

Глава 5

Режущие машины.

§ 4.1. Ножницы с параллельными ножами.

Применяются для поперечной резки горячего металла прямоугольного и круглого сечений после прокатки его на блюмингах, слябингах, заготовочных и сортовых станах. Температура резания 800-1000 °С. Эти ножницы применяют и для резки холодного проката, только в этом случае, профиль ножа соответствует профилю проката и, как правило, используют для ножей другой материал.

Допускаемые размеры поперечного сечения разрезаемого проката определяются максимальным усилием резания, на которое рассчитаны ножницы.

Основные параметры ножниц: усилие резания P , ход ножей H , длина L , производительность (число ходов в минуту).

Перекрытие ножей Δ является технологическим (настроечным) параметром, его принимают 10÷20 мм.

Ход ножей принимают из условия беспрепятственного прохода полосы максимального сечения под лапой прижима и перекрытия ножей в конце реза.

Длина ножей:

- для небольших ножниц усилием 500÷2000 кН – (3÷4) кратной максимальной ширине заготовки из условия возможности резки одновременно мелких заготовок;

- для средних и крупных ножниц усилием реза до 16 МН, применяемых на блюмингах (2-2,5) – кратной ширине блюма максимального сечения;

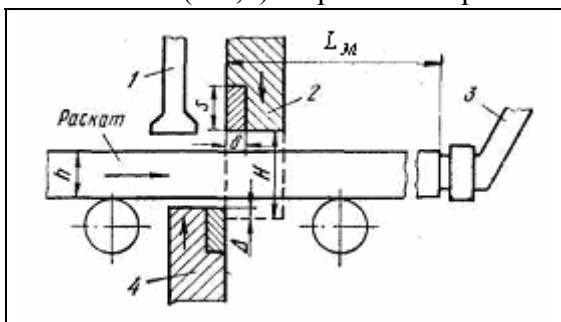


Рис. 5.1. Схема резки раската на ножницах с параллельными ножами:
1 — прижим; 2 — верхний суппорт с ножом;
3 — передвижной упор; 4 — нижний суппорт с ножом

- для ножниц слябингов усилие реза до 20 МН – на 150÷200 мм больше максимальной ширины слябов.

Поперечное сечение ножей S/δ обычно принимают 2,5÷3, где S – высота, δ – толщина ножа. Угол заострения 90°. Боковой зазор: $\Delta \delta = 0,07h$ при $h \leq 5$ мм или $\Delta \delta = 0,5$ мм при $h = 10 \div 20$ мм.

Материал – сталь 6ХНМ, 6ХВ2С и др. с твердостью после термообработки HRC42.

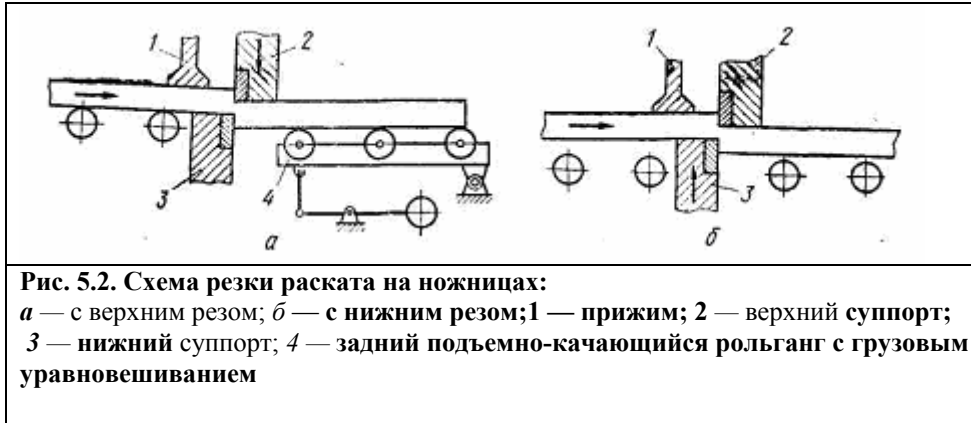
По конструкции ножницы этого типа разделяют на: 1) ножницы с верхним подвижным ножом (верхним резом); 2) ножницы с нижним подвижным ножом (нижним резом).

Ножницы с нижним резом наиболее распространены.

Ножницы с параллельными ножами конструктивно выполняют двух типов: с электромеханическим и гидравлическим приводом.

