

**МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ
ФАКТУРИРОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА**



ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭСТЕТИКИ

Государственного комитета Совета Министров СССР
по науке и технике

МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ФАКТУРИРОВАНИЯ
ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА

Рекомендации

Москва 1971

Издание подготовлено отделом декоративных свойств материалов и покрытий ВНИИТЭ.

В работе содержатся рекомендации по применению механических способов фактурирования поверхности металла. Даны характеристики способов, указаны области их применения, приведены технологические параметры процесса фактурирования, подробно рассмотрены декоративные свойства получаемых фактур.

Издание рассчитано на художников-конструкторов и технологов промышленных предприятий.

Авторы М. Грачева, С. Тюнин

Общие сведения

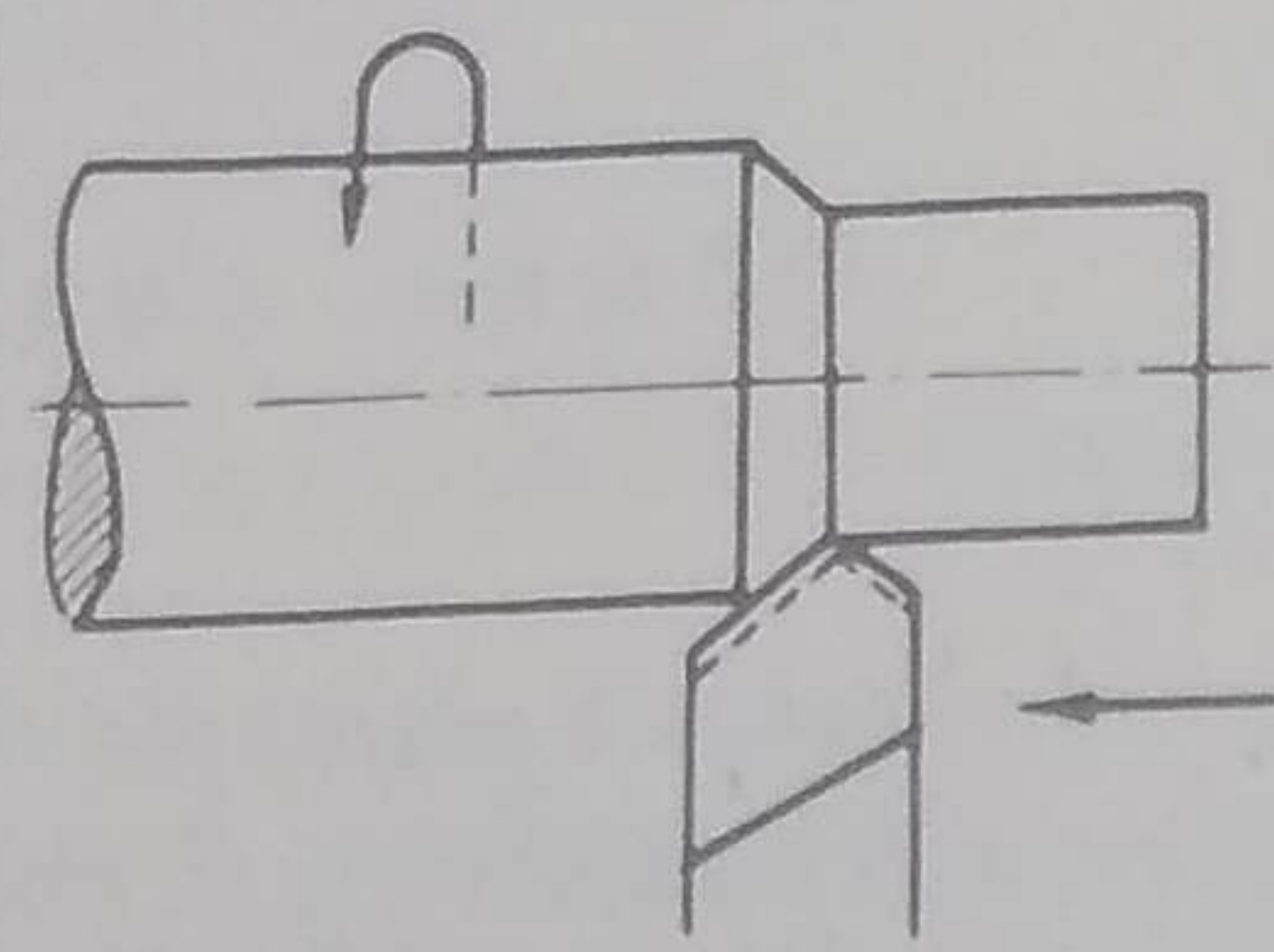
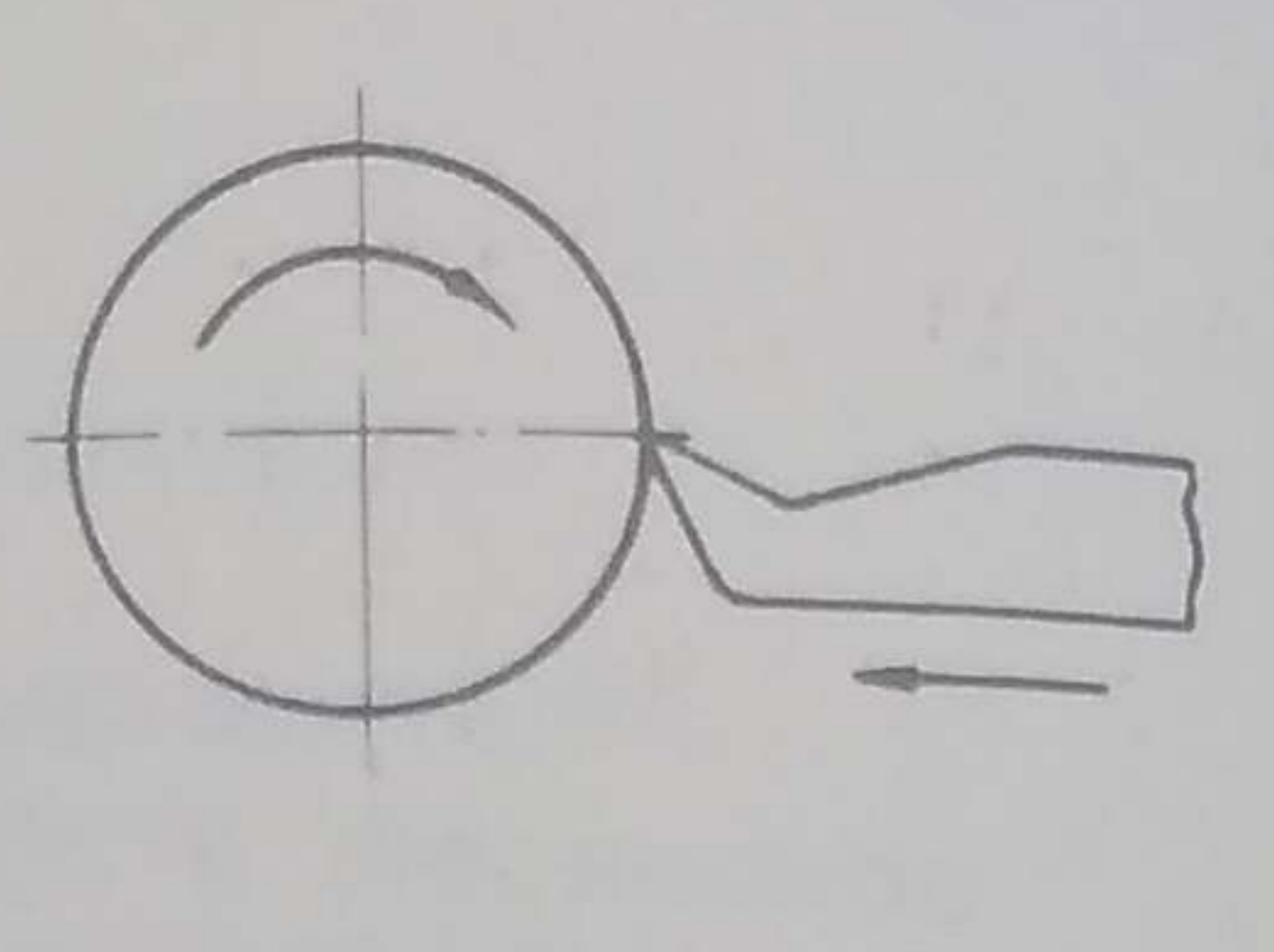
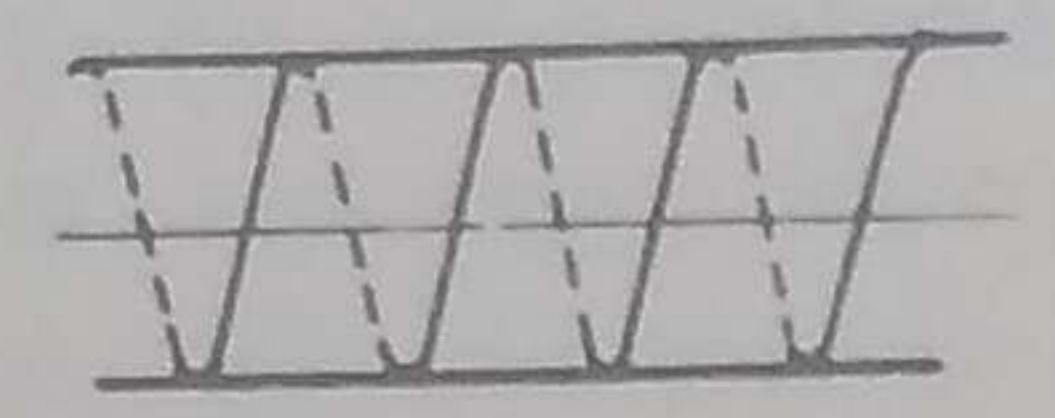

