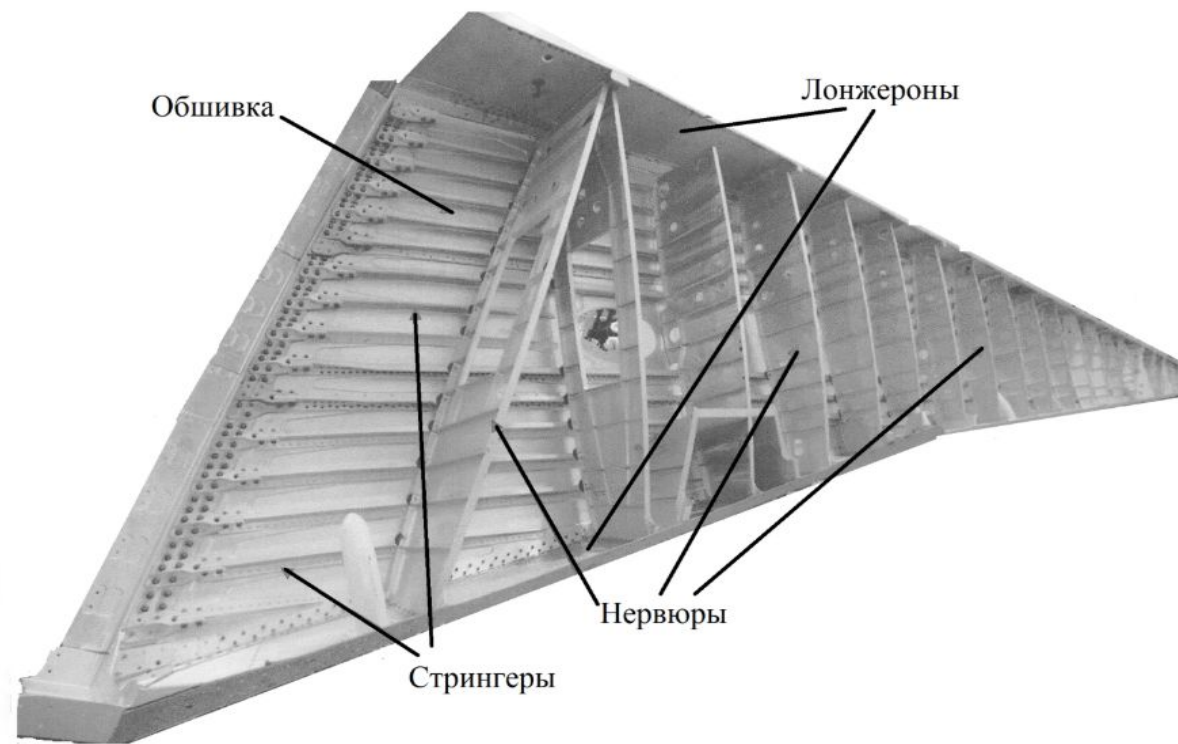


# Классификация процессов формообразования деталей холодным деформированием

Холодное деформирование является одним из наиболее прогрессивных методов изготовления деталей. Высокая производительность труда, низкая себестоимость изделия и высокий коэффициент использования металла способствует широкому применению процессов холодного деформирования в различных отраслях промышленности.

Жесткосхемные процессы – изменение формы без перераспределения объема металла

Мягкосхемные – формообразование посредством перераспределения и заданного перемещения объема металла.



При холодном деформировании происходит изменение параметров кристаллической решетки, увеличивается концентрация дислокаций, происходит накопление энергии.

Холодная деформация характеризуется изменением формы зерен, которые вытягиваются в направлении наиболее интенсивного течения металла. При холодной деформации формоизменение сопровождается изменением механических и физико-химических свойств металла. Это явление называют упрочнением (наклепом).

