



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

Кафедра горных машин и транспортно-технологических комплексов

А.А. Кудряшов

МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ В ПРОКАТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине «Специальные машины для механизации работ
в металлургическом производстве»

Магнитогорск
2012

УДК 621.77.06 (075)
ББК. 34.621
К 887

Рецензенты:

*Начальник отдела систем управления
ООО «ИТЦ «Аусферр»*

С.А. Муриков

*Кандидат технических наук, доцент
кафедры машин и технологий обработки давлением,
ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И.Носова»*

В.А. Некит

Кудряшов А.А.

Машины для механизации работ в прокатном производстве [Электронный ресурс]: Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Специальные машины для механизации работ в металлургическом производстве» / Александр Анатольевич Кудряшов; ФГБОУ ВПО «МГТУ». – Электрон. текстовые дан. (0,69 Мб). – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2012. – Изд. 2. – 1 электрон. опт. диск (CD-R). – Систем. требования: IBM PC, любой, более 1 GHz; 512 Мб RAM; 10 Мб HDD; MS Windows XP и выше; Adobe Reader 8.0 и выше; CD/DVD-ROM дисковод; мышь. – Загл. с контейнера.

Методические указания предназначены для студентов специальностей 190205.65 – Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование, 190109.65 – Наземные транспортно-технологические средства, направления подготовки 190100.62 – Наземные транспортно-технологические комплексы всех форм обучения. Методические указания необходимы при изучении дисциплины «Специальные машины для механизации работ в металлургическом производстве».

Издание содержит сведения о машинах и агрегатах, предназначенных для механизации вспомогательных операций прокатного производства: области их применения и принцип действия, конструктивные особенности и методики расчета.

УДК 621.77.06 (075)
ББК. 34.621
К 887

© Кудряшов А.А., 2012
© ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Машины и агрегаты прокатного цеха можно разделить на две группы: машины и механизмы главной линии прокатного стана и машины и агрегаты поточных технологических линий цеха. Специальные машины для механизации работ в прокатном производстве относятся ко второй группе.*

Машины и агрегаты поточных технологических линий прокатного цеха, не входящие в главные линии станов, предназначены для подачи металла от печи или нагревательных колодцев к приемному рольгангу стана (слитковозы), поворота слитка на рольганге (поворотные устройства), транспортирования металла в соответствии с технологическим процессом (рольганги или транспортеры), передвижения металла вдоль бочки валков для задачи его в соответствующий калибр (манипуляторы), поворота металла относительно его продольной оси (кантователи), охлаждения металла (холодильники), травления металла (травильные установки), разматывания рулонов (разматыватели), сматывания полосы в рулон или проволоки в бунт (моталки), резки металла (ножницы и пилы), для отделки металла (правки и дрессировки, клеймения, укладки, промасливания, упаковки и других процессов).

Эти машины и агрегаты весьма разнообразны; общая масса их значительно превышает массу машин и механизмов, входящих в главные линии стана.

Машины и агрегаты прокатных цехов работают в тяжелых условиях больших статических и динамических нагрузок, высоких температур и интенсивного износа. Вследствие этого прокатные станы должны обладать высокой надежностью.

1. РОЛЬГАНГИ. НАЗНАЧЕНИЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ

Рольганги предназначены для транспортирования металла к прокатному стану, задачи металла в валки, приема его из валков и передвижения к ножницам, пилам, правильным и другим машинам.

По назначению рольганги разделяют на рабочие и транспортные. Рабочими называют рольганги, расположенные непосредственно у рабочей клетки стана и служащие для задачи прокатываемого металла в валки и приема его из валков. Транспортными называют все остальные рольганги, установленные перед рабочей клетью и связывающие между собой отдельные вспомогательные машины и устройства стана.

* Машины и агрегаты металлургических заводов. В 3 т. / А.И. Целиков, П.И. Полухин, Н.М. Федосов и др. – М.: Металлургия, 1988. – Т. 3. Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – 680 с.

Рольганги выполняют с групповым и индивидуальным приводом роликов и с холостыми роликами.

При групповом приводе все ролики одной секции рольганга, состоящей из 4-10 роликов и более, приводятся от одного электродвигателя через конические шестерни и трансмиссионный вал. Рольганги с групповым приводом применяют при небольшой скорости транспортирования на сравнительно коротком промежутке пути (например, подводящий рольганг блюмингов).

При индивидуальном приводе каждый ролик (или два) данной секции рольганга приводится от отдельного электродвигателя. Такие ролики широко применяют в быстроходных транспортных рольгангах для передвижения раскатов, длина которых после прокатки значительна, а также в качестве первых роликов рабочих рольгангов у обжимных станов.

Рольганги с холостыми роликами применяют как транспортные; их располагают с уклоном к горизонтали, и перемещение металла по ним происходит под действием собственного веса (гравитационные).

Ролики рольгангов изготавливают цельноковаными, литыми, составными (бандажированными) и из труб.

В соответствии с выполняемыми операциями различают рольганги: приемные, рабочие и транспортные.

Приемный рольганг принимает слиток от слитковоза и передает на подводящий рольганг, который транспортирует его к рабочему рольгангу перед клетью. Первые ролики этого рольганга принимают на себя удары при опрокидывании на них слитков, и поэтому их делают цельноковаными. Часто по образующей их бочки выполняют продольное рифление, что способствует лучшему сцеплению со слитком.

Для восприятия больших ударных нагрузок при подаче слитков массой до 28 т на рольганг не слитковозом, а непосредственно коловальным клещевым краном предусматривается амортизация опор роликов при помощи тарельчатых пружин.

На рис. 1 показан рабочий рольганг блюминга 1300 конструкции УЗТМ.

Рабочий рольганг состоит из восьми роликов 1-8. Первые два ролика 1, 2 имеют индивидуальный привод от электродвигателей постоянного тока мощностью 135/43 кВт (470/150 об/мин, ПВ = 100 %) через зубчатые муфты удлиненного типа; максимальная окружная скорость роликов 3,9 м/с. Остальные шесть роликов 3-8 имеют групповой привод от электродвигателя типа МПС 5400-1000 мощностью 200 кВт (500 об/мин, ПВ = 100 %) через редуктор ($i = 82/38 \cdot 49/25 = 4,24$) и паразитные промежуточные шестерни ($z = 37$). Все ролики цельнокованные, их диаметр 500 мм, длина бочки 2800 мм. Они установлены на двухрядных сферических роликоподшипниках, которые хорошо воспринимают динамические нагрузки на ролики и их прогиб.