Ножницы с верхним резом просты по конструкции. Принцип работы этих ножниц состоит в следующем (рис. 5.2,а): нижний нож установлен неподвижно в станине ножниц; верхний нож укреплен в суппорте (ползуне) и при помощи кривошипного или гидравлического привода движется вниз и разрезает металл. Этим ножницам свойственны два существенных недостатка: 1) после резки металла на нижней грани сляба (блюма, заготовки) образуется заусенец, который мешает при дальнейшем продвижении металла по рольгангу; 2) из схемы видно, что резку металла можно осуществить лишь при наличии качающегося стола за ножницами, что усложняет конструкцию всей установки.

Ножницы с нижним резом не имеют этих недостатков и поэтому получили более широкое применение.



Принцип работы ножниц заключается в следующем (рис. 5.2,б): нижний нож смонтирован на суппорте (ползуне), который может подниматься вверх при помощи

кривошипного или гидравлического привода; верхний нож установлен в верхнем суппорте (ползуне) и также может перемещаться по вертикали.

Перед началом резания ножи раздвинуты, причем нижний нож при этом находится ниже уровня поверхности (образующей) роликов роликанга и не мешает движению металла. Затем металл останавливается в необходимом положении (при помощи передвижного упора) и суппорт верхнего ножа опускается до соприкосновения с металлом; дальнейшее продвижение верхнего суппорта прекращается и начинает двигаться суппорт нижнего ножа, осуществляя резание металла.

Методика определения усилия резания

Процесс резания состоит из трех периодов (рис. 5.3): 1) внедрения (вмятия) ножей в металл; при этом усилие на ножи постепенно увеличивается до максимального значения P_{max} ; длительность этого периода характеризуется коэффициентом ϵ_g , равным отношению глубины внедрения (вмятия) ножей в металл при внедрении z_g к исходной высоте сечения металла, т. е. $\epsilon_g = z_g/h$; 2) собственно резания (сдвига металла по плоскости резания); при этом усилие резания уменьшается по мере уменьшения высоты (площади) сечения металла; 3) скалывания (отрыва) оставшейся неразрезанной части сечения. Величина ϵ_g называется относительной глубиной внедрения и зависит от пластических свойств металла.

Момент окончания собственно резания и начала отрыва (скола) характеризуется

коэффициентом надреза ϵ_n , равным отношению глубины внедрения ножей в конце резания z_n (начало отрыва) к исходной высоте сечения металла, т. е. $\epsilon_n = z_n/h$. Максимальное усилие в конце периода внедрения равно усилию в момент начала резания (сдвига) металла по плоскости резания:

$$P_{max} = \tau_{max} F = k_1 \sigma_b F, \quad (5.1)$$

Где τ_{max} — максимальное касательное сопротивление при резании (сдвиге) металла; F — сечение металла в момент начала собственно резания (сдвига) металла; $k_1 = \tau_{max} / \sigma_b = 0,6 \div 0,7$.



Рис. 5.3. Зависимость усилия Резания от глубины внедрения

В момент окончания внедрения ножей (начало резания) высота сечения металла равна $h - z_B = h(1 - \epsilon_g)$, поэтому площадь сечения, испытывающего напряжение среза, равна $F = h(1 - \epsilon_g)b$, где b — ширина разрезаемого сечения металла.

При определении расчетного максимального усилия резания, действующего на ножи, надо учесть влияние затупления ножей и увеличения зазора между ними при длительной работе ножниц. Поэтому расчетная формула максимального усилия резания будет иметь следующий вид:

$$P_{\max} = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot \sigma_B \cdot bh \cdot (1 - \varepsilon_B) \quad (5.2)$$

где $k_1 = 0,6$ - для мягких материалов; $k_1 = 0,7$ - для твердых материалов; k_2 - коэффициент притупления k_3 - коэффициент, учитывающий увеличение бокового зазора между ножами. При горячем резании коэффициенты k_2, k_3 принимают соответственно $(1,1 \div 1,2)$ и $(1,15 \div 1,25)$; при холодном резе - $(1,15 \div 1,25)$ и $(1,2 \div 1,3)$.