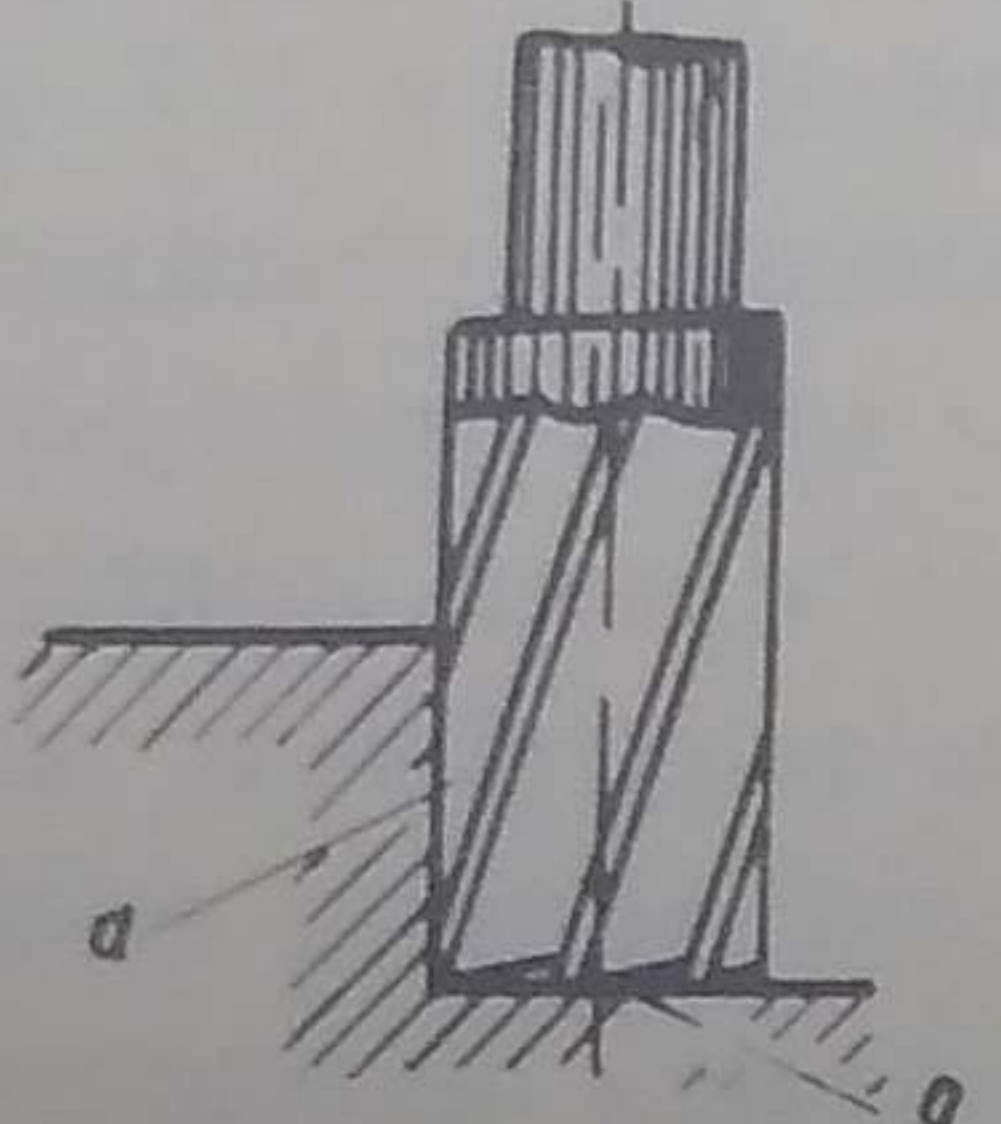
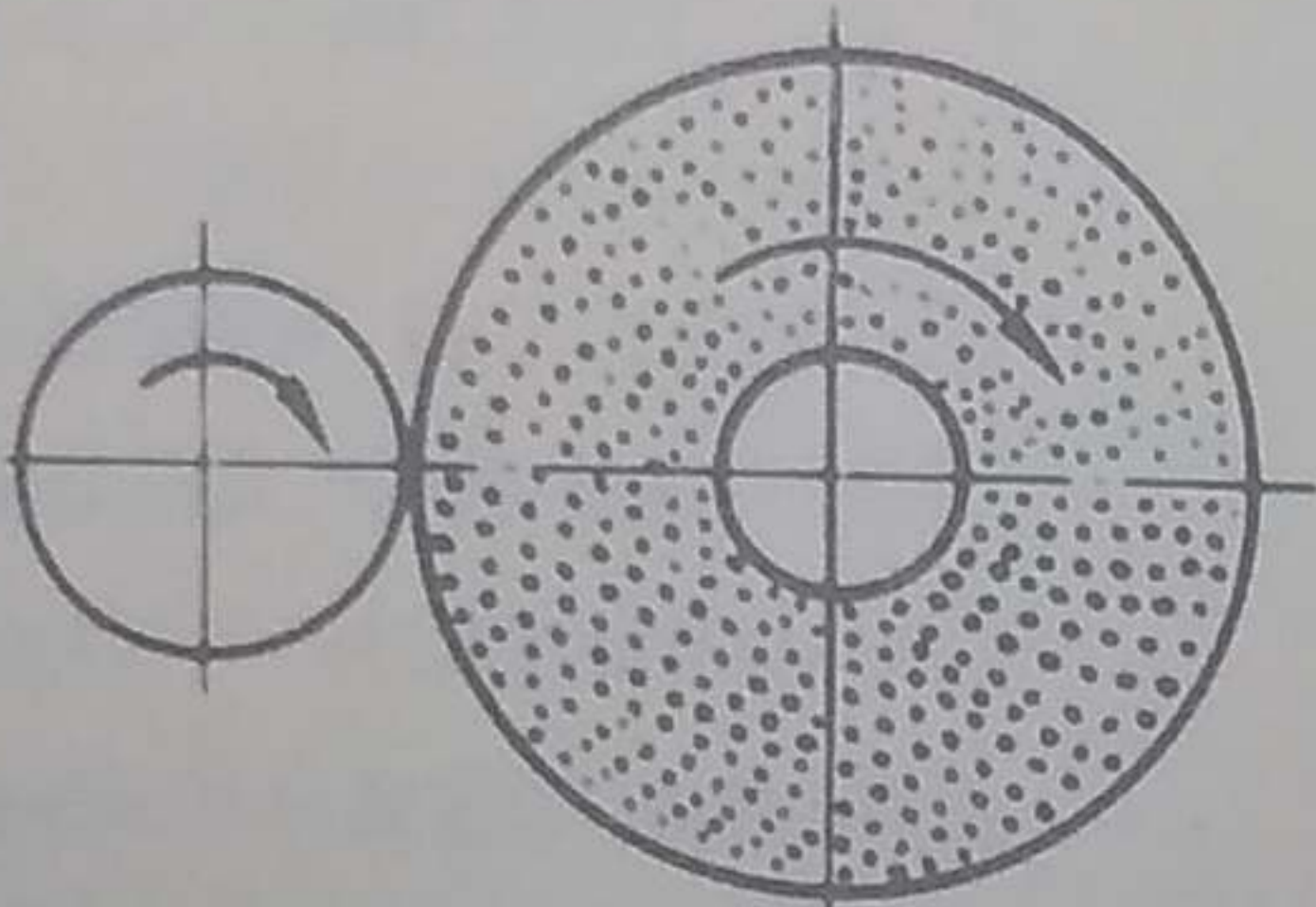
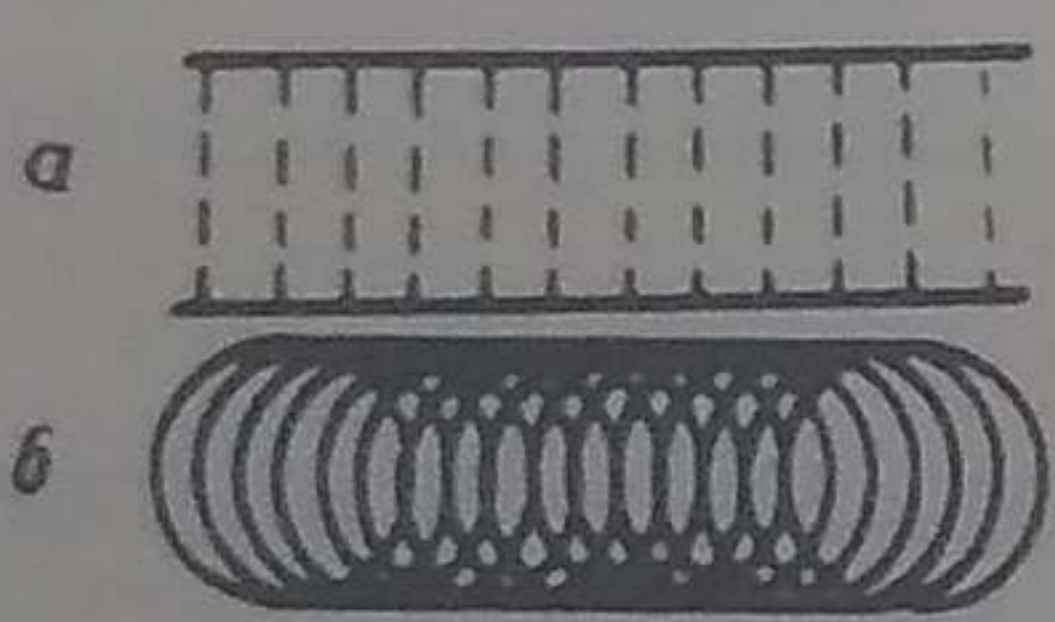
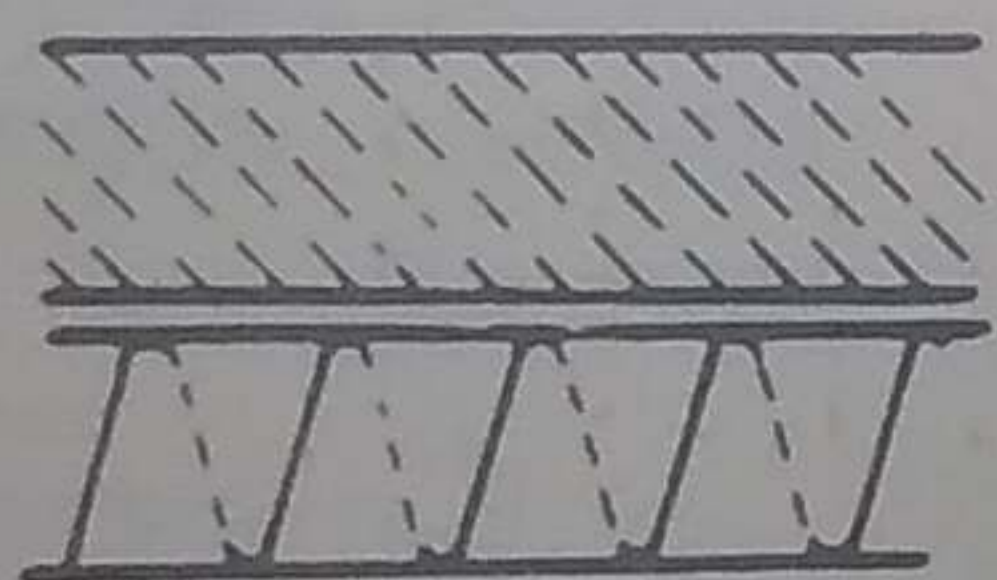
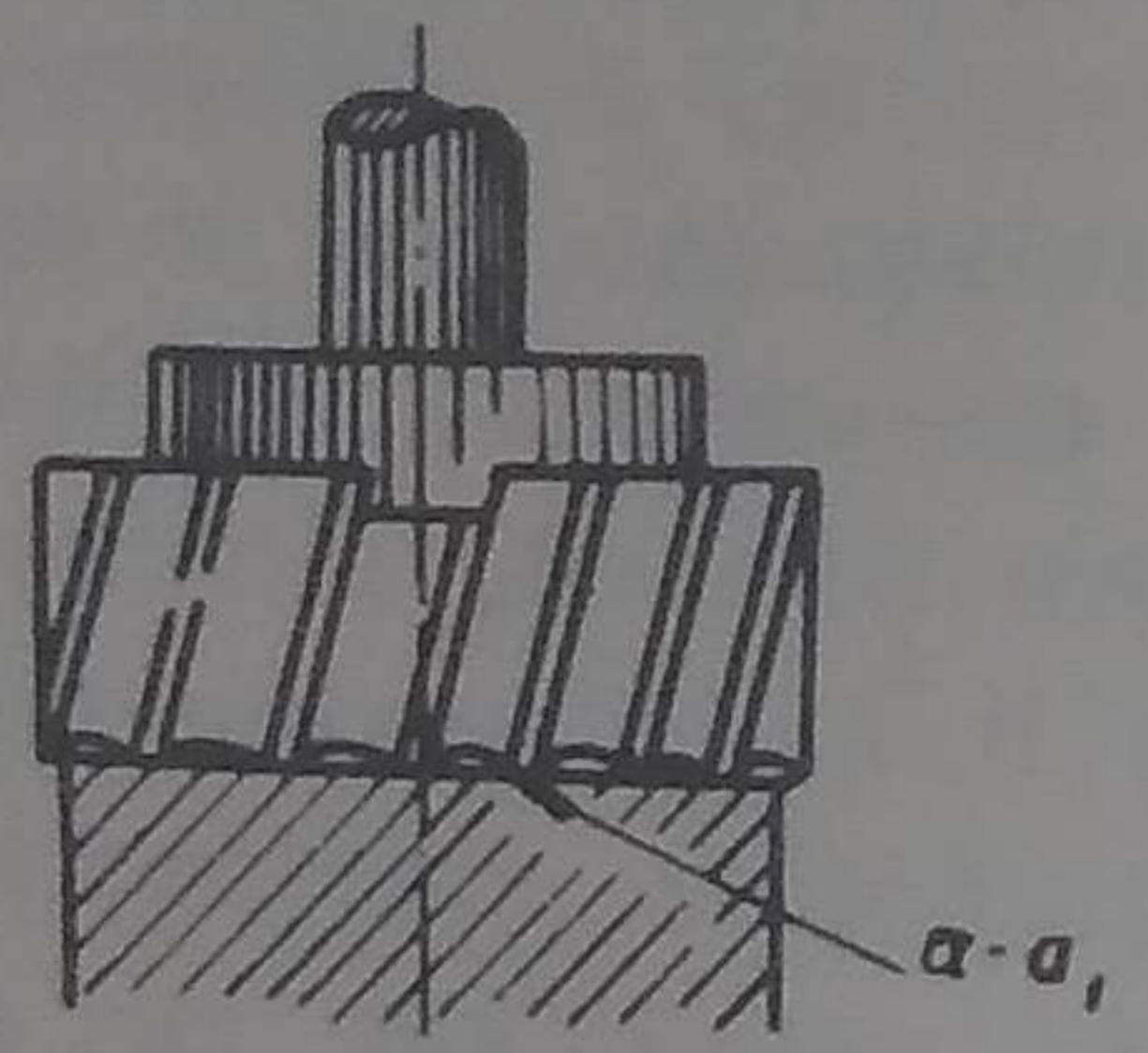
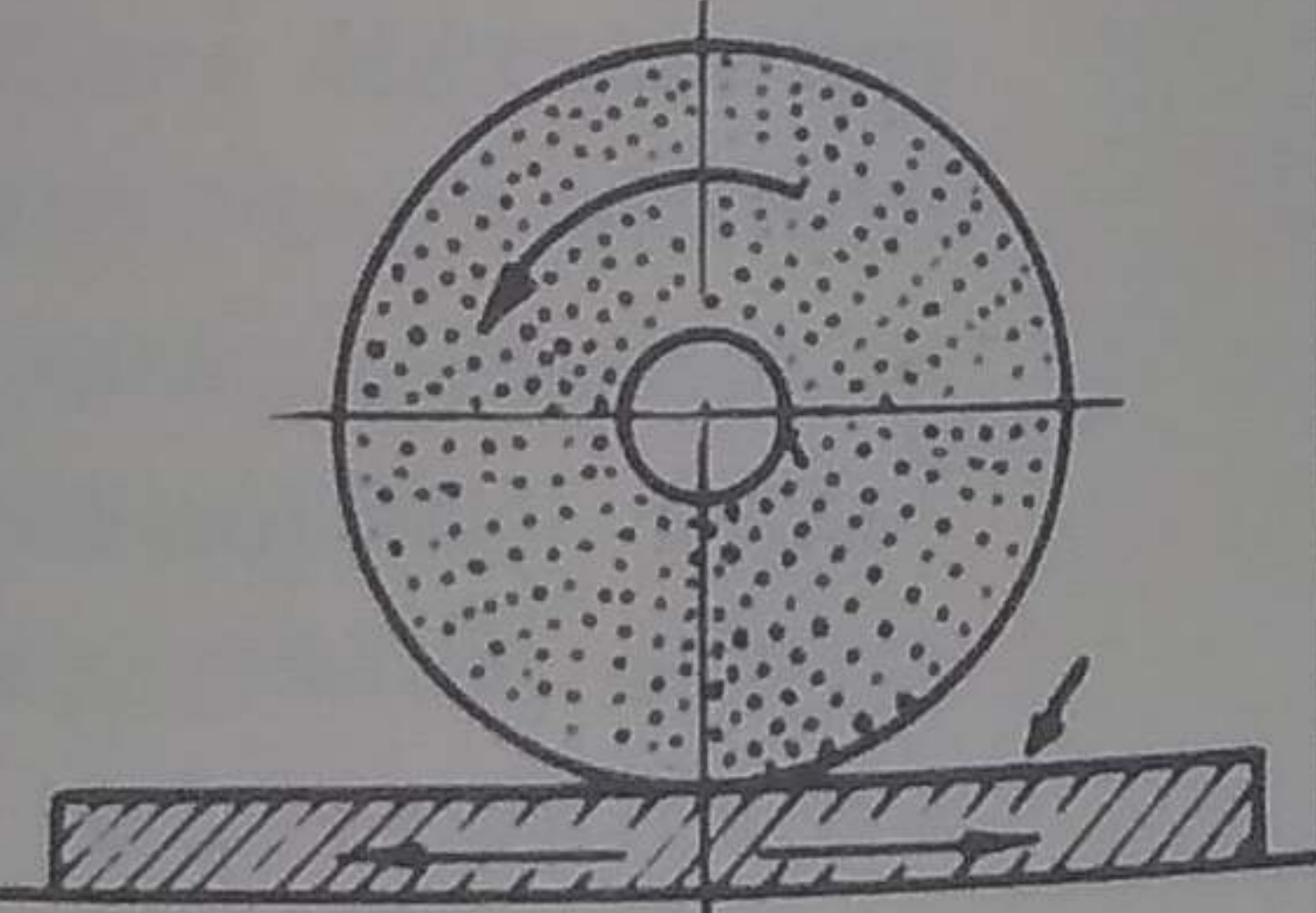
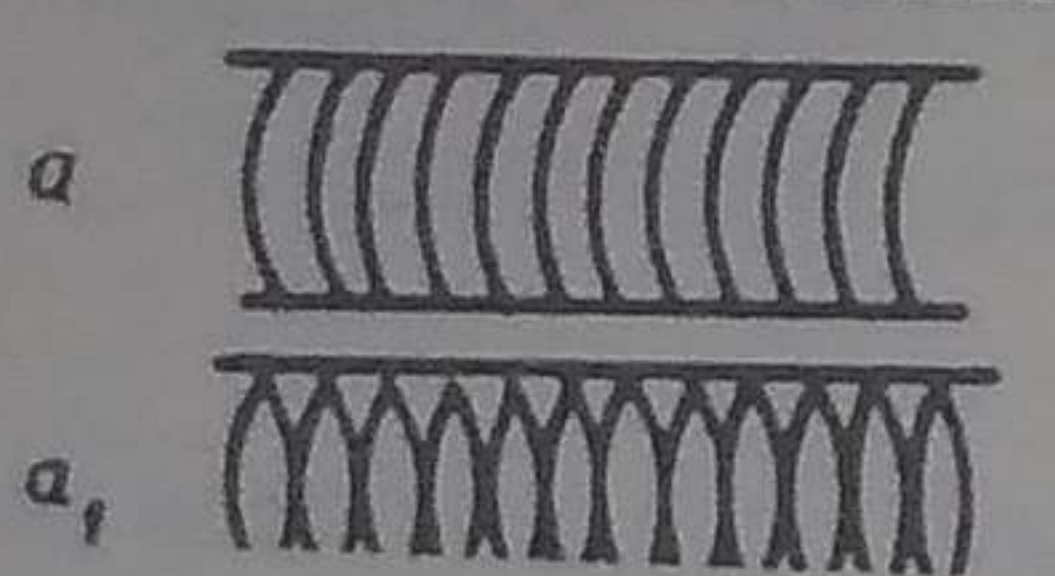
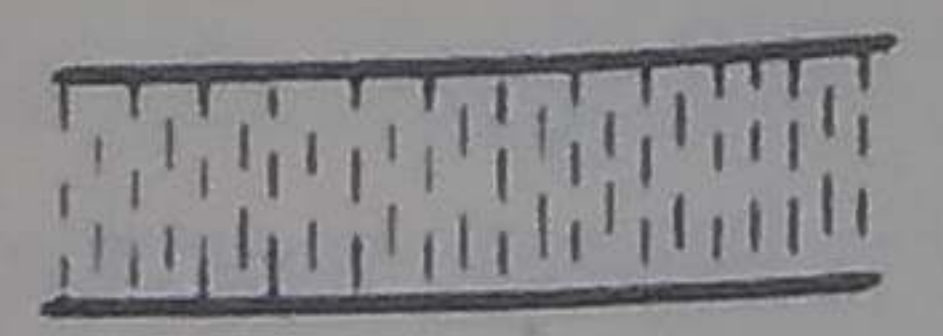
Многовековая история культуры человечества тесно связана с освоением и совершенствованием способов обработки металла. Представление о функциональных свойствах металлических изделий складывалось под непосредственным влиянием характера отделки поверхности. Чистота обработки служила визуальным показателем эксплуатационных достоинств изделия. Однако высокомеханизированная металлообработка появилась сравнительно недавно, поэтому искусно отполированный вручную клинок или металлическое зеркало приобретали особую ценность и в силу своих функциональных преимуществ, и как воплощение человеческого труда и умения.

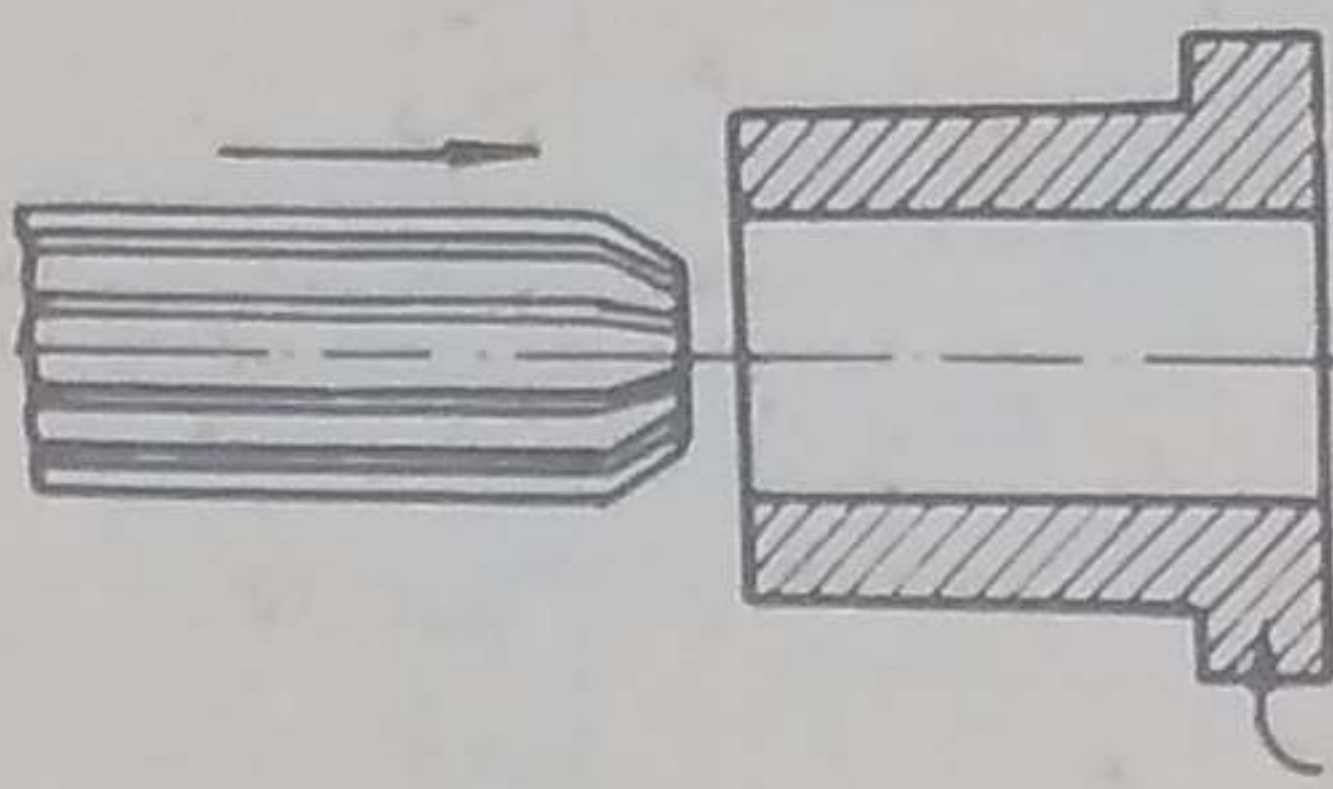
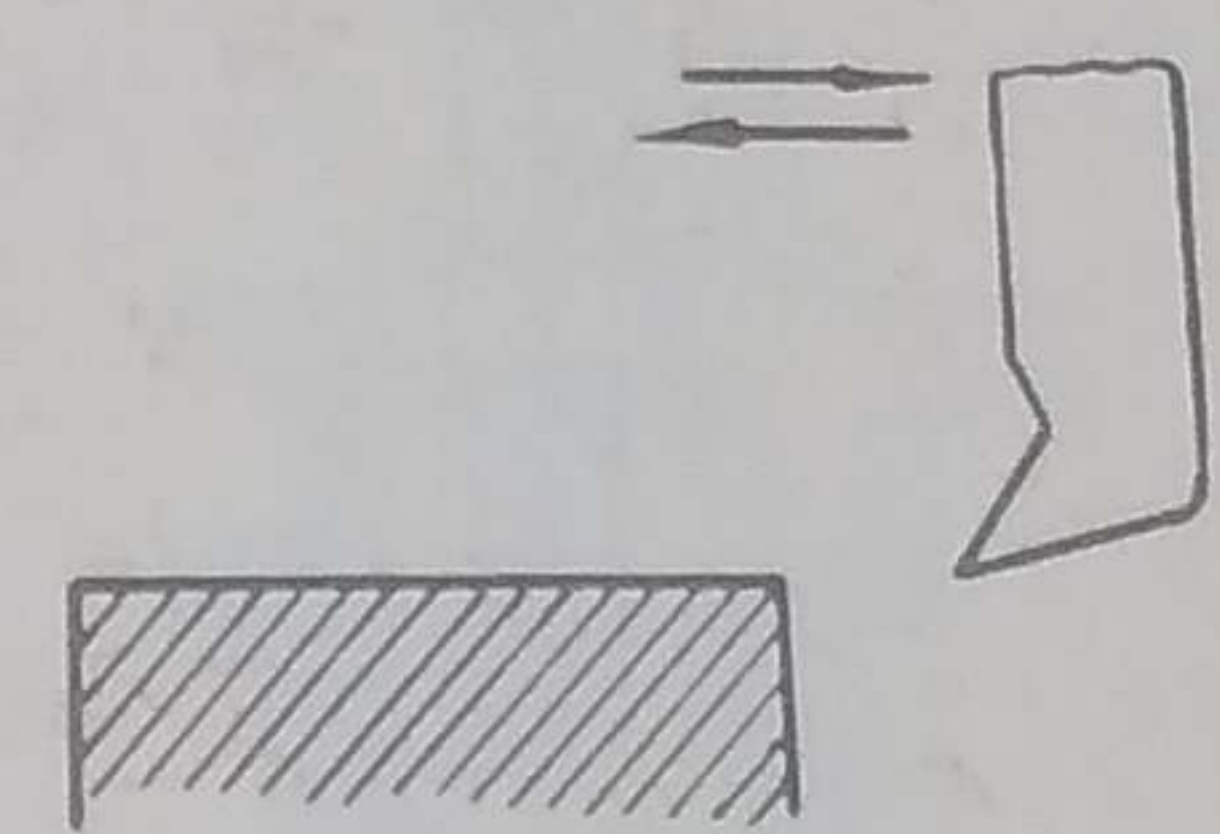
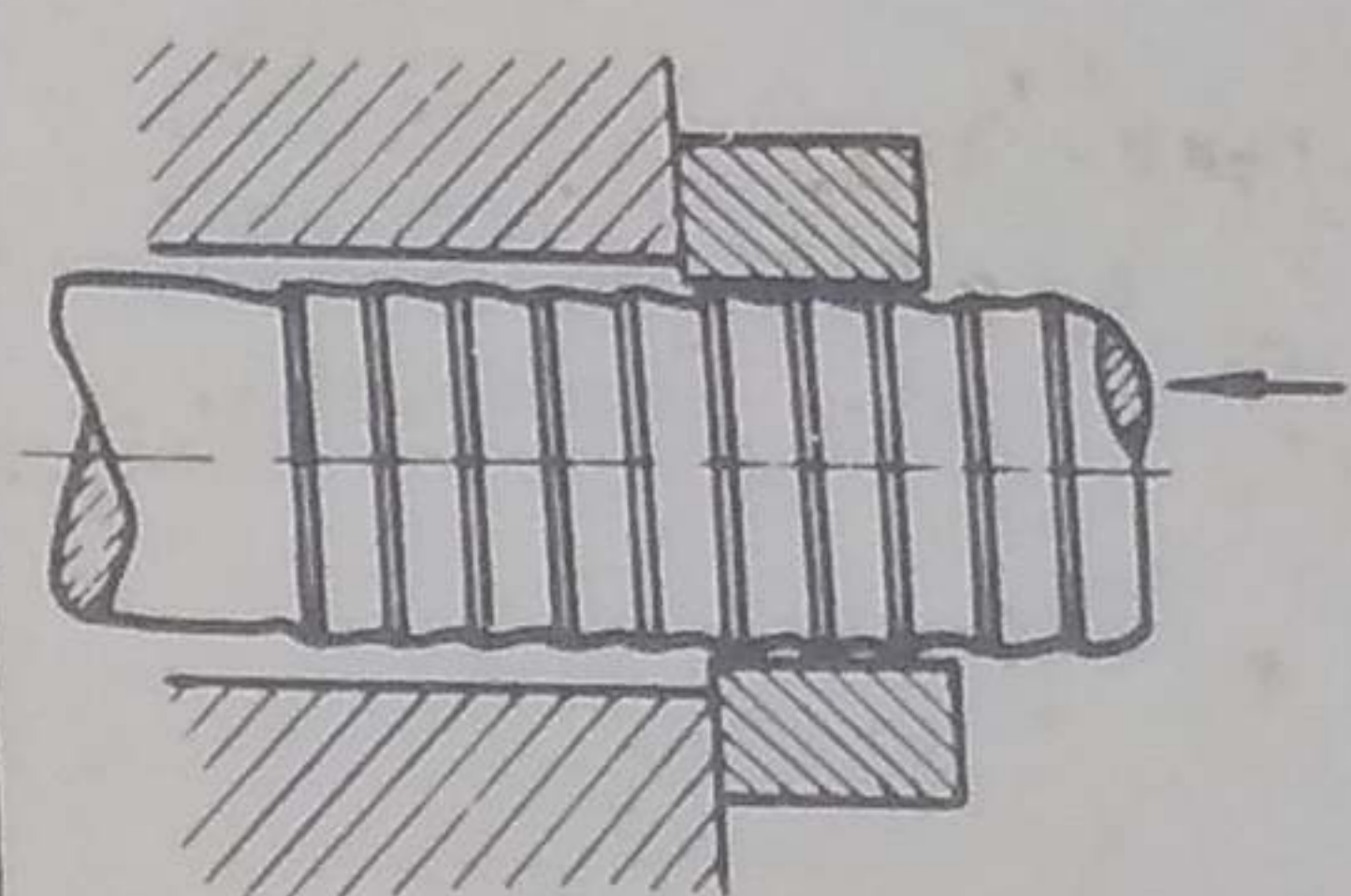
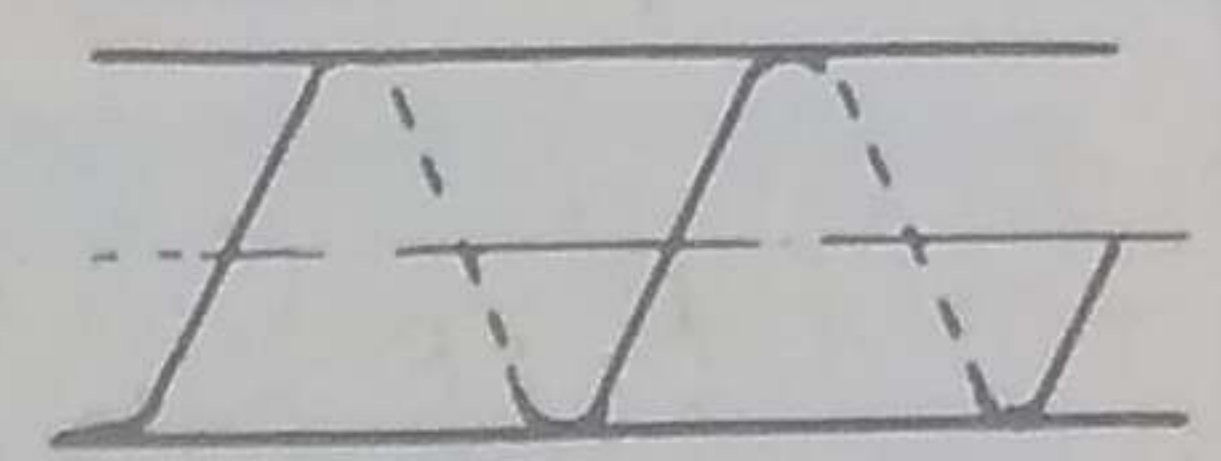