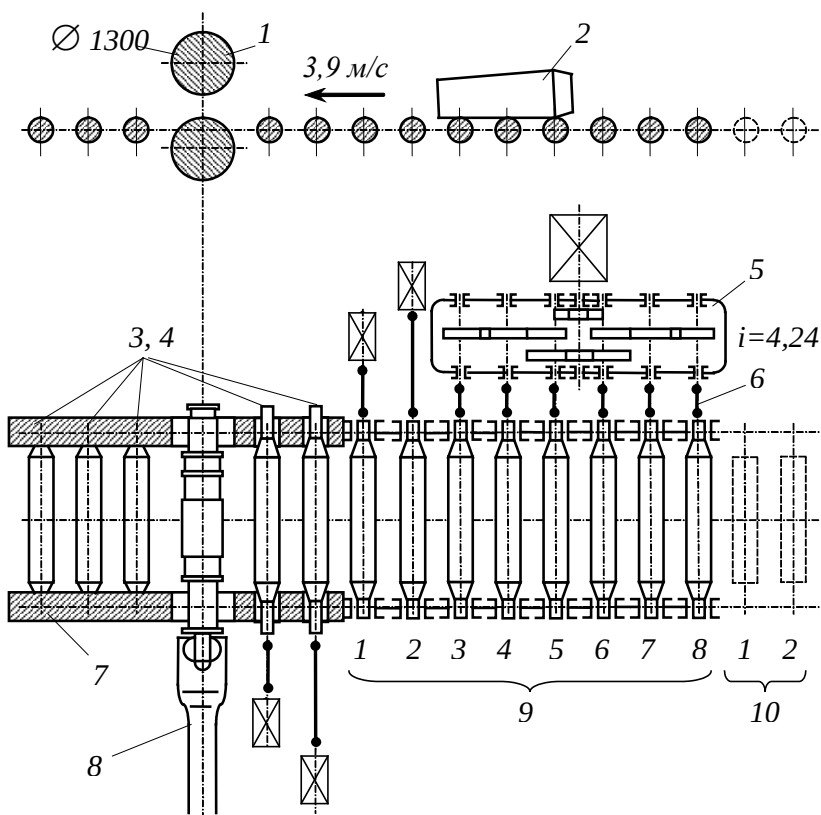


Рис. 1. Рабочий рольганг блюминга 1300 конструкции УЗТМ:
 1 – валки; 2 – слиток; 3, 4 – станинные ролики; 5 – редуктор;
 6 – зубчатые шпиндели (муфты); 7 – станины рабочей клетки;
 8 – универсальные шпиндели от главных электродвигателей;
 9 – рабочий рольганг; 10 – раскатной рольганг

Основными параметрами рольгангов являются: диаметр бочки и ее длина, шаг между роликами и скорость их вращения. С целью уменьшения массы и снижения мощности привода диаметр роликов целесообразно брать наименьшим, насколько позволяет прочность ролика. Длину бочки роликов принимают для рабочих рольгангов равной длине бочки валков, для транспортных рольгангов – на 150-200 мм больше ширины транспортируемой полосы (или ширины уложенных в ряд нескольких профилей, заготовок). Шаг роликов выбирают из условия, что раскат должен лежать не менее чем на двух роликах, однако он не должен быть очень большим, иначе раскат будет прогибаться.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение рольгангов в прокатном производстве. Назначение рабочих и транспортных рольгангов.
2. Классификация рольгангов по виду приводов.
3. Особенности роликов приемного рольганга.
4. Основные параметры рольгангов.

2. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОЛЬГАНГОВ

Момент и мощность привода роликов рольганга определяют с учетом трех факторов:

1) потерь на трение в подшипниках при передвижении металла по рольгангу:

$$M_{mp.p} = (Q_m + n_p G_p) \mu_{n.p} \frac{d_{n.p}}{2},$$

где Q_m – вес транспортируемого металла; G_p – вес ролика; n_p – число роликов, приводимых от одного электродвигателя; $d_{n.p}$ – диаметр круга трения в подшипниковых опорах ролика; $\mu_{n.p}$ – коэффициент трения в подшипниках ролика; для роликовых подшипников $\mu_{n.p} = 0,005 - 0,008$;

2) возможного буксования роликов по металлу при случайном упоре металла в препятствие, например, в направляющие линейки, установленные по длине рольганга:

$$M_{бж.p} = Q_m \mu_{б.p} \frac{d_p}{2},$$

где $\mu_{б.p}$ – коэффициент трения ролика при буксовании (0,3 по горячему металлу и 0,15-0,2 по холодному); d_p – диаметр бочки ролика.

Эти моменты составляют статическую нагрузку привода;

3) возможности транспортирования металла с ускорением, для чего к роликам необходимо приложить динамический момент, кН·м:

$$M_{дин} = (n_p \cdot m_p R_{ip}^2 + m_m d_p^2) g_\omega,$$

где m_p и m_m – массы ролика и металла; R_{ip} – радиус инерции вращающейся детали, $R_{ip} = r/\sqrt{2}$ (r – наружный радиус цилиндра); g_ω – угловое ускорение вращающейся массы.

Суммарный момент, кН·м, привода n_p – роликов рольганга будет равен

$$M_{рол} = M_{ст} + M_{дин}.$$

Мощность, требующаяся для вращения роликов, кВт:

$$NM_{рол} = \quad_{рол} \omega_p,$$

где ω_p – угловая частота вращения роликов, 1/с.

Мощность электродвигателя для привода роликов

$$N_{ов} = N_{рол} / \eta,$$

где η – К.П.Д. передачи от двигателя к роликам.

При расчете ролика рольганга на прочность необходимо учесть динамическую силу удара при падении слитка на величину h_c (кантовка, выход слитка из валков):

$$P = k_{дин} Q,$$

где $k_{дин}$ – динамический коэффициент,

$$k_{дин} = 9,8 \sqrt{\frac{EJh_c}{l^3 (Q + k_2 G_p)}},$$

где EJ – жесткость ролика как двухопорной балки постоянного сечения; l – расстояние между опорами; Q – вес металла, приходящийся на один ролик; $k_2 = 0,625$ – коэффициент приведения скорости ролика к скорости металла.

Как показывают расчеты, для роликов рабочих рольгангов $k_{дин} = 25 - 50$; отсюда следует, что динамическое усилие на ролик рабочего рольганга в 25-30 раз больше приходящегося на него веса падающего слитка.

Станинные ролики работают в очень тяжелых условиях – они непрерывно воспринимают на себя удары выходящего из валков слитка. Для поглощения динамической нагрузки на ролик подшипник последнего устанавливают на подрессоренных пружинами опорах. Практика расчетов потенциальной энергии пружинных опор показала, что потенциальная энергия пружин в 20-30 раз превосходит потенциальную энергию ролика, т. е. при ударе ролик деформируется очень мало и большая часть нагрузки воспринимается пружинами. При расчете станинного ролика на

прочность можно принимать, что он изгибается фиктивной нагрузкой P , равной $\frac{1}{4}$ динамической нагрузки, рассчитанной из условия наличия жестких опор.

