



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Дисциплина «Технология машиностроения»
Лекция «Проектирование ТП изготовления
станин и рам»

Литература

1. Технология машиностроения (специальная часть): Учебник / А.А. Гусев, Е.О. Ковальчук, И.М. Колесов и др. – М.: Машиностроение, 1986.
 2. Маталин А.А. Технология машиностроения: Учебник. – Л.: Машиностроение, Ленинград.отд., 1985.
 3. Ковшов А.Н. Технология машиностроения: Учебник. – М.: Машиностроение, 1987.
 4. Справочник технолога-машиностроителя: В 2-х т. / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1985.
 5. Станки с программным управлением: Справочник / Под ред. Г.А.Монахова. – М.: Машиностроение, 1975.
-



Проектирование ТП изготовления деталей различных типов

Проектирование ТП изготовления станин и рам

Станины, основания и рамы (станков, сборочных, измерительных, транспортных, энергетических и других машин и агрегатов) предназначены для обеспечения требуемых относительных положений и движений присоединяемых к ним сборочных единиц и деталей в условиях допустимых воздействий рабочих нагрузок и внешней среды в течение заданного периода времени эксплуатации

Группы параметров обязательно указываемые в описании служебного назначения станины, основания или рамы

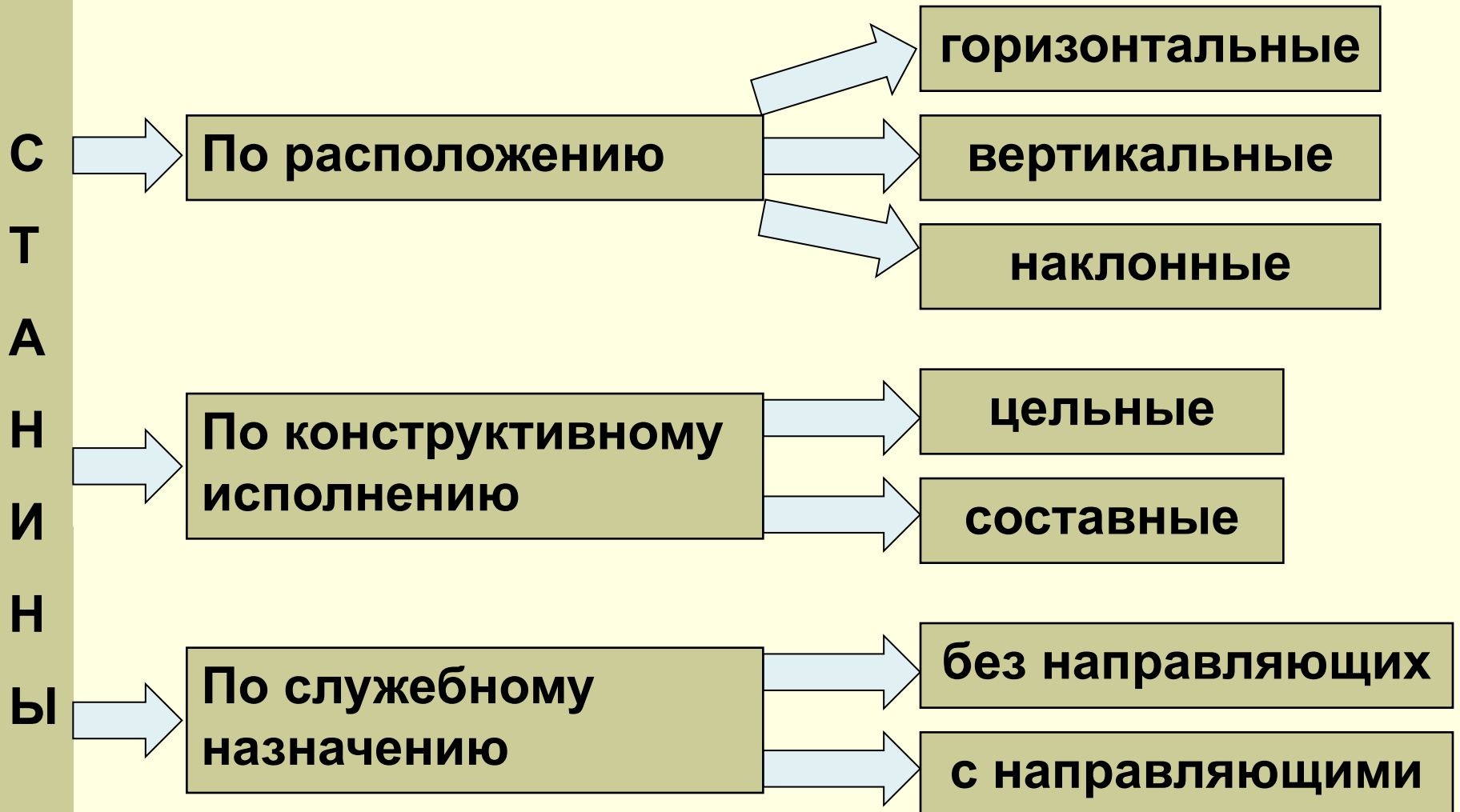
- **требуемые относительные положения присоединяемых к станине неподвижных сборочных единиц и деталей;**
- **требуемые относительные движения устанавливаемых на станине подвижных сборочных единиц и деталей;**
- **допустимые статические и динамические нагрузки;**
- **допустимые тепловые воздействия;**

Группы параметров обязательно указываемые в описании служебного назначения станины, основания или рамы

(окончание)

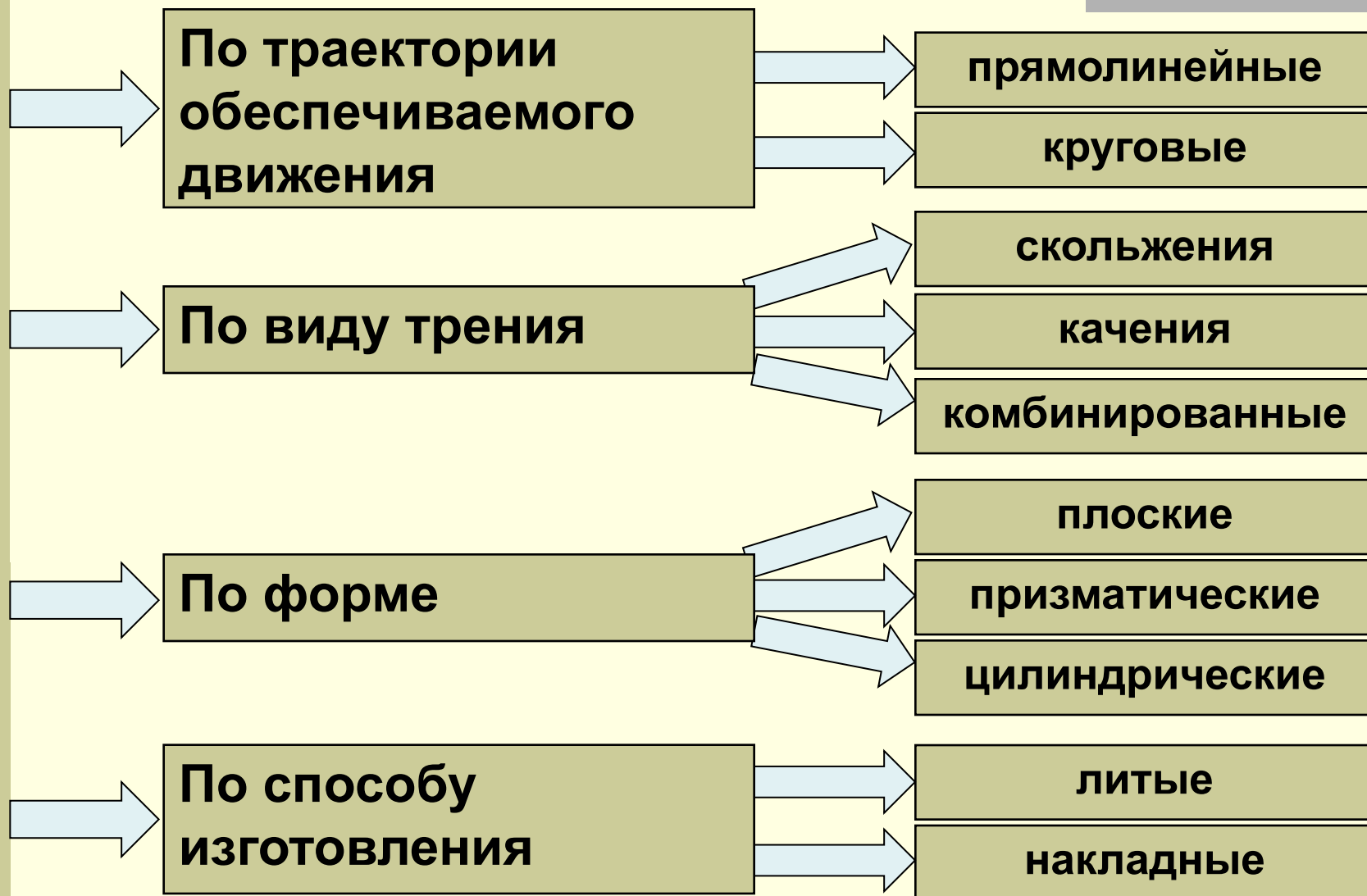
- допустимые внешние воздействия и параметры окружающей среды;
- требуемый период эксплуатации до ремонта и общий срок эксплуатации;
- регламент обслуживания станины;
- другие характеристики: эргономические, эстетические, экономические и т.п., габариты, масса.