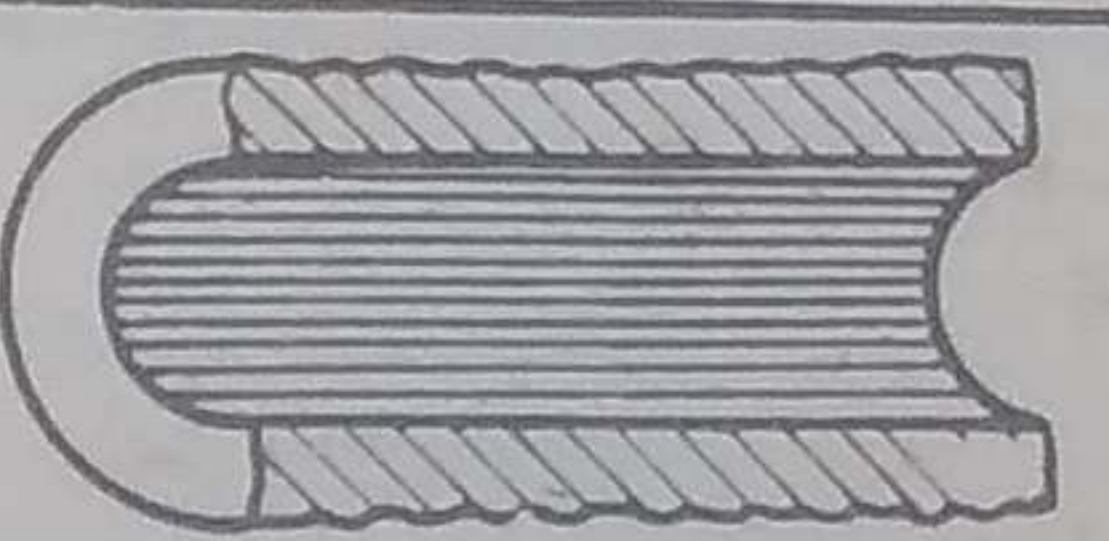
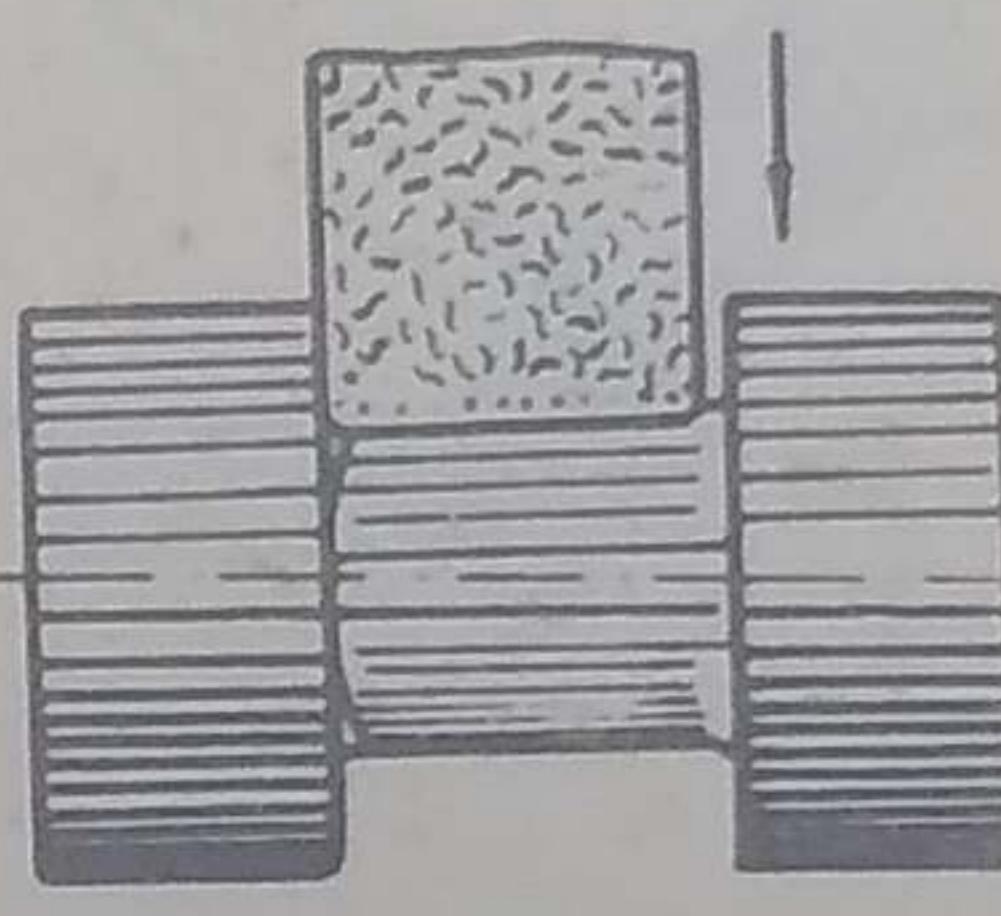
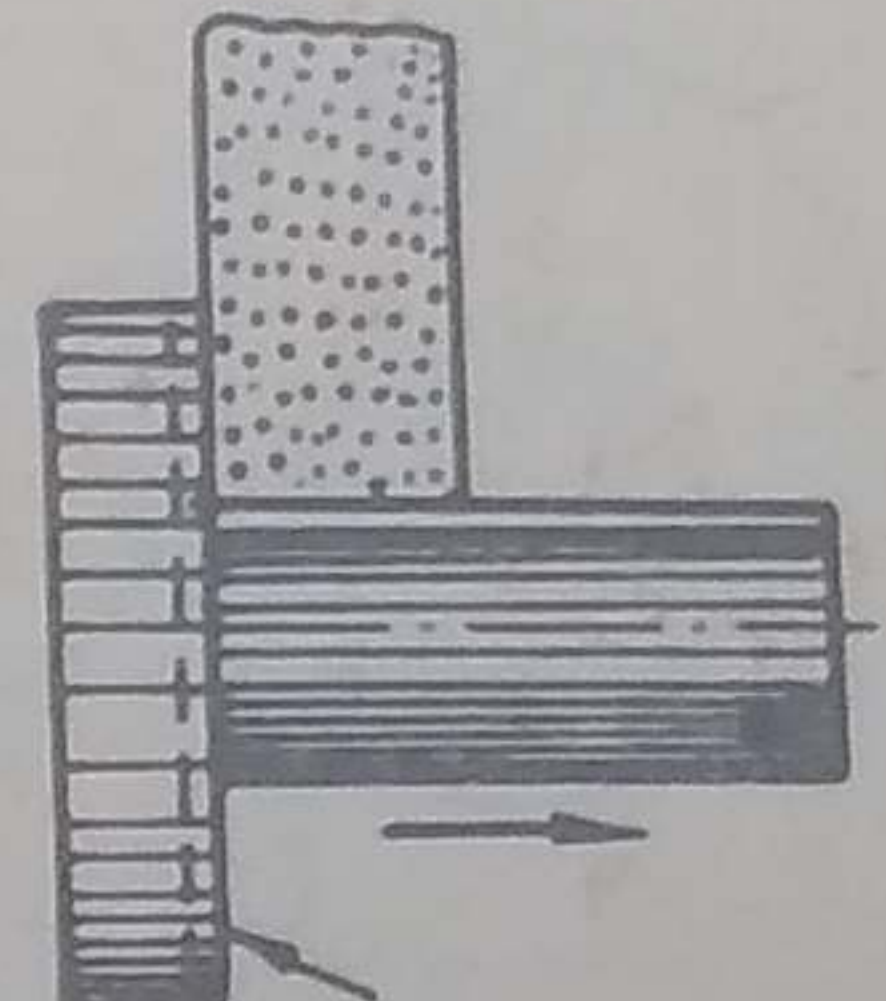
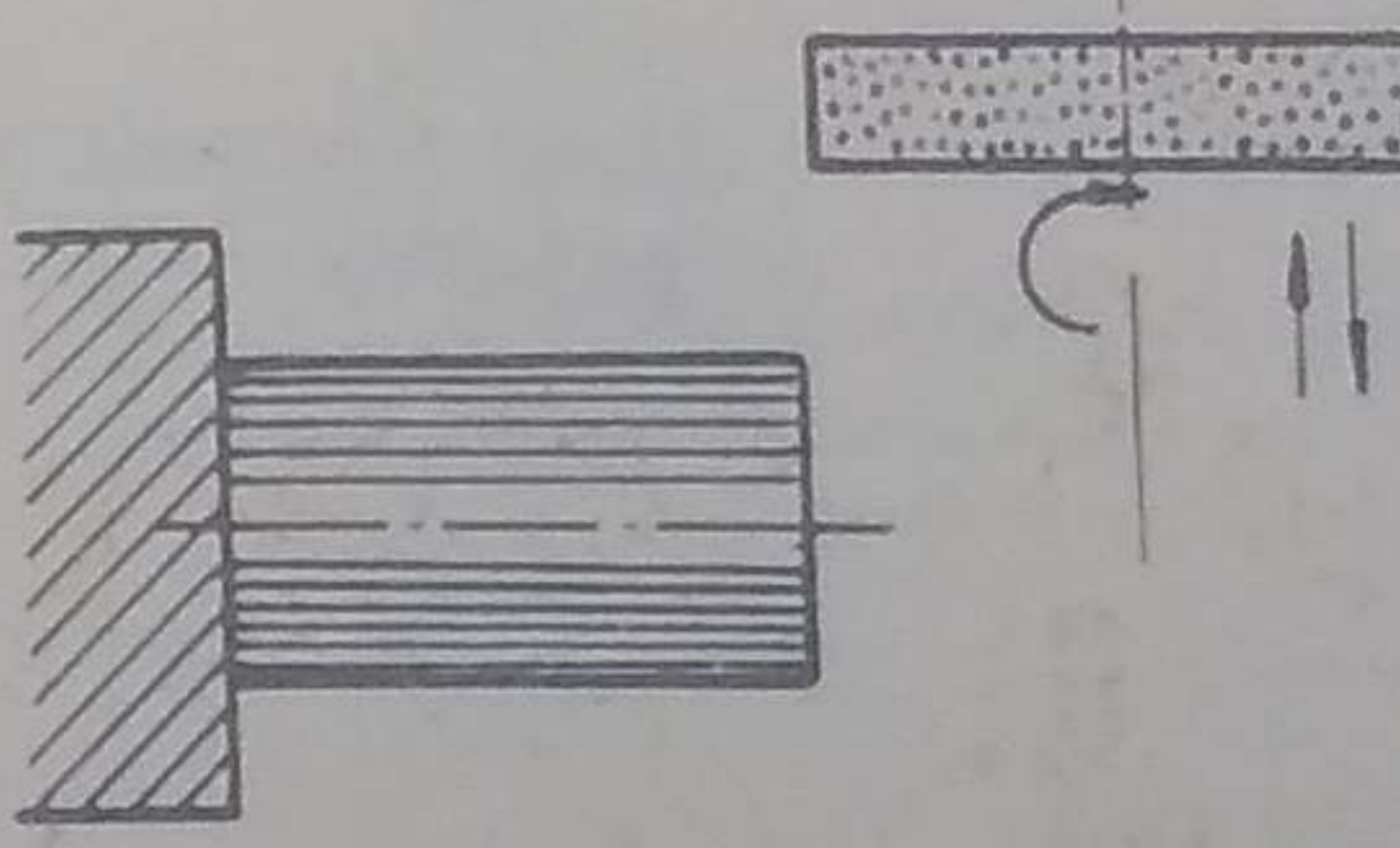
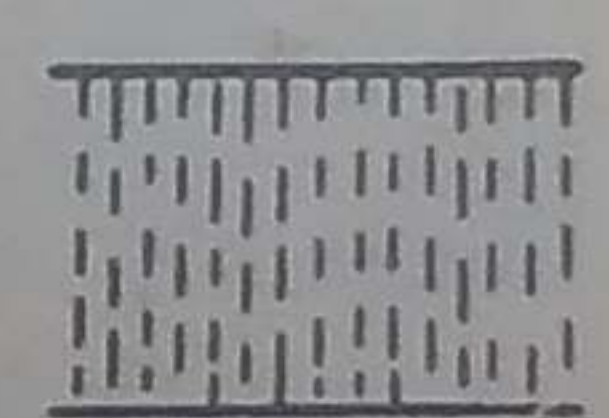
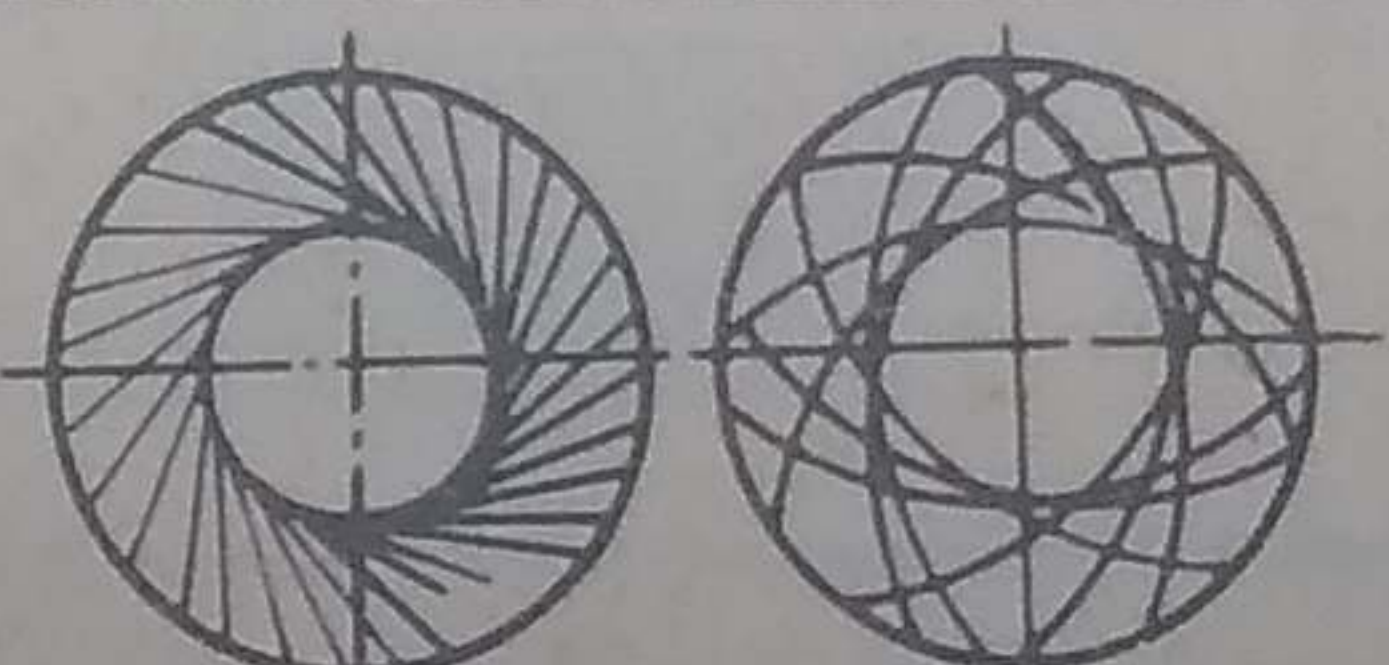