3. МАНИПУЛЯТОРЫ И КАНТОВАТЕЛИ ПРОКАТНЫХ ЦЕХОВ. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МАНИПУЛЯТОРОВ И КАНТОВАТЕЛЕЙ ОБЖИМНЫХ ЦЕХОВ

Манипулятор предназначен для передвижения металла по роликам рольганга параллельно их бочек с целью последующего направления металла в валки. Одновременно с этим линейки манипулятора выпрямляют прокатываемую полосу (блюм, сляб, заготовку), если она искривилась при прокатке. Манипуляторы применяют при прокатке слитков и относительно толстой заготовки и полосы, т. е. на блюмингах, слябингах, рельсобалочных, крупносортовых и толстолистовых станах.

Кантователи в линиях прокатки служат для поворота (кантовки) прокатываемой полосы относительно ее продольной оси перед задачей в следующий калибр валка. Такие кантователи применяют на блюмингах, слябингах, рельсобалочных и сортовых станах.

В линиях отделки проката и на листовых станах используют кантователи и манипуляторы различных типов в зависимости от их назначения (для кантовки толстых листов, рулонов, рельсов и т. д.).

Манипуляторы обжимных цехов установлены с передней и задней сторон рабочей клетки. Каждый манипулятор снабжен двумя массивными стальными литыми линейками (массой по 15-40 т), установленными по бокам рабочего рольганга и передвигаемыми при помощи длинных штанг с зубчатыми рейками. Передние и задние линейки как со стороны привода валков, так и со стороны привода роликов рабочих рольгангов попарно приводятся от общего электродвигателя при помощи зубчатых шестерен, находящихся в зацеплении с рейками.

Манипулятор блюминга (рис. 2), расположенный перед рабочей клетью 4 или за ней, состоит из двух массивных стальных литых линеек 2 и 6, которые передвигаются вдоль бочки роликов рабочего рольганга 1 (условно показаны только два ролика) при помощи штанг 16 и 17, в нижней части которых сделаны зубчатые рейки 19, находящиеся в зацеплении с шестернями 8 и 9. Штанги 17, соединенные с линейками 6, являются толкающими, приводятся непосредственно от тихоходного электродвигателя 14, питаемого от отдельного выпрямителя. Штанги 16, соединенные с линейками 2, являются тянущими и приводятся от аналогичного электродвигателя 15. Синхронность перемещения линеек обеспечивается валами 7, соединенными зубчатыми муфтами. Перед манипулятором расположены станинные ролики 3.

Кантователь с пятью крюками 26 установлен на правой линейке перед рабочей клетью с валками 5. Вал кантователя 20 поворачивается в своих подшипниках при перемещении штанги 26; при этом происходит подъем или опускание крюков 25, т. е. осуществляется кантовка раската 24.

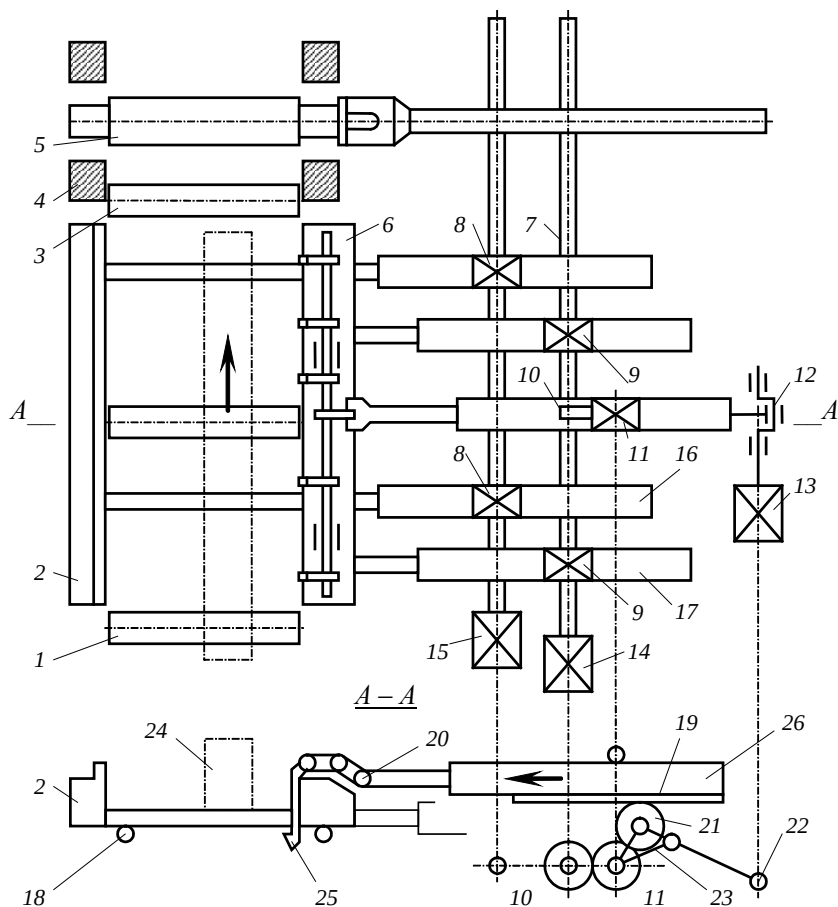


Рис. 2. Схема расположения манипуляторов и кантователя у обжимного стана

Штанга кантователя 26 с зубчатой рейкой приводится в движение от двух механизмов, кинематически воздействующих на одну реечную шестерню 21, являющуюся планетарной шестерней дифференциально-планетарного редуктора. Когда передвигается правая линейка 6 манипу-

лятора, одновременно вращается шестерня 10 на валу 7 и перемещается штанга 26 кантователя, т. е. планетарная шестерня 21 должна при этом вращаться с той же скоростью, что и шестерни 8 и 9.

Для кантовки слитка (блюда) необходимо повернуть вал 20 с крюками кантователя. Поворот вала 20 осуществляется движением вперед штанги 26 с рейкой при вращении планетарной шестерни 21; в данном случае это вращение сообщается шатунно-кривошипным механизмом 12, приводимым электродвигателем 13. При включении этого электродвигателя и повороте кривошипа 22 шатун 23 поворачивается влево; при этом планетарная шестерня 21 станет ведущей, и при обкатывании по нижней шестерне 11 она заставит рейку и штангу 26 кантователя двигаться вперед (влево), т. е. поворачивать вал кантователя 20. Ход линеек в крайних положениях ограничивается командоаппаратами. Энергия удара поглощается пружинными буферами.

