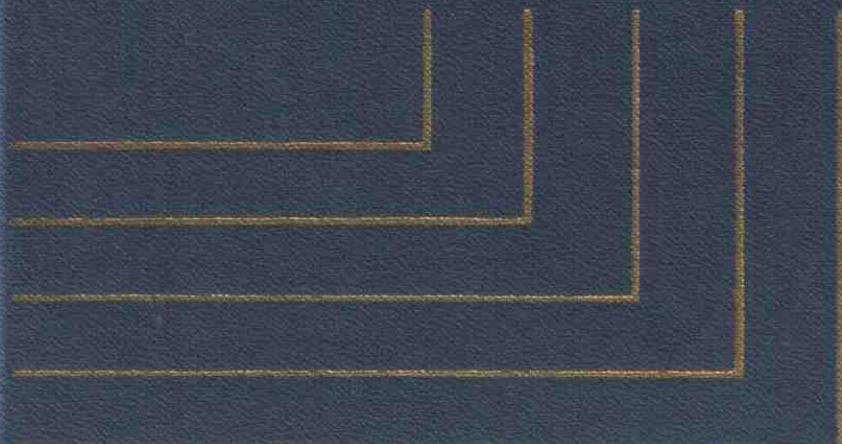


Н.М.Вороничев
Ж.Э.Тартаковский
В.Б.Генин

АВТОМАТИЧЕСКИЕ
ЛИНИИ
ИЗ АГРЕГАТНЫХ
СТАНКОВ



Н. М. ВОРОНИЧЕВ, Ж. Э. ТАРТАКОВСКИЙ, В. Б. ГЕНИН

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ИЗ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ

*Второе издание,
переработанное и дополненное*



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1979

ББК 34.630.3

В76

УДК 621.9.06-52 : 658.527-112

Рецензент лауреат Ленинской премии СССР
проф. С. М. СТЕПАШКИН

Вороничев Н. М. и др.

В76

Автоматические линии из агрегатных станков/
Н. М. Вороничев, Ж. Э. Тартаковский, В. Б. Ге-
нин. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: «Машино-
строение», 1979. — 487 с., ил.

В пер. 2 р. 10 к.

В книге изложены вопросы проектирования, изготовления, на-
ладки и эксплуатации автоматических линий из агрегатных станков.
Приведены практические рекомендации по построению технологиче-
ского процесса обработки деталей на автоматических линиях, компо-
новке автоматических линий и систем из них, даны расчеты произ-
водительности и экономической эффективности. Книга предназначена
для инженерно-технических работников, занимающихся проектирова-
нием, изготовлением и эксплуатацией автоматических линий.

Б 31304-148
038(01)-79 148-79. 2404000000

ББК 34.630.3
6П4.6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Построение материально-технической базы коммунистического общества, предусмотренное Программой КПСС, требует неуклонного повышения производительности труда, т. е. снижения затрат живого и овеществленного труда, приходящихся на единицу продукции. Не менее важной является также задача постоянного повышения качества выпускаемой продукции.

При изготовлении корпусных и других деталей сложной формы в условиях массового производства в наибольшей степени отвечают указанным требованиям автоматические линии из агрегатных станков, которые в настоящее время стали типовым оборудованием таких заводов массового производства, как автомобильные, тракторные, моторостроительные и др. Для этого оборудования характерны высокая степень автоматизации и концентрации операций, благодаря чему обеспечивается снижение затрат живого труда при эксплуатации автоматических линий. Этому же способствует широкое применение в них унифицированных механизмов и деталей. Характерная для автоматических линий высокая технологическая надежность обеспечивает стабильно высокое качество обработки.

В настоящей книге обобщен опыт Московского СКБ автоматических линий и агрегатных станков, Московского станкостроительного завода им. Серго Орджоникидзе, Минского СКБ автоматических линий, а также заводов, эксплуатирующих автоматические линии.

