

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ УЗЛЫ И ДЕТАЛИ МАШИН ИЗ ЛЕНТЫ

Ю. М. Ермаков, Н. Ю. Шилов

Московский государственный университет приборостроения и информатики, г. Москва

В настоящее время наряду с традиционными путями уменьшения материалоемкости изделий имеются принципиально новые конструкторско-технологические направления. Среди них ленточные технологии производства тонкостенных деталей машин: валов, цилиндров, подшипников, колец, втулок, муфт, корпусов. Они позволяют уменьшить материалоемкость деталей в два с лишним раза, а трудоёмкость изготовления более чем в 3 раза.

Навитые из ленты полуфабрикаты обладают универсальностью и пригодны для деталей различных размеров. Например, полый вал 1 в виде свёрнутой в спираль металлической ленты может изменять свой диаметр от малого d до большого D , раскручиваясь до посадочных отверстий зубчатых колес 2 и подшипников 3 (рисунок 1) [1]. Осевая фиксация деталей осуществляется втулками или перфорацией 4 наружного витка ленты. Торцевые пробки 5 позволяют устанавливать подшипники различных диаметров и повышают жёсткость вала.

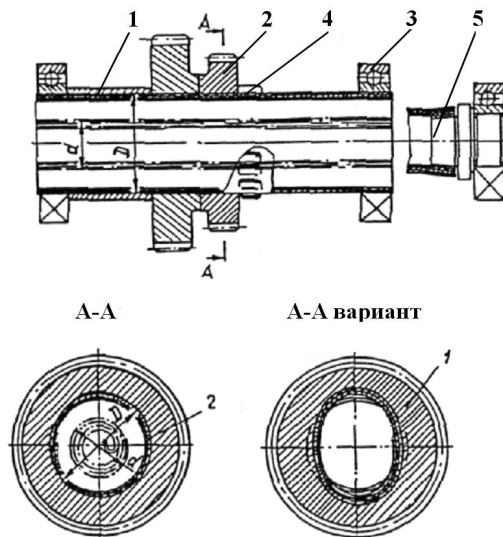


Рисунок 1 – Навитой из ленты вал с деталями

Крутящий момент передаётся жёсткой связью блока зубчатых колёс (рисунок 1, A-A) или некруглым соединением с валом отдельных зубчатых колёс (рисунок 1, A-A вариант). Возможна деформация тонкостенного вала в полигранную форму установкой

внутри него рёберных сердечников [2]. Последние повышают жёсткость вала и фиксируют в осевом направлении детали посредством перехода некруглого сечения вала в круглое под подшипниками.

Относительная материалоемкость $k_M = M_0/M = 1 - k_d^2$ и относительная жёсткость $k_J = J_0/J = 1 - k_d^4$ полого и сплошного валов определяются обратными параболическими зависимостями второй и четвёртой степени отношения диаметра отверстия к наружному $k_d = d_0/d$ (рисунок 2). M_0 и M , J_0 и J – массы и моменты инерции соответственно полого и сплошного валов. Анализ зависимостей показывает, что до определенного предела ($k_d < 0,7$) увеличение диаметра отверстия не оказывает заметного влияния на жесткостные характеристики вала, но значительно снижает его массу. При $k_d=0,7$ материалоемкость вала уменьшается в 2 раза, а жёсткость – всего на 24 %.

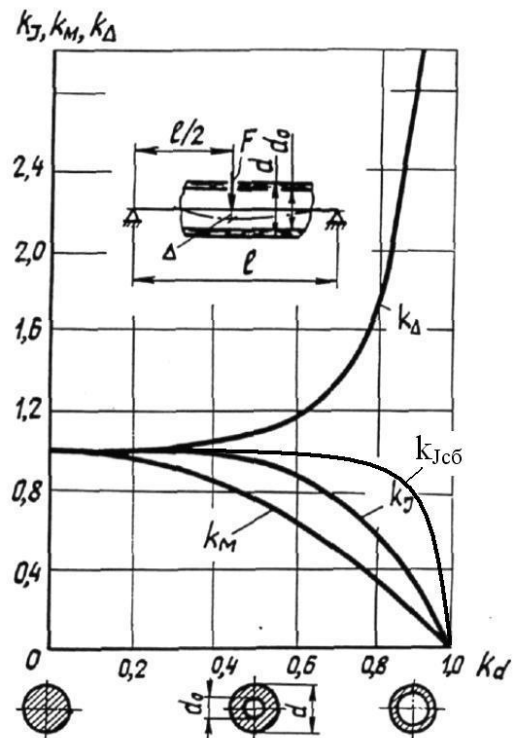


Рисунок 2 – Относительные жёсткость k_J , прогиб k_d и материалоемкость k_M полого вала в зависимости от диаметра отверстия