Вопросы для самопроверки

1. Назначение и область применения манипуляторов прокатных цехов.
2. Назначение и область применения кантователей прокатных цехов.
3. Особенности конструкции и принцип действия манипулятора блюминга.
4. Особенности конструкции и принцип действия кантователя блюминга.

4. МАШИНЫ ДЛЯ ОБВЯЗКИ ПРОКАТА

4.1. Классификация

Все многообразие конструкций обвязочных машин можно классифицировать по следующим основным признакам (рис. 3):

- 1) по назначению (объекты обвязки):
 - бунтовязальные машины и агрегаты для обвязки пачек сорта и труб;
 - машины для обвязки рулонов;
 - установки и агрегаты для обвязки пачек листового проката;
- 2) по виду употребляемого обвязочного материала:
 - машины для обвязки проволокой:
 - проволока круглая;
 - проволока овальная;
 - машины для обвязки плоским обвязочным материалом:
 - стальная лента (толщиной до 0,9 мм [ГОСТ 3560-80]);
 - стальная полоса (толщиной свыше 0,9 мм);

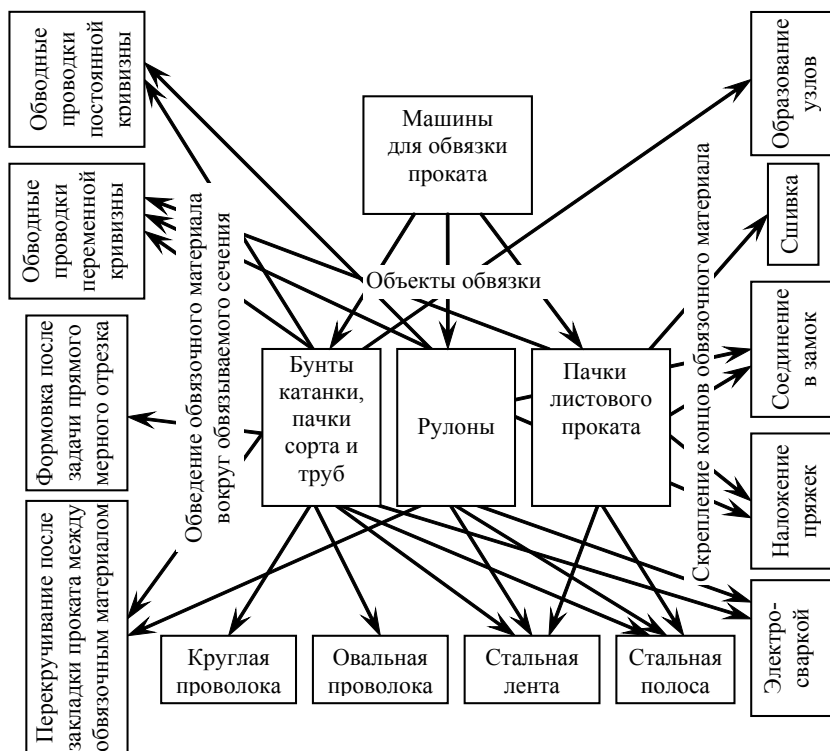


Рис. 3. Классификация машин для обвязки проката

3) по принципу обведения обвязочного материала вокруг обвязываемого сечения:

- машины с обводными проводками (обвязочный материал подается по обводным желобам-направляющим закрытого или открытого типа):
 - обводные проводки постоянной кривизны (клещевого или клешневого типа);
 - обводные проводки переменной кривизны (образуют контур вытянутой формы для обхвата 0-образных обвязываемых сечений).
- машины без обводных проводок (обвязочный материал подается в виде прямого мерного отрезка, а затем формируется с помощью специального механизма вокруг обвязываемого сечения);
- машины, не имеющие явно выраженного механизма подачи обвязочного материала. Операция обвязывания в них сводится к перекручиванию обвязочных проволок или лент после закладки изде-

лия между лентами или проволоками, а обхватывание изделия обвязочным материалом осуществляется при перемещении (вращении) самого изделия или специальными возвратно-поступательно перемещающимися штангами, через которые пропускаются ветви обвязочного материала;

4) По методу скрепления концов обвязочного материала:

- образованием узлов;
- сшивкой;
- соединением в замок;
- наложением специальных пряжек;
- электросваркой.

4.2. Типовая схема и принцип действия машины для обвязки проволокой большегрузных бунтов

Машина состоит из верхней 1 и нижней 6 обводных проводок (рис. 4), которые в замкнутом положении образуют кольцевой канал, механизма подачи проволоки 2, механизма реза проволоки 3, механизма образования узла 4 и механизма зажима переднего конца обвязочной проволоки 5. Особенность конструкции обводной проводки заключается в способности удерживать обвязочную проволоку внутри кольцевого канала при подаче, не препятствуя ее выходу из проводки при затягивании на обвязываемом сечении.

Работа всех механизмов полностью автоматизирована. В момент поступления обвязываемого сечения в зону обвязки включаются приводы горизонтального перемещения нижней проводки и вертикального верхней. В момент замыкания проводок подается сигнал на включение механизма 2 подачи проволоки. Передний конец проволоки проходит через вязальную головку механизма образования узла 4 и направляется в кольцевой канал обводной проводки, а, выйдя из проводки, снова проходит через вязальную головку и захватывается механизмом зажима переднего конца 5. Далее производится подъем верхней проводки и реверс механизма подачи проволоки, при этом обвязочная проволока затягивается петлей на обвязываемом сечении. Вращением вязальной головки образуется узел, после чего производится отрезание проволоки и возврат механизмов 3, 4, 5 и 6 в исходное положение. Время цикла обвязки составляет 25-30 с.

Моменты включения-выключения приводов механизмов определяются сигналами с датчиков, контролирующих положение проволоки и исполнительных звеньев. Привод всех механизмов машины гидравлический.

Международный стандарт предусматривает обвязку бунтов катанки в четырех местах. Поэтому каждая технологическая линия оснащается четырьмя бунтовязальными машинами.