Классификация станин

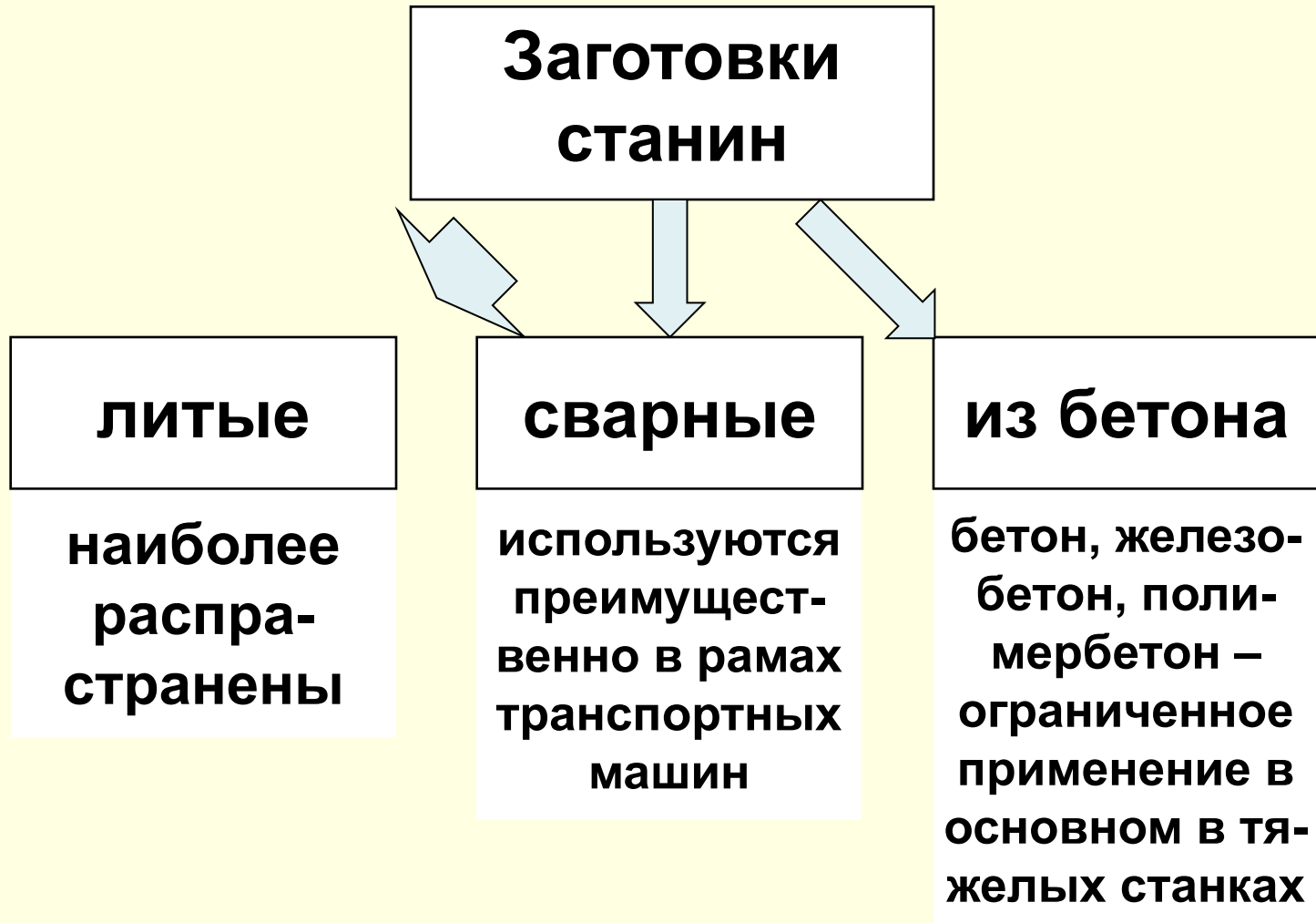


Классификация направляющих

НАПРАВЛЯЮЩИЕ



Классификация заготовок станин



Изготовление литых заготовок станин

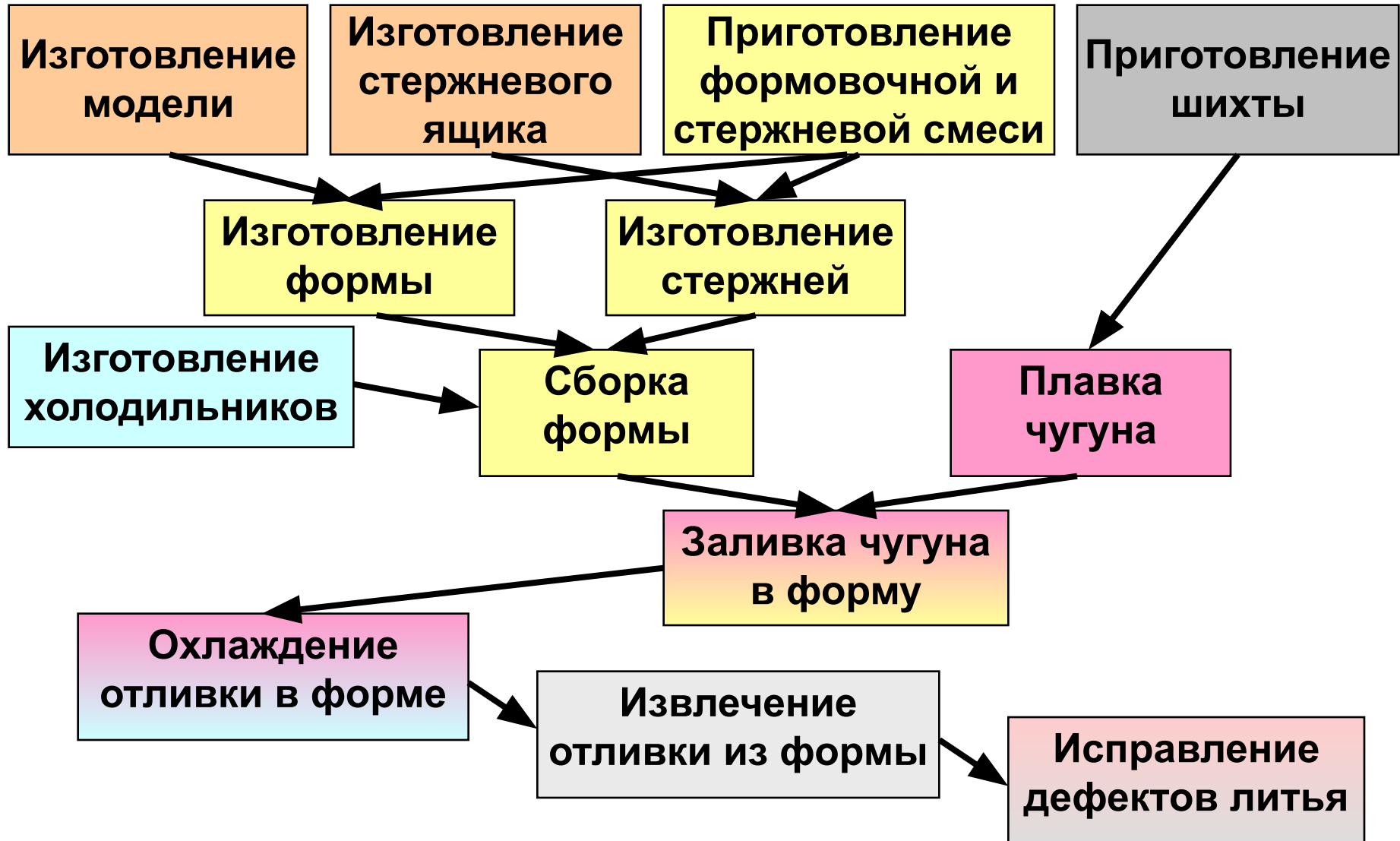
Основные требования к литым заготовкам станин

- монолитные направляющие должны обладать высокой износостойкостью и твердостью;
- не допустимо отбеливание чугуна в тонких стенках, приводящее к большим напряжениям, короблениям и трещинам.