За годы, прошедшие со времени выхода в свет первого издания, возрос выпуск автоматических линий из агрегатных станков, совершенствовались их конструкции, хотя основные принципы построения автоматических линий остались неизменными. В переработанном издании отражены основные изменения в конструкциях автоматических линий. Описаны новые конструкции силовых

столов и головок шпиндельных коробок и бабок, транспортных устройств, систем смазки, элементов зажимных приспособлений и т. п., приведены некоторые новые компоновки станков, рассмотрены вопросы применения ЭВМ для управления автоматическими линиями и при их проектировании. Более подробно, чем в первом издании, даны методы расчета производительности автоматических линий и их технико-экономической эффективности, расширены рекомендации по рациональной эксплуатации автоматических линий.

Освещены тенденции и перспективы развития автоматических линий, в том числе вопросы комплексной автоматизации.

Предлагаемая вниманию читателей книга адресована инженерно-техническим работникам, занимающимся автоматизацией обработки корпусных и других деталей сложной формы на всех этапах: заказа линии, ее конструирования, изготовления, отладки и эксплуатации.

Глава 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АГРЕГАТНЫХ СТАНКАХ И АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

АГРЕГАТНЫЕ СТАНКИ

Одним из важных путей совершенствования производственных процессов в современном машиностроении является увеличение степени концентрации операций, ведущее к резкому росту производительности труда. Наиболее высокую концентрацию операций при обработке отверстий и плоских поверхностей в корпусных и других деталях сложной формы обеспечивают агрегатные станки. Такие станки компонуются из унифицированных элементов и механизмов с индивидуальными силовыми приводами, связанными между собой системой электрического управления и блокировок. Обрабатываемая деталь (или детали) на этих станках при выполнении операций, как правило, неподвижна, а главное движение и движение подачи сообщаются режущим инструментам. Благодаря возможности одновременно обрабатывать большим числом инструментов одну или несколько деталей (несколько поверхностей, расположенных под различными углами и с разных сторон) на агрегатных станках по сравнению с универсальными производительность труда намного выше. Кроме того, при одновременной обработке за одну установку детали увеличивается точность взаимного расположения ее поверхностей. Наиболее широко агрегатные станки применяют на заводах массового и крупносерийного производства с относительно устойчивой номенклатурой изделий: в автомобильной и тракторной промышленности, сельскохозяйственной, электротехнической и многих других отраслях машиностроения.

Основные унифицированные элементы и механизмы агрегатных станков: силовые головки и силовые столы с гидравлическим или механическим приводом подачи, многошпиндельные коробки, шпиндельные бабки (сверлильные, расточные, подрезно-расточные, фрезерные, револьверные), поворотные делительные столы, станции гидропривода, стружкоуборочные транспортеры, станины, элементы смазки и т. п. Большинство унифицированных элементов выпускаются нескольких габаритов, благодаря чему можно компоновать агрегатные станки оптимальных размеров для обработки как мелких, так и крупных деталей (например, рамы тяжелого гусеничного трактора длиной более 2 м). Степень унификации в агрегатных станках достигает 70—80%, что обеспечивает

ряд существенных преимуществ при их изготовлении и эксплуатации. В несколько раз снижаются затраты времени и средств на проектирование и производство станков, расширяются возможности специализации при изготовлении унифицированных механизмов и элементов. На заводах-потребителях существенно сокращаются затраты труда при эксплуатации и ремонте таких станков; благодаря узловой компоновке станков легче осуществлять переналадку станка при изменении конструкции обрабатываемых деталей и замену неисправных элементов; уменьшается номенклатура необходимых запасных частей.

Особую проблему при изготовлении многих станков представляет обеспечение их эксплуатационной надежности. Для серийного выпуска необходимо осуществить несколько трудоемких этапов: изготовить опытный образец, всесторонне его испытать, откорректировать чертежи, выпустить первую промышленную партию, повторно откорректировать чертежи. Специальные станки индивидуального производства, как правило, должны «с первой попытки» обеспечивать требуемую производительность и точность обработки. Задача эта довольно сложна. Ее решение существенно облегчается, когда станки компонуются из унифицированных элементов и механизмов (т. е. путем создания агрегатных станков), проходящих те же подготовительные этапы к выпуску серии, но распространяемые на значительно большую номенклатуру станков.