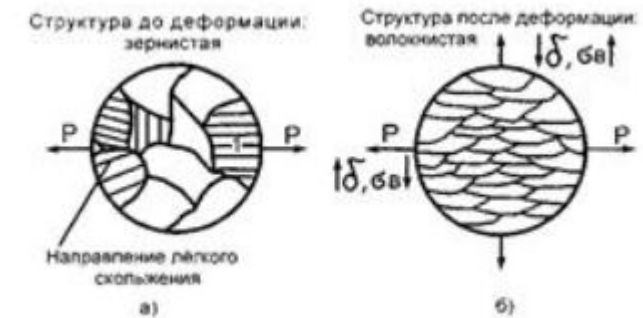
Изменения, внесенные холодной деформацией в структуру и свойства металла, не необратимы. Они могут быть устранены, например, с помощью термической обработки (отжигом).

### Недостатки холодной обработки:

- Только пластичные материалы
- Высокие остаточные напряжения, требуется проведение отжига
- Изменение структуры металла
- Высокая стоимость штампов, высокие усилия деформации

### Легко подвергаются холодной обработке:

- Низкоуглеродистые стали
- Медь, латунь, бронза
- Ферритные и аустенитные нержавеющие стали
- Нелегированные алюминий



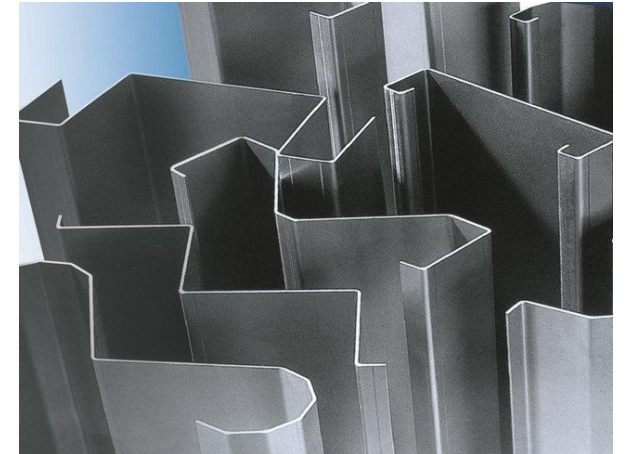


# Классификация процессов формообразования деталей холодным деформированием

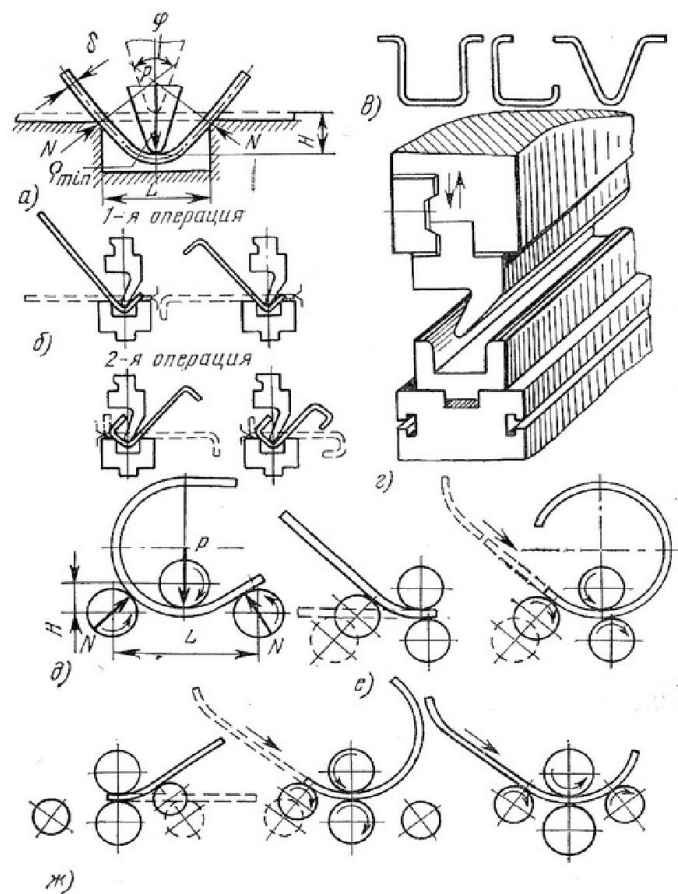


# Листовая штамповка. Гибка. Способы гибки и применяемое оборудование

Процессы листовой штамповки (гибка, обтяжка и др.) наиболее широко применяются для изготовления деталей ЛА из листов, профилированных плит, профилей и тонкостенных труб. К гибке относят все процессы формообразования деталей одинарной кривизны, основанные на упругопластическом изгибе внешними нагрузками листовой, профильной или трубчатой заготовок.



# Листовая штамповка. Гибка. Способы гибки и применяемое оборудование



Свободная гибка осуществляется в двух вариантах: гибка универсально-гибочным штампом (рис.1, а – г) и гибка прокаткой на валковых или роликовых станках (рис.1, д – ж).

Гибка универсально-гибочным штампом преимущественно применяется для изготовления деталей с малым относительным радиусом изгиба (обычно  $\leq 8 \dots 10$ ). Форму таких деталей в основном характеризует угол изгиба  $\varphi$ , являющийся сопрягаемым параметром при установке деталей в узлах и агрегатах. Радиус кривизны при вершине угла в большинстве случаев не является сопрягаемым параметром; его величина назначается из условий необходимой жесткости деталей и возможности формообразования при данных пластических свойствах деформируемого металла.

Гибка прокаткой на валковых и роликовых станках по силовому воздействию на заготовку (рис. 1, д) не отличается от гибки универсально-гибочным штампом. Процесс гибки прокаткой заключается в непрерывном изменении формы заготовки путем приложения к ней через вращающиеся валки (или ролики) изгибающего усилия, обеспечивающего требуемую пластическую деформацию.

# Листовая штамповка. Гибка. Способы гибки и применяемое оборудование

Станки, изготовленные по асимметричной схеме, должны обладать повышенной жесткостью, так как в процессе гибки на валках возникают усилия значительно большие, чем на станках, выполненных по симметричной схеме. Поэтому гибку листов большой толщины производят на станках с симметричным расположением валков.