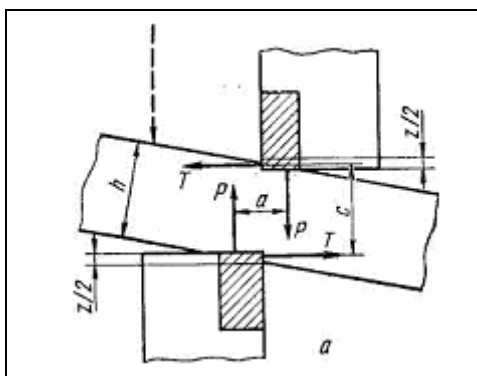


Рис. 5.4 Схема действия сил при резке на гильотинных ножницах

Ввиду того, что при резании возникают силы, стремящиеся повернуть полосу (рис.5.4), применяют прижим. Момент, который стремится повернуть полосу, равен $M = Pa$. При этом со стороны кромок ножей будет возникать реактивный момент, равный $Tc = Pa$. Поскольку a и c определить невозможно, то рассчитать точно боковое усилие T также не представляется возможным. На основании экспериментальных исследований принимают $T = 0,15 \div 0,25P$.

Достоинства ножниц с нижним резом:

1. Рольганг не испытывает никаких усилий, так как полоса при резе поднимается над

рольгангом.

2. Прижим затрудняет искривление полосы и способствует получению ровного (не косого) торцевого сечения.
3. Усилие на запиле и боковые распирающие усилия воспринимаются только механизмом резания (шатуном и суппортами) и на стенку, и на фундамент не передаются.
4. Расположение эксцентрикового вала на суппорте упрощает установку привода на низком фундаменте.

Гидравлические ножницы по конструкции значительно проще механических ножниц с электроприводом и их широко применяют в прокатных цехах на зарубежных заводах. На наших заводах их не применяют ввиду того, что нет уверенности в надежности их работы в условиях резкого изменения температуры в прокатных цехах (лето—зима). Однако можно полагать, что в дальнейшем этот вопрос будет разрешен в пользу установки гидравлических ножниц (на южных заводах), так как они отличаются важными преимуществами перед механическими ножницами с электроприводом (большее число ходов в минуту, т. е. большая производительность, простота конструкции, меньшая масса оборудования и меньшая площадь, занимаемая ножницами в цехе).

2. НОЖНИЦЫ С НАКЛОННЫМ НОЖОМ (ГИЛЬОТИННЫЕ)

Назначение и классификация

Гильотинные ножницы конструктивно выполняют двух типов: открытого и закрытого.

Ножницы открытого типа (рис. 5.6,а) имеют короткие ножи и одну станину с боковым просветом, через который подается разрезаемый металл; их применяют главным образом для резки сутунки и сортового металла в холодном состоянии; в последнем случае форма ножей соответствует профилю сечения разрезаемого металла. Верхний (подвижный) нож — наклонный с углом наклона $2—5^\circ$.

Ножницы закрытого типа (рис. 5.6,б) имеют две станины, соединенные снизу траверсой; в просвете между станинами перемещается суппорт с ножом. Эти ножницы применяют для поперечной резки широких полос и листов в холодном и горячем состоянии.