Относительная жёсткость полого вала в сборе с деталями k_{Jc6} значительно выше, чем без деталей (рисунок 1). Объясняется это свойством витого вала адаптироваться к посадочным поверхностям. Упруго раскручиваясь до плотного прилегания к отверстиям деталей, вал в сборе приобретает жёсткость J_{c6} системы "вал – детали". Деталь распределяет сосредоточенную силу F равномерно по своей длине δ , что повышает жёсткость полого вала. При распределенной нагрузке $p=F/\delta$ она значительно выше, чем при сосредоточенной, что особенно важно для тонкостенных валов $k_d = 0,8-0,9$ (см. рисунок 2, кривая k_{Jc6} и рисунок 3).

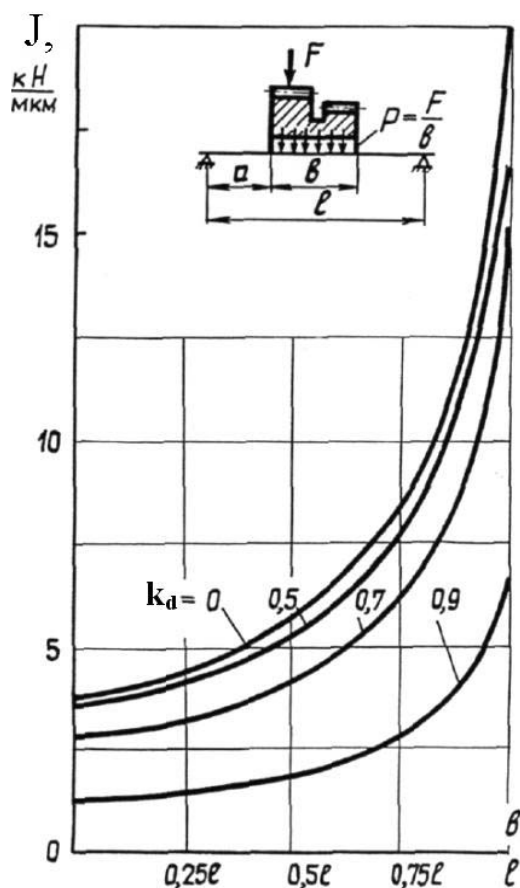


Рисунок 3 – Зависимость жесткости J сплошного $k_d = 0$ и полого $k_d = 0,5; 0,7; 0,9$ валов от длины b распределенной нагрузки p ; диаметр вала $d = 40$ мм, расстояние между опорами $l = 250$ мм

Механические характеристики ленты благодаря направленной текстуре металла, упрочненного прокатом, в 1,5–2 раза выше характеристик тех же материалов в традиционных заготовках.

Помимо малой металлоёмкости навитые валы обладают высокой демпфируемостью, удобством соединения с некруглыми отверстиями деталей, отсутствием концентраторов напряжений. Они высокотехнологичны и для их изготовления не требуются металлорежущие станки. Практически все операции заменяются намоткой ленты на оправку и отрезкой.

Сравним конструкции и технологии изготовления обычного и навитого пневмоцилиндров. Традиционный пневмоцилиндр состоит из корпуса 1, стянутого крышками 2 и 3 посредством шпилек 4; поршня 5 и штока 6 (рисунок 4, а). Шток имеет сложную ступенчатую форму с резьбой для крепления поршня. Вилка 7 на штоке соединена с серьгой осью 8.

Модернизированный пневмоцилиндр имеет навитые корпус 1, шток 6, штифты и ось 8 (рисунок 4, б). Для повышения жесткости на корпусе установлены бандажные кольца 9. Поршень 5 со сферообразной головкой закреплён на штоке штифтом. В итоге упростились корпус, поршень и шток, сократилось количество деталей.

Замена сплошного штока 6 навитым существенно упрощает технологию его изготовления. Если обработка сплошного штока производится по развёрнутой традиционной технологии: отрезка круглого проката, центральная, токарная с резьбонарезанием и шлифовальная операции, то навитого – по заготовительной: намотка цилиндра, отрезка ленты от рулона, сверление отверстий под штифты.