Методы обеспечения противоречивых требований к массивным направляющим и тонким стенкам отливки станины:

- использование высококачественных чугунов;
- использование специальной технологии литья;
- уменьшение разницы в толщине направляющих и стенок станины;
- использование упрочняющей обработки направляющих (например, закалки);
- применение накладных направляющих.

Последовательность изготовления литых заготовок станин



Установка холодильников в виде плоских, ребристых и шиповидных чугунных плит в местах направляющих при сборке формы позволяет:

- ускорить охлаждение направляющих, что повышает их твердость;
 - предохранить форму от размывов при заливке чугуна.
-

Применяемые литейные материалы

- нелегированный чугун оптимизированного состава марок СЧ20, СЧ25, СЧ30 для получения высококачественных отливок;
- серый легированный чугун для получения монолитных направляющих.

Методы уменьшения расхода легирующих элементов

```
graph TD; A[Методы уменьшения расхода легирующих элементов] --> B[Поверхностное легирование]; A --> C[Послойная заливка];
```

Поверхностное легирование

До заливки чугуна на поверхность формы в местах направляющих наносят пасту с легирующими элементами

Послойная заливка

Заливка в форму сначала легированного чугуна под направляющие, а затем нелегированного чугуна

Исправление дефектов литья

Все дефекты литья заваривают газовой или дуговой сваркой чугунными электродами:

- крупные дефекты – с предварительным нагревом основного металла (600...650°С);
- мелкие дефекты – без предварительного нагрева или с незначительным нагревом (150...300°С).

Все дефекты, открывшиеся после черновой обработки заготовки, исправляют перед старением, а места исправлений зачищают.

Изготовление сварных заготовок станин

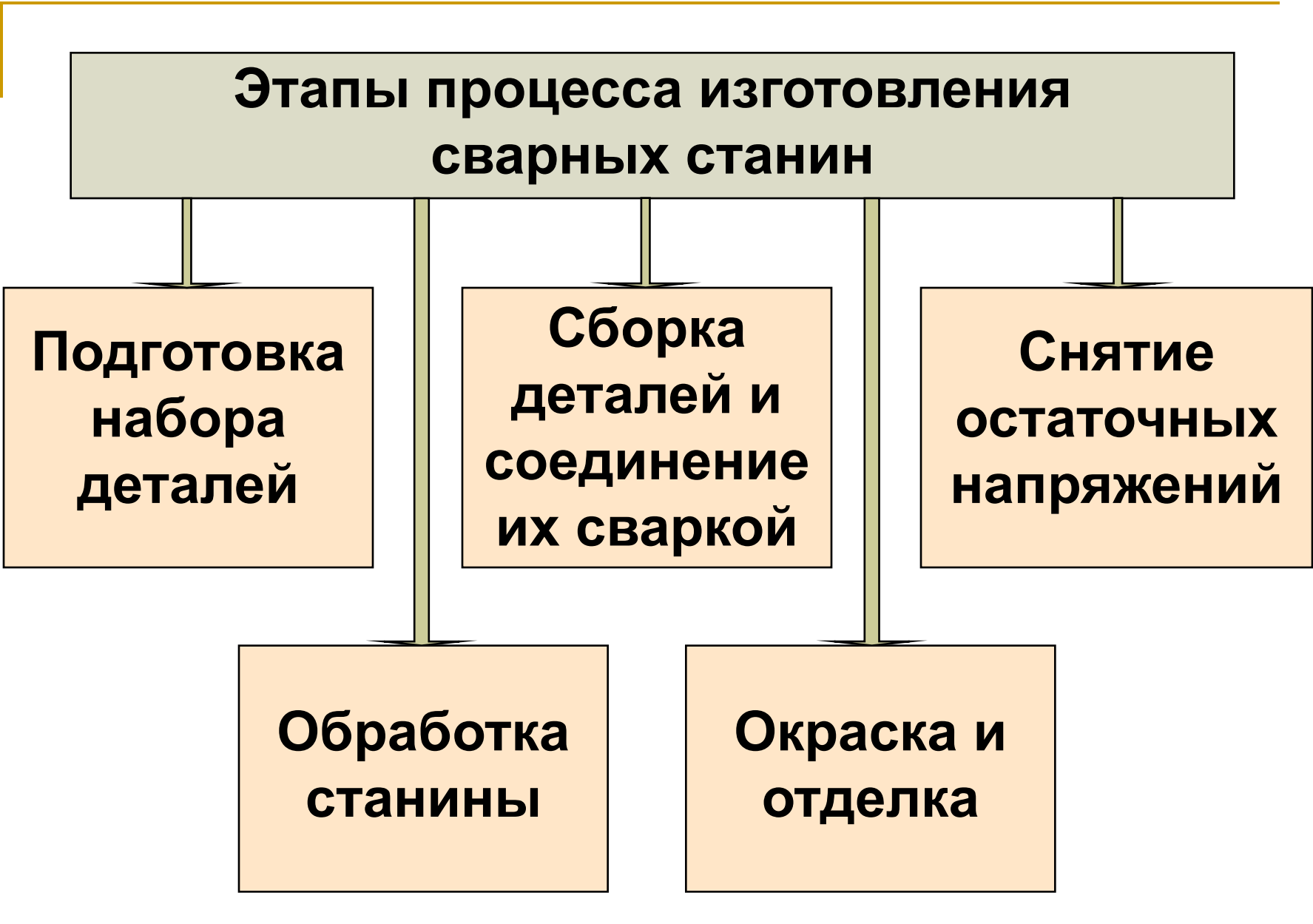
Сварные станины из листовой стали марок Ст3, Ст4, Ст5 и др.

Тонкостенные из листов $\delta = 3...6$ мм

Толстостенные из листов $\delta = 8...12$ мм

Тонкостенные станины менее металлоемки по сравнению с толстостенными, но сложнее в изготовлении из-за большого числа перегородок и ребер, необходимых для обеспечения требуемой жесткости.

Этапы процесса изготовления сварных станин



```
graph TD; A[Этапы процесса изготовления сварных станин] --> B[Подготовка набора деталей]; A --> C[Сборка деталей и соединение их сваркой]; A --> D[Снятие остаточных напряжений]; B --> E[Обработка станины]; C --> F[Окраска и отделка];
```

**Подготовка
набора
деталей**

**Сборка
деталей и
соединение
их сваркой**

**Снятие
остаточных
напряжений**

**Обработка
станины**

**Окраска и
отделка**

Уменьшение коробления станин

Коробление станин вызывается самопроизвольным перераспределением напряжений, возникающих в результате структурных изменений материала в процессах литья, сварки, термообработки и пластической деформации.

Коробление станины может произойти в процессе изготовления станины, сборки и эксплуатации станка.

Методы предотвращения коробления

- Использование специальных операций старения
- Использование упрочняющих материалов

Операции естественного и искусственного старения, предусматриваемые в ТП изготовления металлических станин, снижают напряжения и создают более равномерное их распределение по объему станины.

Естественное старение – длительная выдержка заготовок или начерно обработанных станин на открытом воздухе

для станков нормальной точности не менее **3 месяцев**

для станков повышенной точности не менее **6 месяцев**

для станков высокой точности не менее **6 месяцев** после черновой и не менее **3 месяцев** после получистовой обработки

Методы искусственного старения

Статическая
перегрузка

Вибро-
обработка

Низкотем-
пературный
отжиг

Термоудар

Ускоренный
отжиг

Упрочняющее
тепловое
старение

Комбинированные способы

(Низкотемпературный отжиг с последующим естественным старением для станин прецизионных станков)

Построение ТП изготовления станин

Процесс обработки станины разделяется на несколько отдельных этапов:

- черновой;
- получистовой;
- чистовой;
- отделочный.

Число этапов определяется числом операций старения, которые проводят между этапами.

Особенности, учитываемые при построении ТП изготовления станин:

- необходимость проведения старения для предотвращения коробления станины и, как следствие, необходимость разделения во времени полной черновой и чистовой обработки заготовки литой станины, а для маложестких станин прецизионных станков еще и получистовой обработки;
- желательность сокращения до минимума числа установок заготовки станины для полной обработки;

- специфика имеющегося продольно-обрабатывающего оборудования, необходимого для высокоточной обработки направляющих станины, что требует выделения этой операции в качестве самостоятельной и ведет к увеличению числа установок заготовки.

На этапах черновой, получистовой и чистовой обработки заготовки станины последовательность обработки поверхностей определяется выбором технологических баз и в основном сохраняется постоянной.

На первых операциях каждого этапа обработки станины обрабатывают общие технологические базы – поверхности, используемые в качестве технологических баз для обработки большинства поверхностей заготовки.

Затем обрабатывают наиболее ответственные поверхности станины – направляющие, чтобы возможные дефекты отливки, вскрывающиеся при обработке, могли быть своевременно исправлены, либо в случае обнаружения неисправимых дефектов стоимость предшествующей обработки заготовки была минимальной.