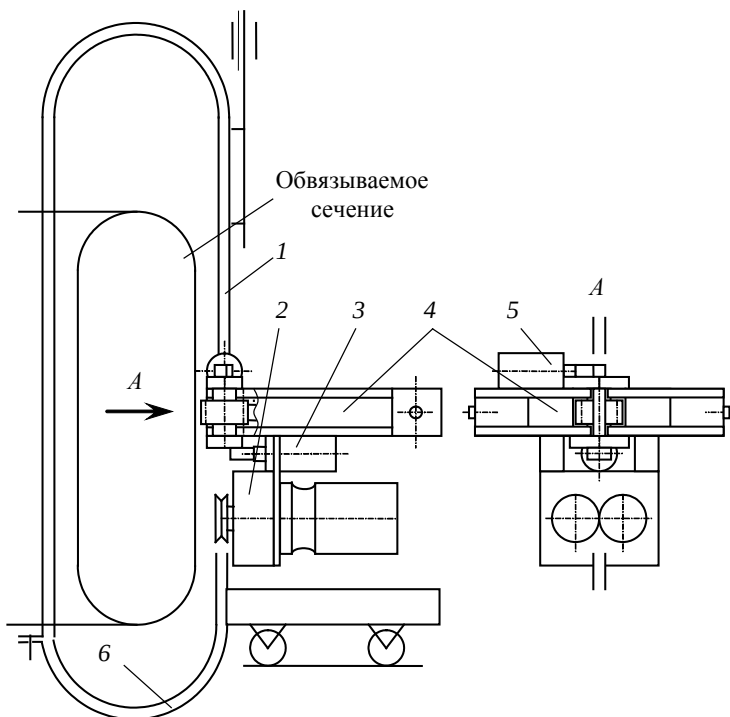


Рис. 4. Типовая схема машины для обвязки проволокой большегрузных бунтов

4.3. Расчет сопротивлений движению обвязочной проволоки по обводной проводке машины для обвязки большегрузных бунтов

Для расчета сопротивлений движению обвязочной проволоки по обводной проводке машины для обвязки большегрузных бунтов направляющая разбивается на характерные участки (рис. 5). Путем последовательного анализа схем нагружения проволоки на отдельных участках проводки в порядке, противоположном движению проволоки, приходим к определению потребного усилия подачи, основной характеристики обводной проводки.

Движущая сила, действующая на проволоку в точке F , может быть определена из уравнения движения проволоки на участке FG (рис. 6):

$$F_{DF} \cdot \rho - Nf_1 \cdot \rho - Nk(\rho - a) - N_G \cdot l_1 = 0, \quad (2)$$

где F_{DF} – движущая сила, действующая на проволоку в точке F ; N_G – нормальная реакция направляющей обводной проводки в точке G касания

проволоки; f_1 – коэффициент трения; k – коэффициент сопротивления, учитывающий трение и снятие стружки (если твердость направляющей значительно превышает твердость проволоки $k = f_1$); ρ – радиус кривизны проволоки.

Из (2) для движущей силы на этом участке

$$F_{ДФ} = N \frac{f_1 \rho + k(\rho - a) + l_1}{\rho} = NC_1. \quad (3)$$

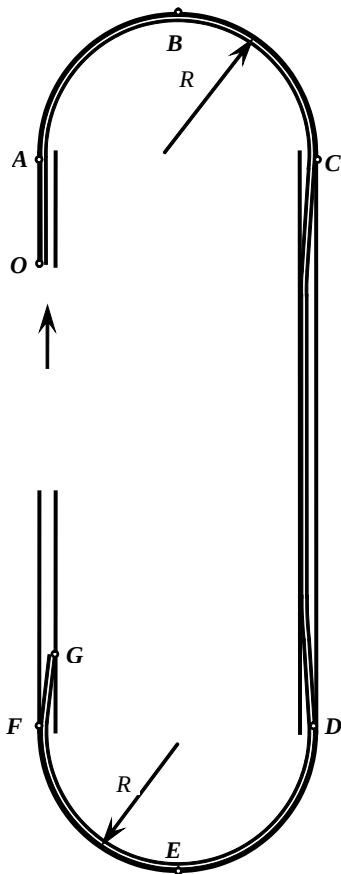


Рис. 5. Схема расположения характерных участков направляющей обводной проволоки

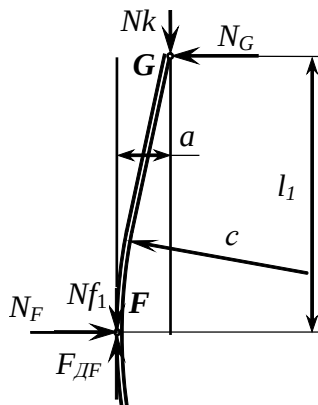


Рис. 6. Схема нагружения проволоки на участке GF

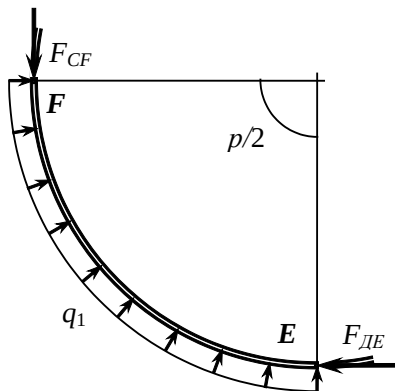


Рис. 7. Схема нагружения проволоки на участке EF

Для выпрямления проволоки, имеющей кривизну $\chi = 1/\rho$, необходимо приложить к ней движущую силу такой величины, чтобы возникшие силы N и Nk вызвали в сечении F соответствующую пластическую деформацию.

Условие равновесия между внешним моментом и внутренними силами может быть выражено уравнением, предложенным Е.Н. Мошниным, для определения изгибающего момента при жесткопластическом изгибе с линейным упрочнением:

$$M = \left(\frac{SP}{W} + \frac{h}{\sigma_T} \frac{1}{2\rho} \right) W \sigma_T, \quad (4)$$

где S – статический момент поперечного сечения; h – высота сечения.

Откуда величина N , необходимая для осуществления пластической деформации проволоки (выпрямления кривизны $\chi = 1/\rho$) определена как

$$N = \frac{\sigma_T}{C_2}, \quad \text{где} \quad C_2 = \frac{\sigma_T (l_1 - ka)}{M}. \quad (5)$$

Отсюда из (3) с учетом (5) получим:

$$F_{DF} = \frac{C_1}{C_2} \sigma_T. \quad (6)$$

Сила F_{CF} сопротивления движению проволоки на участке EF (рис. 7) равна по величине движущей силе F_{DF} и противоположно направлена. F_{DE} – движущая сила, действующая на проволоку в точке E . Обе силы направлены вдоль оси проволоки и прижимают ее к круговой направляющей, на которой возникают нормальная распределенная нагрузка и силы трения. Проволока совершает круговое движение, не деформируясь. Эти условия характерны для вывода формулы Эйлера, при определении продольных сил в нити на шкиве с углом трения между ними.