По традиционной технологии корпус пневмоцилиндра диаметром 320 мм, длиной 450 мм и толщиной стенки 10 мм изготавливается из бесшовной трубы. Её размеры: наружный диаметр 325 мм, толщина стенки 15 мм, длина 460 мм. Трубу подрезают в размер по торцам, растачивают, затем шлифуют отверстие до 9 качества точности и 8-9 класса шероховатости. Эти операции трудоёмки.

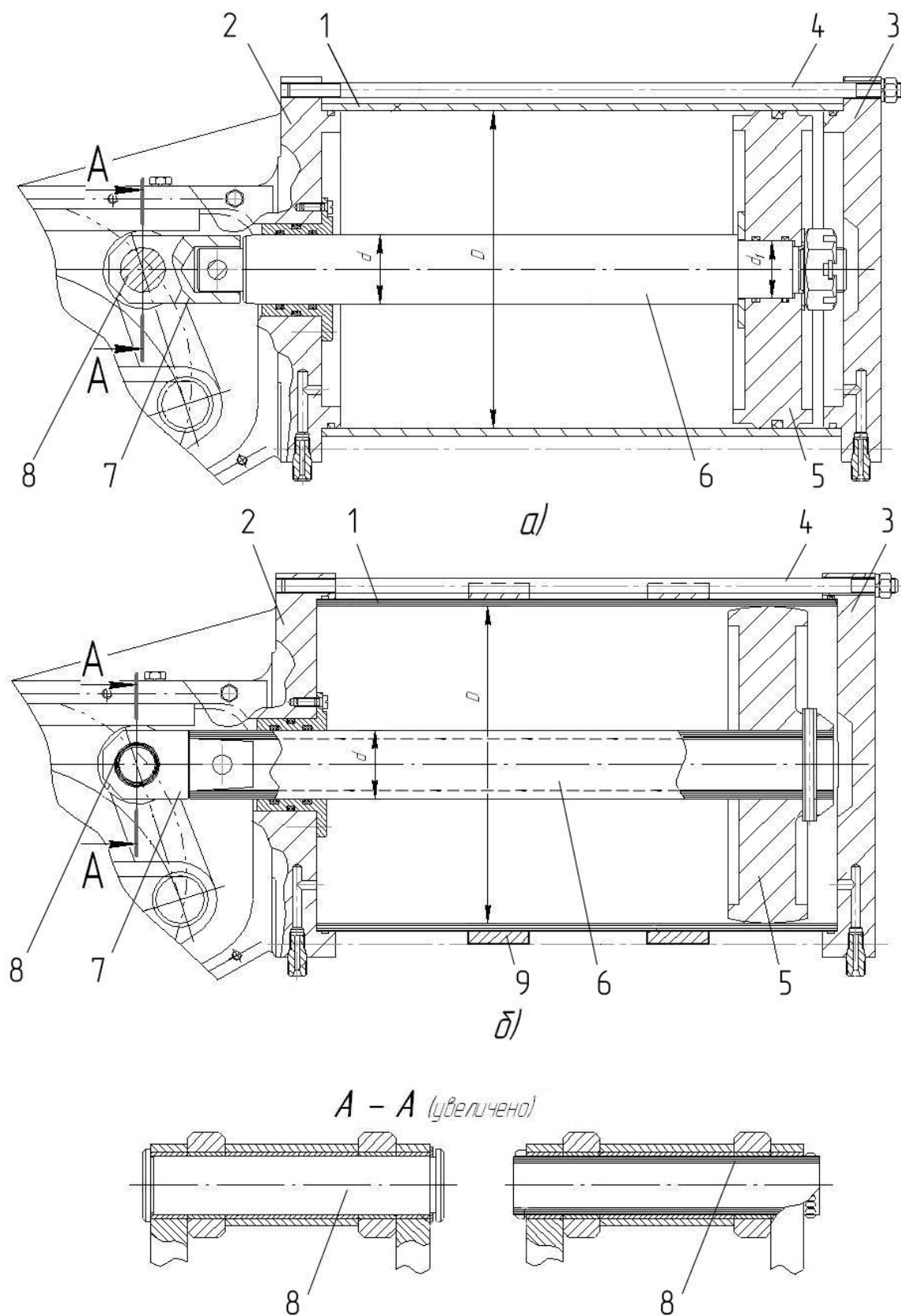


Рисунок 4 – Пневмоцилиндр со сплошным (а) и навитым (б) корпусом

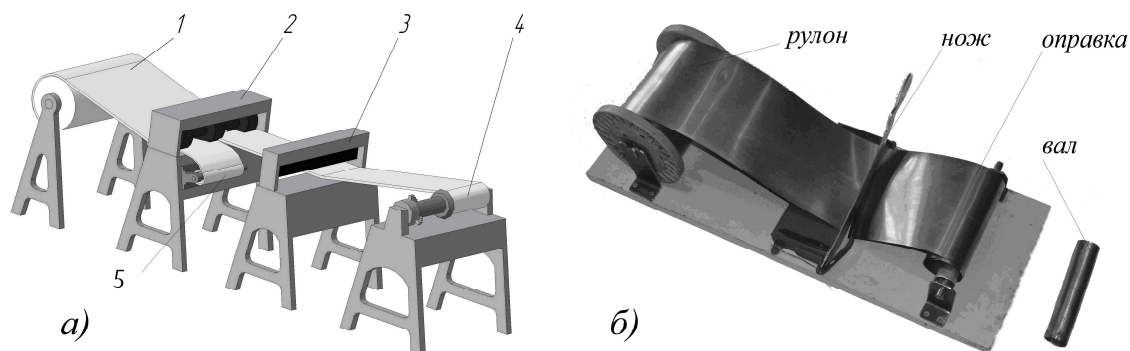


Рисунок 5 – Линия производства валов из ленты: а) схема, б) модель

Производство по ленточной технологии предельно просто. Автоматическая линия, транспортером которой является сама лента, состоит из стойки 1 с рулоном ленты, агрегата 2 подачи и продольной резки ленты, гильотинных ножниц 3, устройства для навивания валов 4 (рисунок 5, а). Лента остаточной ширины после агрегата продольной резки наматывается в рулон 5 для заготовок других деталей.

По новой технологии изготовления корпуса пневмоцилиндра лента толщиной 0,4 мм и шириною 450 мм скручивается в трубу диаметром 310 мм и отрезается. Толщина стенки навитого цилиндра 5 мм. Полуфабрикат фиксируют бандажными кольцами и подают на сборку пневмоцилиндра. Шлифовальная операция и последующая гальваническая обработка исключаются, так как лента обладает необходимой шероховатостью и коррозионной стойкостью.