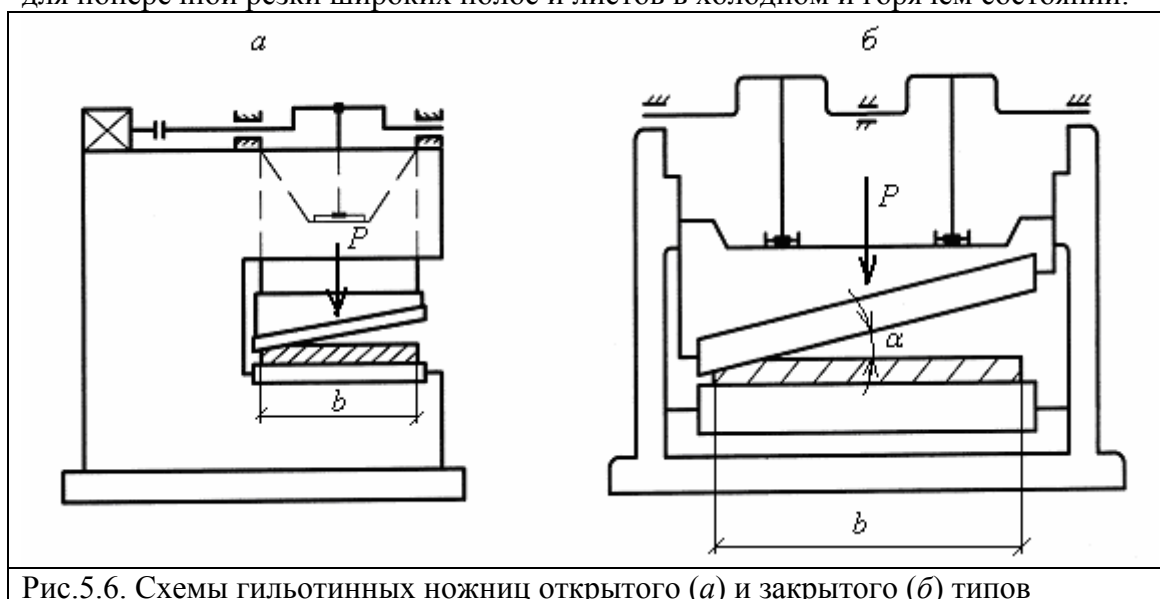


Рис.5.6. Схемы гильотинных ножниц открытого (а) и закрытого (б) типов

В зависимости от назначения ножницы закрытого типа конструктивно выполняют с верхним или нижним подвижным ножом.

Ножницы с верхним подвижным ножом применяют главным образом как отдельно стоящие в прокатном цехе, а также в поточных линиях для поштучной резки листов на нужные размеры и обрезки боковых кромок листов. Ножницы с нижним подвижным ножом обычно устанавливают в линии ролланга прокатного стана или в агрегатах резки полосы, т. е. в поточных технологических линиях. Таким образом, на этих ножницах осуществляется только поперечная резка полосы на листы или отрезка переднего и заднего концов у длинных полос. Обрезка боковых кромок полосы в этом случае осуществляется дисковыми ножницами, установленными за поперечными ножницами. В ножницах с верхним подвижным ножом этот нож установлен наклонно, а нижний нож — горизонтально. Угол наклона принимают в пределах $1 - 6^\circ$ в зависимости от толщины разрезаемых листов (чем больше толщина, тем больше угол наклона) с целью уменьшения усилия резания.

В ножницах с нижним подвижным ножом он установлен прямо (а верхний наклонно, как в первом случае) или наклонно (а верхний прямо). Практика показывает, что при резании верхним наклонным ножом полоса (лист) выгибается и рез получается косой; при резании нижним наклонным ножом полоса (лист) прижимается к верхнему прямому ножу и рез получается прямым (перпендикулярным). Поэтому на новых ножницах с нижним подвижным ножом этот нож устанавливают наклонно.

Материал ножей — сталь марок 5Х2ВС, 55ХНВ, 55ХН2Ф и др.; твердость после закалки HRC 48—52.

Определения усилия резания

При резании металла на ножницах с одним наклонным ножом сопротивление резанию оказывает не вся площадь сечения листа bh , как при резании параллельными ножами, а только небольшая часть его в виде треугольника ABC (рис. 5.7.). Очевидно, что благодаря наклону ножа усилие резания значительно уменьшается. Кроме того, при давлении ножа в металл собственно резание (сдвиг) происходит не по всему сечению

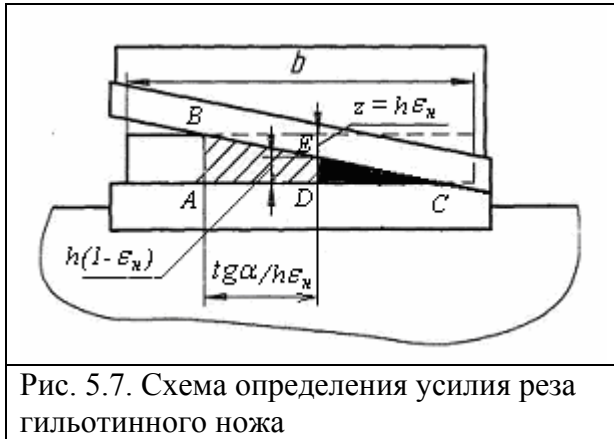


Рис. 5.7. Схема определения усилия реза гильотинного ножа

а) усилие резания

треугольника ABC , а только по части его в виде трапеции $ABED$, так как у вершины треугольника по линии ED наступает отрыв (скалывание) металла. Величина $z = h - ED$ характеризует глубину надреза, при которой наступает отрыв,

Таким образом, площадь трапеции $ABED$ оказывающей сопротивление резанию, равна

$$F = \frac{h + (h - z)}{2} \frac{z}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{2 - \varepsilon_n}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_n h^2, \quad (5.3)$$

$$P = \tau_{cp} F, \quad (5.4)$$

где τ_{cp} — среднее сопротивление резанию (сдвигу) по сечению трапеции ($\tau_{cp} \approx \tau_{max}$).