Трехвалковый станок



Четырёхвалковый станок



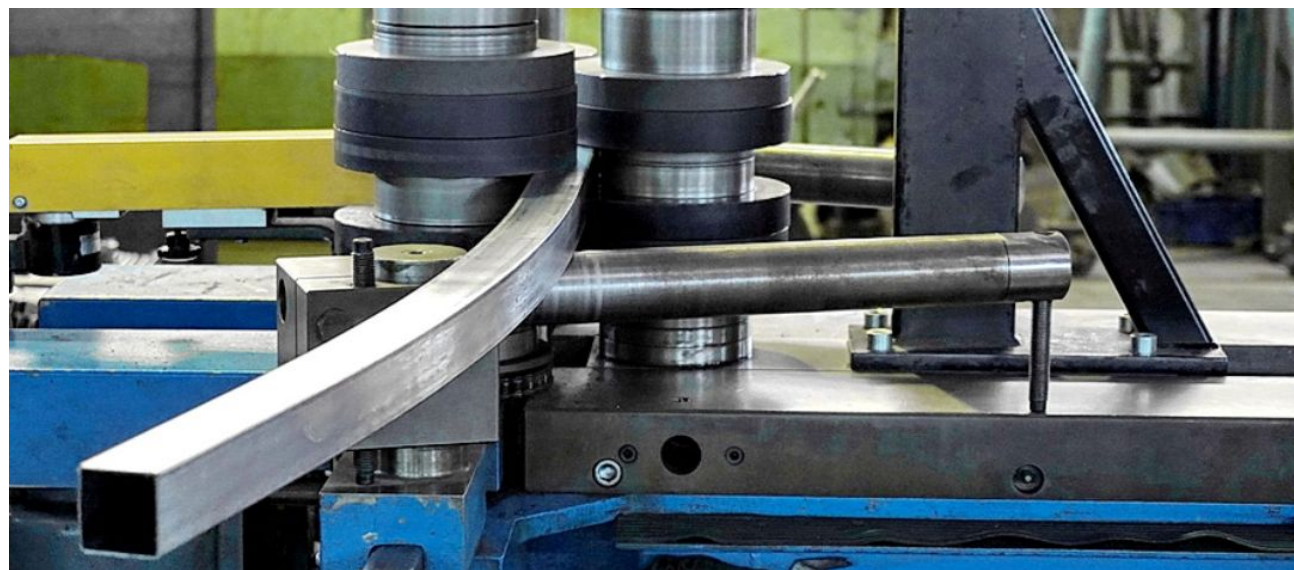
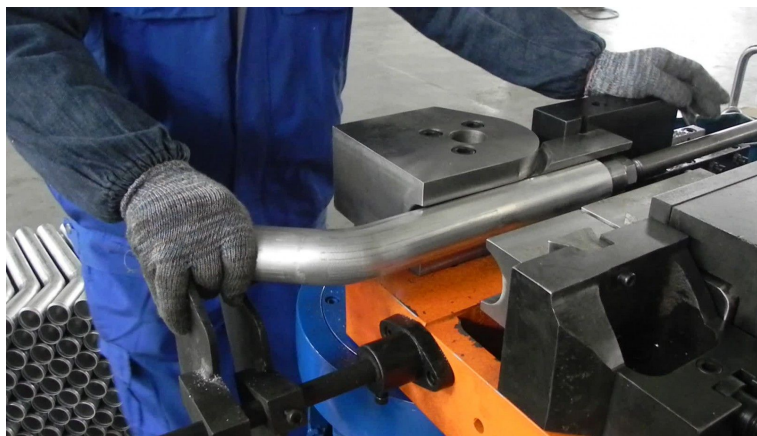
Копировально-гибочный листовой станок





# Листовая штамповка. Гибка. Особенности гибки труб

При гибке трубы ее сечение искажается и принимает эллиптическую форму. В растянутой зоне толщина стенки уменьшается, а в сжатой зоне возможна потеря устойчивости стенкой с образованием гофров. Поскольку трубопроводы, особенно в системах высокого давления, работают в условиях сложного нагружения под действием пульсирующей нагрузки и гидравлических ударов, искажения сечения трубы, вызываемые гибкой, не должны превышать допустимых значений. Кроме того, надежность и ресурс систем возрастают с повышением механических свойств материала трубопроводов и чистоты их внутренних и наружных поверхностей.





# Листовая штамповка. Гибка. Способы гибки и применяемое оборудование

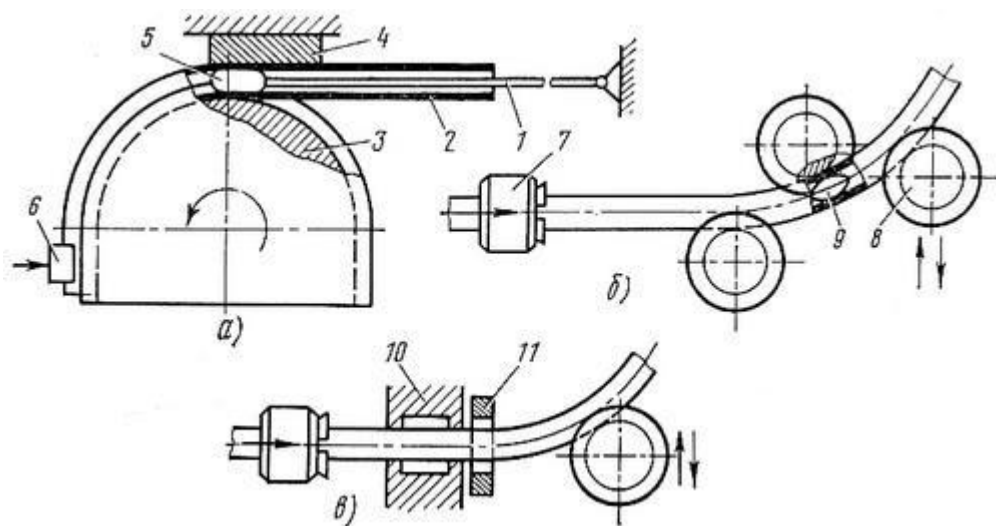


Рис. 1. Основные схемы механизированной гибки труб:

а – гибка намоткой на станке ТГС-2М;

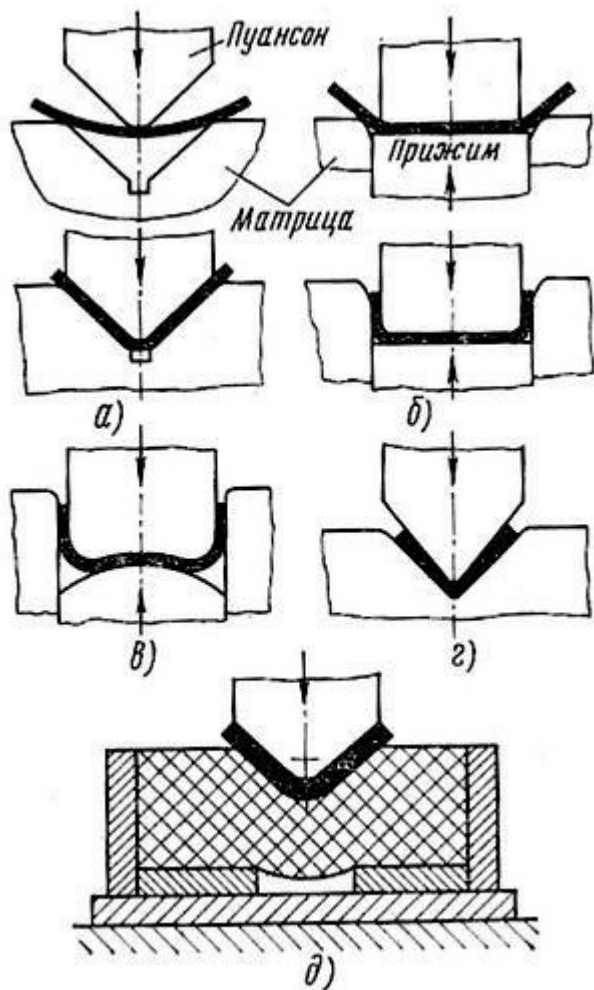
б – гибка проталкиванием через роликовую головку;

в – гибка с местным индукционным нагревом

Гибка на трубогибном станке ТГС-2М (рис. 1, а) труб диаметром до 80 мм с наибольшим углом изгиба  $220^\circ$  и радиусом кривизны 50...350 мм осуществляется следующим образом. Трубу 2 вставляют в ручей между гибочной оправкой 3 и ползуном 4 и закрепляют ее конец зажимом 6. Внутри трубы для предотвращения искажения ее профиля вставляют калибрующую оправку (дорн) 5, которая в зоне деформирования удерживается тягой 1. Затем поворачивают гибочную оправку. Труба, наматываясь на вращающуюся оправку, изгибается по радиусу ее ручья.