На этапе чистовой обработки направляющие обрабатывают последними, что предотвращает случайные повреждения поверхностей, например, в процессе повторной установки станины.

Крепежные отверстия, как правило, сразу обрабатывают на этапе чистовой обработки станины.

Высокоточные отверстия, являющиеся вспомогательными базами станины, следует обрабатывать либо за одну установку, либо после обработки направляющих и привалочных поверхностей с выверкой положения заготовки по направляющим.

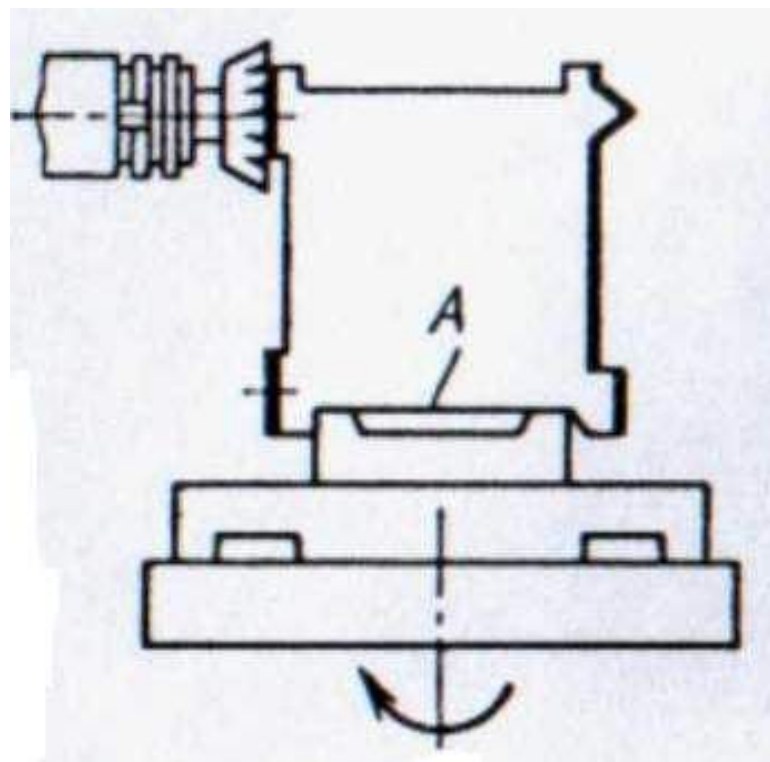
Выбор технологических баз

Условия полной обработки заготовки за одну установку:

1. если процесс обработки резанием не прерывается операциями старения, термообработки, правки и др., требующими открепления обрабатываемой заготовки;
2. если конструкция заготовки позволяет надежно закрепить ее за необрабатываемые поверхности, не мешая доступу инструментов ко всем обрабатываемым поверхностям;
3. если обрабатываемая система позволяет подвести инструмент к заготовке со всех обрабатываемых сторон.

Применительно к заготовкам станин, как правило, первое условие не выполняется, что делает невозможным полную обработку заготовки станины за одну установку.

Однако если выполняются второе и третье условия, то на каждом этапе черновой или чистовой обработки можно обработать станину за одну установку.



Выбор общих технологических баз для обработки большинства поверхностей

Возможные варианты:

1. поверхности направляющих, другие вспомогательные базы станины – наиболее точные поверхности станины, относительно которых закоординированы в станине большинство поверхностей с наибольшей точностью;
2. плоскость основания станины и платики на боковых стенках.

Недостатки первого варианта:

- неизбежность порчи поверхности обработанных направляющих при установке на них станины;
- значительные затраты времени для осуществления выверки заготовки по направляющим, как правило, вручную на большинстве операций.

Первый вариант можно использовать, если выверка заготовки для обработки большинства поверхностей осуществляется один раз, например, на плитах-спутниках.

Выбор технологических баз для изготовления комплекта общих баз

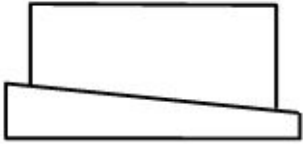
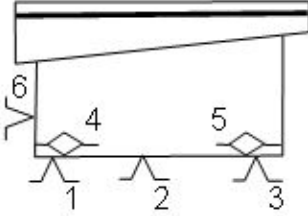
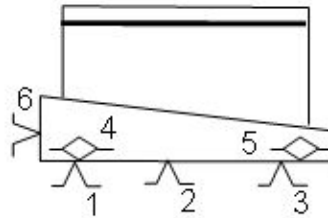
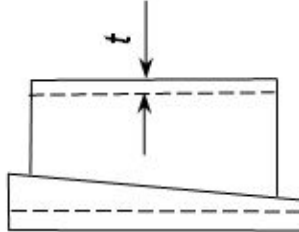
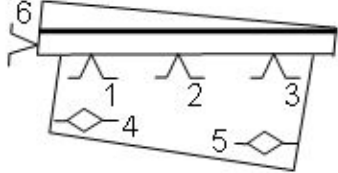
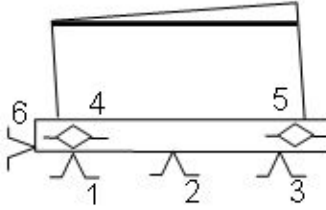
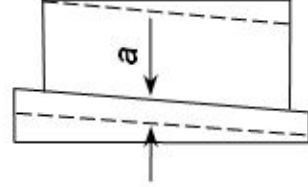
Цели изготовления общих технологических баз:

1. обеспечить требуемую точность общих технологических баз;
2. обеспечить требуемую точность положения комплекта общих технологических баз относительно других поверхностей заготовки.

Задачи решаемые при достижении второй цели:

1. обеспечение требуемой размерной связи обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей станины, например, равномерности толщины полки;
 2. обеспечение равномерного припуска чугуновых направляющих, отлитых как одно целое со станиной.
-

Влияние выбора технологических баз при обработке основания заготовки станины на точность размеров и отклонения припуска

Исходная заготовка	Вариант	Схемы базирования		Положение контура детали относительно контура заготовки
		Обработка основания	Обработка направляющих	
 <p>Конкретная заготовка станины с неравномерной толщиной литой полки</p>	1			 <p>Обеспечивается равномерный припуск по длине направляющих</p>
	2			 <p>Обеспечивается равномерная толщина полки</p>

Для станин с накладными направляющими и без направляющих задачи первого вида являются более важными.

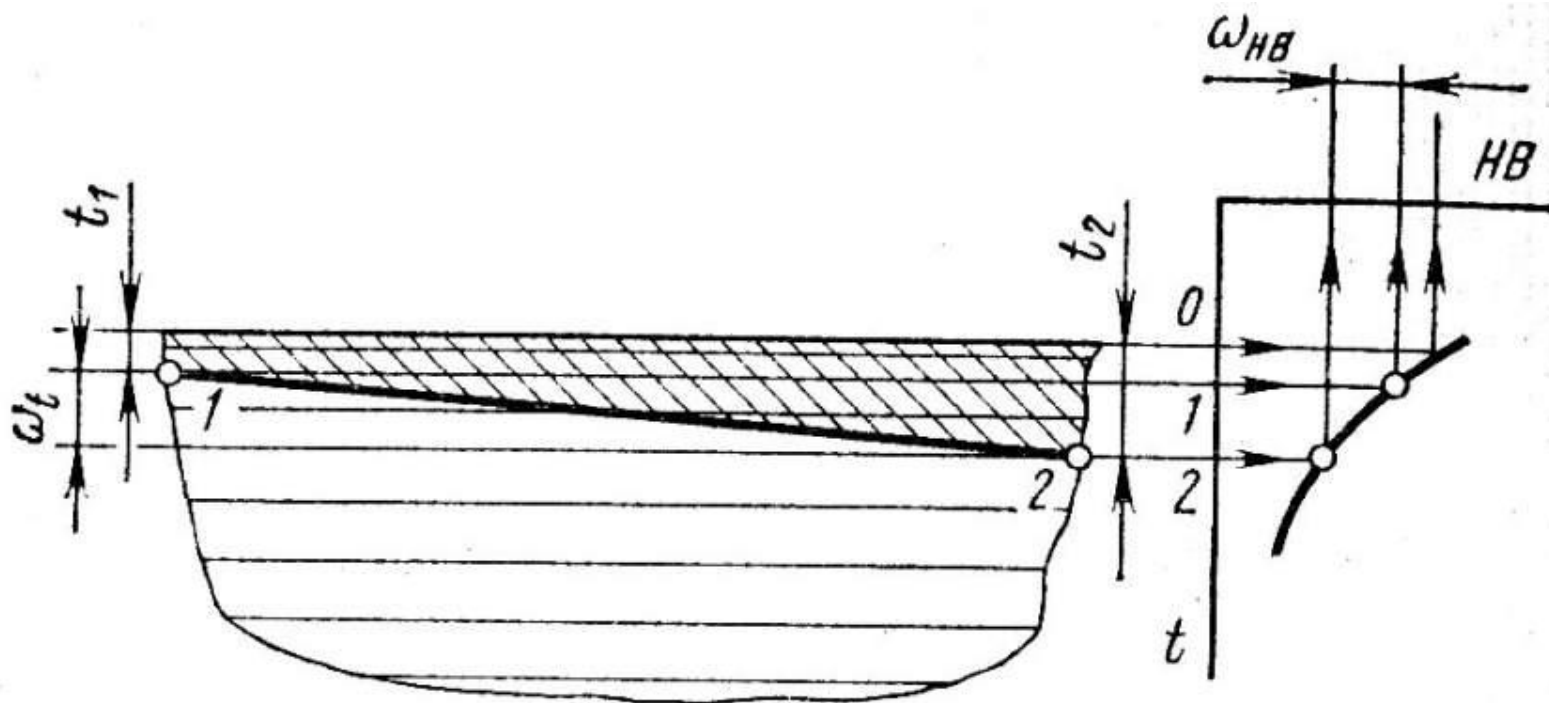
Это объясняется тем, что устанавливаемые на первой операции размерные связи между обработанными и необработанными поверхностями определяют окончательное качество станины, тогда как неравномерность припусков в ряде случаев может лишь повлиять на увеличение числа рабочих ходов и себестоимость обработки.