Вводя коэффициенты k_1, k_2, k_3 , получим расчетную формулу для определения усилия резания

$$P = k_1 k_2 k_3 \frac{2 - \varepsilon_n}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_n h^2 \sigma_b, \quad (5.5)$$

где $k_1 = \tau_{max} / \sigma_b = 0,6 \div 0,75$

$k_2 = 1,2 \div 1,3$ — коэффициент, учитывающий повышение усилия при притуплении ножей;

$k_3 = 1,1 \div 1,2$ то же, при увеличении бокового зазора между ножами при длительном их использовании.

Значения ε_n для различных металлов приведены в работе [2].

Так как в процессе резания верхний гильотинный нож отгибает вниз отрезаемую часть листа, то для совершения работы изгиба требуется дополнительное усилие. Это усилие учитывается коэффициентом $k_3, k_3 = 1,4 \div 1,6$ (для углов наклона ножа $\alpha = 6 \div 1,5^\circ$).

Формула (5.5) справедлива для всех случаев, когда $\operatorname{tg} \alpha > h/b$; при $\operatorname{tg} \alpha < h/b$ следует пользоваться формулой (5.2) для случая резания параллельными ножами.

Из анализа формулы (5.5) можно сделать следующие выводы: 1) с увеличением глубины надреза (характеризуемой коэффициентом ε_n) и временного сопротивления разрезаемого материала усилие резания увеличивается; 2) усилие резания пропорционально квадрату толщины листа (с увеличением толщины листа, например в два раза, усилие резания повышается в четыре реза); 3) усилие резания обратно пропорционально тангенсу угла наклона ножа, т. е. с увеличением угла наклона ножа усилие резания уменьшается. Однако так как при этом появляется горизонтальное усилие, выталкивающее лист из-под ножей, то практически угол наклона ножа не принимают свыше 6° , при котором это усилие не превышает 11 % от P_{max} .

Чтоб предотвратить смещение металла при резе в некоторых случаях применяют более сложный в изготовлении двусторонний (шевронный) верхний (или нижний) нож (рис. 5.8).

Ввиду того, что сопротивление резанию оказывают одновременно два сечения в форме трапеции, в формулу (5.5) для определения усилия резания необходимо ввести коэффициент 2, т. е.

$$P = 2k_1 k_2 k_3 \frac{2 - \varepsilon_H}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_H h^2 \sigma_b, \quad (5.6)$$

Однако это не значит, что при этом усилие резания увеличивается в два раза;

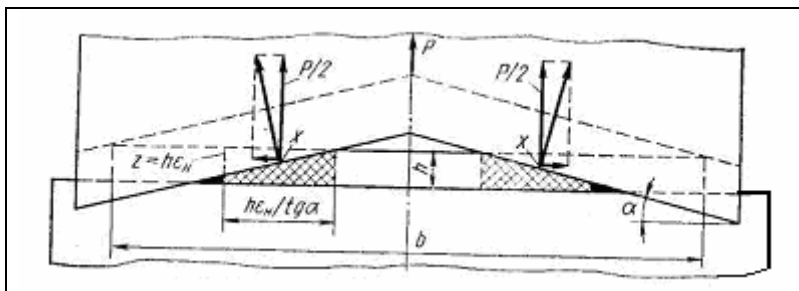


Рис. 5.8. Схема определения усилия реза шевронного ножа

такая конструкция ножа позволяет уменьшить усилие резания за счет увеличения угла наклона шевронного ножа.

