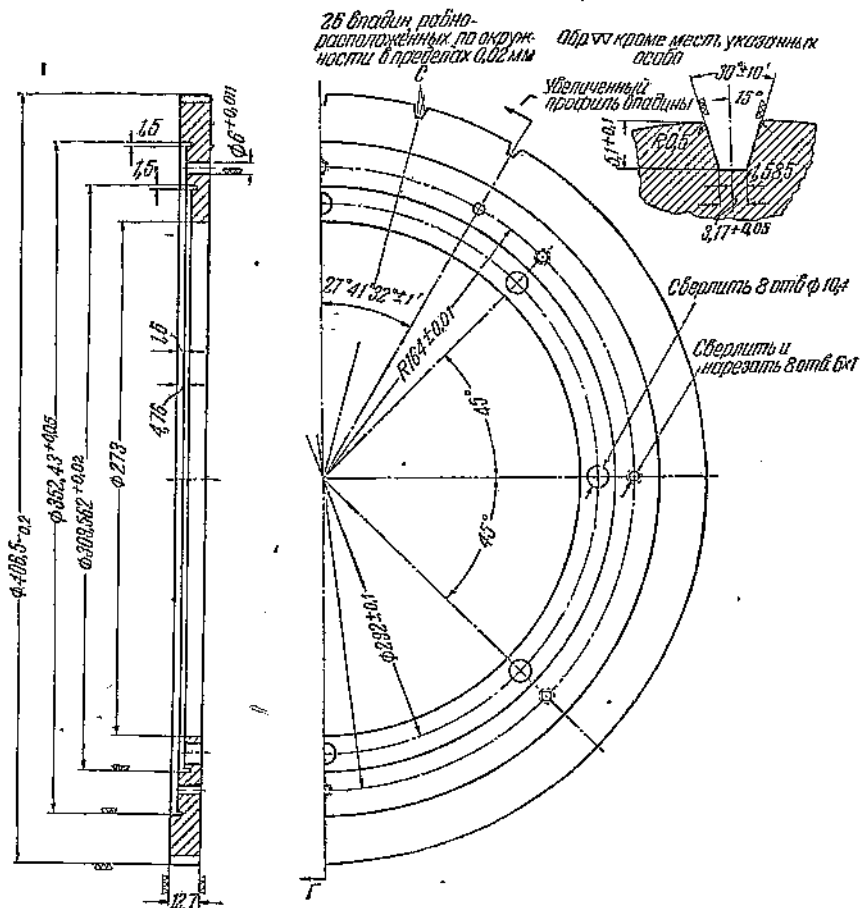
14. Скругление острых краев.

Технология изготовления делительных дисков для станков Оркутт и Гир-Грайддинг

На примере делительного диска, представленного на фиг. 3, приводим типичный технологический процесс изготовления этих дисков. Заготовкой для них является поковка из стали 25.

Операции

1. Отжиг поковки.
2. Предварительная токарная обработка с припуском по 2 мм на сторону (выточки $\phi 309$ мм и $\phi 352$ мм не делаются).
3. Термообработка. Нормализация заготовки.
4. Подрезка торцев.
5. Шлифование торцев до размера $13,4 \pm 0,2$ мм по толщине.



Фиг. 3. Делительный диск к станку Гир-Граиндинг.

6. Расточка отверстия до $\phi 110,8$ мм и выточек до $\phi 351$ мм и $\phi 308$ мм. Обточка по наружному диаметру на размер по чертежу.
7. Омеднение кругом для подготовки к цементации.
8. Шлифование отверстия с припуском под окончательную обработку.
9. Фрезерование впадин с припуском 0,3 мм на сторону и глубиной $4,8 \pm 0,1$ мм. Фрезерование производить на оправке.
10. Термообработка. Цементация, закалка и отпуск.
11. Обдувка песком.
12. Шлифование торцев на размер по чертежу.