Уменьшить толщину навитой стенки с 10 до 5 мм при одинаковой жёсткости со сплошной позволяют два бандажных кольца 9 и крышки 2, 3 с торцов, которые базируются на наружной поверхности навитого цилиндра (рисунок 4, б). Материалоёмкость навитого цилиндра 1 по сравнению со сплошным уменьшается в 3 раза: в 1,5 раза за счёт припуска на обтачивание трубы и в 2 раза от уменьшения толщины стенки. Трудоёмкость уменьшается в 2,4 раза. Традиционный технологический процесс изготовления корпуса цилиндра занимает 80 мин, по ленточной технологии – 34 мин: навивка цилиндра – 10 мин и по 12 мин на изготовление бандажного кольца.

Навитый корпус из ленты при её стоимости 61 тыс. руб. за тонну на 62 % дешевле, чем из трубы при стоимости трубы 53 тыс.

руб. за тонну: 1220 руб. по сравнению с 3180 руб.

Таким же способом по ленточной технологии можно изготавливать корпуса прямоугольных форм, например, редукторов (рисунок 6). Для этого ленту наматывают на съёмный каркас, который извлекают из корпуса после закрепления наружного витка, например, склеиванием или точечной сваркой [3].

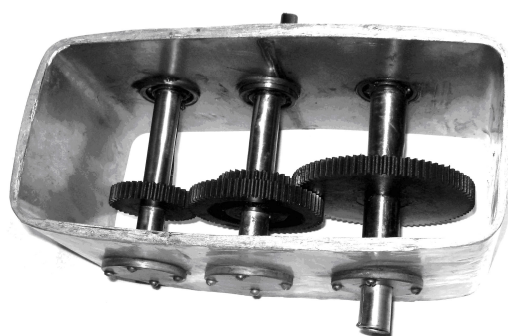


Рисунок 6 – Редуктор с навитыми из ленты валами и корпусом

Ленточные технологии позволяют упростить и облегчить конструкции изделий, уменьшить трудоёмкость и материалоёмкость деталей в 2,5 – 3 раза [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. СССР №1326796. Приводной вал. 1987.
2. Патент РФ №2003859. Приводной вал. 1993.
3. А.с. СССР №1656281. Корпусная деталь. 1991.
4. Ермаков Ю. М. Высокотехнологичные и материалоэкономные детали машин и механизмы. Ленточные технологии их изготовления // Технология металлов. – 2002. – № 7. – С. 33-36.