Минимальный ход верхнего наклонного ножа (рис. 5.9.) при гильотинном резании листа

$$H = h + b \operatorname{tg} \alpha + y + \Delta, \quad (5.7)$$

где y — минимальная открытая высота от нижней кромки ножа до верхнего угла листа максимальной толщины h (расстояние от листа до ножа); конструктивно принимают $y =$

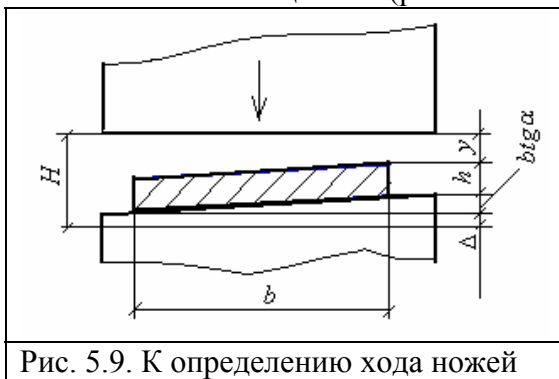


Рис. 5.9. К определению хода ножей

$15 \div 30$ мм в зависимости от толщины листа; b — максимальная ширина листа. Для нижнего ножа длиной L принимают $L = b + (50 \div 150)$ мм (в зависимости от ширины листа); Δ — перекрытие ножей для обеспечения надежного резания сечения листа по всей ширине; принимают $\Delta = 5 \div 10$ мм в зависимости от ширины листа.

При передаче движения суппорту ножниц от эксцентрикового или кривошипного (коленчатого) вала эксцентриситет (радиус

кривошипа) должен быть равен

$$e = r = H/2 \quad (5.8)$$

Боковой зазор между ножами при резании стальных листов принимают равным $\delta = (0,04 \div 0,05) h$.

При резании шевронным ножом в формулу (5.7) вместо ширины b необходимо подставлять $b/2$ (см. рис. 5.8).

Однако так как угол наклона шевронного ножа $\alpha_{ш}$ в 1,5—2 раза больше угла наклона гильотинного ножа α_2 ($\operatorname{tg} \alpha_{ш} > \operatorname{tg} \alpha_2$), то фактически ход верхнего ножа в обоих случаях почти одинаков.

Как будет показано ниже, особенно целесообразно применение шевронного ножа при резании полосы на летучих ножницах (барабанных и рычажно-кривошипных), у которых ножи движутся по круговым (или близким к ним) траекториям.

3. ЛЕТУЧИЕ НОЖНИЦЫ

Назначение и классификация

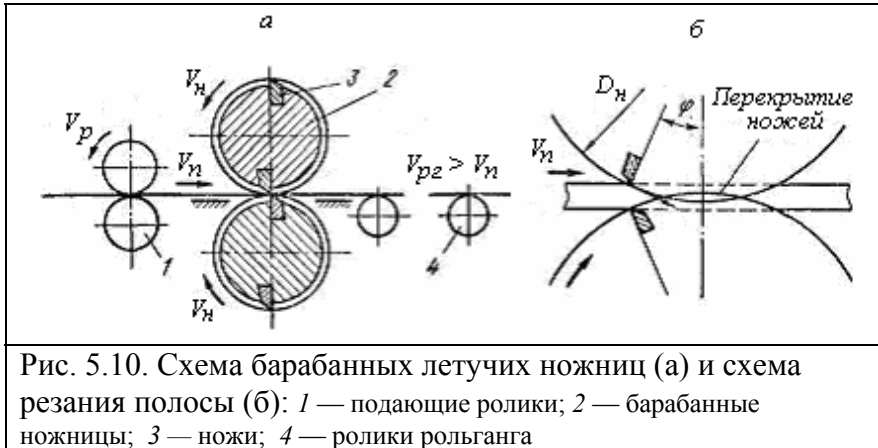
Летучие ножницы предназначены для резки металла на ходу («на лету») при его движении с большой скоростью. Таким образом, работоспособность этих ножниц должна обеспечивать максимальную производительность прокатного стана.

Ниже рассмотрены следующие основные типы летучих ножниц: барабанные, рычажно-кривошипные, с плавающим кривошипом, планетарные и маятниковые.

Барabanные летучие ножницы

Барabanные ножницы получили широкое применение для горячей резки широких стальных полос толщиной до 30 мм, холодной резки стальных полос толщиной до 3 мм и горячей резки мелких сортовых профилей.