При обработке литых чугунных заготовок станин с монолитными, а тем более с незакаливаемыми направляющими равномерность припусков по направляющим также влияет на окончательное качество станины.

Это связано с анизотропностью свойств литого чугуна по глубине направляющих.

При литье заготовки станины направляющими вниз наиболее плотный, прочный и износостойкий слой чугуна формируется у поверхности литых направляющих.

Влияние съема неравномерного припуска на твердость направляющих по длине



1–2 – обработанная поверхность;

ω_t , $\omega_{HВ}$ – поля рассеяния припуска и твердости соответственно в пределах одной направляющей

В случае съема неравномерного припуска с направляющих твердость и износостойкость могут оказаться существенно различными по длине направляющих, что недопустимо из-за их неравномерного износа при эксплуатации и быстрой потери точности.

Поэтому в целях обеспечения равномерного припуска наиболее ответственных поверхностей станины – литых направляющих – базирование заготовки на первых операциях при обработке плоскости основания и боковых платиков, используемых в качестве общих технологических баз, должно осуществляться по направляющим.

Установка станины при выполнении операций технологического процесса

Способы установки заготовки станины (с требуемой точностью в соответствии с выбранными технологическими базами при выполнении операций ТП):

1. посредством контакта поверхностей, реализующих технологические базы каждой заготовки с соответствующими установочными элементами приспособления;
2. выверкой положения каждой заготовки по обрабатываемым поверхностям, разметочным рискам, обработанным поверхностям.

В первом случае необходимая точность установки достигается методом полной взаимозаменяемости в настроенном приспособлении с минимальными затратами времени и, как правило, не нуждается в контроле точности установки.

Приспособление должно быть заранее настроено и выверено с требуемой точностью на станке или спутнике, что целесообразно при обработке заготовок станин в крупносерийном и серийном производствах при больших размерах партии запуска.

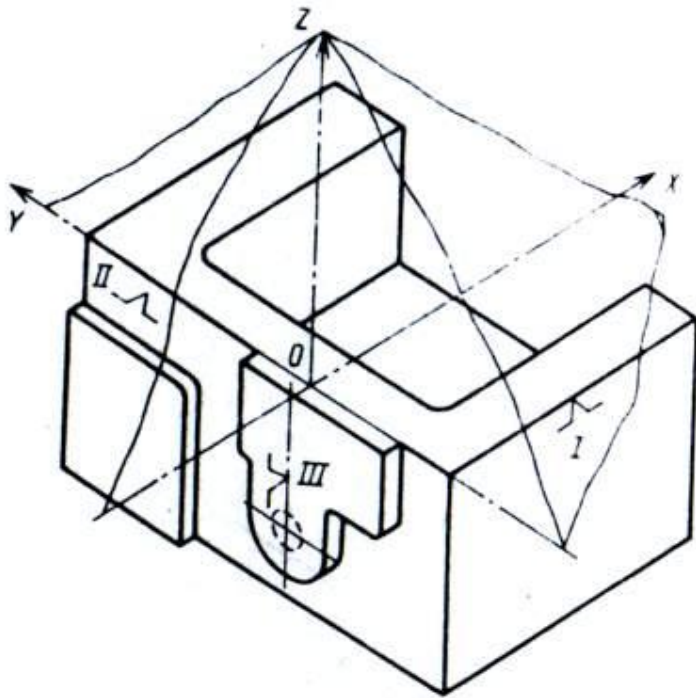
Во втором случае положение каждой заготовки станины, устанавливаемой на столе станка или на плите-спутнике, регулируют, добиваясь необходимой точности положения разметочных рисок или поверхностей заготовки, реализующих технологические базы.

Для регулирования положения заготовки станины используют регулируемые по высоте винтовые и клиновые опоры и домкраты.

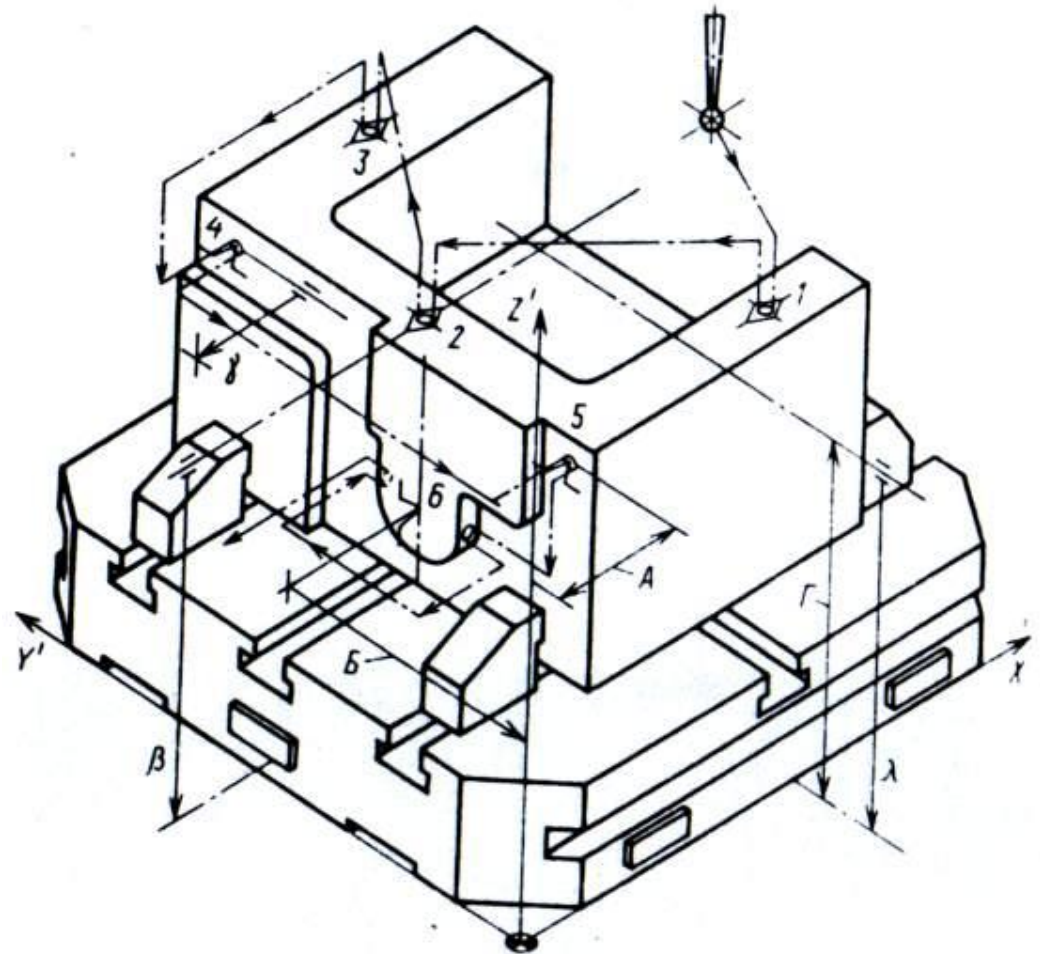
При обработке станин на современных многоцелевых станках с ЧПУ используют палеты для совмещения времени выверки одной заготовки с временем обработки другой, тем самым сокращают время простоя станка.

Автоматизация выверки заготовки

Координатная система
без разметки



Измерение положения
заготовки в процессе установки



Специальная измерительная головка автоматически устанавливается из инструментального магазина в шпиндель станка с ЧПУ вместо режущего инструмента.

Измерительный наконечник головки автоматически подводится к поверхностям заготовки, по которым осуществляется выверка заготовки на станке.