Поэтому, используя формулу Эйлера и принимая во внимание, что $F_{CF} = F_{DF}$, запишем следующее выражение:

$$F_{DE} = \frac{C_1}{C_2} \sigma_T \cdot e^{\frac{\pi}{2}}. \quad (7)$$

Сила сопротивления движению на участке DE (рис. 8):

$$F_{CE} = F_{DE}. \quad (8)$$

Движущая сила F_{DD} , действующая на проволоку в точке D , складывается из силы, необходимой для пластической деформации проволоки, и силы, необходимой для преодоления сил трения:

$$F_{DD} = F_{DD}' + F_{DD}'', \quad (9)$$

где F_{DD}'' – сила, затрачиваемая на преодоления сил трения при движении проволоки по круговому участку направляющей, которая определится как

$$F_{DD}'' = F_{DE} \cdot f_2 \frac{\pi}{2}. \quad (10)$$

Сила F_{DD}' была определена из уравнений движения проволоки:

$$F_{CE} = R_x; \quad (11)$$

$$F_{DD}' \cdot \rho - F_{CE} \cdot \rho + R_x \cdot n \rho - R_y (\rho - m \rho) = 0. \quad (12)$$

Величина R_y может быть определена из условия перехода в пластическое состояние материала проволоки в сечении. Пренебрегая влиянием продольных сил, с учетом (4) и (8) получим

$$R_y = \frac{\sigma_T}{C_3} + \frac{F_{DE}}{m} (1 - n), \text{ где } C_3 = \frac{\sigma_T m \rho}{M}. \quad (13)$$

Из (9) и (12) с учетом (7), (10) и (11) окончательно получим

$$F_{DD} = \frac{\sigma_T \cdot n}{C_3} + \frac{C_1}{C_2} \sigma_T \cdot e^{f_1 \frac{\pi}{2}} \left(1 + e^{f_2 \frac{\pi}{2}} \right). \quad (14)$$

На участке CD происходит потеря устойчивости проволоки (при достаточной длине участка), в результате чего возникают нормальные реакции N_C, N, N_D (рис. 9). Суммарная величина этих реакций

$$N_D + N + N_C = 2a' \left(\frac{F_{DC}}{l_3} + \frac{F_{CD}}{l_2} \right). \quad (15)$$

Сила сопротивления движению на этом участке $F_{CD} = F_{DD}$.

В качестве допущения примем, что $l_3 = l_2 = L_{CD}/2$, где L_{CD} – длина участка CD . Тогда с учетом (15):

$$F_{DC} = F_{DD} \frac{L_{CD} + 4f_3 a'}{L_{CD} - 4f_3 a'}. \quad (16)$$

Участок BC аналогичен участку EF . Участок AB аналогичен участку DE . Участок OA аналогичен участку CD . Формулы для определения сил в точках B, A, O идентичны формулам (7), (14), (16).

Тогда усилие Q , необходимое для подачи проволоки по обводной проводке, окончательно определено следующим выражением:

$$Q = \left(\frac{\sigma_T \cdot n}{C_3} + C_4 \cdot e^{f_4 \frac{\pi}{2}} \left(1 + e^{f_5 \frac{\pi}{2}} \right) \right) \frac{L_{OA} + 4 f_6 a'}{L_{OA} - 4 f_6 a'}, \quad (17)$$

где $C_4 = \left(\frac{\sigma_T \cdot n}{C_3} + \frac{C_1}{C_2} \sigma_T \cdot e^{f_1 \frac{\pi}{2}} \left(1 + e^{f_2 \frac{\pi}{2}} \right) \right) \frac{L_{CD} + 4 f_3 a'}{L_{CD} - 4 f_3 a'}$.

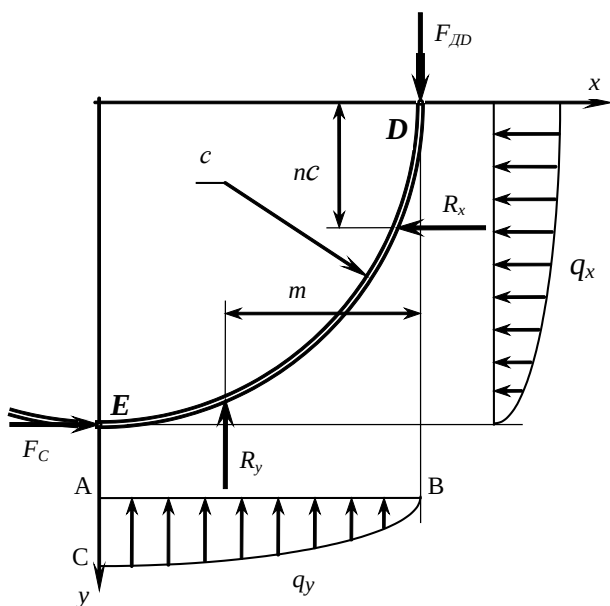


Рис. 8. Схема нагружения проволоки на участке DE

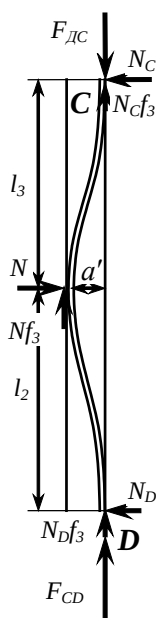


Рис. 9. Схема нагружения участка OA

Вопросы для самопроверки

1. Виды материалов для обвязки проката.
2. Методы скрепления концов обвязочного материала.
3. Состав типовой схемы машины для обвязки проволокой большегрузных бунтов.
4. Принцип действия машины для обвязки проволокой большегрузных бунтов.

5. СПОСОБЫ ОБРАЗОВАНИЯ УЗЛОВ НА ОБВЯЗОЧНОЙ ПРОВОЛОКЕ

Для скрепления концов обвязочной проволоки при машинной обвязке используются различные механизмы для образования узлов. Независимо от типа узла, соединяющего концы проволоки, требования к нему едины: несущая способность, не уступающая прочности проволоки, отсутствие выступающих концов, простота реализации.

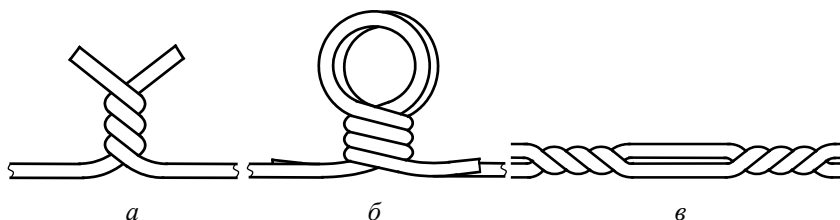


Рис. 10. Типы проволочных узлов:
а – открытый, *б* – кольцевой, *в* – оплетка

В настоящее время применяются два вида проволочных узлов: открытый узел и оплетка (рис. 10, *а*, *б*). Преимуществами открытого узла являются простота реализации и универсальность. Он образуется в результате скрутки свободных концов проволоки с помощью вращающегося воротка (рис. 11), клещевой вязальной головки (рис. 12), кулачковых патронов или клещевых зажимов.