Барabanные ножницы устроены следующим образом (рис.5.10, а). На двух барабанах по их образующим радиально установлены ножи (по одному или несколько на каждом барабане). Полоса движется непрерывно и подается к ножницам, как правило, с



постоянной скоростью. При встрече верхнего и нижнего ножей происходит резание полосы. Для создания разрыва между отрезанными листами скорость выходного рольганга должна быть больше скорости полосы перед ножницами. Ножницы данного типа позволяют резать металл

со скоростью 15 м/с и более. Однако эти ножницы имеют следующие недостатки:

1. Поскольку траекторией движения режущих кромок ножей являются окружности, то плоскость резания на полосе не будет вертикальной. поэтому при встрече с горизонтально движущейся полосой резание будет происходить при переменном угле и (рис.5. 10, б). Правда, при резке тонких полос этот недостаток не является существенным

2. Резание полосы осуществляется параллельными ножами одновременно по всей ширине ее, вследствие чего возникают большие усилия резания при динамическом их приложении, а применение наклонных ножей (по принципу гильотинных ножниц)

требует увеличения бокового зазора между ножами, что не всегда возможно.

При резании металла барабанные летучие ножницы могут работать в двух основных режимах: 1) периодических запусков и остановок; 2) непрерывного вращения барабанов.

Режим периодических запусков применяют только в двух случаях: 1) при отрезке короткого переднего конца полосы (некондиционного, имеющего неправильную форму); 2) при резке на длинные полосы при небольшой скорости ее движения. По этому режиму ножницы запускают в ход для каждого единичного реза и затем останавливают. При отрезке переднего конца запуск ножниц осуществляется при

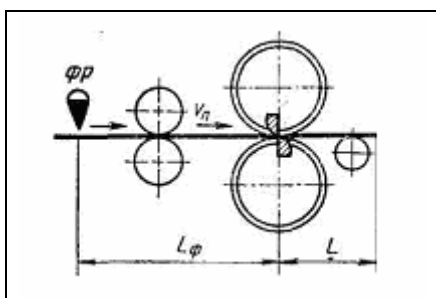


Рис. 5.11. Схема установки фотореле - ФР для автоматического запуска ножниц при отрезке переднего (короткого) конца полосы

помощи фотореле, установленного перед ножницами (рис. 5.11). Требуемую длину переднего конца определяют при этом по формуле

$$L = g_n \tau_{разг} - L_{\phi}, \quad (5.9)$$

где $\tau_{разг}$ — время разгона ножиц от исходного положения барабанов до момента встречи ножей (известно из характеристики ножиц); V_n — скорость движения полосы; L_ϕ — расстояние фотодатчика до вертикальной оси валков.

Если $V_n \tau_{разг} < L_\phi$, то фотореле следует установить за ножицами.

Если требуется разрезать прокат на длинные полосы (и при небольшой скорости), то ножицы запускаются не непосредственно от фотореле, а от реле времени (например, через определенный промежуток времени после передачи импульса).

Режим запусков для барабанных ножиц применяют редко; основным для их работы является непрерывный режим.

При непрерывном режиме, когда полоса поступает к ножицам с постоянной скоростью и резание происходит периодически через определенные промежутки времени τ , то длина отрезаемых листов

$$L = V_n \tau. \quad (5.10)$$

Возможный набор длин, которые можно получить в данных условиях, зависит от соотношения диаметров барабанов и способа расположения на них ножей. Для анализа и расчета возможных вариантов используют коэффициент пропуска реза k [1,2], он характеризует число оборотов ведущего барабана (диаметр которого меньше другого барабана) за время между двумя последовательными резами. Например, если рез происходит за каждый оборот, то $k = 1$, если на барабанах по два ножа, тогда $k = 0,5$. Если рез происходит через каждые два оборота (когда барабаны имеют различные диаметры: диаметр нижнего ведущего барабана в два раза меньше диаметра верхнего барабана), то $k = 2$, при условии что на каждом из барабанов расположено по одному ножу. Поскольку линейная скорость ножей верхнего и нижнего барабанов должна быть одинакова, то угловые скорости барабанов обратно пропорциональны их диаметрам. Если угловую скорость ведущего барабана меньшего диаметра обозначить за ω_n , то за время между двумя резами нож барабана совершит путь, равный $L_H = \pi D_n k$, а окружная скорость барабана $v_n = \omega_n (D_n / 2)$. Промежуток времени между двумя резами составит