На агрегатных станках наибольший эффект достигается при обработке относительно крупных и сложных деталей, которые требуют выполнения большого количества переходов. Однако многие детали сложной конфигурации и больших габаритов невозможно полностью обработать на одном даже многопозиционном агрегатном станке. Их обрабатывают последовательно на поточных или автоматических линиях. В первом случае детали передаются от одного станка к другому по рольгангам, если детали имеют устойчивые поверхности для перемещения, или с помощью обычных подъемно-транспортных средств. Во втором случае агрегатные станки объединены автоматически действующими транспортными устройствами.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ИЗ АГРЕГАТНЫХ СТАНКОВ

На автоматических линиях из агрегатных станков наиболее экономична механическая обработка крупных корпусных деталей машин и других изделий, имеющих сложную форму и требующих значительного количества переходов. К числу таких деталей относятся блоки цилиндров двигателей и головки блоков, картеры коробок передач и задних мостов автомобилей, коленчатые валы, поворотные кулаки, станины электродвигателей, шатуны, выпускной и выпускной коллекторы, поддерживающие ролики, балан-

сиры и др. Таким образом, обрабатываются детали как с устойчивыми поверхностями для базирования, так и не имеющие устойчивых базовых поверхностей.

В соответствии с этими признаками линии из агрегатных станков можно разделить на две основные группы: с непосредственным перемещением обрабатываемых деталей от станка к станку и с их перемещением в приспособлениях-спутниках. Последние создают ложные базовые поверхности, с помощью которых неустойчивые детали надежно устанавливаются и зажимаются на рабочих позициях. В зависимости от количества устанавливаемых заготовок приспособления-спутники бывают одно- и многоместными. Первые применяют для крупногабаритных деталей, вторые — для относительно небольших. Следует иметь в виду, что приспособление-спутник представляет собой, как правило, достаточно сложный и точный узел. При необходимости их значительного количества увеличиваются расходы на изготовление, ремонт и эксплуатацию линии. Поэтому линии с приспособлениями-спутниками следует применять лишь тогда, когда иной способ обработки невозможен. Обрабатываемые детали как в спутниках, так и без них перемещаются на линии шаговым транспортером, как правило, с гидравлическим приводом. Кроме обработки на агрегатных станках, на автоматических линиях возникает необходимость выполнения ряда дополнительных операций: контролируются размеры заготовок, поступающих на линию, и целостность режущих инструментов, осуществляется мойка обрабатываемых деталей и др.

Автоматические линии из агрегатных станков на 60—75% состоят из унифицированных механизмов и деталей. К ним относятся как механизмы, включенные в компоновку самих станков, так и элементы транспортных и поворотных устройств, транспортеры стружки, станции гидропривода вспомогательных устройств, контрольные устройства и др. Унифицировано также значительное количество деталей приспособлений и транспортеров линий.

Первые отечественные линии из агрегатных станков были сконструированы Центральным конструкторским бюро агрегатных станков при Экспериментальном научно-исследовательском институте металлорежущих станков (ЭНИМС) и изготовлены московским заводом «Станкоконструкция» во второй половине сороковых годов. Они состояли из небольшого числа станков и имели простую структурную схему. Такие линии действовали на Харьковском тракторном заводе, Московском заводе малолитражных автомобилей и автозаводе им. И. А. Лихачева.

Структурная схема простейшей линии из четырех агрегатных станков показана на рис. 1.1. Линию образуют установленные в один ряд станки, на которых обрабатываемая заготовка расположена одинаково. Большинство корпусных деталей необходимо обрабатывать не с двух, а с большего числа сторон, что требует более сложной структурной схемы построения автоматической линии. На рис. 1.2 показана схема линии, состоящей из двух

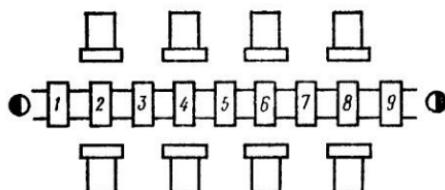


Рис. 1.1. Схема автоматической линии из четырех станков с одинаковым положением обрабатываемой заготовки:
1 — загрузка деталей; 2, 4, 6 и 8 — рабочие позиции;
3, 5, 7 — промежуточные позиции;
9 — разгрузка деталей

участков, между которыми помещен стол для поворота заготовки на 90° вокруг вертикальной оси.