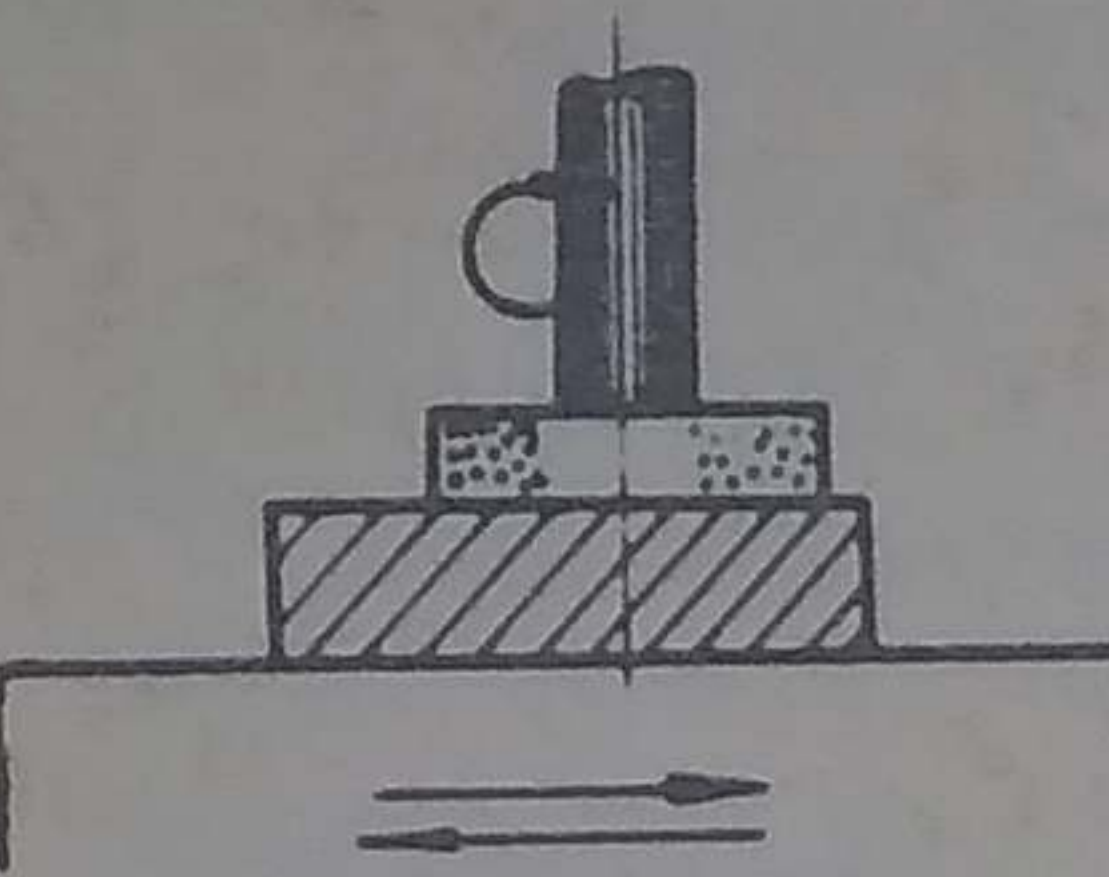
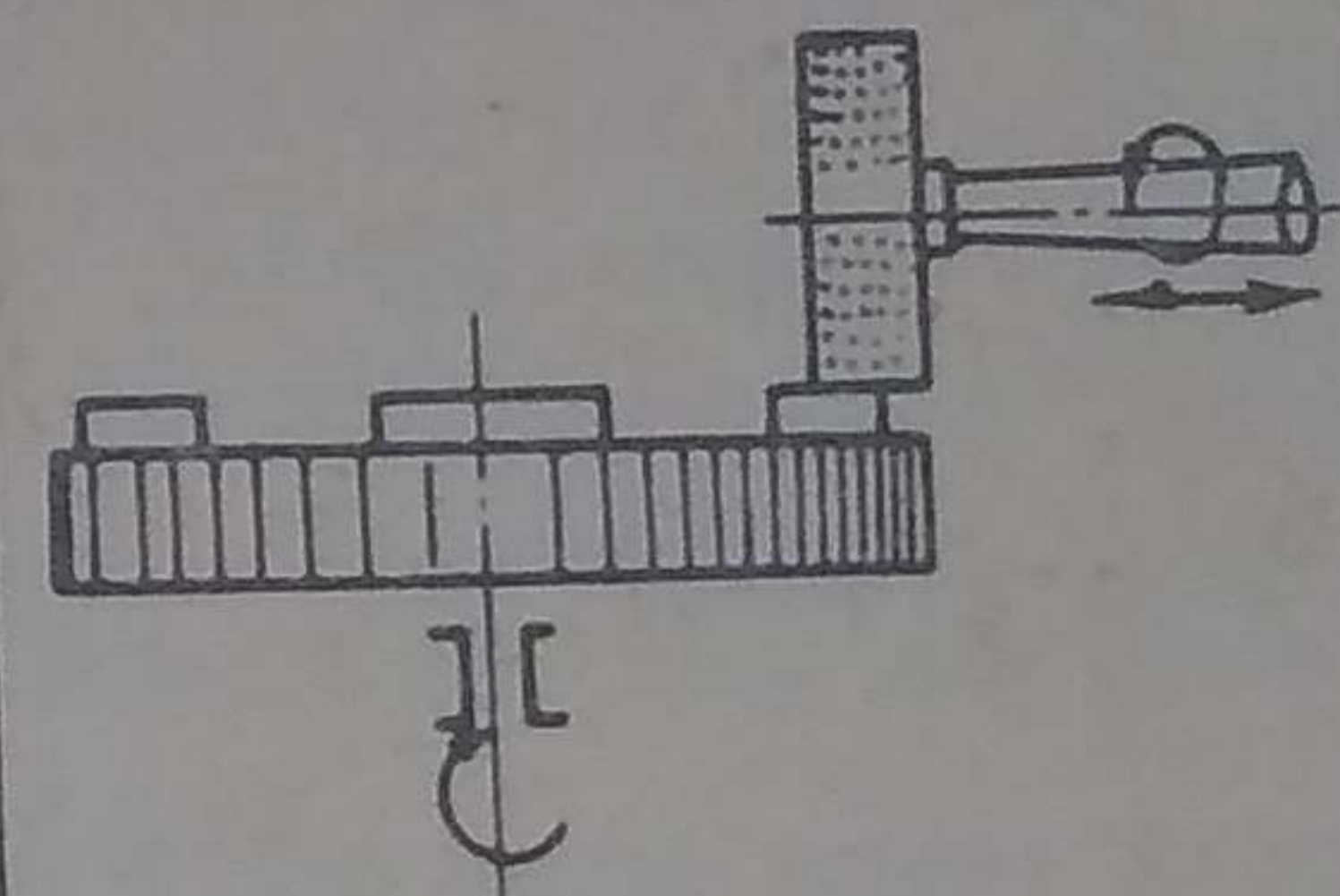
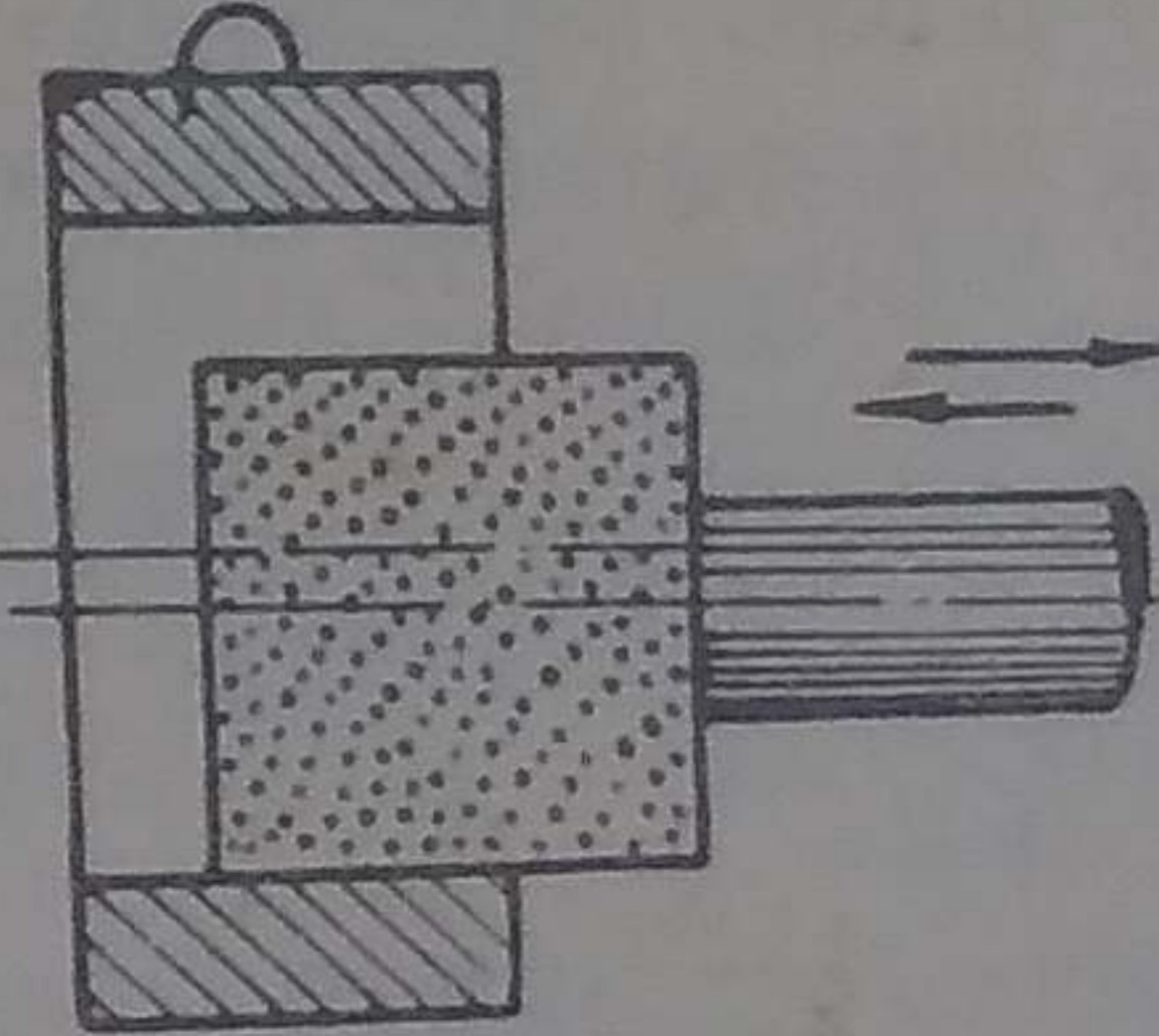
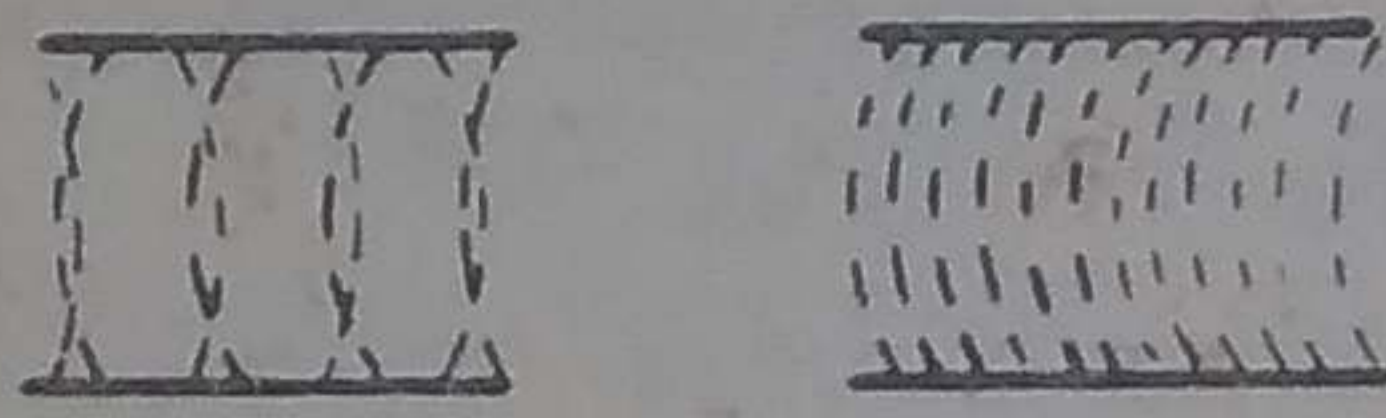
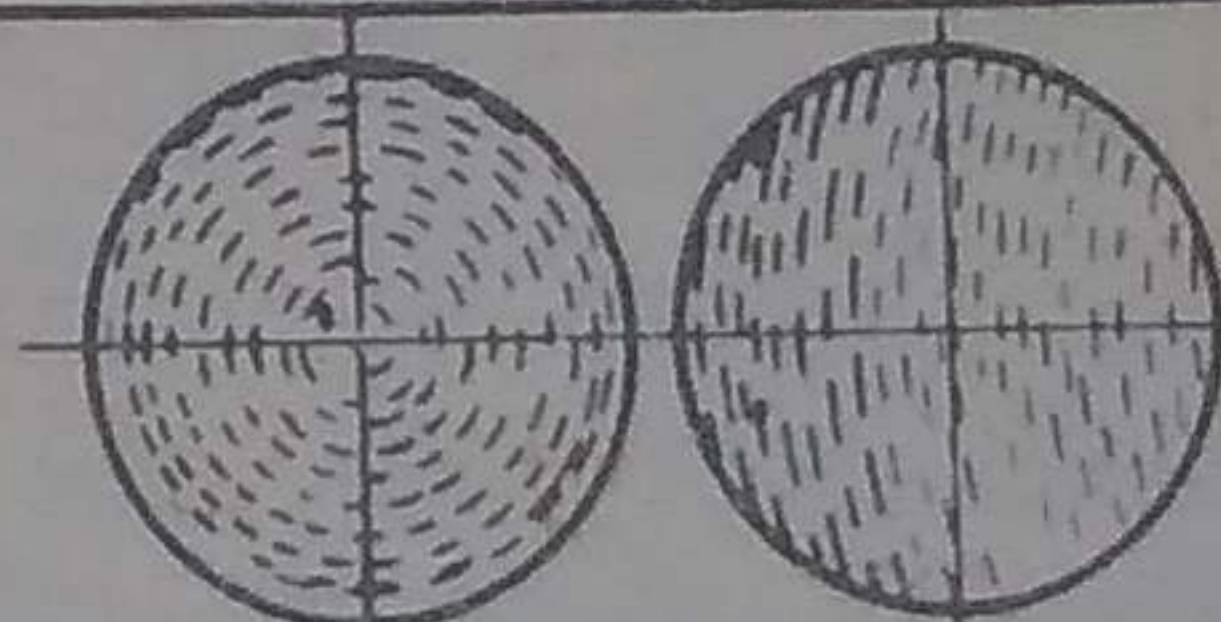

Технические возможности XX века неизбежно привели к злоупотреблению блестящими деталями в изделиях не только культурно-бытового назначения, но и производственной среды. Это вызвало в последнее десятилетие среди конструкторов отрицательную реакцию. Появилось увлечение матовыми поверхностями, от блестящего металла отказывались, не всегда обоснованно осуждая его применение в изделиях как проявление дурного вкуса. Методы художественного конструирования дают возможность избежать крайностей и рационально использовать широкую палитру фактур металлических поверхностей.

Современная техника декоративной обработки металлов позволяет получать самые разнообразные поверхности. Для фактурирования применяются в основном механические способы. Химические и электрохимические способы также используются для получения шероховатых и блестящих поверхностей, но эти способы, во-первых, не исключают полностью механических, а являются часто заключительными операциями подготовки поверхностей к осаждению покрытий и следуют за механическими и, во-вторых, эффективны для цветных металлов и мало применимы для сталей. Возможности получения фактурного рисунка химическими и электрохимическими способами ограничены особенностями технологии, сложностью процессов воспроизведения и защиты рисунка. Механические же способы отличаются простотой, меньшей трудоемкостью, большинство из них позволяет в широких пределах варьировать фактурный рисунок при использовании даже одного инструмента.

При механической обработке на поверхности остаются микронеровности, специфичные для каждого способа обработки (табл. 1).

Таблица 1

Виды обработки	Цилиндрическая обточка	Подрезка торца
Схема процесса обработки		
Характер расположения микронеровностей		
Виды обработки	Фрезерование концевой фрезой	с продольной подачей
Схема процесса обработки		
Характер расположения микронеровностей		
Виды обработки	Торцевое фрезерование	периферией круга на станках с продольным ходом стола
Схема процесса обработки		
Характер расположения микронеровностей		

Развертывание и обработка зенкером	Строгание плоскостей	Протягивание отверстий
		
		
Наружное цилиндрическое шлифование		
с радиальной подачей	торцом круга	периферией круга
		
		
Плоское шлифование		Внутреннее шлифование с продольной подачей
торцом круга на станках с продольным ходом стола	периферией круга на станках с вращающимся столом	
		
		

Виды обработки	Хонингование	Лапширование
Схема процесса обработки		
Характер расположения микронеровностей		
Виды обработки	Полирование на войлочном круге	Шабровка
Схема процесса обработки		
Характер расположения микронеровностей		

Глубина, форма и взаимное расположение микронеровностей создают определенную фактуру поверхности, которая характеризуется шероховатостью, блеском, рисунком. Мы визуально воспринимаем фактуру поверхности и одновременно оцениваем ее по степени проявления свойств: очень гладкая, гладкая, чуть шероховатая, очень шероховатая и т.д.; зеркальная, блестящая, полублестящая, почти матовая, матовая и т.д.; не имеющая рисунка, с рисунком – геометрическим, штриховым и т.д.

Эти характеристики в известной мере отличаются от регламентированных ГОСТом 2789-59 "Шероховатость поверхности", который устанавливает 14 классов чистоты поверхности [6]. Все поверхности с классом чистоты выше 7-го визуально воспринимаются как гладкие. Мы не разделяем их по шероховатости, но вместе с тем различаем по степени блеска. Основным критерий шероховатости,

Продолжение табл. 1

Ручная доводка	Суперфиниш	Полирование наждачной бумагой на специальных станках для шеек коленчатого вала
Обдувка дробью	Продавливание шариком	Прокатка

характеризующий поверхности 1-7-го классов чистоты – высота неровностей R_z . Но этот критерий не учитывает их формы, которые могут быть совершенно различными при одинаковом классе чистоты и создавать разнородные фактуры (рис. 1).

Некоторые зарубежные стандарты с целью сближения характеристики поверхности по высоте неровностей R_z и среднеарифметическому отклонению их профиля R_a с ее визуальной оценкой вводят такие критерии шероховатости, которые указывают на форму и расположение неровностей.

Для художника-конструктора одинаково важны все характеристики металлической поверхности: по ГОСТу – как показатели эксплуатационных свойств изделия; визуальные – как средства гармонизации формы. Фактура участвует в создании художественного облика изделия, оказывая не меньшее влияние на восприятие пропорциональных отно-

шений формы, чем размеры и цвет ее составляющих, помогает гармонично объединить соседствующие в изделии различные конструктивные материалы. Но если физико-механические и химические свойства металлической поверхности имеют, пусть недостаточно совершенную, но определенную стандартную систему оценки, то ее декоративные свойства практически никак не отражаются в нормативной документации, а следовательно, и не контролируются. Поэтому так важно хотя бы ориентировочно установить, что такое фактура поверхности и чем она определяется.

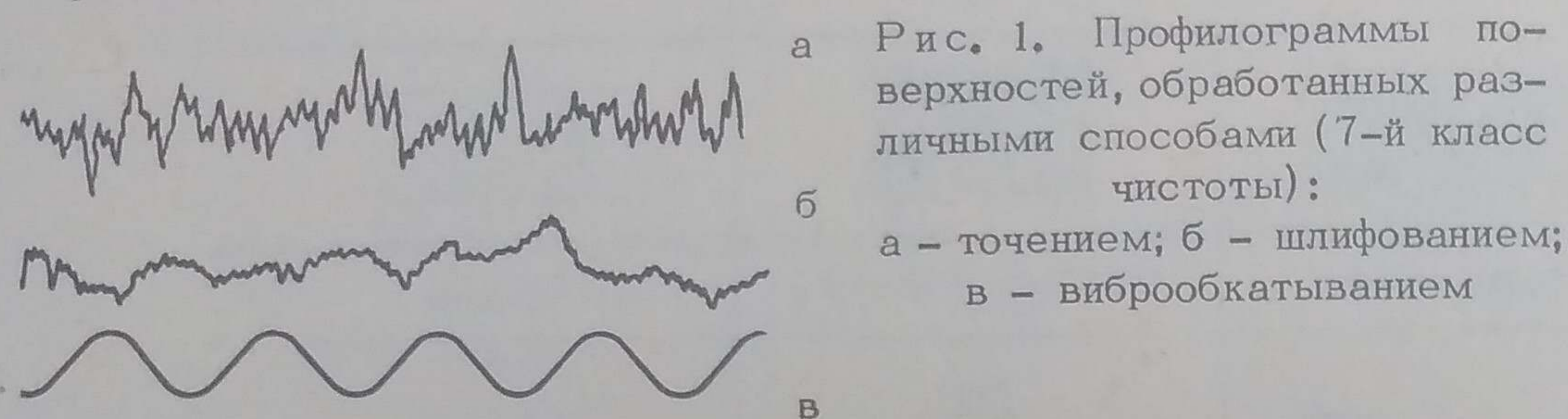


Рис. 1. Профилограммы поверхностей, обработанных различными способами (7-й класс чистоты):
а - точением; б - шлифованием;
в - виброобкатыванием

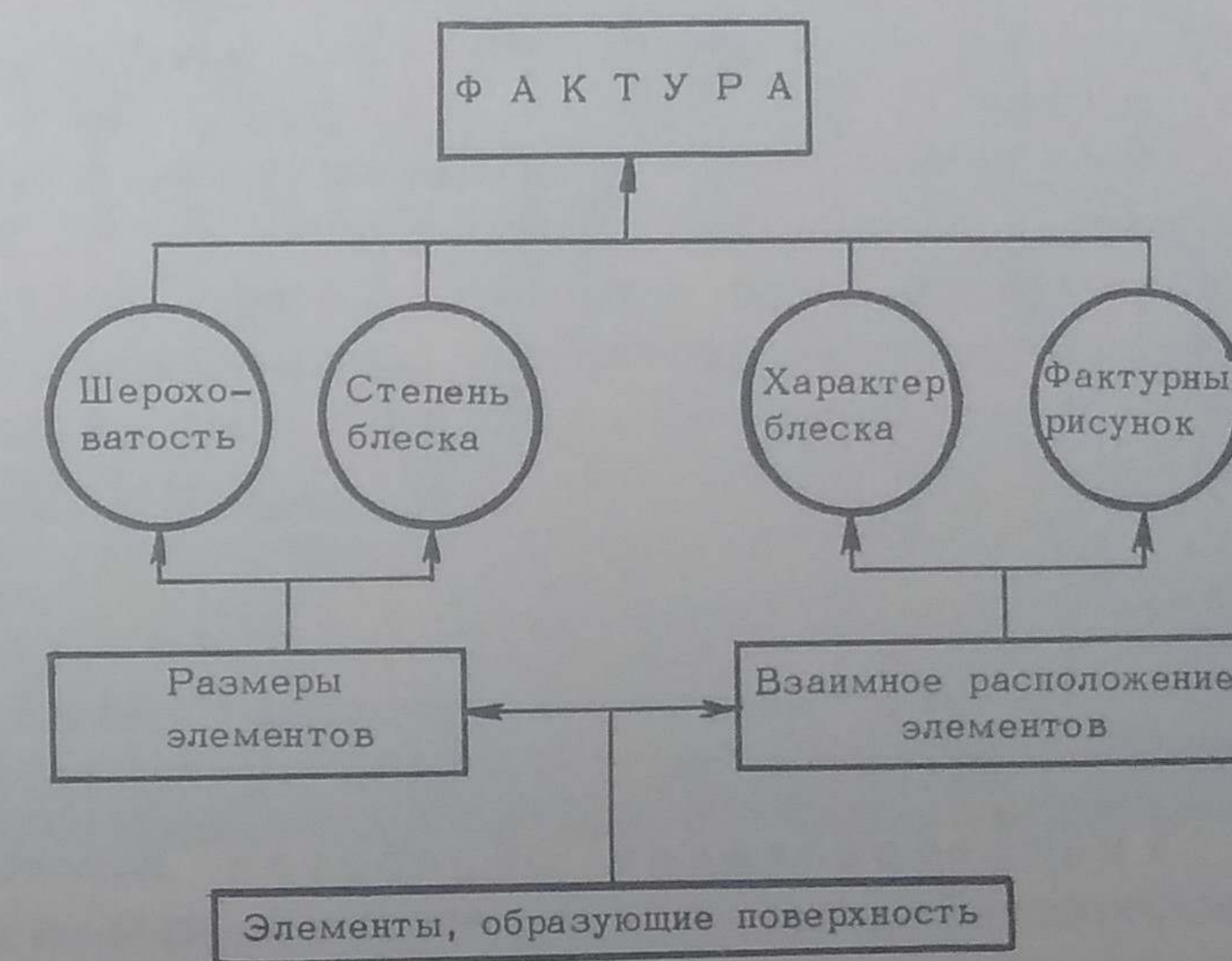
Под фактурой мы понимаем внешнее строение поверхности, воспринимаемое визуально. Любая реальная поверхность состоит из элементов, представляющих собой неровности различных размеров и формы. Величина и взаимное расположение неровностей поверхности определяют ее фактуру (рис. 2). Неровности могут быть и относительно велики, поэтому легко доступны зрению и осязанию, и очень малы, так что различить их можно только с помощью оптических приборов. Размеры крупных неровностей определяют шероховатость поверхности, а их взаимное расположение - фактурный рисунок; микронеровности сами по себе визуально не воспринимаются, но своими размерами и ориентацией обуславливают степень и характер блеска поверхности.