По результатам измерений действительного положения баз заготовки в системе координат станка автоматически вычисляются величины коррекции, которые вводятся в систему ЧПУ станка.

Разметка заготовки станины

Цели разметки заготовки станины:

- создание технологических баз для установки по разметочным рискам;
- создание баз для настройки станков на черновую обработку по разметочным рискам;
- контроль заготовки по основным параметрам.

При разметке заготовки стараются обеспечить наиболее удачное положение станины внутри объема конкретной заготовки, обладающей индивидуальными отклонениями размеров.

При разметке решают те же задачи, что и при выборе технологических баз на первой операции:

- обеспечивают размерные связи обрабатываемых и необрабатываемых поверхностей;
- распределяют фактически имеющиеся припуски между всеми обрабатываемыми поверхностями.

Черновая обработка заготовок станин

Цели черновой обработки:

- снять литейную корку и дефектный слой, содержащий отбеленный чугун, с обрабатываемых поверхностей;
- обеспечить необходимое уточнение размеров заготовки;
- удалить с обрабатываемых поверхностей заготовки максимально допустимый объем металла перед последующим старением с учетом обеспечения необходимого припуска для дальнейшей обработки;

Цели черновой обработки (окончание):

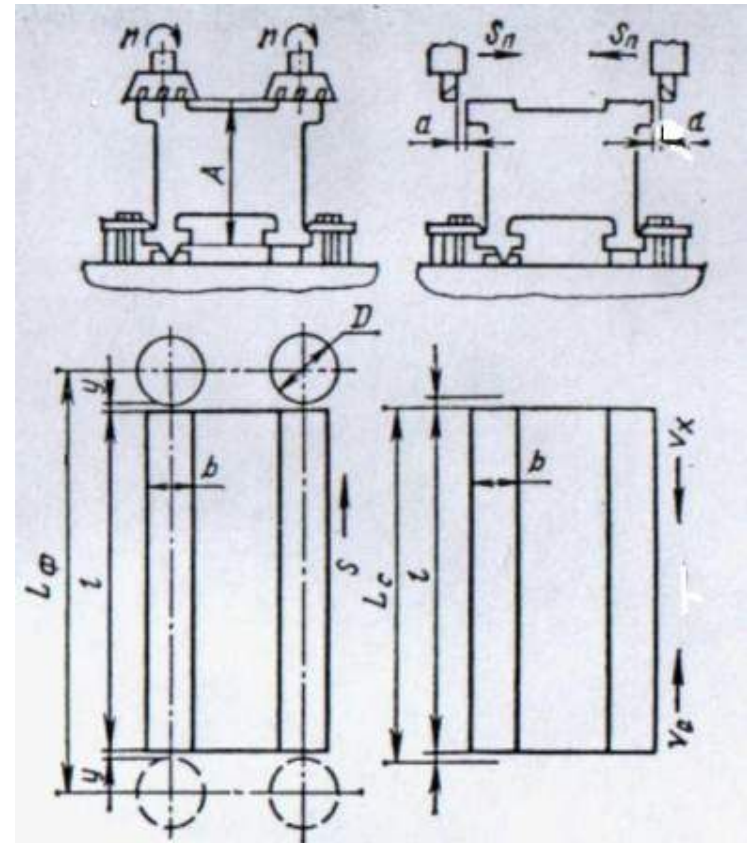
- обеспечить равномерные припуски под последующую обработку направляющих;
- обеспечить требуемые размерные связи в станине между всеми обработанными и литыми необрабатываемыми поверхностями станины;
- выявить возможные дефекты литья на всех ответственных поверхностях.

Черновая обработка основания осуществляется:

- фрезерованием;
 - или строганием;
- в зависимости от ширины обрабатываемой поверхности основания

При ширине обрабатываемой поверхности свыше 140 мм более предпочтительно по времени фрезерование, а при ширине до 140 мм – строгание.

- точением
(круглое основание).

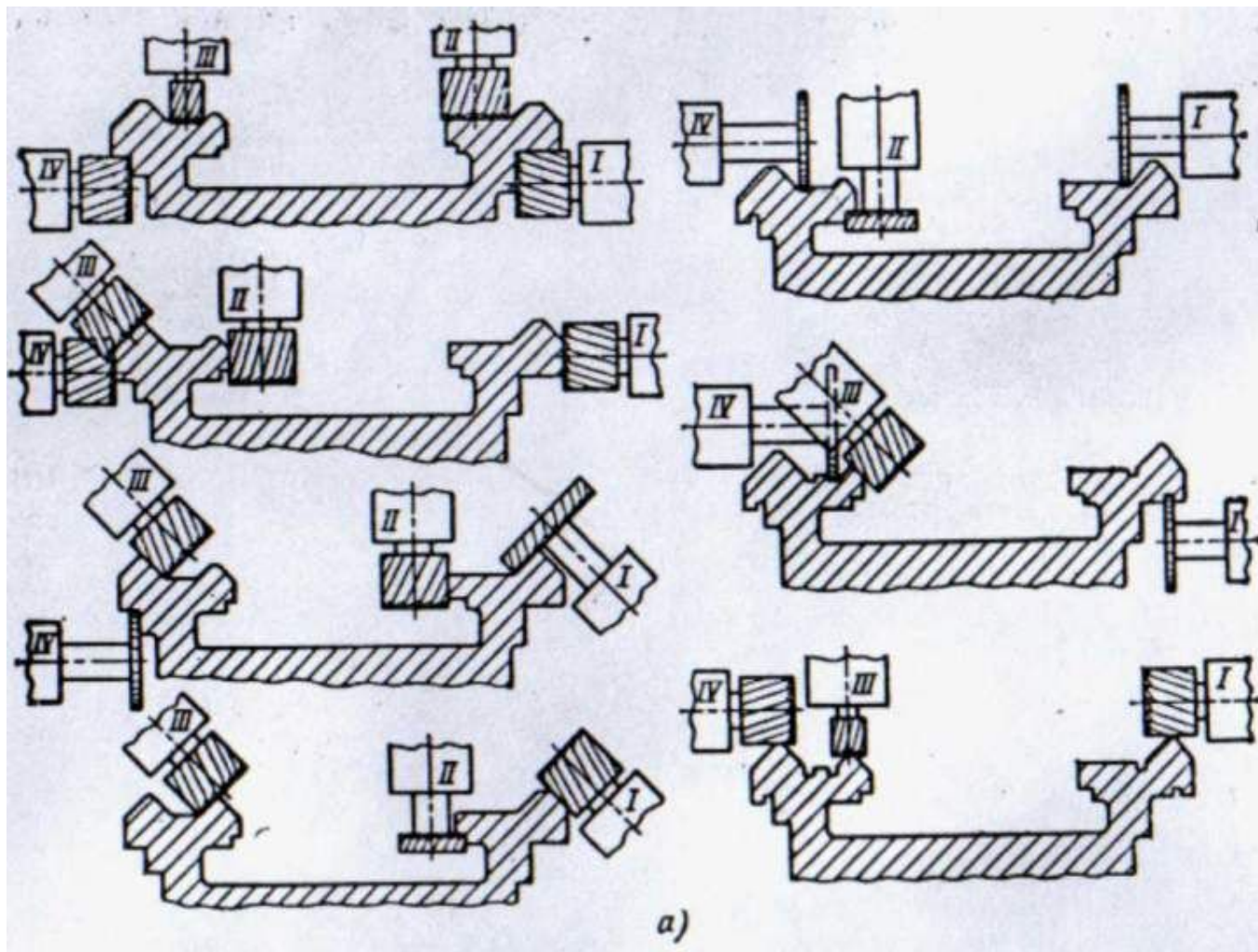


Черновая обработка направляющих осуществляется:

- фрезерованием;
 - или строганием;
 - или точением (круглые направляющие).
- прямолинейные
направляющие

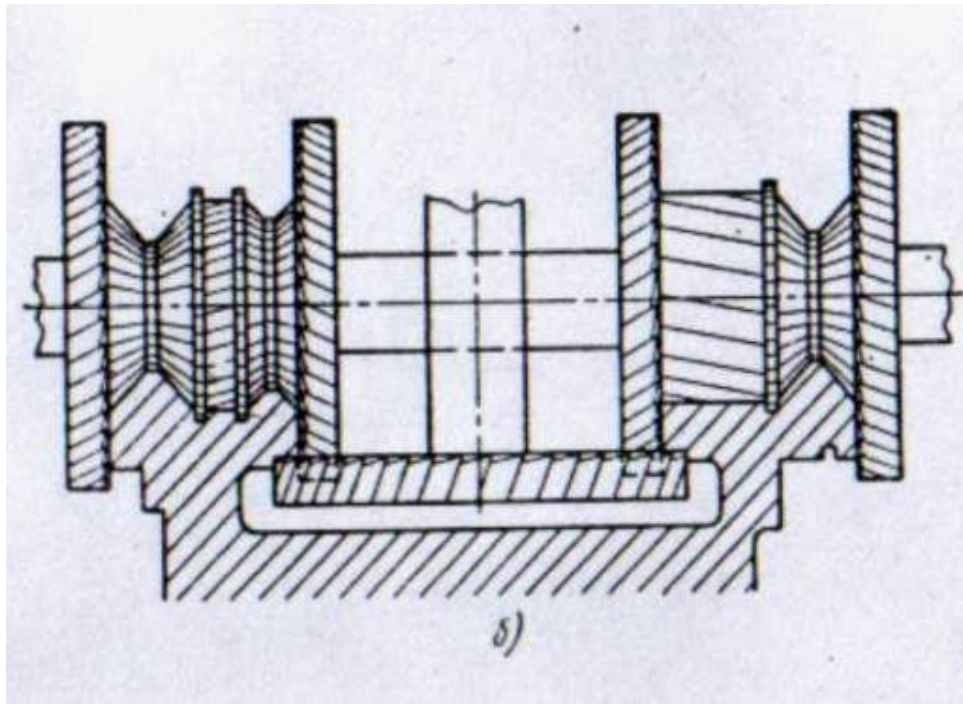
Фрезерование направляющих может осуществляться на универсальных и специальных многошпиндельных продольно-фрезерных станках, а также на многоцелевых станках с ЧПУ.