Стремление к увеличению числа операций механической обработки сложных деталей на линиях привело к необходимости объединения большого числа станков в одной автоматически действующей системе. Число последовательно установленных в линии станков определяется объемом механической обработки, а параллельно установленных — требуемой производительностью. Однако, когда связь между станками жесткая, отказ любого из элементов линии вызывает ее простой и снижение производительности. Чтобы снизить эти потери, в линии с жесткой связью включают ограниченное число станков (обычно не более 6—8). При необходимости такие линии объединяют в единую систему, обеспечивающую полную механическую обработку изделия. Между линиями, входящими в состав системы, устанавливают автоматически действующие накопители.

Структурная схема системы, состоящей из двух линий, показана на рис. 1.3. В первую включено здесь шесть станков, разделенных на два участка, во вторую — пять станков. В случае вынужденной остановки второй линии первая продолжает работать, а детали, обработанные на ней, поступают в накопитель. При простое первой линии вторая будет работать, получая заготовки из накопителя. Таким образом, при достаточной емкости накопителя, обеспечивающего гибкую связь в системе, коэффициент ее использования будет близок к коэффициенту использования первой линии. По такому же принципу компонуют и системы, состоящие из большого числа линий, расположенных как последовательно, так и параллельно.

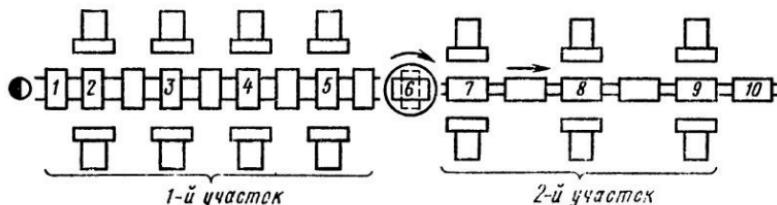


Рис. 1.2. Схема автоматической линии с промежуточным поворотом обрабатываемых заготовок:

1 — загрузка деталей; 2—5, 7—9 — рабочие позиции; 6 — поворотный стол;
10 — разгрузка деталей

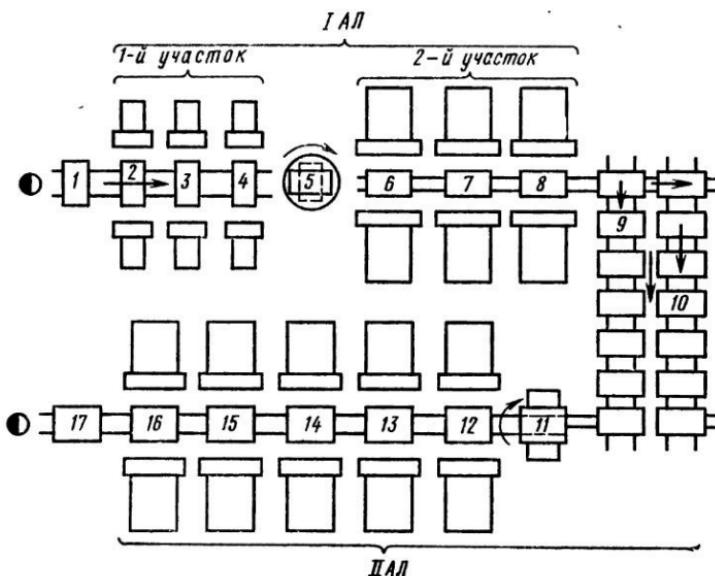


Рис. 1.3. Схема системы, состоящей из двух автоматических линий:

1 — загрузка деталей; 2—4, 6—8, 12—16 — рабочие позиции; 5 — поворотный стол; 9 — межлинейный транспортер; 10 — накопитель; 11 — поворотный барабан; 17 — разгрузка деталей