0398

13. Шлифование отверстия, выточек ϕ 309 мм и ϕ 352 мм и торцев на размер по чертежу.

Рекомендуется проводить шлифование на планшайбе токарного станка. При шлифовании необходимо соблюдать concentricity в пределах 0,02 мм.

14. Высверлить четыре отверстия. Желательно сверлить на станках типа Декарль для соблюдения точности координат отверстий.

15. Нарезать резьбу согласно чертежу.

16. Отшлифовать впадины по размерам чертежа на плоскошлифовальном станке в приспособлении Винко.

17. Собрать диск с храповиком. Высверлить отверстие под штифт ϕ 6^{+0,01} мм и запрессовать штифт.

18. Высверлить и нарезать восемь отверстий ϕ 6×1 мм и ввернуть винты.

19. Высверлить восемь отверстий ϕ 10,4 мм согласно чертежу на координатно-расточном станке.

Приспособление для шлифования впадин делительных дисков (фиг. 4)

Наиболее ответственной операцией при изготовлении делительных дисков для станков Округт и Мааг является шлифование впадин этих дисков после закалки. От точности этой работы будет зависеть точность деления при шлифовании шестерен, которая определит в свою очередь точность шестерен по шагу. Данная работа может быть вполне успешно выполнена на обычном плоскошлифовальном станке с помощью приспособления американской конструкции Винко.

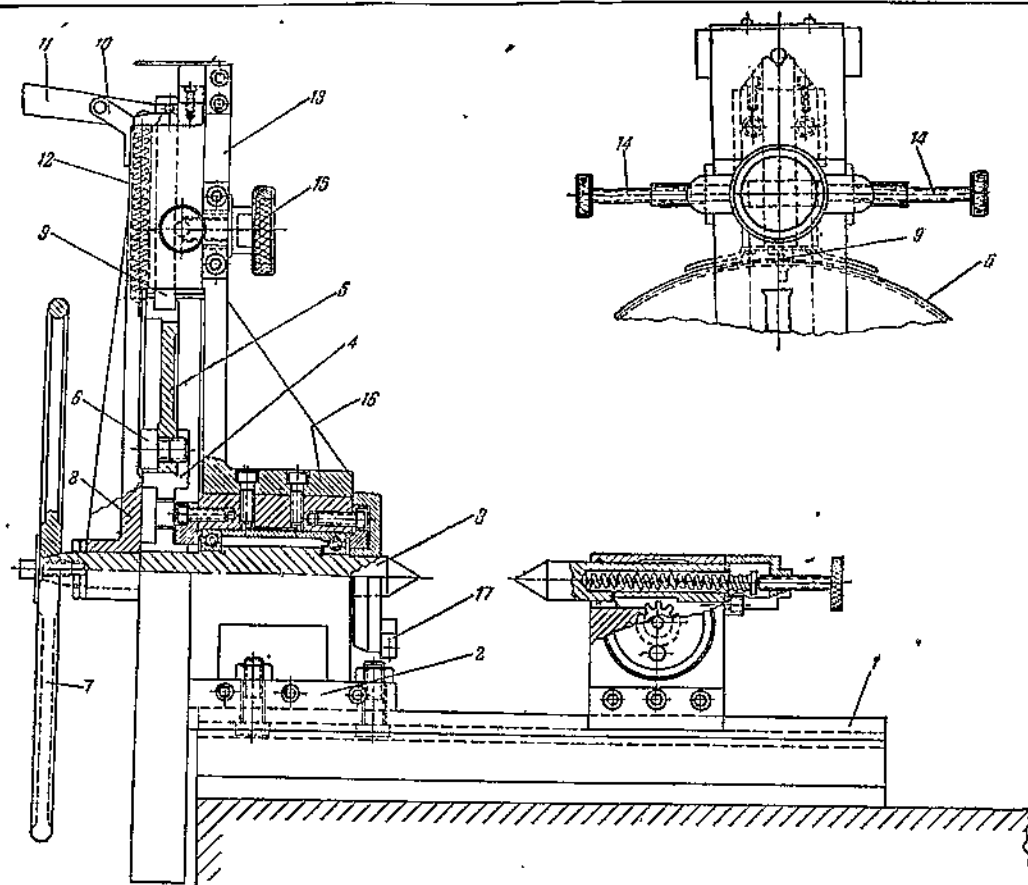
Приспособление смонтировано на длинной шлифованной призме 1, устанавливаемой на магнитной плите плоскошлифовального станка. К призме болтами прикреплен корпус 2 делительного механизма со шпинделем 3. На вращающийся в шарикоподшипниках шпиндель насажено опорное кольцо 4, изготовленное с точностью до 0,005 мм по взаимной concentricity и перпендикулярности рабочих поверхностей. На опорное кольцо насажен делительный диск 5, прикрепленный к кольцу четырьмя расположенными по окружностям болтами 6. Делительный диск 5, изготовленный с высокой точностью, имеет по периферии прорези, количество которых равно или кратно количеству впадин или шлицев на обрабатываемых изделиях.