Способы фрезерования прямолинейных направляющих заготовки

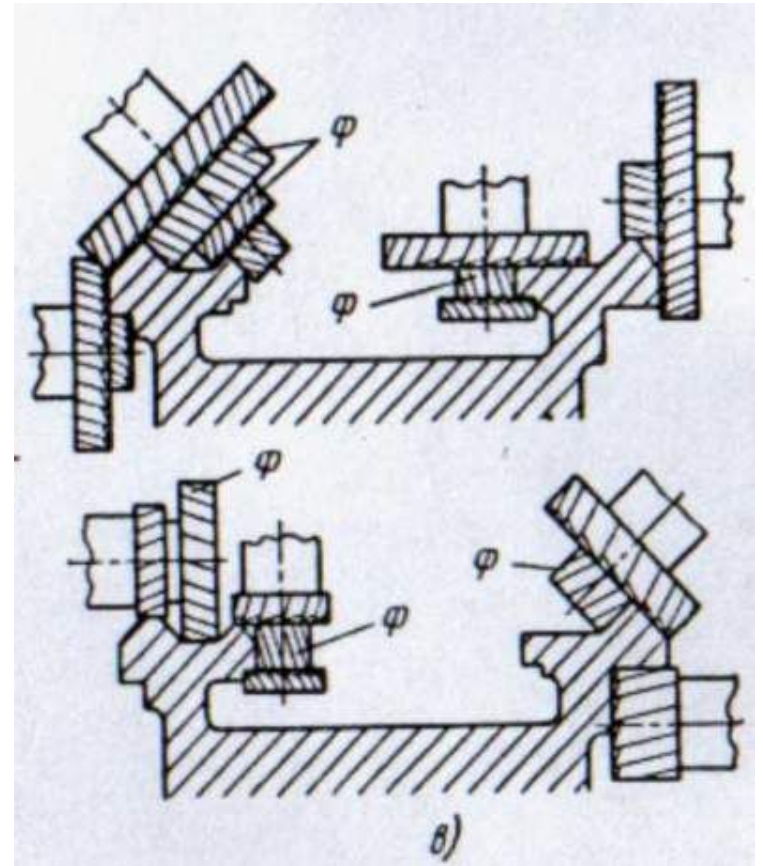


a – стандартными фрезами

Способы фрезерования прямолинейных направляющих заготовки (окончание)



б – специальным набором фрез;



в – несколькими наборами фрез;
φ – специальные фрезы в наборе

Чистовая обработка заготовок станин

Чистовая обработка основания станины, направляющих, верхних, боковых и торцовых поверхностей осуществляется:

- фрезерованием;
- строганием;
- шлифованием;
- шабрением (обработка направляющих и других высокоточных поверхностей станины).

Используемые станки:

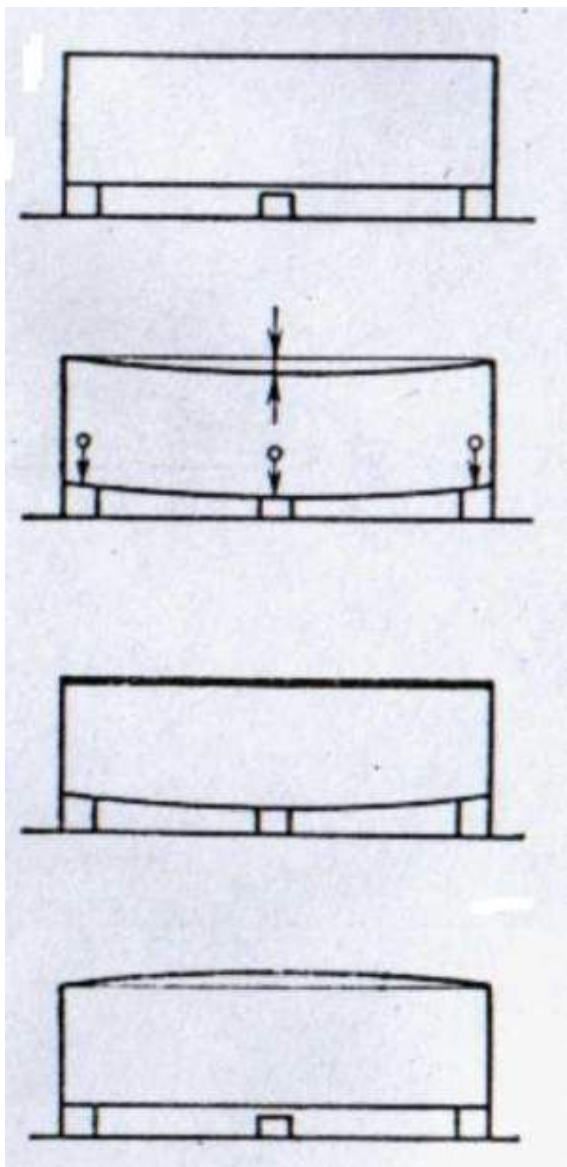
- продольно-фрезерные;
- продольно-строгальные;
- продольно-шлифовальные;
- многоцелевые станки с ЧПУ.

Для компенсации погрешностей, вызываемых термообработкой, в ряде случаев необходимо обеспечить выпуклость направляющих после фрезерования.

Для этого используют станки, оснащенные копирными устройствами или системами ЧПУ с контурным управлением.

Требуемую выпуклость можно получить и путем упругой деформации станины.

Схема обеспечения требуемой выпуклости направляющих путем упругой деформации заготовки станины



1 – до зажима заготовки

2 – после зажима заготовки

3 – после обработки направляющих и до открепления заготовки

4 – после открепления заготовки с обработанными направляющими

При дальнейшей обработке направляющих и других поверхностей вспомогательных баз станин прецизионных станков в зависимости от требований точности оставляют припуск 0,1...0,2 мм на сторону под шабрение или шлифование.

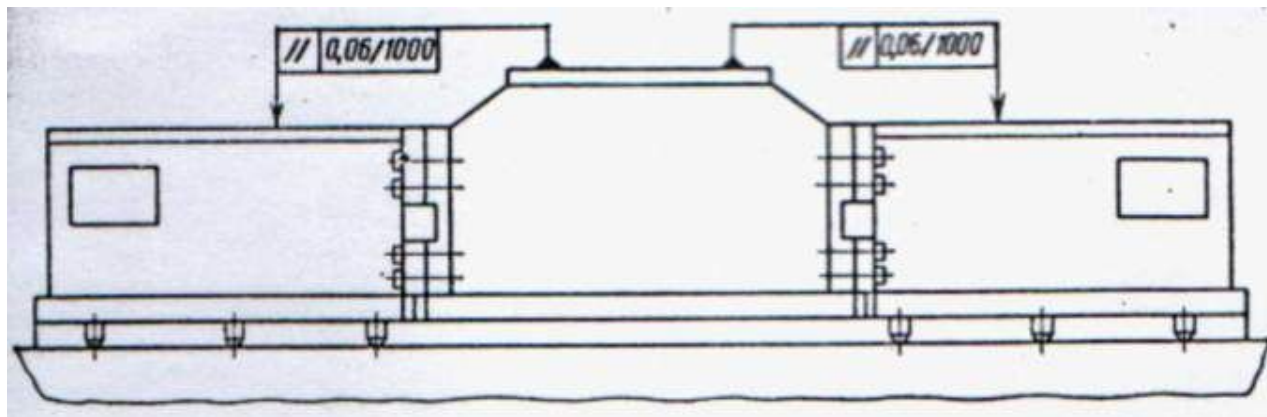
При обработке используют станки повышенной точности:

- продольно-фрезерные;
- продольно-строгальные.