Первые автоматические линии из агрегатных станков предназначались для сверления и нарезания резьбы в крепежных отверстиях, а также чернового растачивания некоторых отверстий, т. е. для выполнения относительно неточных операций ограниченной номенклатуры. Большая работа, проведенная в пятидесятых годах по специализации машиностроительных заводов Советского Союза, привела к значительному увеличению выпуска одноименных машин и деталей. В этих условиях значительно возрос спрос на такие линии, так как на них при повышенных программах стало выгодно выполнять больший объем механической обработки. Строительство в семидесятых годах таких гигантов, как Волжский автомобильный завод им. 50-летия СССР и Камский автомобильный завод, а также расширение и модернизация других заводов автомобильной и тракторной промышленности привели к дальнейшему росту выпуска и совершенствованию автоматических линий из агрегатных станков [14]. Их развитие пошло по пути увеличения производительности, точности обработки и комплексности. На них стали выполняться такие операции, как чистовое фрезерование плоскостей, чистовое растачивание отверстий, протягивание поверхностей, промежуточные сборочные операции (запрессовка втулок, которые затем обрабатываются на линии в сборе с основной деталью; установка и закрепление крышек коренных подшипников и т. п.), автоматический контроль

размеров точных обработанных поверхностей, а также в некоторых случаях контроль герметичности водяных рубашек головок цилиндров, снятие заусенцев и др. Производительность первых линий не превышала 100 тыс. деталей в год или 25 дет/ч. Производительность современных систем достигает 200—500 тыс. деталей в год или 60—180 дет/ч при 100%-ной загрузке. В настоящее время практически возможно создание систем таких линий любой производительности. Однако заводам-потребителям при заказе следует проводить технико-экономические расчеты, по которым на основе графиков наращивания мощностей определяется целесообразность заказа единого комплекса линий сразу на проектную программу или нескольких систем для постепенного наращивания программы. При больших масштабах производства, определяя структуру оборудования, важно также учитывать, как часто будет сменяться продукция, подлежащая обработке на автоматических линиях.

Наиболее эффективным является достижение заданной производительности не путем увеличения количества параллельно работающих линий, а за счет сокращения вспомогательного и основного технологического времени. Вспомогательное время уменьшается главным образом при повышении скоростей транспортирования детали и холостых ходов силовых механизмов, а также при большем быстродействии аппаратуры управления. Основное технологическое время может быть сокращено благодаря применению повышенных режимов резания на базе использования новых инструментальных материалов и конструкций инструмента. Это, в свою очередь, вызывает необходимость создания станков увеличенной мощности и жесткости. Рост реальной производительности линий достигается также при уменьшении внецикловых затрат времени благодаря бесподналадочной смене инструмента.

Систематическая работа ведется по повышению надежности линий. При этом особое внимание уделяется регулярной модернизации унифицированных механизмов. В настоящее время внедряется новая единая гамма унифицированных механизмов, разработанных совместно Московским СКБ АЛ и АС и Минским СКБ АЛ. Совершенствуются системы управления, в частности вводятся программируемые контроллеры. В результате этих работ и других усовершенствований автоматические линии из агрегатных станков стали высокопроизводительным типовым оборудованием, на котором надежно и экономично выполняется большинство операций механической обработки корпусных деталей на заводах массового и крупносерийного машиностроения.

Глава 2. ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА АВТОМАТИЧЕСКИХ ЛИНИЯХ

ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ЗАГОТОВКАМ

К заготовкам, обрабатываемым на автоматических линиях, предъявляются повышенные требования в отношении стабильности размеров и качества материала. Колебания твердости заготовок, подлежащих обработке с высокой степенью точности, должны быть уменьшены по сравнению с действующими стандартами. Так, для стабильного получения отверстий 2-го класса точности в головках цилиндров из серого чугуна твердость заготовок не должна превышать HB 200, в то время как ГОСТ 622—71 допускает колебания в пределах HB 187 ... 255.

Недопустимы большие колебания величины припуска на поверхностях, подлежащих обработке, так как режущий инструмент при чрезмерных припусках работает с перегрузкой, а при слишком малых припусках — по корке или обрабатывает поверхности не полностью. В обоих случаях снижается точность обработки и уменьшается стойкость режущих инструментов. Не допускаются также значительные колебания габаритных размеров заготовок, так как заготовки с увеличенными размерами могут заклиниваться во время транспортирования, а заготовки с уменьшенными размерами — перекащиваться.