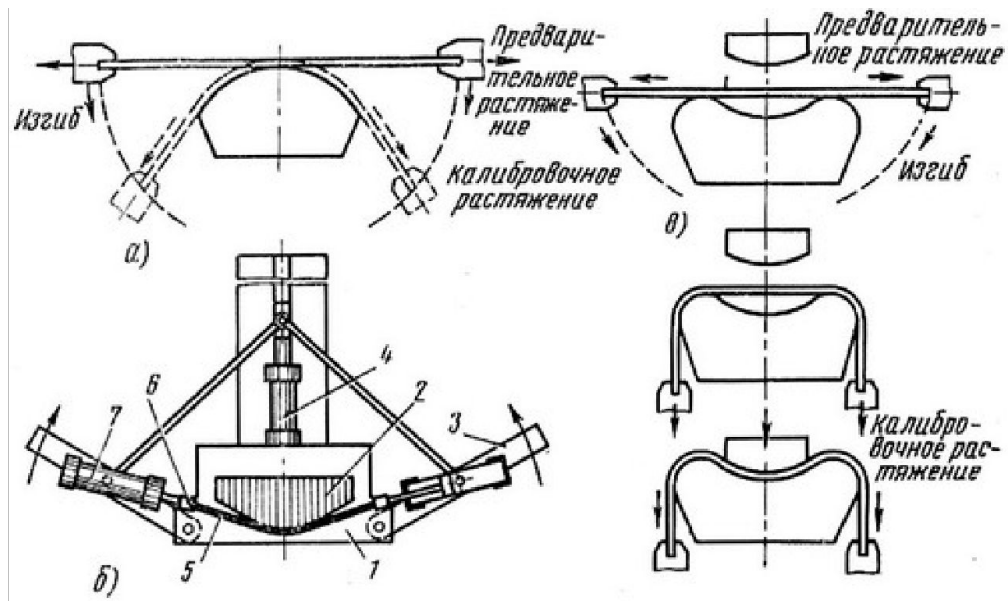
Обычно трубы гнут в холодном состоянии. При этом относительный радиус кривизны (где  $\rho$  – радиус кривизны оси, а  $D$  – наружный диаметр заготовки) при допустимых искажениях сечения трубы в зависимости от толщины стенки  $\delta$  должен быть не менее 2...4. Когда  $\rho < 2...4$ , трубы диаметром 16 мм и более при относительной толщине  $\delta/D \geq 0,035$  можно гнуть с местным нагревом деформируемой зоны токами высокой частоты (рис. 1, в). Участки трубы, находящиеся в опорах 10 и за индуктором 11, принудительно охлаждаются. Узкая зона нагрева препятствует развитию искажающих деформаций (овальность, гофрообразование), поэтому при гибке с местным нагревом отпадает необходимость в наполнителе.

# Листовая штамповка. Гибка профилированным инструментом



Гибка специальными гибочными штампами может осуществляться без прижима (рис. 2, а) и с прижимом (рис. 2, б) заготовки. В штампах с прижимом заготовки обеспечивается более точное взаимное положение элементов детали относительно друг друга, чем без прижима. Поэтому для точных работ применяют штампы с прижимом. При этом штамп должен быть изготовлен с учетом погрешностей, вызываемых пружинением. Например, при гибке П-образных деталей из упругих материалов предусматривают обратный выгиб дна (рис. 2, в). После раскрытия штампа дно распрямляется и компенсирует распружинивание в углах. При гибке с подчеканкой, т. е. с местным перераспределением части металла заготовки (рис. 2, г), получается форма детали, точно соответствующая форме инструмента, однако в этом случае требуется приложение к заготовке усилий, значительно больших, чем при обычной гибке. На рис. 2, д показан гибочный штамп, в котором роль матрицы выполняет пластическая масса (полиуретан), находящаяся в металлическом контейнере. В исходном положении плоскую заготовку укладывают сверху на поверхность полиуретановой подушки. При ходе ползуна пресса вниз заготовка вдавливается в упругую среду и принимает форму пуансона. В начале гибки заготовка испытывает небольшое давление. Затем полиуретан заполняет пространство между ограничительными пластинами, установленными на дне контейнера, и его сопротивление деформированию резко возрастает, что обеспечивает калибровку детали по пуансону. С уменьшением площади свободной поверхности полиуретановой подушки давление на заготовку при гибке увеличивается.