Таким образом, декоративные свойства поверхности, как и ее эксплуатационные характеристики, определяются одними и теми же элементами, с той лишь разницей, что чистота поверхности зависит исключительно от их геометрических размеров, а фактура не только от размеров, но и от взаимного расположения этих элементов.

Особенно большие трудности возникают при попытке классифицировать именно варианты расположения неровностей относительно друг друга, т.е. в какой-то мере нормировать фактурный рисунок и характер блеска. Однако уже сейчас возможно решение задачи точного воспроизведения фактуры на металле, включая все особенности рисунка, благодаря тому, что задаются не прямые характеристики фактуры, а параметры технологического процесса, которые могут служить косвенными показателями фактуры.

Особую роль в формировании художественного облика изделия играет органичная связь материала со следами его обработки. Основные свойства материала после обработки тем или иным инструментом могут проявиться наиболее ярко или, наоборот, нивелироваться, вплоть до имитации свойств, абсолютно чуждых этому материалу или, во всяком случае, не существенных для него. Рекомендуемые способы обработки технически применимы не только для металлов. Использование алмазного точения и фрезерования вполне реально при обработке и пластических масс. Различие результатов будет не столько в количественных показателях - чистоте, шероховатости или блеске, сколько именно в проявлении основных свойств материала. Без присущего металлу живого блеска, своеобразной игры света, обусловленной кристаллической структурой этого материала, тусклый блеск пластмассовых изделий неизменно вызывает ассоциации с небезызвестным "хрусталем" из органического стекла.

Рис. 2. Схема характеристик поверхности, определяющих ее фактуру



Механические способы фактурирования металлической поверхности в большинстве случаев ухудшают ее коррозионную стойкость. Поверхности, обработанные такими способами, как алмазное фрезерование, сатинирование и гидроабразивный, активно корродируют и требуют немедленной защиты покрытиями. Однако следует иметь в виду, что декоративные свойства покрытий, их блеск и цвет, скажутся на конечном результате отделки. Поэтому наряду с разработкой способов фактурирования поверхностей необходимо отработать технологию их защиты. Возможные сочетания механических способов фактурирования поверхностей и нанесения защитных покрытий также представляют интерес для художника-конструктора.

В настоящее время в промышленности используется большое число механических способов обработки поверхности металла. В рекомендациях рассматриваются важнейшие из них, позволяющие получить разнообразные фактуры и обеспечивающие точное воспроизведение выбранной фактуры в каждом серийном изделии.

ОБРАБОТКА АБРАЗИВАМИ

Традиционными способами фактурирования поверхностей металлов являются способы обработки с помощью абразивных материалов и паст: гидроабразивный, крацевание, галтование, шлифование и полирование. Некоторые из перечисленных способов, например полирование, крацевание, используются также для фактурирования гальванических покрытий.

Все перечисленные способы механической обработки, кроме шлифования и полирования, создают поверхности, коррозионная стойкость которых ниже, чем исходных, поэтому они предшествуют осаждению гальванических покрытий. Для коррозионно-стойких металлов полирование и крацевание могут быть окончательными отделочными процессами.

Инструмент и материалы. Режимы обработки

Гидроабразивная обработка используется для получения поверхностей с выраженной шероховатостью, а также контрастных поверхностей с матовыми и блестящими участками. Сущность способа состоит в обработке поверхности металла струей воды или растворами, где во взвешенном состоянии находится абразив. Обработка производится на специальных агрегатах. В качестве абразива применяются стеклянные шарики, металлический песок, электрокорунд и другие материалы. Весовое отношение абразива к жидкости равняется 1:2, 1:3, 1:4 (при меньшей концентрации абразива производительность обработки снижается).

Качество обработки определяется родом абразива, его свойствами, твердостью и размером зерен, скоростью потока струи, углом ее наклона и длиной, а также чистотой исходной поверхности. Для улучшения качества обработки в смесь вводят поверхностно-активные вещества и ингибиторы коррозии.

Этим способом обрабатываются стальные штампованные детали, поковки и отливки, цветное литье.

Крацевание – обработка поверхности металла проволочными или волосяными круглыми щетками – используется для получения матовых и блестящих поверхностей. Щетки из стальной проволоки применяются при подготовке поверхности к осаждению покрытия, а щетки из латунной проволоки диаметром 0,05–0,1 мм – при чистовой обработке и уплотнении покрытия. Для получения крупнозернистой поверхности (рис. 3) используется кардолента № 18. Щетки из щетины применяются для обработки изделий из золота и серебра и покрытий этими металлами. Обработка производится вручную и на специальных крацевальных или обычных шлифовально-полировальных станках. Обработку щетками можно проводить всухую и с помощью различных смачивающих веществ, абразивов и паст.

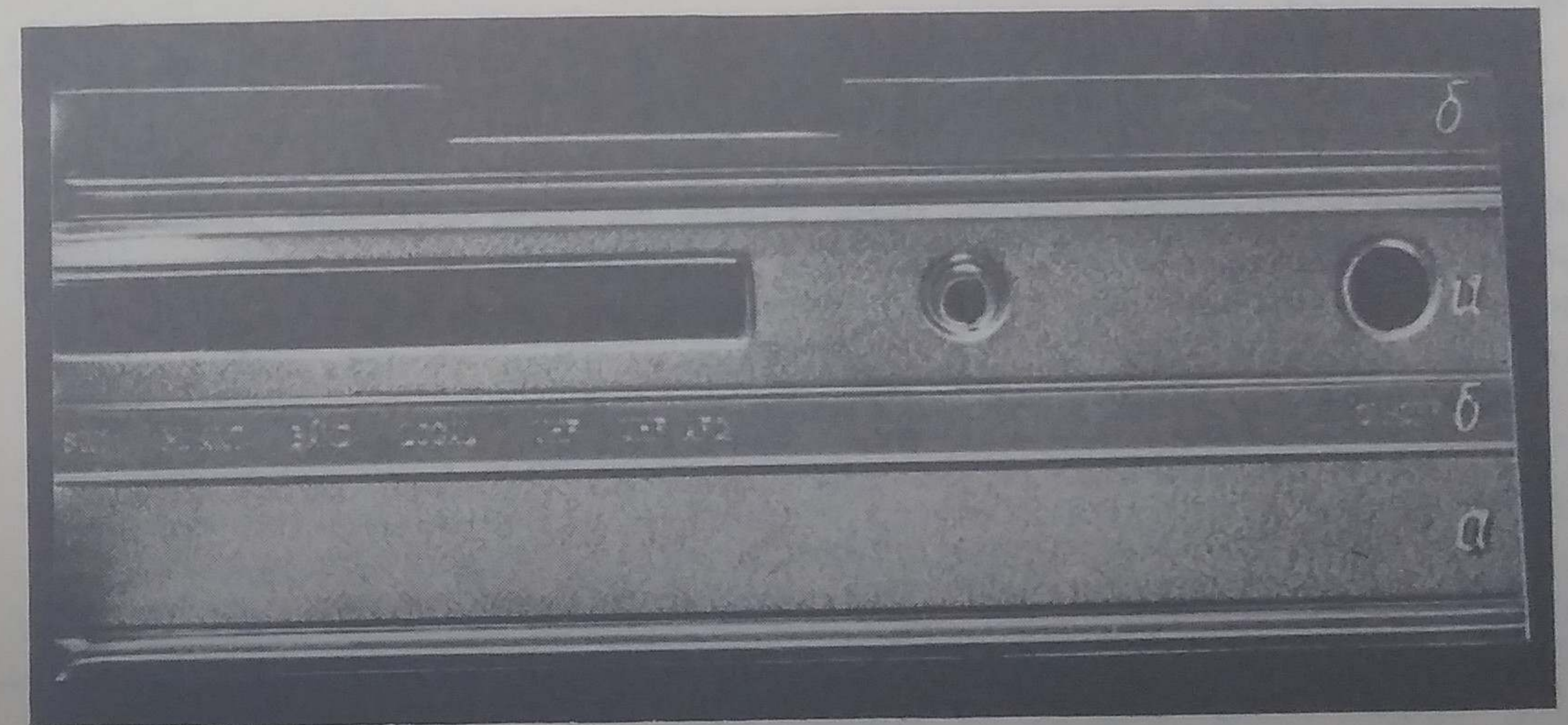


Рис. 3. Деталь радиоаппаратуры, обработанная: а – крацеванием (кардолента № 18); б – полированием

Производительность и качество крацевания зависят от режима обработки, состава и свойств раствора или абразива, материала щеток, выбираемого в зависимости от твердости обрабатываемого металла, и диаметра проволоки (волоса), из которого изготовлены щетки.

Этим способом обрабатываются латунные, медные, алюминиевые и стальные штампованные детали, а также никелевые, медные, серебряные и золотые покрытия.

Галтование – обработка деталей в барабанах, где происходит сглаживание поверхностей при трении деталей друг о друга. Приме-

няются барабаны различного размера и формы (конусные, цилиндрические, многогранные), одно- и многокамерные. Скорость оборотов (40–80 об/мин) зависит от величины деталей. Галтование может производиться всухую и с помощью растворов. Вместе с деталями в галтовочные барабаны могут загружаться различные абразивные материалы. В качестве абразива используется бой шлифовальных кругов, фарфора, гранита размером 5–25 мм. Отношение объема деталей к абразиву равняется 5:1 – 8:1. При галтовании вместе с деталями в барабан загружаются металлические шарики, обрезки кожи, фетра, войлока, древесные опилки. Отношение объема добавок к объему деталей составляет 2:1. Продолжительность обработки устанавливается экспериментально в каждом отдельном случае.

На результаты процесса влияют следующие факторы: количество загруженных деталей и весовое соотношение их с абразивом, состав и свойства абразива, раствора, конфигурация барабана и скорость его вращения.

Галтованию подвергают в основном мелкие детали, которые трудно обрабатывать на шлифовально-полировальных станках.

Шлифование * – процесс снятия металла мелкими режущими кромками абразивных зерен, нанесенных на шлифовальные круги. Обработка производится на шлифовально-полировальных станках различных типов войлочными и хлопчатобумажными кругами. Абразивами обычно являются наждак, корунд, электрокорунд. Установлены определенные размеры зерен абразива для каждого вида шлифования (ГОСТ 3647–59 "Абразивные материалы в зерне"). Шлифование производится в несколько переходов, число которых зависит от состояния поверхности и требований, предъявляемых к качеству отделки. В каждом последующем переходе обработка ведется более тонким абразивом. Поверхность после шлифования становится гладкой и матовой. Качество ее зависит от правильного выбора шлифовального круга, зернистости абразива, режима обработки.

Шлифованию подвергают детали из чугуна, стали, меди и ее сплавов, цинкового сплава, алюминиевых сплавов, а также литые и штампованные детали.

Полирование – процесс удаления с поверхности мельчайших неровностей. Для полирования применяются мягкие эластичные круги – хлопчатобумажные, фетровые, фланелевые – и полировальные пасты, состоящие из абразива, цементирующего и связующего веществ.

* Рассматриваются только способы декоративного шлифования и полирования, предназначенные для окончательной отделки поверхности или являющиеся подготовительной операцией к осаждению декоративно-защитных металлических и окисных покрытий.

Абразивом служат крокус, венская известь, каолин, тальк, окись хрома, окись алюминия. Цементирующими веществами являются глина, бакелит, каучук; связующими – жидкое стекло, животный клей и некоторые искусственные клеи. В состав паст вводятся также олеиновая кислота, парафин, стеарин, воск. Для полирования изделий из драгоценных металлов и покрытий этими металлами используется паста из тонких абразивов. Полирование в этом случае производится вручную специальными полировальниками из стали или кровавика. Поверхность после обработки становится гладкой, блестящей или зеркально-блестящей. Качество ее зависит от режима обработки, материала круга, состава пасты.

Полированию подвергаются те же детали, что и шлифованию, а также металлические и окисные покрытия.

Характеристика получаемых фактур

Фактура металлической поверхности, обработанной абразивами, характеризуется шероховатостью и блеском. Фактурный рисунок отсутствует. Исключения представляют некоторые виды крацевания, нанесенные в настоящих рекомендациях к декоративному штрихованию (обработка серебряных покрытий волосяными щетками).

В результате гидроабразивной обработки поверхность металла приобретает шероховатость, выраженную более или менее явно в зависимости от примененного абразива и режима обработки. Блеск таких поверхностей в меньшей степени зависит от этих факторов, он определяется свойствами осажденного гальванического покрытия. Особый характер фактуры имеет поверхность после сатинирования – гидроабразивной обработки, где абразивом являются стеклянные шарики или электрокорунд. Сатинированные поверхности отличаются мягким приглушенным блеском и едва заметной шероховатостью, эти качества сохраняются и после осаждения на них покрытий.

Галтование, шлифование и полирование придают поверхности металла блеск, степень которого зависит как от примененных абразивов и режимов обработки, так и от свойств осажденного покрытия. Шероховатость для таких поверхностей не характерна. В табл. 2 указаны конструкционные материалы, подвергающиеся обработке абразивами, назначение способов обработки, а также чистота получаемых поверхностей.

Таблица 2

Способ обработки	Обрабатываемый материал	Класс чистоты поверхности*	Назначение обработки
1	2	3	4
Гидроабразивная	Сталь Алюминий и его сплавы Медь и ее сплавы	3-4	Подготовка перед нанесением цинковых, кадмиевых, фосфатных покрытий
Сатинирование	То же	8-9	Подготовка перед нанесением хромовых, никелевых, окисных по алюминию покрытий
Крацевание	Медь и ее сплавы Цинковые сплавы Золото, серебро, золотые и серебряные покрытия Окисные покрытия по стали Черные никелевые покрытия	10-11	Подготовка перед нанесением цинковых, серебряных, золотых, окисных покрытий Отделка золотых, серебряных, окисных, черных никелевых покрытий
Галтование (предварительное)	Чугун Сталь Алюминий и его сплавы	7-9 **	Подготовка перед полированием и нанесением никелевых, цинковых, окисных по стали покрытий
Галтование (чистовое)	То же	9-11 ***	Подготовка перед нанесением никелевых, цинковых, окисных по алюминию покрытий
Шлифование	Чугун Сталь Алюминий и его сплавы Медь и ее сплавы	9-10	Подготовка перед полированием

1	2	3	4
	Цинковые сплавы		
Полирование	То же и никелевые, медные, хромовые, серебряные, золотые покрытия Окисные покрытия по алюминию и его сплавам	9-11	Подготовка перед нанесением гальванических покрытий всех видов Окончательная отделка покрытий

* Здесь и далее чистота поверхности указана по ГОСТу 2789-59 "Шероховатость поверхности".

** При исходной чистоте поверхности ∇ 5-6.

*** При исходной чистоте поверхности ∇ 7-9.

ОБРАБОТКА АБРАЗИВНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Стремясь к наиболее полному выражению материала изделия — металла, художники-конструкторы все чаще обращаются к специфичным для металла механическим способам фактурирования, при которых поверхности сохраняют следы обработки. Однако не все следы обработки создают эстетически выразительные поверхности. Поэтому в последние годы разработаны и применяются отделочные операции, называемые декоративным штрихованием. Наиболее широко они используются в часовой промышленности и могут найти применение в приборостроении, радиопромышленности и других отраслях. Штрихование может служить окончательной отделкой или подготовительной операцией для осаждения гальванических покрытий. В последнем случае металлическое или окисное покрытие должно сочетаться со штрихованной поверхностью, подчеркивать ее особенности.

Инструмент и оборудование

Штрих наносится абразивным инструментом: шлифовальными кругами, лентами, специальными кругами, шкурками. Обработка

волосяными щетками (некоторые виды крацевания) рекомендуется для получения тонкого декоративного штриха на мягких металлах и покрытиях, например серебряных.

Исследования, проведенные НИИЧаспром, показали, что при обработке поверхности крупнозернистыми шкурками происходит скругление острых граней, а сам штрих получается неравномерным и мало декоративным, при использовании ленты с алмазным абразивом получается интересный по рисунку штрих, но ленты быстро засаливаются; нанесение штриха резцами – трудоемкий процесс.

НИИЧаспром был разработан специальный инструмент – пористые круги часовые (ПКЧ) [19], в которых абразивным наполнителем является карбид кремния зеленый М28. Особенности технологии изготовления позволяют получать круги, разнообразные по форме и характеристикам, что особенно важно при необходимости выпуска небольшого количества нестандартных типов этого инструмента. Производство ПКЧ можно организовать на предприятии, располагающем даже простейшим лабораторным оборудованием.

ПКЧ устанавливаются на плоскошлифовальном станке с механическим перемещением стола – для шлифования периферией круга – или на специальной установке – для шлифования торцом круга. Достоинствами метода являются: высокая стабильность кругов, отсутствие их засаливания, возможность применения различных видов шлифования – на врезание (периферией круга) и на проход (торцом круга), а также возможность получения равномерного штриха на больших партиях деталей.