Наличие на поверхностях отливок, подлежащих обработке, мест повышенной твердости (отбелов и подкаливаний), пригоревших отстатков формовочной смеси, раковин, свищей и других пороков приводит к поломкам режущих инструментов. Если во внутренних полостях отливок сохраняются остатки стержней и каркасной проволоки, то после вскрытия полостей они могут выпадать и заклинивать детали при транспортировании.

Особое внимание необходимо обратить на качество стальных литых заготовок, уровень литьей технологии получения которых иногда недостаточно высок. Обрабатывать такие заготовки трудно вследствие повышенной твердости и вязкости обрабатываемого материала и образования слизкой стружки. При наличии же существенных литьевых пороков обработка стальных литых заготовок в условиях автоматизированного производства может стать практически неосуществимой из-за частых поломок инструмента.

БАЗИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Форма, размеры и точность взаимного положения поверхностей заготовок определяют возможность их транспортирования вдоль автоматической линии непосредственно или с использованием приспособлений-спутников. Предпочтительно непосредственное транспортирование, но оно возможно, когда у заготовок есть поверхности, обеспечивающие их устойчивое положение, и при условии, что погрешность базирования детали на каждой позиции не выйдет за пределы, обеспечивающие заданную точность обработки. Чтобы положение заготовки при транспортировании с использованием в линии шаговых транспортеров было устойчивым, необходимо, как правило, наличие достаточной опорной плоскости, боковых плоскостей, предупреждающих перекосы и смещения, и поверхностей, в которые упираются собачки транспортера. Все поверхности, обеспечивающие устойчивость заготовки, должны быть достаточно точно связаны с базовыми поверхностями. В ряде случаев, чтобы обеспечить непосредственное транспортирование корпусных заготовок, создают технологические приливы, платики, выемки и т. п. Затраты на создание этих вспомогательных баз, как правило, окупаются вследствие значительного упрощения конструкции линии и повышения надежности ее работы.

При транспортировании заготовок с использованием транспортеров-перекладчиков, перемещающих детали с позиции на позицию с подъемом, указанные выше требования в значительной степени изменяются. Например, при транспортировании с подъемом деталей типа плоских фасонных крышек в качестве вспомогательных баз могут быть использованы нижняя плоскость крышки и два отверстия в ней, в которые вводятся штыри транспортера-перекладчика. В этом случае отпадает необходимость в наличии боковых и торцевых поверхностей, точно связанных с базовыми поверхностями. Чаще всего на линиях транспортируются непосредственно корпусные детали типа блоков цилиндров, головок блоков, картеров и т. п. На таких деталях в качестве баз наиболее удобно использовать плоскость и два точно выполненных по диаметру и координатам отверстия в этой плоскости. В одно из базовых отверстий вводится круглый, в другое — ромбический фиксатор. Для предотвращения ускоренного износа и повышенной деформации фиксаторов между диаметром базовых отверстий и массой должно быть выдержано следующее соотношение:

Масса детали, кг	До 20	20—50	50—100	Более 100
Диаметр базовых отверстий, мм (не менее)	12	16	20	25

Возможно также базирование корпусных деталей по двум взаимно перпендикулярным плоскостям и одному отверстию, в которое вводится ромбический фиксатор. При поступлении на линию

заготовок, не имеющих обработанных базовых поверхностей, в качестве баз при выполнении первых операций используют наиболее ответственные поверхности, которые в дальнейшем подлежат обработке. Такое базирование обеспечивает равномерное распределение припуска на этих поверхностях. Например, в головке блока цилиндров наиболее высокие требования по точности предъявляются к плоскости прилегания к блоку цилиндров (зеркалу) и отверстиям под клапаны. Поэтому на первом станке на базе литой поверхности зеркала фрезеруется параллельная ей поверхность (рамка). Затем на базе обработанной плоскости рамки фрезеруется плоскость зеркала. При обработке базовых отверстий в головке блока в качестве баз, помимо одной из обработанных поверхностей, принимают литые поверхности двух крайних отверстий под клапаны.