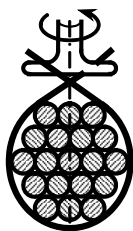


Рис. 11.
Вращающийся
вороток

На воротковых машинах можно проводить верхнюю или нижнюю вязку узла, или вязку узла внутри бунта. Практика показала, что воротковые машины не могут обеспечить плотную обвязку проката без дополнительной формовки обвязываемого сечения. Поэтому область их применения ограничивается обвязкой предварительно уплотненных бунтов либо сформованных сечений, не требующих уплотнения.

При обвязке клещевыми или кулачковыми обвязочными машинами в момент образования узла концы обвязочной проволоки зафиксированы. Это приводит к уплотнению обвязываемого сечения с одной стороны и риску разрушения узла (обрыва проволоки) с другой. Чтобы исключить этот риск, разрабатывается более сложный инструмент для закручивания концов проволоки, отличающийся возможностью перепуска проволоки (нежесткой фиксацией концов) при достижении заданной величины усилий.

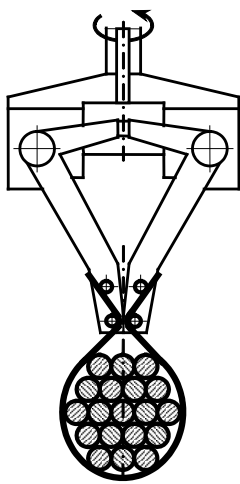


Рис. 12. Клещевая
вязальная головка

Главным недостатком открытого узла являются выступающие концы обвязочной проволоки. Для того чтобы привести такой узел в соответствие принятым нормативам, требуется выполнять дополнительные операции: заправлять концы проволоки в бунт либо отрезать их.

Узел «оплетка» лишен этого недостатка. Он имеет очень удачную форму, не выступающую за плоскость обвязываемого сечения, за что получил название плоского узла.

Этот вид узла появился в Великобритании, где применялся для ручной обвязки проволокой овального сечения. Концы обвязочной проволоки сплетались при помощи оплеточных машинок английской фирмы «Джеррард».

Сложность реализации и ограниченная область применения узла «оплетка» долгое время сдерживали его применение в машинной обвязке. Однако интерес со стороны производителей катанки предопределил разработку надежного механизма формирования узла для работы в составе обвязочной машины.

На рис. 13 представлена конструктивная схема механизма образования узла типа «оплетка». Механизм состоит из сварного корпуса 2 с жестко закрепленной штангой 1, по которой перемещается зубчатая рейка 6. Гидроцилиндр 7 связан с зубчатой рейкой, взаимодействующей с шестернями 3 и вяжущей головкой 4, через паз которой проходит обвязочная проволока 5.

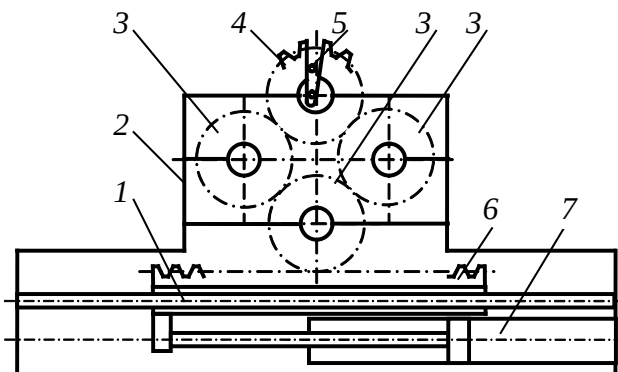


Рис. 13. Механизма образования узла «оплетка»

Получение узла осуществляется вращением головки 4, когда в ее пазу оказываются оба конца обвязочной проволоки 5 (рис. 14).

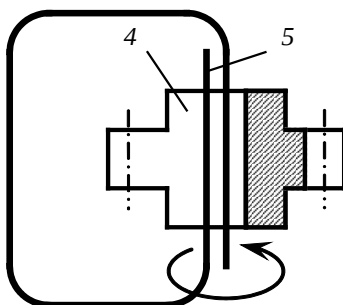


Рис. 14. Скручивание обвязочной проволоки обвязывающей головкой

Перспективным видом узла, не получившим еще промышленной реализации, является кольцевой узел (см. рис. 10, б).

На рис. 15 показан процесс формирования кольцевого узла. Он происходит в две стадии: вытяжка петли и ее последующее скручивание.

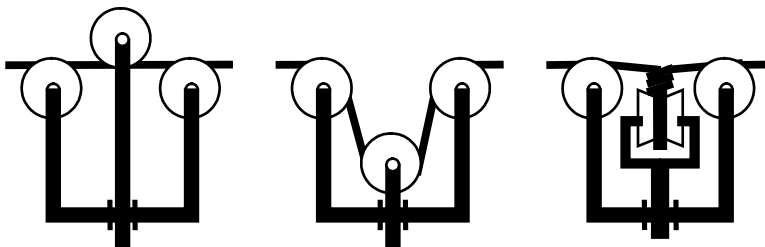


Рис. 15. Образование кольцевого узла

Процесс формирования кольцевого узла сопровождается дополнительной подтяжкой проволоки на обвязываемом изделии. То есть устройство формирования узла может в некоторой степени выполнять также и функцию механизма подтяжки, что в некоторых случаях позволяет упростить конструкцию всей обвязочной машины.

Вытяжка петли может осуществляться по одному из нескольких вариантов. В соответствии с первым из них свободные концы проволоки жестко фиксируются (рис. 16, а). Данная схема позволяет обеспечить наиболее плотную затяжку образуемой на объекте обвязки петли.

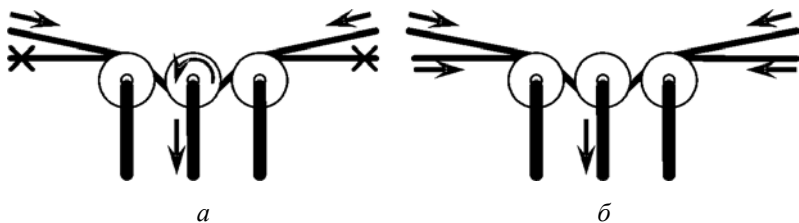


Рис. 16. Вытяжка петли при образовании кольцевого узла

Недостатки данной схемы:

Во-первых, многократное деформирование проволоки, огибающей ролики, значительно повышает усилие вытяжки.