Поворот шпинделя осуществляется насаженным на его заднем коническом конце маховичком 7. Между опорным кольцом 4 и маховичком 7 к шпинделю приспособления прикреплен вертикальный кронштейн 8, на котором смонтирован механизм, фиксирующий делительный диск 5 после поворота его на очередную впадину, т. е. после деления. Этот механизм состоит из защелки 9, кронштейна 10, рычага 11, пружины 12 и планки 13. Рычаг 11, к которому прикреплен верхний конец пружины 12, может поворачиваться на оси в прорези кронштейна 10.

Защелка 9 связана с концом рычага 11. При нажатии на рычаг нижний конец защелки выходит из прорези в делительном диске 5; при этом пружина 12 растягивается. Делительный диск посредством маховичка 7 поворачивают на очередную прорезь. Когда прорезь заходит под защелку, последняя под действием стремящейся сжаться пружины 12 западает в прорезь, фиксируя делительный диск в требуемом положении.

Чтобы правильно установить приспособление относительно шлифовального круга, пользуются регулировочными винтами 14, с помощью которых можно повернуть кронштейн 8 в требуемое положение. В этом положении кронштейн закрепляют зажимным винтом 15, который проходит через поперечную прорезь в кронштейне 16, укрепленном на корпусе приспособления.

После регулировки приспособления шлифовальный круг профилируют соответственно профилю шлифуемых впадин с помощью специального приспособления, устанавливаемого на призме 1, вместо задней бабки, которая на время правки круга снимается. С помощью этого приспособления, снабженного алмазом, производят ручную профилировку или правку шлифовального круга. Затем приспособление для профилирования снимают и устанавливают вновь



Фиг. 4. Общий вид приспособления Винко.

заднюю бабку. Если высота центров оказывается недостаточной для обработки данного изделия, под заднюю бабку и под корпус приспособления 2 подкладывают закаленные шлифованные сухари. После установки задней бабки и проверки взаимного положения переднего и заднего центров между центрами на оправке устанавливают обрабатываемое изделие. К переднему центру прикреплен поводок 17, связывающий обрабатываемое изделие со шпинделем 3 приспособления.