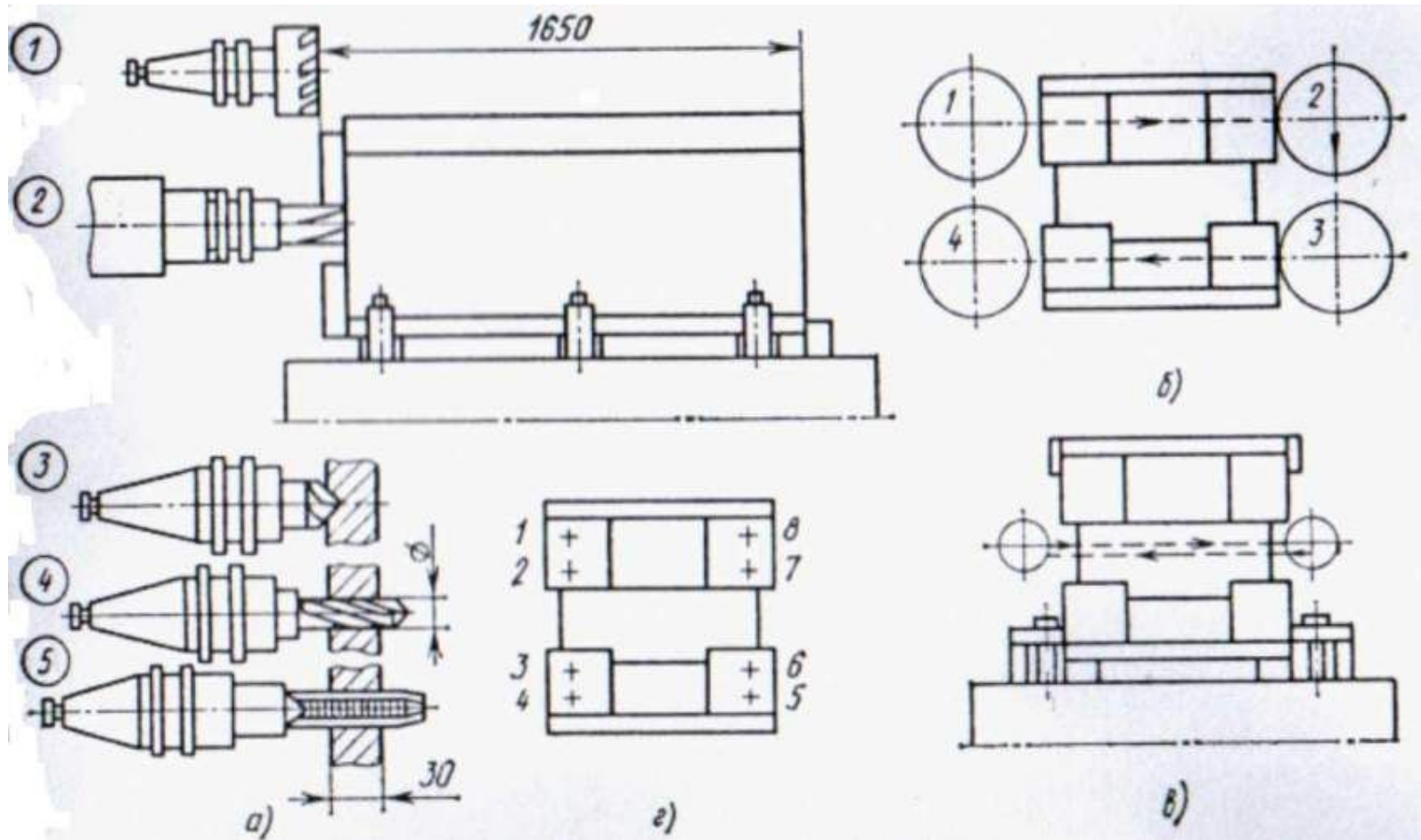
Обработка торцевых стенок горизонтальных станин осуществляется на горизонтально-расточных и многоцелевых станках.

Особенно высокие требования точности предъявляют к торцевым поверхностям секций составных станин, для которых торцевые поверхности являются основными или вспомогательными базами.

Пример составной станины



Обработка торца заготовки секции составной станины на многоцелевом станке



а – последовательность обработки инструментами; б – обработка торцевой фрезой; в – обработка концевой фрезой; г – последовательность обработки отверстий

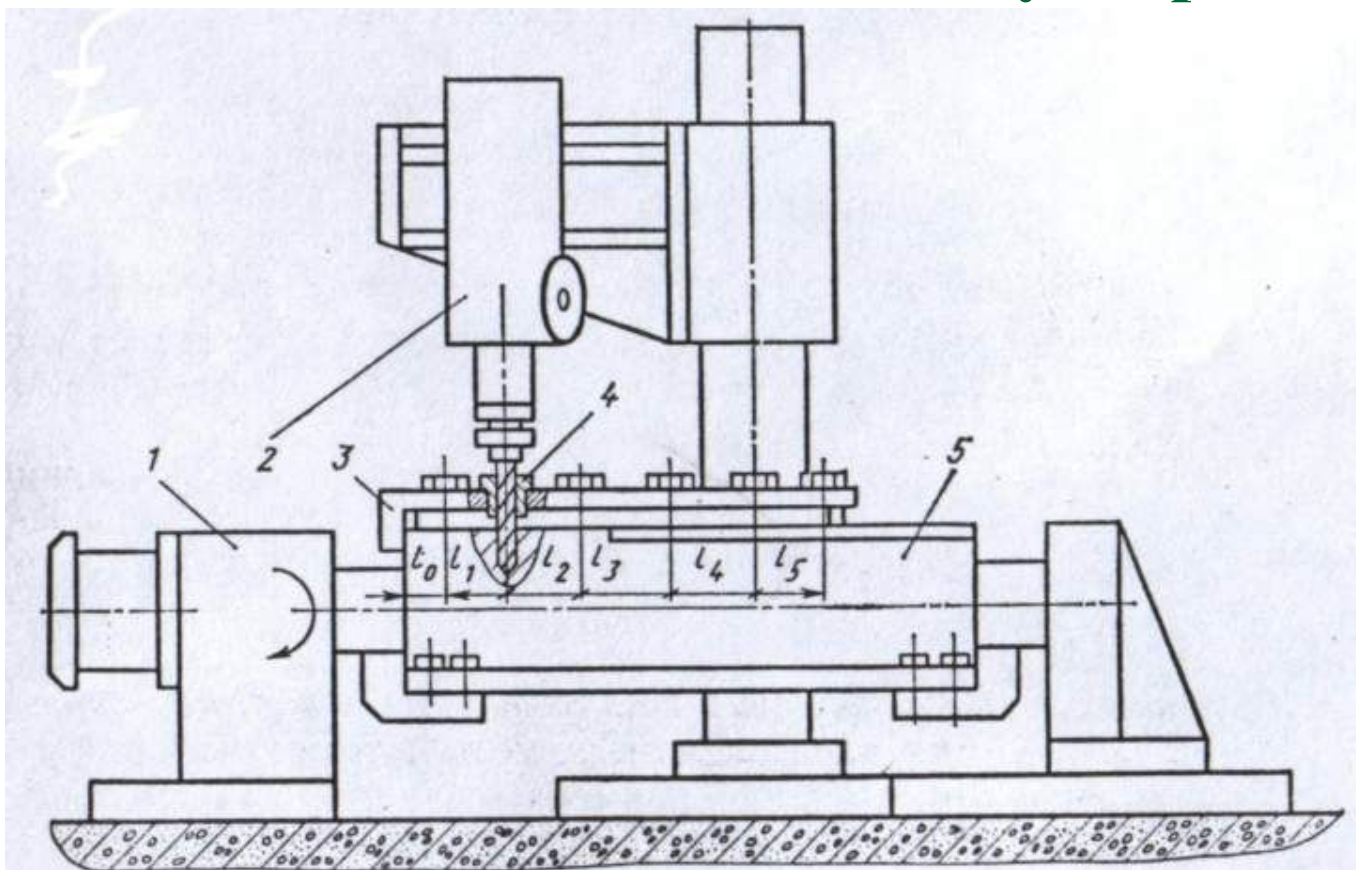
Основные требования, предъявляемые к крепежным отверстиям:

- перпендикулярность осей отверстий к плоскости;
- точность межцентровых расстояний;
- точность положения группы отверстий;

Крепежные отверстия обрабатываются:

- ручными машинами (электрические или пневматические дрели, при этом трудно обеспечить высокую точность по перпендикулярности);
- на радиально-сверлильных станках;
- на многоцелевых станках.

Обработка отверстий в станине в поворотном приспособлении на радиально-сверлильном станке по накладным кондукторам



1 – передняя бабка приспособления; 2 – шпиндельная бабка радиально-сверлильного станка; 3 – плита накладного кондуктора; 4 – сменная втулка кондуктора; 5 – заготовка станины