# Гибка обтягиванием по оправке



Схемы гибки профилей обтягиванием по оправке:

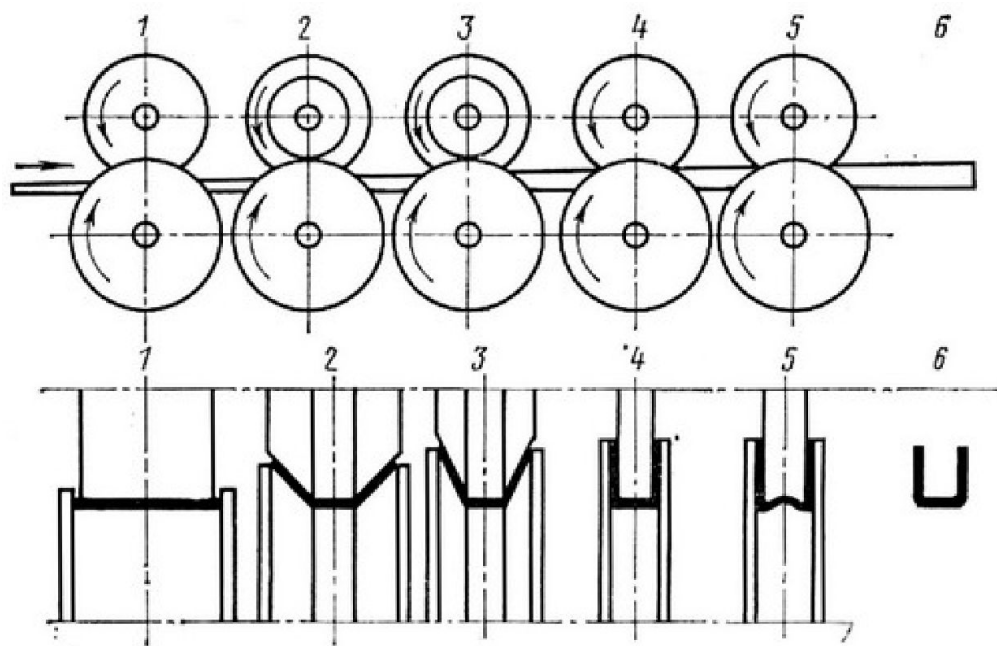
1 – стол; 2 – сменная оправка; 3 – поворотная платформа; 4 – цилиндр поворота платформы; 5 – заготовка; 6 – цанговый зажим; 7 – цилиндр растяжения заготовки

На станке ПГР-7 с передней подвижной установкой, выполненной в виде самостоятельного отъемного агрегата, изготовляют по приведенной на рис. 13.17, в схеме детали знакопеременной кривизны с наибольшей стрелой вогнутости до 600 мм.

Гибка обтягиванием по пуансону на профилегибочных растяжных станках обеспечивает высокую производительность и достаточную точность изготавливаемых деталей. Область применения способа ограничивается возможностью получения деталей из профилей с углом изгиба  $180...220^\circ$  и относительным радиусом изгиба не менее 10 вследствие дополнительного нагружения профиля растягивающим усилием при его изгибе.



# Гибка П-образного профиля из ленты прокаткой на многосекционной роликовой машине



На рисунке приведена схема последовательной гибки П-образного профиля из ленты прокаткой на многосекционной роликовой машине. Скорость перемещения заготовки в роликах достигает 180 м/мин. Точность гибки на этих машинах близка к точности при гибке в штампах. Себестоимость одного погонного метра профиля, получаемого последовательной гибкой и в ленты, в три-четыре раза ниже себестоимости прессованных профилей. Особенно это касается тонкостенных фасонных профилей из сплавов титана и высокопрочных сталей, которые получают горячим прессованием с последующим теплым волочением и калиброванием на прессах с пульсирующим нагружением или прокаткой в клетях жесткой конструкции.

Многосекционные роликовые машины на авиационных заводах используют для изготовления профилей последовательной гибкой из сталей марок СН-2, СН-3, ВНО-3, ВНО-5 и других листовых материалов толщиной 0,5...1,8 мм.