По окончании шлифования юной впадины нажимают рычаг 11, защелка выходит из прорези делительного диска приспособления; после этого маховичком поворачивают обрабатываемое изделие для шлифования следующей впадины или шлица и т. д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Е. Бакнигэм, Цилиндрические зубчатые колеса, ОНТИ, 1935 г.
2. Н. В. Пимкин, Измерение зубчатых колес, ОНТИ, 1935 г.
3. Colvin F., The Practice of Gear Cutting USA.
4. Drummond, Modern Methods of Gears Manufacture, USA.
5. И. В. Серпков, Современные методы обработки шестерен в США, журнал „Американская техника и промышленность“, № 11 и 12, 1936 г.
6. Burger, Procedure Followed in Producing Accurate Gears with High Wearing Qualities for Machine Tools, Machinery, N. Y., Oct. 1935.
7. Чапаев, Обработка шестерен шевинг-процессом, журнал „Станки и инструмент“, № 2, 1937 г.
8. Dixon, Hardened Gears, Iron Age, Febr., 1940, № 22.
9. Master Gears, Machinery, N. Y., July, 1940, № 11.
10. Chas. R. Staub, Curve Shaving, Machinery, Lond., 1940, June, № 13.
11. „T. Z.“ für praktische Metallbearbeitung, Ungenauigkeiten geschliffener Zahnräder, 1938, Oct. № 19/20.
12. Drummond, Gear Finishing crossed Axes Shaving Process, Iron Age, 1935, v. 139, № 1.
13. Gregor, Zahnradschleifen, Maschinenbau, 1936, № 13/14.
14. Sukes, Gear Noise Causes Corrections, Mechanical Engineering, 1936, July.
15. М. Д. Генкин, Шеверы, расчет, журнал „Машиностроитель“, № 3, 1938 г.
16. ВИАМ, Справочник по авиационным материалам, книга II, 1942 г., Оборонгиз.
17. Gschelin, Bulk's Warplane Engine Plant, Automobile and Aviation Industries, June 1, 1942.
18. Special Problems in Making Aircraft Gears, Machinery, L., IV, 1942, v. 60, № 1538.
19. Finishing Surface, Machinist, 1943, v. 87, № 7.
20. Design of Formers for Gear Profile gringing Machines, Machinery, L., v. 63, № 1618, Oct. 14, 1943.

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
Глава I. Методы отделки зубьев шестерен авиационных двигателей	4
Шлифование	4
Шевинг-процесс	10
Притирка зубьев	18
Полировка	20
Отделка зубьев с целью изменения их формы	20
Глава II. Характеристика зубоотделочных станков	23
Зубошлифовальный станок Маг	23
Гидравлический зубошлифовальный станок Оркутт	29
Зубошлифовальный станок Гир-Граиндинг, модель GG-30	30
Зубошлифовальный станок Найлс (Niles)	33
Шевинг-станок Феллоу 18	38
Шевинг-станок Мичиган-Тул, модель 858	42
Зубопритирочный станок Феллоу	44
Глава III. Механизмы рабочих движений у станков	46
Зубошлифовальный станок Оркутт	46
Зубошлифовальный станок Маг	60
Зубошлифовальный станок Найлс	77
Шевинг-станок Мичиган-Тул (модель 858) для шевингования шестерен с внутренним зацеплением	81
Глава IV. Анализ особенностей станков различных типов	84
Глава V. Наладка зубоотделочных станков	89
Установка шлифуемых шестерен на оправках	89
Наладка станков Маг	92
Наладка станка Оркутт	109
Наладка станка Гир-Граиндинг	115
Наладка станка Пратт-Уитни	125
Наладка станка Найлс	132
Наладка зубопритирочного станка Феллоу	135
	151

БИБЛИОТЕКА

Приложения

Изготовление копиров и делительных дисков к зубошлифовальным станкам	145
Технология изготовления копиров для зубошлифовальных станков типа Оркутт и Гир-Граиндинг	145
Шлифование профиля копиров к станкам Оркутт и Гир-Граиндинг	145
Технология изготовления делительных дисков к станкам Маг	146
Технология изготовления делительных дисков для станков Оркутт и Гир-Граиндинг	147
Приспособление для шлифования впадин делительных дисков	149

Редактор Родзевич С. С.

А17448.	Подписано к печати 10/IV 1945 г.	Печ. л. 9,5 + 2 вкл.	Уч.-завт. л. 11,3.
Кол. зн. в печ. л. 47600.	Тираж 4000.	Цена 12 р.	Заяв. 1368/1060.

Типография Оборонгиза.