Во-вторых, необходимо, чтобы перед началом вытяжки проволока имела достаточную слабину для формирования узла. В противном случае усилие вытяжки сможет достигнуть критической величины, – произойдет обрыв проволоки либо остановка механизма в промежуточном положении.

Схема без фиксации концов петли (рис. 16, б) приводит к уменьшению величины подтяжки. Однако значительно снижается усилие вытяжки. Это усилие, возрастая при натяжении проволоки, достигает определенной величины, после чего начнется перепускание проволоки как в схеме 16, а, но со стороны концов петли. Максимальная величина усилия вытяжки будет соответствовать минимуму в схеме с зафиксированными концами. В данном случае это определенная постоянная величина, обусловленная геометрическими параметрами элементов устройства и жесткостью проволоки.

Таким образом, независимо от качества предыдущих операций данная схема гарантирует одинаковую плотность упаковки и исключает риск сбоев в результате обрыва проволоки или недостатка мощности привода.

Принципиально иная схема конструкции устройства может быть получена заменой обводных роликов рычагами (рис. 17).

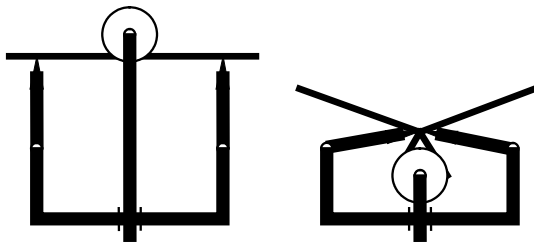


Рис. 17. Вариант схемы конструкции устройства для образования кольцевого узла

Формирование узла таким устройством происходит при наименьших усилиях. Объясняется это тем, что в отличие от предыдущей схемы, проволока не подвергается многократному деформированию. Однако данная схема не сочетает в себе отмеченных достоинств предыдущих схем.

К числу достоинств кольцевых узлов следует отнести и их универсальность – в отличие от узлов типа «оплетка», они могут применяться при обвязке любых сечений.

Существенным недостатком кольцевых узлов является необходимость применения для его формирования двух приводов большой мощности, а также необходимость обеспечения высокой жесткости элементов конструкции.

Вопросы для самопроверки

1. Требования, предъявляемые к проволочному узлу, применяемому для обвязки проката.
2. Типы проволочных узлов.
3. Преимущества и недостатки открытых узлов.
4. Принцип действия устройства для образования узла оплетка.
5. Способы формирования кольцевого узла.

6. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МАШИНЫ ДЛЯ УКЛАДКИ СОРТОВОГО ПРОКАТА

Для укладки сортового проката в поточных линиях сортовых станов устанавливают специальные машины – укладчики.

На рис. 18 представлен укладчик мелких и средних профилей конструкции ВНИИметмаша.

Укладчик состоит из подъемного стола с холостыми роликами, двух рольгангов, разделенных средней продольной перегородкой, нижней рамы стола, на которой установлены две направляющие колонны, четыре подъемных винта и электродвигатели привода этих винтов, и двух боковых верхних платформ на катках с направляющими для подъемного стола. Подъемный стол вместе с платформой может передвигаться в результате перемещения рейками нижней рамы стола, установленной своими катками на рельсах. Продольная перегородка разделяет стол на два кармана. Исходное положение стола – верхнее.

Чтобы увеличить производительность укладчика, сортовой прокат подается в один из карманов стола пачками (рядами), предварительно уложенными на рольганге при помощи шлепперов. Для сохранения плотности ряда при подаче его в карман укладчика последние два подающих ролика (первые от укладчика) выполнены электромагнитными.

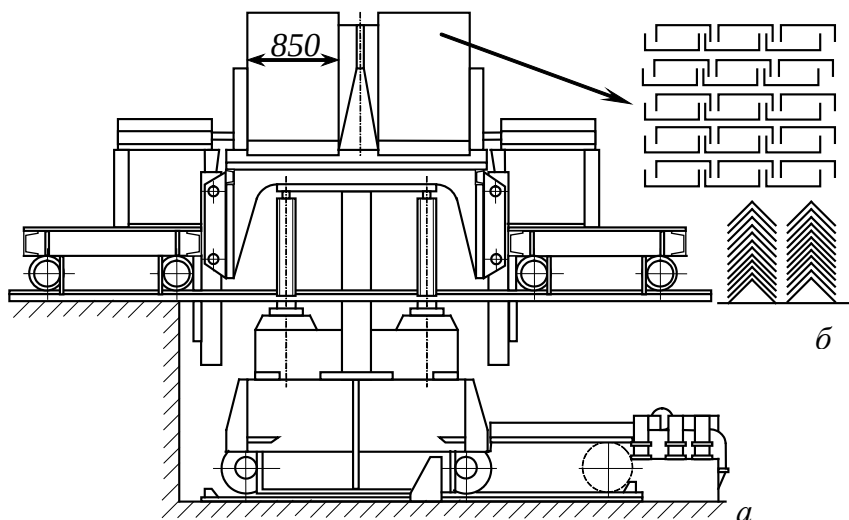


Рис. 18. Укладчик мелких и средних профилей:
а – общий вид; *б* – схема укладки профилей в пачки

После укладки одного ряда, состоящего из 6-10 профилей, стол опускается на необходимую величину. Во время укладки ряды выравниваются пневматическими толкателями. При укладке швеллеров или балок каждый верхний ряд должен быть смещен относительно нижнего, что достигается горизонтальным перемещением стола при укладке. При штабелировании угловых профилей горизонтальное перемещение стола не требуется. При укладке швеллеров каждый последующий ряд предварительно кантуют на подающем рольганге при помощи кантователей, встроенных между роликами рольганга. После укладки профилей в пакет в первом кармане стол передвигается и на линии подающего рольганга устанавливают второй карман стола. Перед заполнением второго кармана стол поднимается в верхнее исходное положение. При этом пакет в первом кармане вручную обвязывают катанкой и убирают краном.

Автор: Кудряшов Александр Анатольевич

**МАШИНЫ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ РАБОТ
В ПРОКАТНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ**

Методические указания к лабораторным работам
по дисциплине «Специальные машины для механизации работ
в металлургическом производстве»

Редактор Н.А. Шишкина

Оператор компьютерной верстки Л.М. Недалкова

г. Магнитогорск, 2012 год

ФГБОУ ВПО «МГТУ»

Адрес: 455000 Челябинская область, г. Магнитогорск,

пр. Ленина 38

ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный
технический университет им. Г.И. Носова»

Кафедра горных машин и транспортно-технологических комплексов

Центр электронных образовательных ресурсов и

дистанционных образовательных технологий

e-mail: ceor_dot@mail.ru