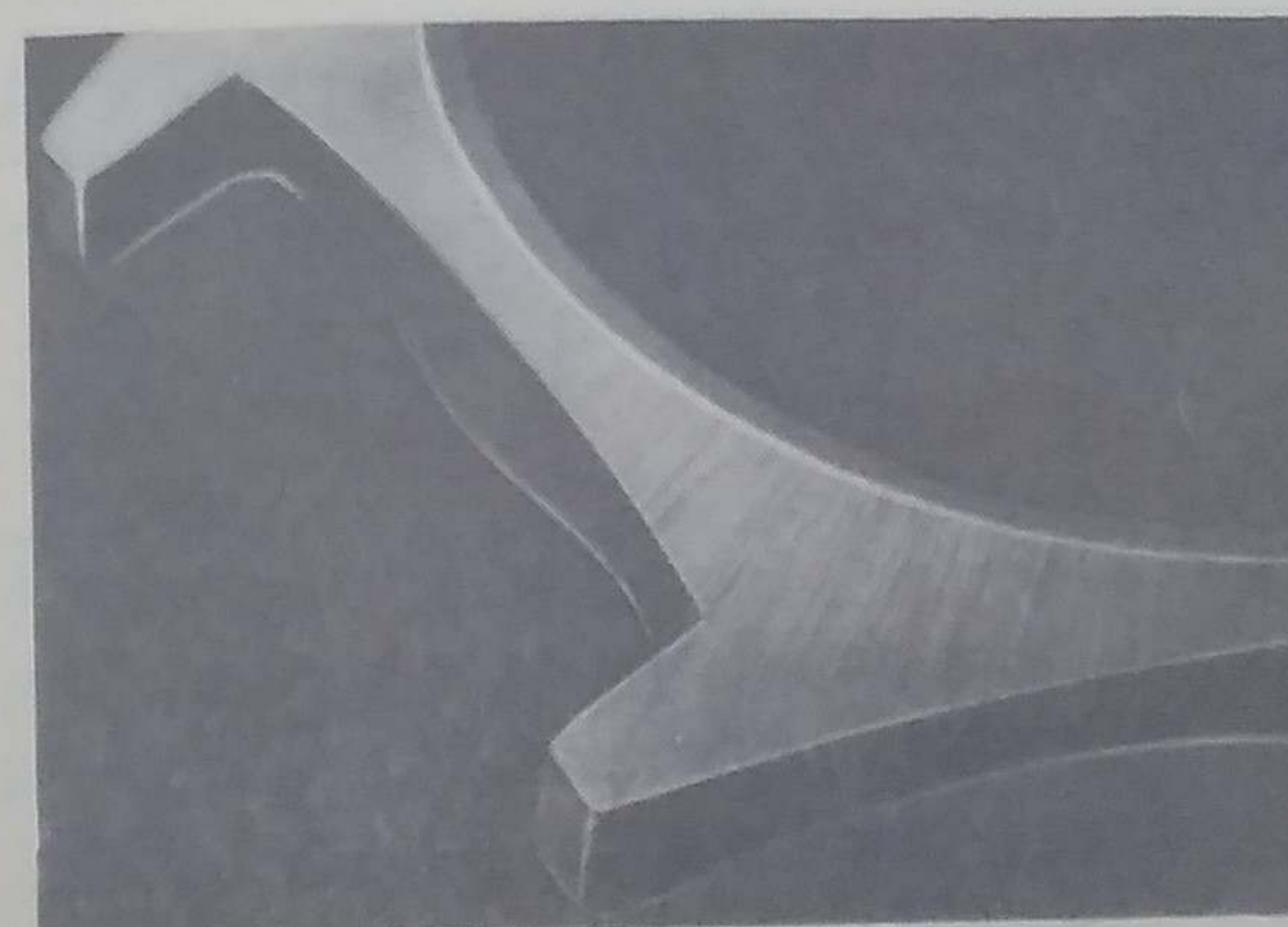
НИИЧаспром разработано также декоративное тонкое штрихование щетками для отделки серебряных циферблатов часов. В зависимости от материала щетки можно получить различную фактуру штрихованного поля: ярко выраженную блестящую (щетина, металл) или тонкую матовую (козелковый и барсучий волос). Щетки из капрона для декоративного штрихования непригодны.

Для получения параллельного и радиального штриха применяются специальные автоматы. При параллельном штриховании щетки совершают возвратно-поступательное движение со скоростью 0,28 м/сек. Рисунок радиального штриха зависит от условий обработки. Для получения строго радиального штриха скорость вращения щетки должна в два раза превышать скорость вращения циферблата часов. Изменяя соотношение скоростей вращения циферблата и щетки, можно получать различную кривизну штриха и, соответственно, различный рисунок.

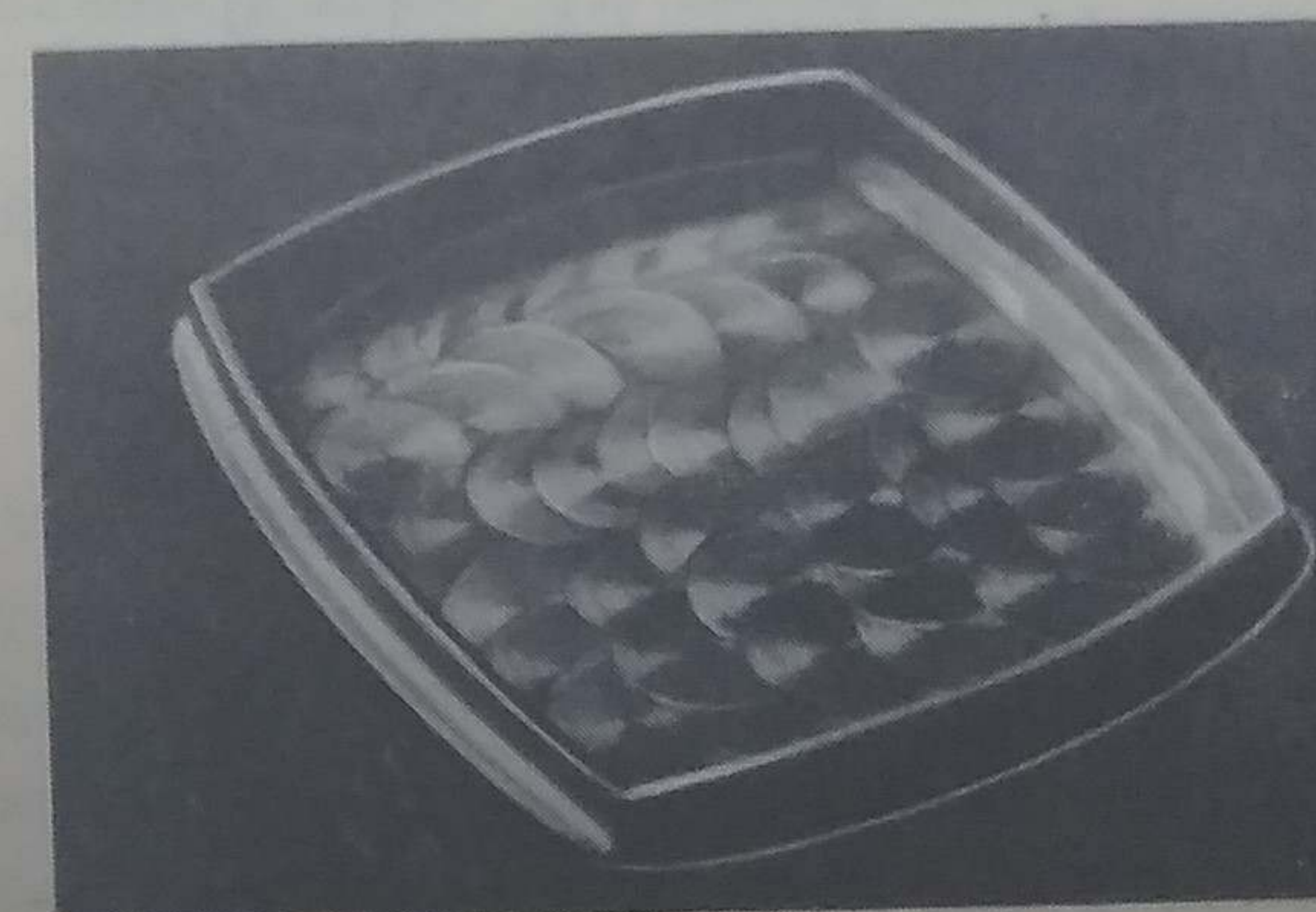
Характеристика получаемых фактур

Фактуры металлических поверхностей, обработанных абразивным инструментом, характеризуются блеском и шероховатостью, которые

определяются глубиной, взаимным расположением, прерывистостью и направленностью нанесенных штрихов. От вида штриха в значительной степени зависит характер отражения света поверхностью: частый и достаточно глубокий штрих гасит блеск, сглаживает шероховатость, оставшуюся от предварительной обработки, а редкий, неглубокий и упорядоченный штрих придает определенность расплывчатым световым бликам и тем самым подчеркивает форму детали (рис. 4).



а



в

б

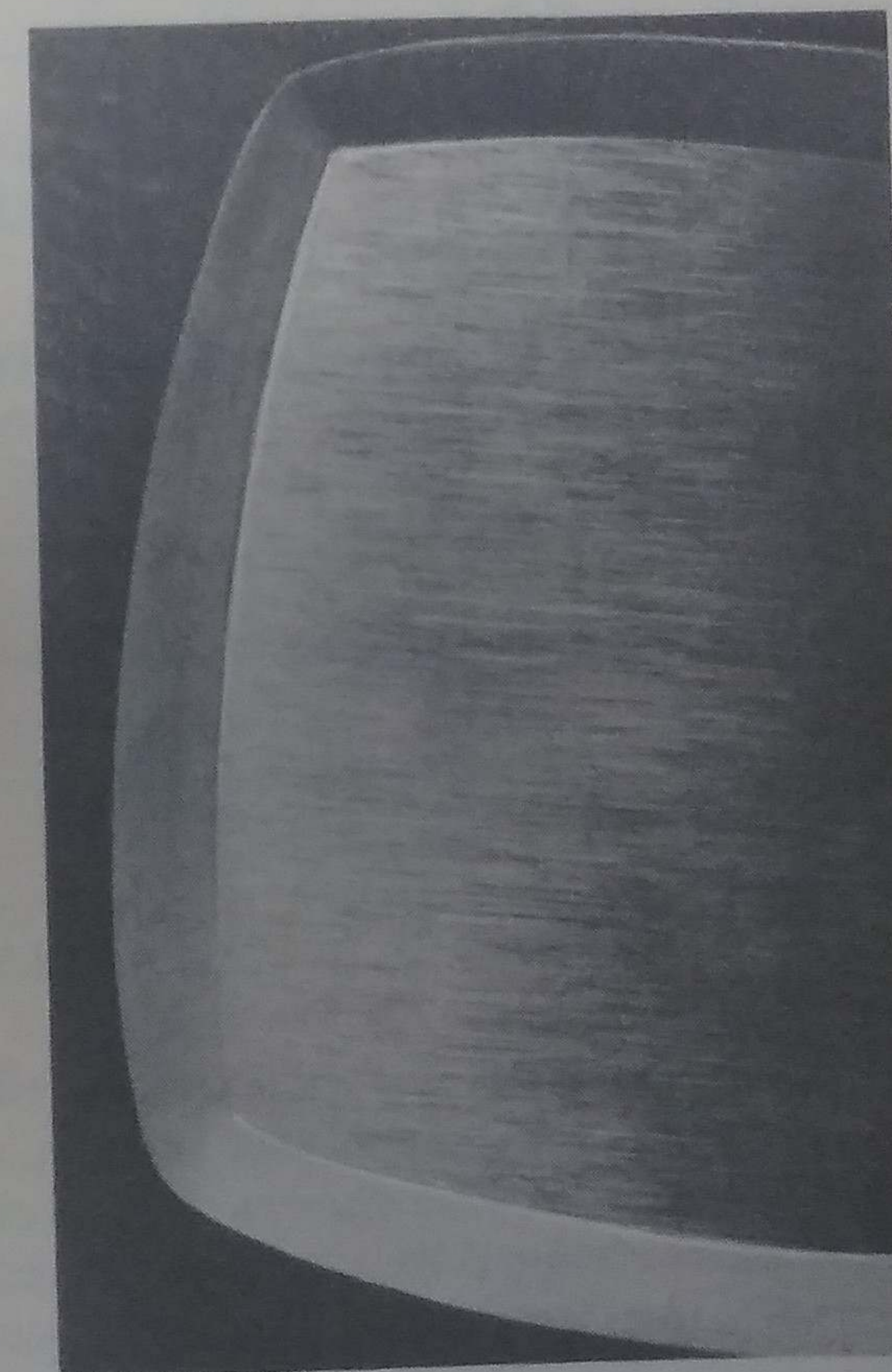


Рис. 4. Фактуры поверхностей, получаемые при декоративном штриховании абразивным инструментом: а – радиальный штрих различной глубины; б – параллельный прерывистый штрих; в – концентрический штрих

Штрихование торцевой частью абразивного инструмента позволяет получать декоративные поверхности, блеск которых напоминает перламутровые переливы рыбьей чешуи. Мягкие металлы и покрытия после обработки волосяными щетками приобретают более определенные световые блики, не теряя при этом присущую им теплоту рассеянного отражения. В табл.3 указаны конструкционные материалы, подвергающиеся обработке абразивным инструментом, назначение и области применения способов обработки, а также чистота получаемых поверхностей.

Таблица 3

Способ обработки	Обрабатываемый материал	Класс чистоты поверхности	Назначение обработки	Область применения
Твердосплавными резцами	Нержавеющая сталь Нейзильбер Латунь	7-11	Окончательная отделка Подготовка к осаждению блестящих и матовых металлических покрытий	Оптическая и часовая промышленность, приборостроение, радиопромышленность
ПКЧ	То же	7-11	То же	То же
Волосяными щетками	Серебряные покрытия	9-12	Обработка покрытий	—

АЛМАЗНАЯ ОБРАБОТКА

Полирование поверхности металла до зеркального блеска ($\nabla 7-12$) с помощью полировальных кругов и паст обладает рядом недостатков: искажается плоскостность форм, скругляются грани, происходит разбивка отверстий. Между тем сохранение строгих геометрических форм — весьма важная задача отделочной операции, особенно в приборостроении. Ее можно выполнить, обрабатывая металл специальным алмазным инструментом. Наиболее распространены способы алмазного

фрезерования и точения поверхности с помощью алмазных резцов. Ими же можно наносить своеобразный фактурный штриховой рисунок. Меньшее применение в декоративных целях нашло алмазное выглаживание поверхности с помощью алмазных выглаживателей.

Инструмент и оборудование

Алмаз как материал для металлорежущих инструментов обладает рядом ценных свойств — твердостью, высоким модулем упругости и пр., однако наряду с этим ему присущи такие недостатки, как хрупкость и малая теплопроводность. Сравнительные данные о физико-механических свойствах алмаза и других материалов для резцов приведены в табл.4.

Таблица 4

Материал резца	Удельный вес, г/см ³	Микротвердость, кг/мм ²	Твердость по шкале Мооса	Модуль упругости, кг/мм ²	Предел прочности, кг/мм ²		Кoeffициент линейного расширения $\times 10^{-6}$	Теплопроводность, кал/см·сек·град.
					на растяжение	на изгиб		
Алмаз	3,01-3,56	7000-10 000	10	90 000-100 000	200	30	0,73-0,145	0,35
Металлокерамический твердый сплав	10-15	1400-2100	9,0-9,5	44 000-60 000	400-500	88-190	4,7-7,0	0,053-0,19
Быстрорежущая сталь	8,7	7000-1000	6-7	2200-2400	190-200	350-370	11,5-15,0	0,055-0,068

Особая структура алмаза позволяет получать необыкновенно острые и стойкие резцы, обеспечивающие высокую чистоту обрабатываемой поверхности и резание с очень малыми сечениями стружки. Алмазные резцы крепятся в державки, конструкция которых зависит

от назначения резца, вида выполняемой работы и оборудования. Державки используются на автоматах и полуавтоматах при обработке крупных партий однотипных деталей; большинство из них фиксирует положение резцов.

Алмазную обработку целесообразно выполнять на станках, специально предназначенных для этой цели. В конструкции таких станков учтены специфические особенности алмазного инструмента, что позволяет использовать его с наибольшей эффективностью. Приспособления для крепления деталей предусматривают точную фиксацию и жесткое крепление заготовки, а также свободный доступ инструмента к обрабатываемой поверхности. Алмазную обработку можно проводить и на обычных фрезерных и токарных станках. Для этого необходимо устранить вибрации, создать оптимальные режимы работы алмазного инструмента, оснастить станок системами подачи смазочной жидкости и удаления стружки. Резцедержатели на станках токарного типа должны быть жесткими и обеспечивать поворот алмазного резца в горизонтальной и настроечные перемещения в вертикальной плоскостях. Фрезерные головки должны обеспечивать надежное и жесткое крепление резцов и возможность регулирования положения режущей кромки относительно оси головки в пределах $5-10^\circ$. Для фрезерных головок, оснащенных двумя и более резцами, должно быть предусмотрено регулирование резцов в радиальном направлении. В собранном виде головка должна быть тщательно отбалансирована.

Режимы обработки

Скорость резания при алмазном точении и фрезеровании в интервале 20–2500 м/мин не оказывает заметного влияния на чистоту обрабатываемой поверхности. Она ограничивается допустимым пределом числа оборотов шпинделя, а у многорезцовых автоматов и полуавтоматов также и стойкостью работающих одновременно с алмазным резцом инструментов из углеродистой, быстрорежущей стали и твердого сплава. Оптимальные значения скоростей резания при точении и фрезеровании на врезание и проход для оборудования, принятого в часовой промышленности [16], приведены в табл. 5.

Существенное влияние на чистоту обрабатываемой поверхности оказывает величина подачи, особенно при алмазном точении на проход (табл. 6). Оптимальные величины подач при алмазной обработке для оборудования, принятого в часовой промышленности, приведены в табл. 7. Режимы алмазного выглаживания приведены в табл. 8.

При алмазном фактурировании большинства материалов применяются смазочно-охлаждающие жидкости, улучшающие качество обра-

Таблица 5

Обрабатываемый материал	Скорость резания, м/мин	
	при точении	при фрезеровании
Латунь ЛС-59-1 ЛС-63-3	200–300	600–800
Авиаль часовая	250–350	600–1000
Свинцовистый нейзильбер	300–350	750–800
Бериллиевая бронза БрБ2	200–250	500–600
Томпак твердый	300–350	750–800
Мельхиор	200–300	750–800

- Примечания: 1. При работе на повышенных скоростях необходимо обеспечить эффективный отвод образующейся стружки, особенно при обработке вязких материалов типа алюминия.
2. Скорость резания при растачивании должна составлять 0,5–0,6 скорости резания при точении (так как ухудшается отвод стружки).
3. Скорость резания при строгании материалов типа латуни и нейзильбера не должна превышать 0,4–0,5 м/мин при глубине резания 0,0025–0,005 мм.

Таблица 6

Обрабатываемый материал	Класс чистоты поверхности при подаче (мм/об)				
	0,2	0,1	0,06	0,03	0,01
Латунь	7	8	9	10–11	11
Нейзильбер	7	8	9	10	11
Авиаль	6	7	8	9	9

Таблица 7

Обрабатываемый материал	Подача, мм/об			Подача при фрезеровании на проход, мм/мин
	при точении		при фрезеровании на врезание	
	на врезание	на проход		
Латунь ЛС-59-1 ЛС-63-3	0,003-0,004	0,02-0,07	0,002-0,004	300-600
Авиаль часовая	0,0035-0,0045	0,01-0,05	0,003-0,0035	-
Свинцовистый нейзильбер	0,004-0,0045	0,02-0,07	0,002-0,004	300-600
Бериллиевая бронза БрБ2	0,004-0,0045	0,02-0,04	0,002-0,004	-
Томпак твердый	0,004-0,0045	-	0,002-0,004	-
Мельхиор	0,003-0,004	-	0,002-0,004	-

Примечание. Направление подачи при фрезеровании периферией фрезы на проход должно быть встречным.

Таблица 8

Материал выглаживателя	Режим обработки	
	скорость, об/мин	подача, мм/об
Алмаз	400-500	0,05
Искусственный алмаз	700-800	0,05

ботки поверхности по сравнению с сухим способом. При обработке особо вязких материалов (медь, алюминий) применение смазки необходимо. В качестве смазочной жидкости используются минеральные

масла в чистом виде и в смеси с керосином или растительными маслами, а также веретенное и вазелиновое масла (последние дают лучшие результаты).

Эффективность работы алмазного инструмента во многом определяется его износостойкостью, которая, в свою очередь, существенно зависит от снимаемого припуска. Поэтому алмазной обработке, как правило, предшествует обработка другими инструментами, кроме абразивных, с целью удаления основного припуска (стоимость алмазного инструмента в 50-100 раз превышает стоимость режущих инструментов из твердых сплавов). При алмазном точении и фрезеровании на врезание предварительно обработанной поверхности припуск не должен превышать 0,07 мм на сторону, а при обработке за одну установку он должен быть снижен до 0,03-0,04 мм. В некоторых случаях, например при обработке очень мелких деталей, допускается увеличение припуска до 0,15-0,2 мм (алмазная обработка возможна здесь без предварительной подготовки поверхности). При алмазном точении и фрезеровании на проход припуск не должен превышать 0,15-0,2 мм на сторону. При алмазном выглаживании размер детали увеличивается на 2-3 мкм, поэтому её номинальные размеры соответственно занижаются.