Следует иметь в виду, что в ряде случаев нельзя ограничиваться использованием на всех станках одних и тех же базовых поверхностей. Если поверхности, взаимное положение которых должно быть выдержано с высокой степенью точности, нельзя обрабатывать на одной позиции, то необходимо в соответствии с общими технологическими принципами обрабатывать одну из поверхностей, базируясь на другой. Смена баз бывает необходимой вследствие невозможности или неудобства обработки каких-либо поверхностей на первоначальных базах, например при обработке отверстий, расположенных слишком близко к базовым отверстиям. Кроме того, потребность в смене баз может возникнуть из-за их интенсивного износа в результате многократного использования. Это чаще встречается при обработке деталей из алюминиевых сплавов на линиях с большим количеством рабочих позиций. Начиная с той позиции линии, на которой ожидается, что износ баз достигает критического значения, осуществляется переход на новые, заранее подготовленные базы для выполнения всей последующей обработки или временно для исправления первоначальных баз. Чтобы уменьшить влияние износа базовых отверстий, можно пользоваться следующими приемами. Базовые отверстия выполняются более глубокими, чем это необходимо для надежного базирования детали. При этом на первой части линии фиксаторы вводятся на половину глубины отверстия, а на второй — на полную глубину отверстия (следует, однако, иметь в виду возможность повышенной деформации фиксаторов на второй части линии из-за увеличения их вылета). Можно также наряду с основной парой предусматривать вторую пару базовых отверстий, которая обрабатывается одновременно с первой или на ее базе. В обоих случаях вторую пару отверстий можно использовать как временную базу для исправления основных отверстий, или как основную на второй части линии. Выбор того или иного приема смены баз определяется исходя из конкретных условий и требуемой точности обработки. В том случае, когда на первых станках линии обрабатывают базовые поверхности, необходимо здесь же обработать поверхности,

обеспечивающие устойчивое положение заготовки при ее дальнейшем транспортировании.

Особое место среди изделий, непосредственно транспортируемых вдоль линии, занимают коленчатые валы двигателей внутреннего сгорания. Они перемещаются с помощью шаговых транспортеров с храповыми собачками путем скольжения по направляющим планкам двумя коренными и одной шатунной шейками или транспортеров-перекладчиков. В последнем случае коленчатый вал устанавливают коренными шейками в призмы на промежуточных и рабочих позициях. В приспособлениях станков коленчатые валы базируются по коренным шейкам, закрепленным в призмах, или по центральным отверстиям. Базирование в осевом направлении осуществляется по одному из обработанных торцов или одной из щек, а угловая фиксация — по одной из шатунных шеек.

Изделия, у которых отсутствуют поверхности, обеспечивающие устойчивое положение, транспортируются в приспособлениях-спутниках. На спутниках также обрабатываются заготовки, у которых погрешности базирования не обеспечивают заданной точности обработки. Погрешности базирования и износ значительно меньше, когда спутники изготовлены с высокой степенью точности и мало подвержены износу благодаря применению базовых планок и втулок из закаленной легированной стали.

Спутники используют также для деталей, жесткость которых недостаточна и потому требуется применение подводимых опор. Их целесообразно располагать на спутнике; установка автоматически действующих подводимых опор в приспособлениях станков линии существенно усложняет их конструкцию, снижает надежность работы и увеличивает время цикла вследствие необходимости дополнительных движений, которые должны выполняться последовательно.

Способы базирования на спутниках разнообразны. Они зависят от конфигурации и конструкции изделий. Чаще всего встречаются следующие способы базирования: а) по плоскости и двум отверстиям (крышки зубчатых колес, станины электродвигателей и т. п.); б) по плоскости, центральному отверстию или цилиндрической наружной поверхности и выступу, отверстию или выемке для ориентации в угловом положении (ролики, звездочки, диски, поворотные кулаки и т. п.) с использованием самоцентрирующих механизмов или без них; в) по плоскости и контуру бобышек (рычаги, шатуны и т. п.) также с использованием самоцентрирующих механизмов или без них. В некоторых случаях, при базировании по плоскости и двум отверстиям деталь перемещается в спутнике в незажатом состоянии, а ее зажим вместе со спутником производится на рабочих позициях, что значительно упрощает конструкцию последнего. Однако при этом погрешность базирования равна векторной сумме погрешностей базирования детали на спутнике и спутника на станке.