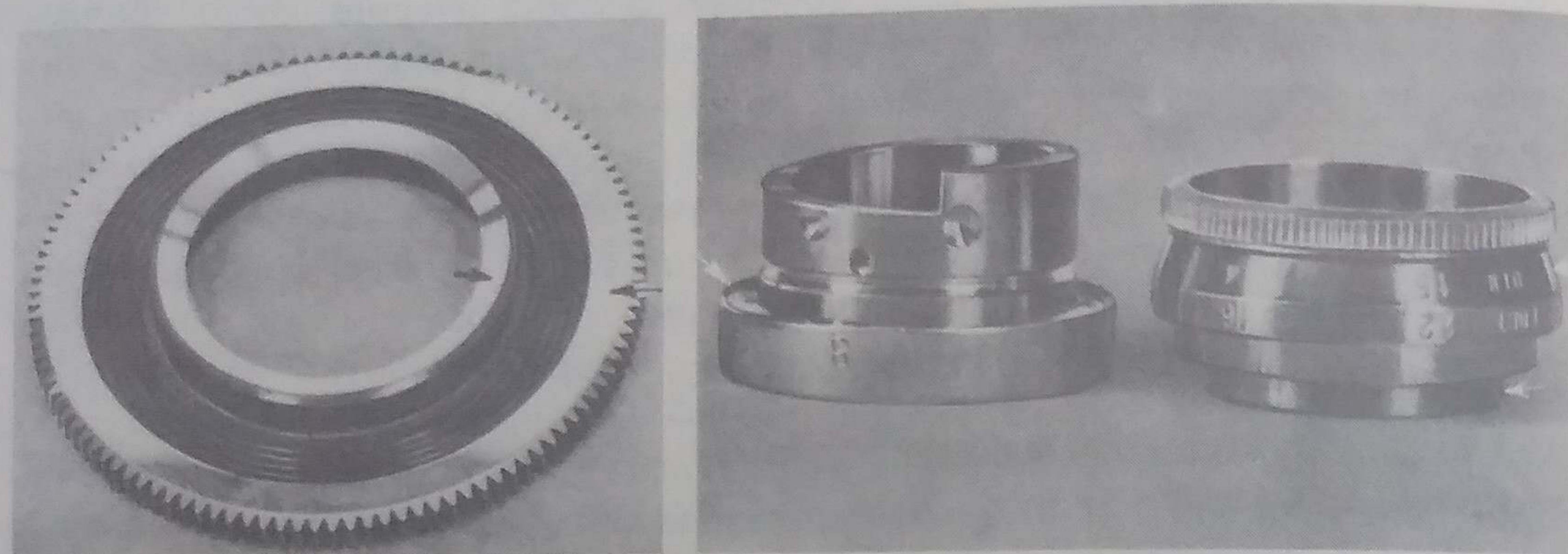
Характеристика получаемых фактур

После обработки алмазным точением (рис.5) металлическая поверхность приобретает способность отражать большую часть падающего на нее света. Световые блики, чередуясь с темными участками, не расплываются, как на шлифованной поверхности, а образуют четкий световой контур, повторяя линии поверхности. При таком отражении света с максимальной полнотой выявляются тончайшие нюансы формы изделия и пространственное взаиморасположение различных его плоскостей.

Алмазное фрезерование (см. рис.5) также придает поверхности металла способность четко и определенно отражать световые блики. Вместе с тем, варьируя способы применения алмазной фрезы, можно создавать декоративные поверхности с различным характером выразительности: при фрезеровании на врезание, изменяя лишь глубину резания, можно получить и зеркально-блестящую гладкую фактуру, и рельефную поверхность с острой графикой радиальных или параллельных штрихов. Радиально заштрихованная поверхность, отражая свет, образует динамичные криволинейные чередующиеся блики и рефлексы (рис. 6).

Алмазное выглаживание не придает поверхности такой специфической выразительности светового рисунка, как алмазное точение и фрезерование, но обладает тем преимуществом, что применяется не только для цветных металлов, но и для различных сталей. Это позволяет достаточно широко использовать данный способ в промыш-

ленности. После выглаживания металлическая поверхность становится ровной и гладкой, без резких световых бликов. На нее можно нанести фактурный рисунок методом виброобкатывания.



б

а

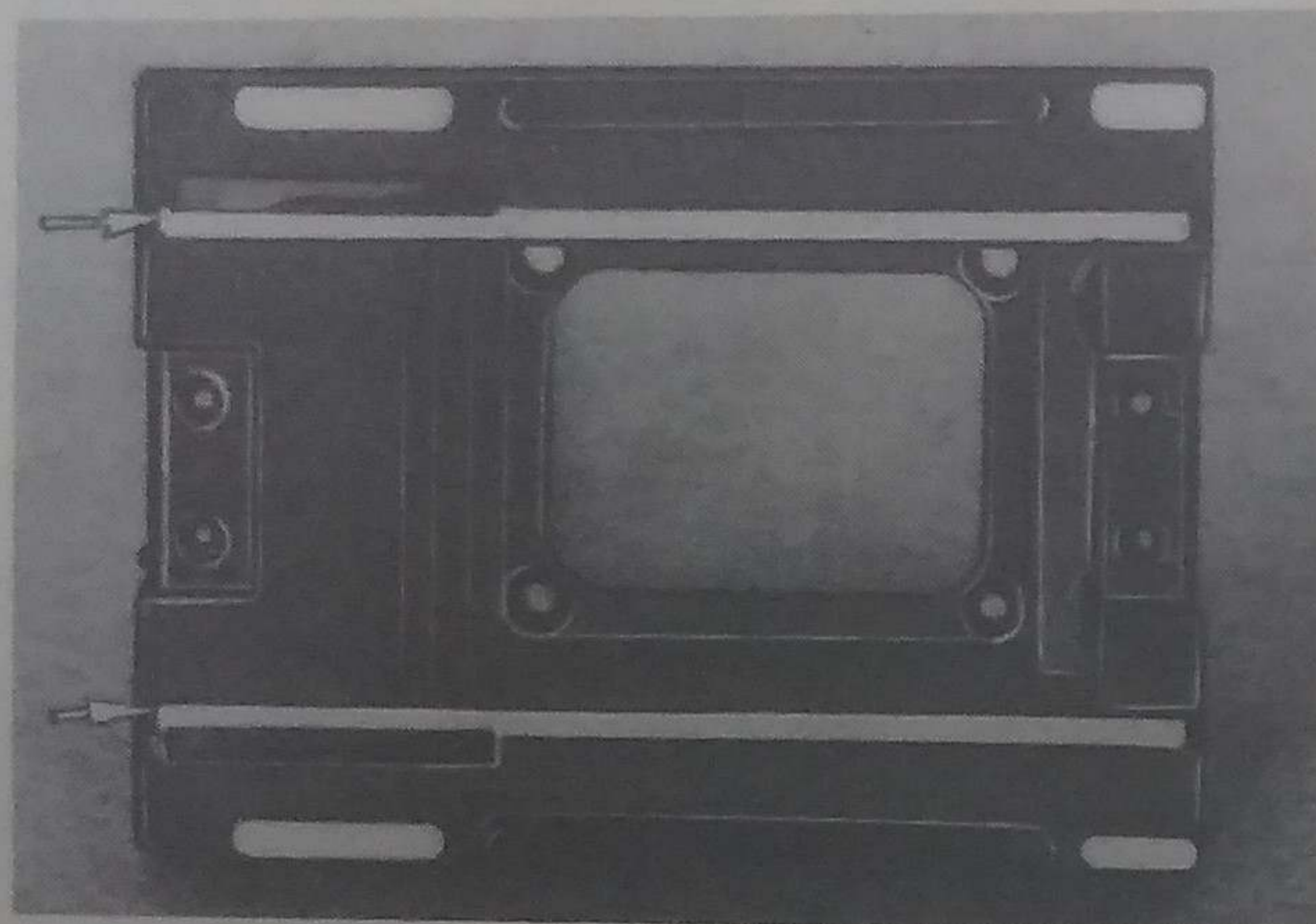
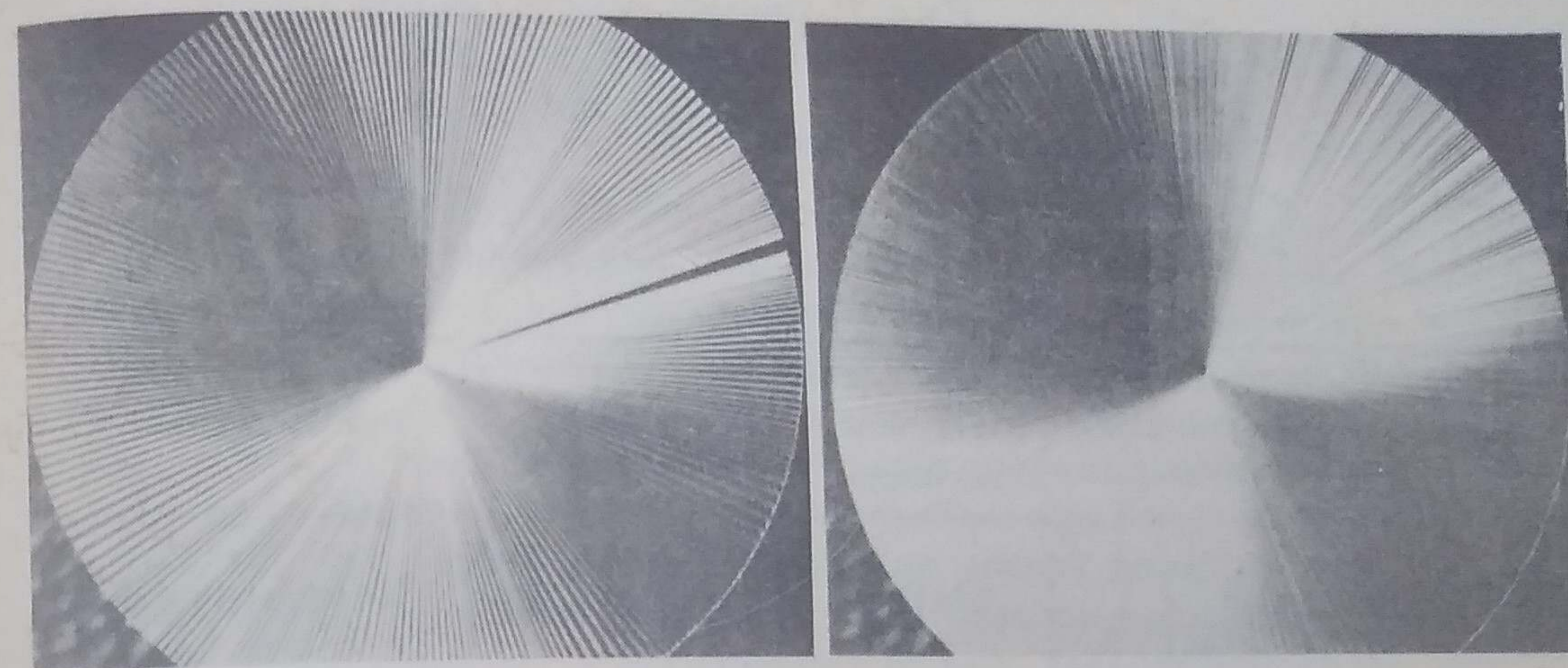


Рис. 5. Детали фотокино-аппаратуры, обработанные: а - алмазным точением; б - алмазным фрезерованием (стрелки указывают обработанные участки поверхности)

Поверхность после алмазного фактурирования имеет зеркальную чистоту и может быть легко повреждена. Поэтому алмазная обработка является заключительной операцией при изготовлении деталей, за исключением тех случаев, когда на детали после обработки наносятся гальванические покрытия. Тогда технологический процесс завершается операцией глянцеваания поверхности байковым кругом без применения полирующих паст. На обработанную алмазным инструментом поверхность рекомендуется осаждать блестящие гальванические покрытия. Нанесение матовых покрытий противоречит смыслу алмазной обработки, так как при этом сглаживаются грани и затушевывается блеск полученной фактуры. Однако сочетание на одной поверхности зеркально-блестящих, матовых и штрихованных участков, обработанных разными способами, повышает ее декоративные качества, усиливает эстетическую выразительность.



а

б

в

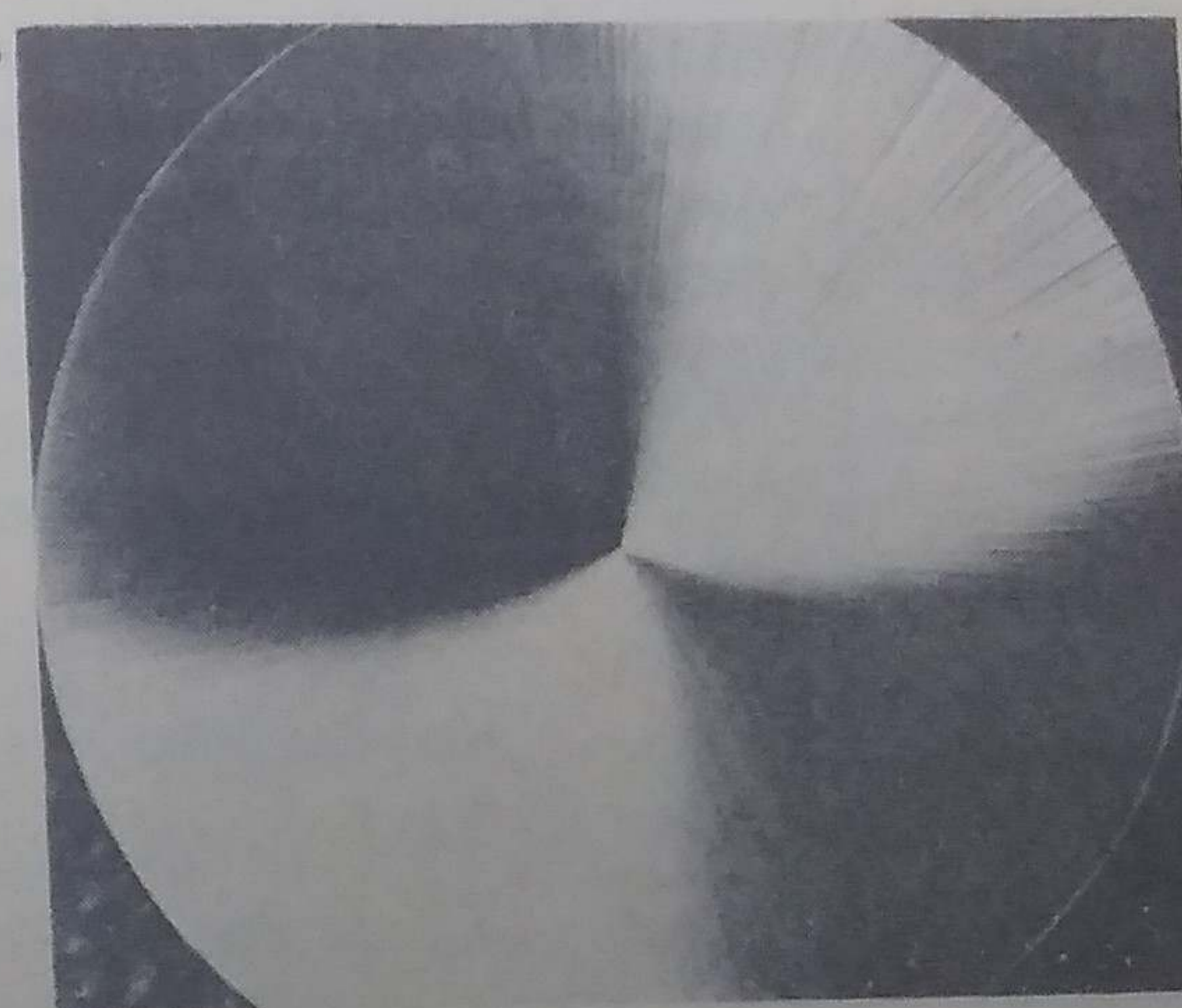


Рис. 6. Фактуры поверхностей, обработанных алмазным фрезерованием, с различной глубиной радиального штриха (мкм): а - 20; б - 10; в - 5

В табл. 9 указаны конструкционные материалы, подвергающиеся алмазной обработке, назначение и области применения способов обработки, а также чистота получаемых поверхностей.

При проектировании деталей изделий, подлежащих алмазной обработке, необходимо иметь в виду следующее:

профиль и размеры поверхности, обрабатываемой на врезание, должны соответствовать профилям и размерам резцов [13, 14, 16]; в ряде случаев в конструкцию детали следует внести изменения, не влияющие на ее функциональные свойства, но улучшающие условия работы алмазного инструмента (рис. 7);

фактура поверхности, обработанной на проход, сохраняет следы инструмента, поэтому при выборе направления обработки необходимо учитывать положение детали в готовом изделии: следы обработки должны совпадать с естественными бликами, обусловленными конфигурацией и положением детали.

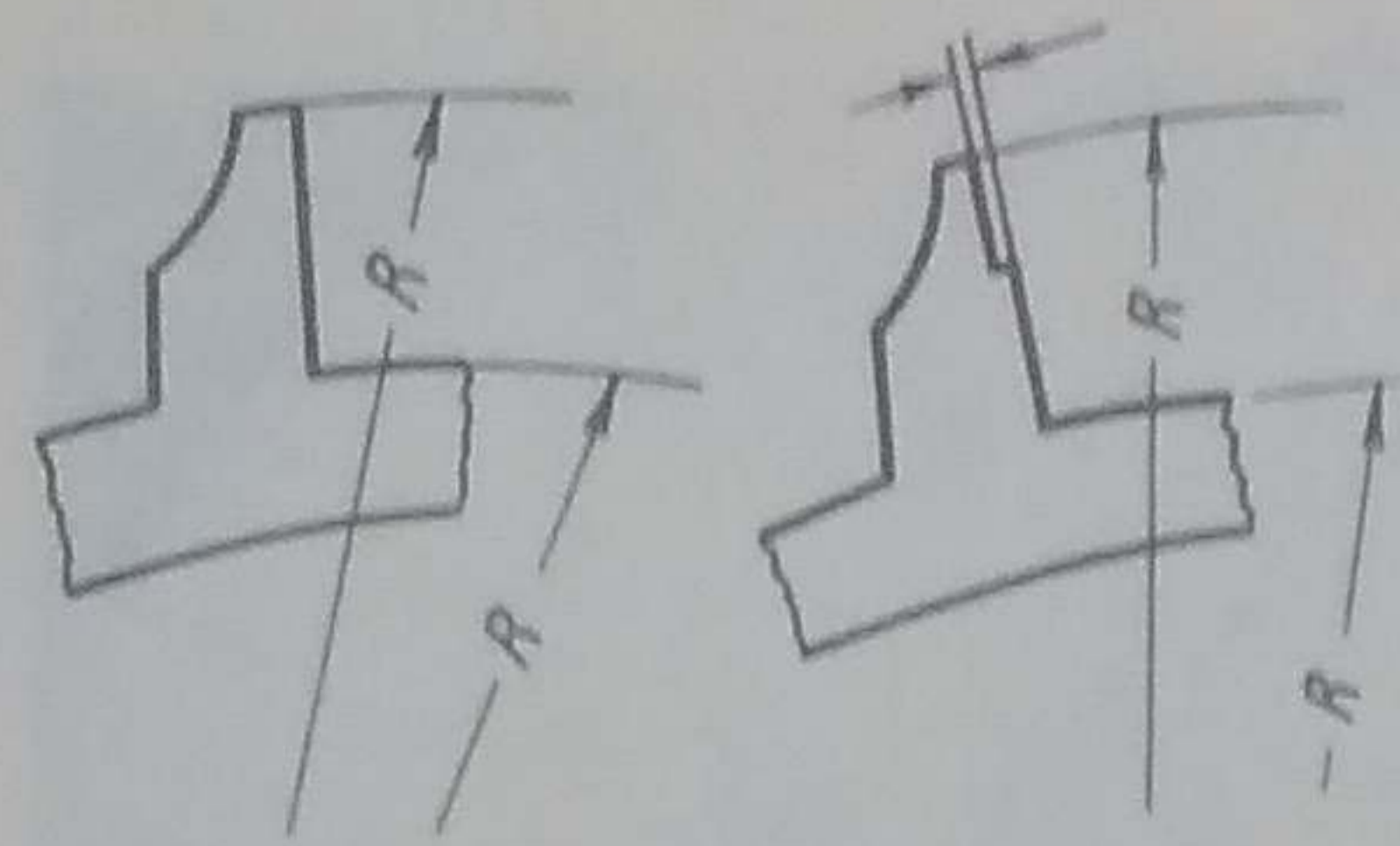


Рис. 7. Пример изменения конструкции детали, улучшающего условия работы алмазного инструмента

Таблица 9

Способ обработки	Обрабатываемый металл	Класс чистоты поверхности	Назначение обработки	Область применения
Фрезерование	Латунь ЛС-59-1 ЛС-63-3 Алюминий авиаль часовая Д-16 Нейзильбер свинцовистый НМЦС Бериллиевая бронза БрБ2 Томпак твердый Мельхиор	10-12	Окончательная отделка Подготовка под осаждение блестящих металлических и цветных окисных покрытий	Оптическая и часовая промышленность, приборостроение, радиопромышленность
Точение	То же	7-11*	Окончательная отделка Подготовка под осаждение блестящих металлических покрытий	Оптическая промышленность, приборостроение, радиопромышленность
Выглаживание	Каленые стали всех марок	9-11	То же	Станко-инструментальная промышленность

* Для вязких металлов типа алюминия - $\nabla 6-9$.

ХОЛОДНАЯ БЕСШТАМПОВАЯ ОБРАБОТКА ДАВЛЕНИЕМ

1. Вибрационное обкатывание

Холодная бесштамповая обработка металлов давлением используется для формообразования, упрочнения и отделки металлов. Высокая надежность, простота и экономичность метода обусловили его широкое применение. Для получения поверхностей с фактурным рисунком используется новый способ этой обработки - вибрационное обкатывание, который требует дальнейшего совершенствования. Способ разработан в Ленинградском институте точной механики и оптики (ЛИТМО) для улучшения характеристик трения поверхностей*. Сущность его заключается в выдавливании канавок сегментовидного сечения осциллирующим в направлении подачи закаленным шаром или алмазным наконечником сферической формы. Варьируя форму, размеры и взаимное расположение канавок в зависимости от режима обработки, можно получать разнообразный фактурный рисунок.

Виброобкатывание основано на использовании способности металлов сохранять остаточную деформацию без разрушения после приложения усилия. Результаты пластической деформации определяются строением и свойствами металла, температурой и скоростью обработки. Низкая температура не вызывает разупрочнения металла, наоборот - происходит его упрочнение.

Инструмент и оборудование

Фактурный рисунок можно создавать на торцевых, плоских и цилиндрических поверхностях любых металлов. При обработке металлов с твердостью до 40 ед. по Роквеллу используется шар от шарикоподшипников диаметром до 2 мм, а более твердых металлов - стандартизованные алмазные наконечники с радиусом сферы 1-3 мм. Виброобкатывание тел вращения производят на токарном станке, а плоских - на фрезерном. Описание установок для виброобкатывания наружных и внутренних поверхностей приведено в плакате ЛДНТП "Виброобкатывание деталей штампов" (автор Ю. Г. Шнейдер)**.

Характеристика получаемых фактур

Поверхность металла после виброобкатывания характеризуется относительно высоким классом чистоты (8 - 9) и необычной, по сравнению с резанием, пологой, "обтекаемой" формой микронеров-

* Авт. свид. №№ 135095, 191382, 203713.

** Чертежи виброголовки можно получить в ЛДНТП (№ 1424).

ностей, создающих своеобразную фактуру. Определяющим элементом фактуры является рисунок. Его специфический характер связан с особенностями технологического процесса и применяемого оборудования. Обработка виброобкатыванием наиболее целесообразна для больших и далеко не идеальных поверхностей, так как рельефный свето-теневой рисунок успешно скрывает все нежелательные и трудноустраняемые иными способами неровности, снижающими эстетические качества изделия. Следует отметить особую важность графики рисунка. Виброобкатывание предоставляет широкие возможности линейного начертания. Задавая рисунок, художник-конструктор должен согласовать его с формой и размерами детали (изделия), характером поверхности, играющей роль фона. Так, сочетание мелкого фактурного рисунка и блестящего гальванического покрытия нецелесообразно, так как блеск покрытия вуалирует рисунок (см. рис. 10 б). Четыре основных вида микрорельефа, образующегося при виброобкатывании цилиндрических поверхностей, показаны на рис. 8. При виброобкатывании торцевых поверхностей можно получить рисунок, изменяющийся от периферии к центру (рис. 9).

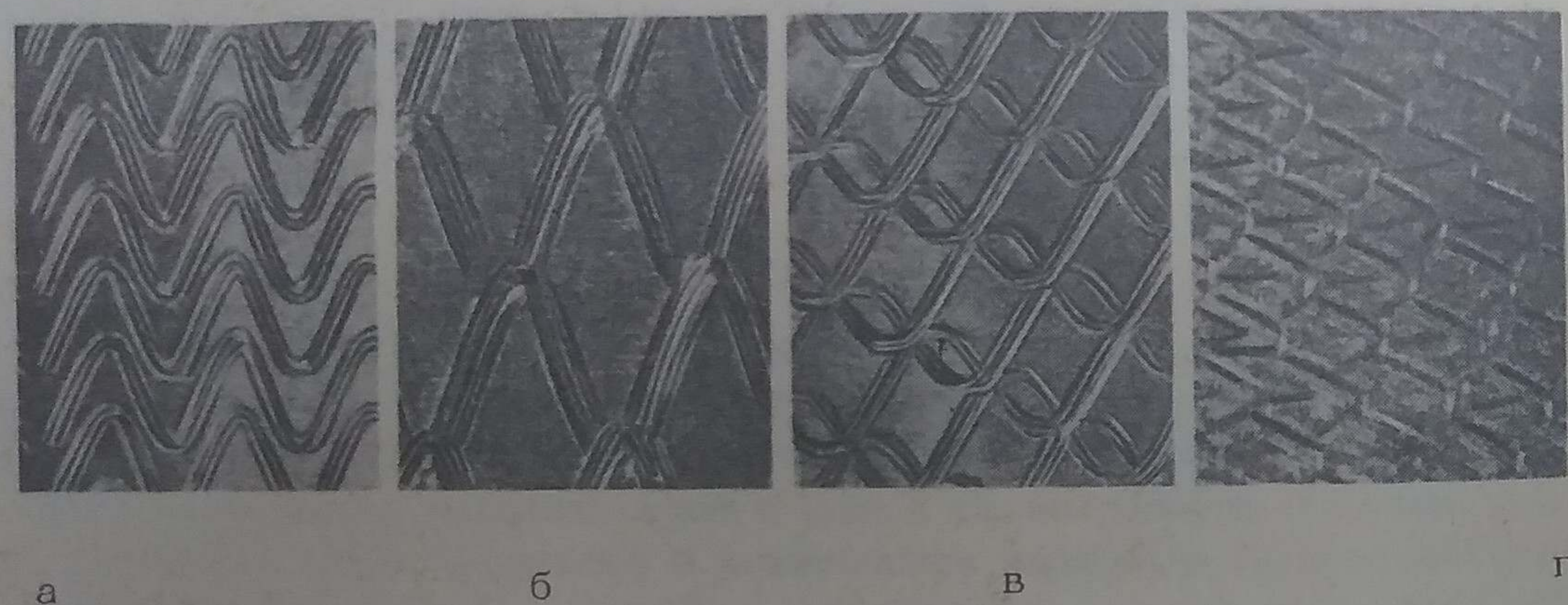


Рис. 8. Четыре основных вида микрорельефа виброобкатанных цилиндрических поверхностей:
 а — с некасающимися; б — с касающимися; в — с пересекающимися;
 г — со сливающимися канавками

Приведенные примеры свидетельствуют об огромных возможностях нового способа. Пока его начинают осваивать на предприятиях, где производятся предметы культурно-бытового назначения (рис. 10). Однако перспективность его применения в машиностроении, станкостроении и других отраслях промышленности очевидна.

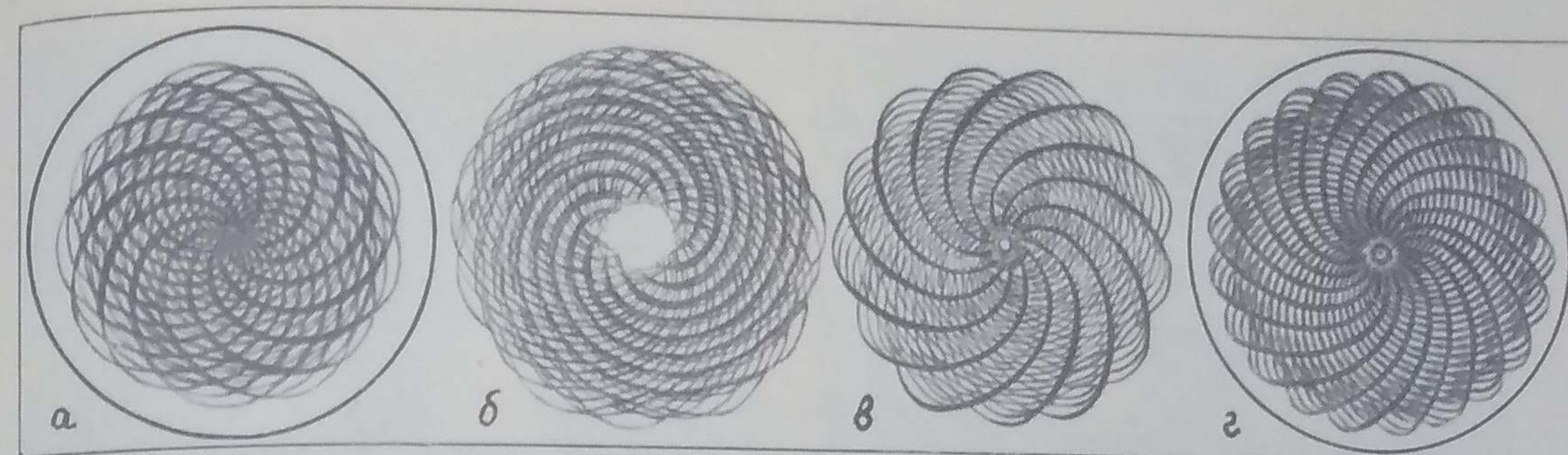


Рис. 9. Рисунки, получающиеся при виброобкатывании торцевых поверхностей при числе оборотов заготовки (об/мин):
 а — 1000; б — 800; в — 630; г — 400

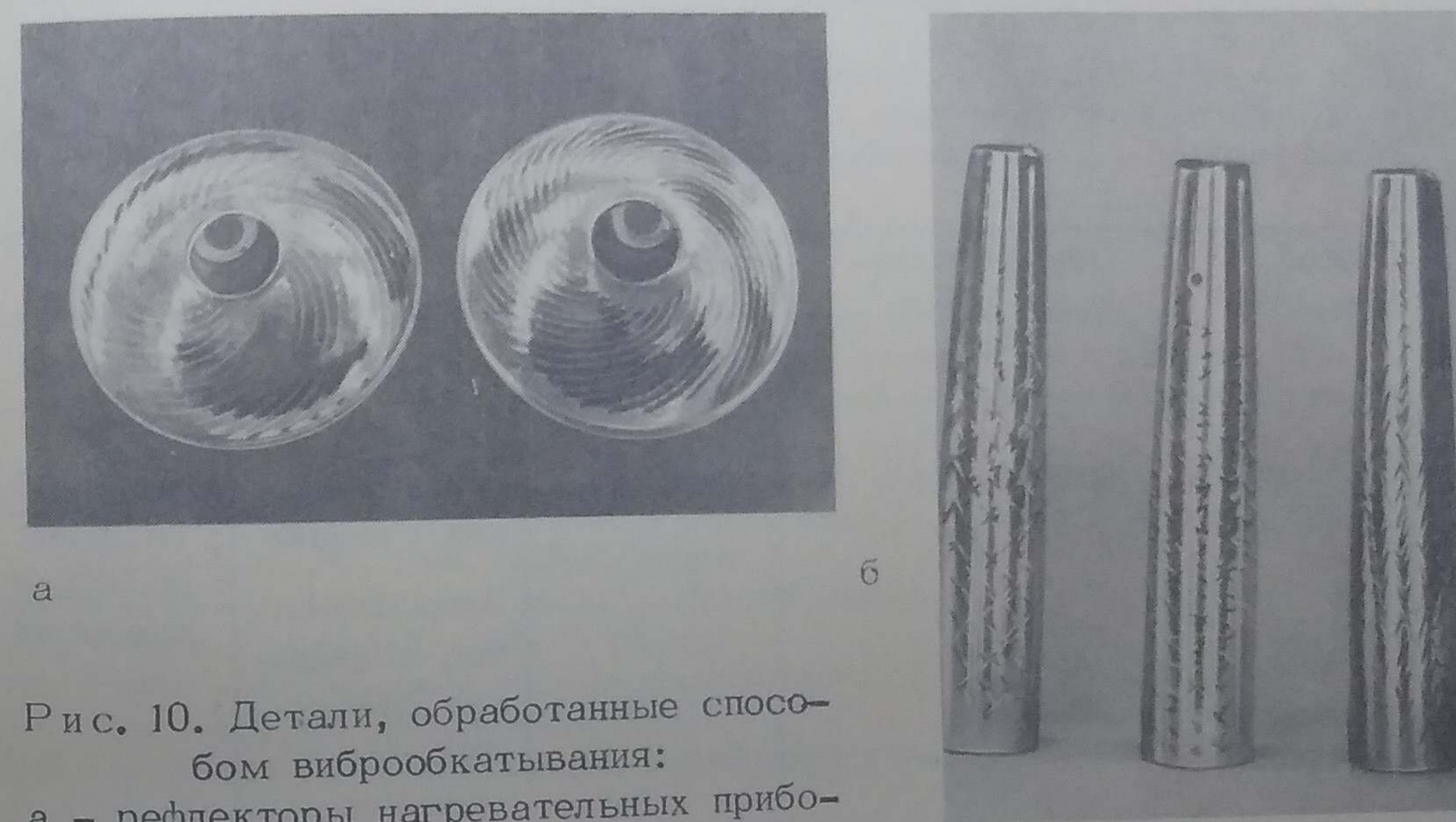


Рис. 10. Детали, обработанные способом виброобкатывания:
 а — рефлекторы нагревательных приборов; б — колпачки авторучек

2. Метод упрочняющей технологии

Холодная бесштамповая обработка металлов давлением, как уже было сказано, используется для упрочнения металлов. Одним из методов упрочнения является обработка поверхности металла эксцентровым упрочнителем. Он закрепляется на токарном, фрезерном или строгальном станках, имеющих устройства для взаимосвязанного продольного и поперечного перемещения детали и инструмента. Этот метод повышает технические характеристики металла и позволяет получать на поверхности цилиндрических, конических и плоских

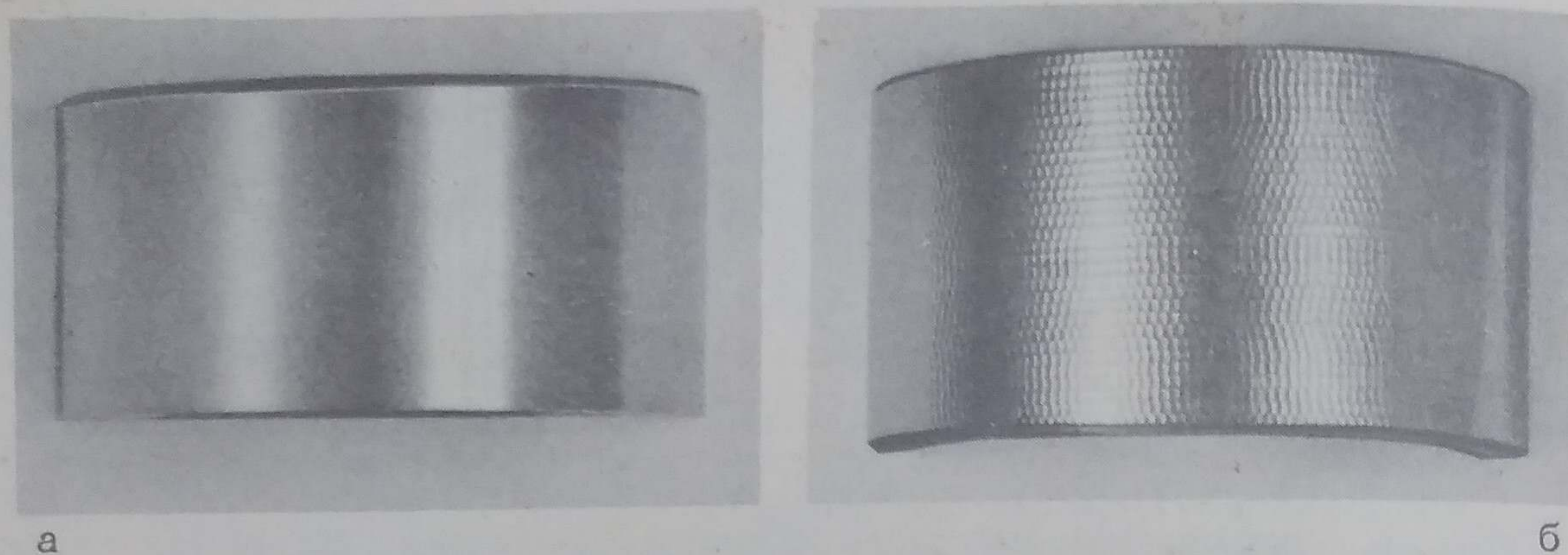


Рис. 11. Поверхность, обработанная эксцентриковым упрочнителем: а - исходная; б - фактурированная

Таблица 10

Способ обработки	Обрабатываемый металл	Класс чистоты поверхности	Назначение обработки	Область применения
Виброобкатывание	Любой	8-9	Окончательная отделка Подготовка под осаждение блестящих и матовых покрытий	Любая отрасль промышленности
Упрочняющая технология	—	5-7	То же	То же

деталей однообразный фактурный рисунок в виде ячеек (рис. 11). Расположение и размеры ячейчатых отпечатков зависят от режима обработки.

В табл. 10 указаны конструкционные материалы, подвергающиеся холодной бесштамповой обработке давлением, назначение и области применения способов обработки, а также чистота получаемых поверхностей.

ЛИТЕРАТУРА

- Белых Н. Д., Бурков Г. М. Декоративная обработка металлов эксцентриковым упрочнителем. - "Техническая эстетика", 1971, № 2.
- Бесидовский Е. Я., Ларин Ю. С. Декоративная отделка циферблатов часов. - В сб.: Использование декоративно-защитных гальванических покрытий в художественном конструировании. М., 1969. (ВНИИТЭ).
- Бесидовский Е. Я., Ларин Ю. С., Стогова Е. Н. Штрихованные циферблаты. - В сб.: Часы и часовые механизмы, № 2. М., 1963. (ЦНИИТЭ приборостроения).
- Бурков Г. М., Белых Н. Д. Декоративная обработка металлов методами упрочняющей технологии. - В сб.: Современные методы декоративной отделки материалов. М., 1970. (ВНИИТЭ).
- Гарбер М. И. Декоративное шлифование и полирование. М., "Машиностроение", 1964.
- ГОСТ 2789-59 "Шероховатость поверхности".
- ГОСТ 3647-59 "Абразивные материалы в зерне".
- Грачева М. П. Гальванотехника при изготовлении предметов бытового назначения. М., "Легкая индустрия", 1970.
- Грачева М. П. Способы обработки поверхности металла для получения заданной фактуры и фактурного рисунка перед нанесением гальванических покрытий. - В сб.: Современные методы декоративной отделки материалов. М., 1970. (ВНИИТЭ).
- Ипполитов Г. М. Абразивно-алмазная обработка. М., "Машиностроение", 1967.
- Круглов Г. А. Алмазная обработка деталей. М., "Машиностроение", 1967.
- Круглов Г. А., Тарасевич И. К. Методы механической обработки деталей часов. - В сб.: Современные методы декоративной отделки материалов. М., 1970. (ВНИИТЭ).
- Нормаль машиностроения "Резцы алмазные". М., Стандартгиз, 1961.
- Нормаль ОН-6-152-63 "Алмазные резцы часовые. Типы и геометрические параметры". М., 1968. (НИИЧаспром).
- Осенин И. И., Шумаков А. М. Приспособление для нанесения рисок. - "Машиностроитель", 1969, № 12.
- РТМ-11-68 "Алмазное точение и фрезерование в часовом производстве". Ред. 2-68. М., 1968. (НИИЧаспром).
- Справочная книга по отделочным операциям в машиностроении. Под ред. И. Г. Космачева. Лениздат, 1966.
- Тарасевич И. К., Круглов Г. А. Высокопористые шлифовальные и полировальные круги. - В сб.: Часы и часовые механизмы, № 3. М., 1963. (ЦНИИТЭ приборостроения).
- ТУ 25-09-114-68 "Круги высокопористые часовые". М., 1968. (НИИЧаспром).
- Тюнин С. П. Фактура как средство гармонизации формы. - В сб.: Современные методы декоративной отделки материалов. М., 1970. (ВНИИТЭ).
- Уик Ч. Обработка металлов без снятия стружки. Пер. с англ. М., "Мир", 1965.
- Шнейдер Ю. Г. Инструмент для чистовой обработки металлов давлением. Л., "Машиностроение", 1971.
- Шнейдер Ю. Г. Способ образования регулярных микрорельефов. - "Машиностроитель", 1970, № 9.
- Шнейдер Ю. Г. Холодная бесштамповая обработка металлов давлением. Л., "Машиностроение", 1967.

Содержание

	Стр.
Общие сведения	3
Обработка абразивами	10
Обработка абразивным инструментом.	15
Алмазная обработка.	18
Холодная бесштамповая обработка давлением	27
1. Вибрационное обкатывание	27
2. Метод упрочняющей технологии.	29
Литература	31

Редактор Т. А. Арестова
Корректор Е. А. Калганова
Техн.редактор О.Б.Глазов

Т 18654. Подп. к печати 29/XI-71 г. Формат бумаги 60x90/16.
Уч.-изд. л. 1,7. Тираж 1450 экз. Зак. 487. Цена 12 коп.
Москва И-223, ВНИИТЭ