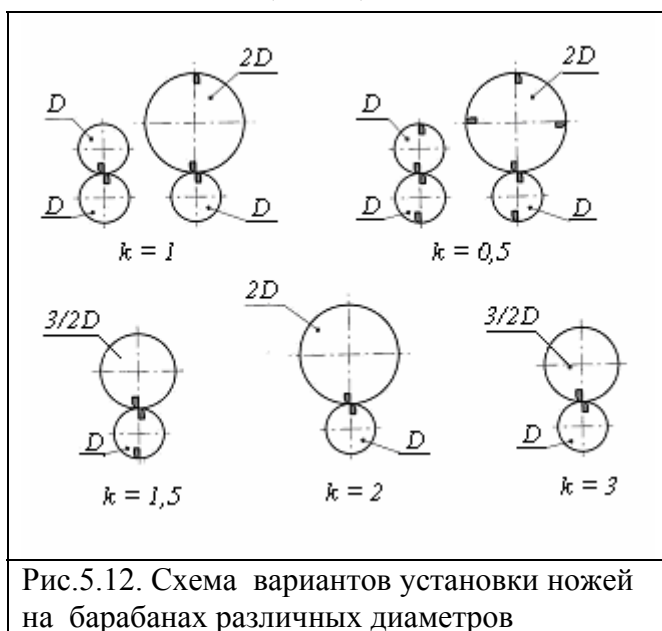


Рис.5.12. Схема вариантов установки ножей на барабанах различных диаметров

$\tau = L_H / v_n = 2\pi k / \omega_n$; поэтому формула (5.10) примет следующий вид:

$$L = 2\pi v_n \frac{k}{\omega_n}. \quad (5.11)$$

Таким образом, при постоянной скорости полосы ($v_n = \text{const}$) длина отрезаемого листа зависит от коэффициента пропуска реза и угловой скорости ножа приводного барабана.

Проще всего реализовать случай, когда $v_n = v_H = \omega_n D_n / 2$. Если длину отрезаемых при этом листов при $k = 1$ считать основной и обозначить через $L_{осн}$, то из формулы (5.11) следует

$$L_{осн} = \pi D_n, \text{ а при } k \neq 1$$

$$L^k = \pi D_n k, \quad (5.12)$$

Обозначим диаметр меньшего ведущего барабана $D_n = D_0$, а диаметр барабана большего диаметра за D . Если на каждом из барабанов установлено по одному ножу, то имеют место следующие соотношения:

конструктивно станина ножниц позволяет применять различные комбинации диаметров барабанов $D_1/D_2 = 1/1; 1/2; 2/3; 3/4; 4/5$ при постоянном межосевом расстоянии $A = 1/2 (D_1 + D_2)$, причем на каждом барабане имеется только один нож, то ножи будут встречаться и рез будет происходить через каждые $k = 1, 2, 3, 4, 5$ оборотов малого барабана; длина листов согласно формуле (5.12) будет равна соответственно (1; 4/3; 12/5; 24/7; 40/9) πA . Например, при $D_1 = 500$ мм, $D_2 = 1000$ мм, $A = 750$ мм получим (соответственно) $L_{осн}^k = 2355; 3150; 5620; 8100; 10\,420$ мм. Практически ограничиваются первыми тремя значениями k и $L_{осн}$.

Из предыдущего анализа следует, что если в формуле (5.12) изменять только величину k (комбинацией числа ножей на барабанах и диаметров барабанов), то можно получать различные, но вполне определенные длины отрезаемых листов с большими интервалами размеров этих длин.

Однако, согласно требованиям ГОСТов, прокатные цехи должны поставлять различным отраслям народного хозяйства листы разнообразного сортамента с весьма малыми интервалами по длине (например, через каждые 5—10 мм при длине 1—10 м). Возвращаясь к формуле (5.11.), мы видим, что промежуточные длины листов можно получить только за счет изменения угловой скорости вращения ножей (барабанов) ω_n или, вернее, отношения v_n / ω_n (или ω_n / v_n)

Выразим ω_n через $2v_n/D_n$, тогда формула (5.11) будет иметь следующий вид (D_n — диаметр круговой траектории ножей малого барабана):

$$L = \frac{v_n}{v_n} \pi D_n k = \frac{v_n}{v_n} L_{осн}^k. \quad (5.13)$$

Таким образом, требуемые различные промежуточные длины можно получить только предварительным подбором необходимых отношений скоростей (v_n/v_n), каждое из которых в процессе резания листов заданной длины должно быть строго постоянным с целью получения точных допусков по длине листов.

Синхронизация скоростей. Выше отмечалось, что для получения требуемой определенной длины листов выбранное отношение v_n/v_n (например, равное 0,8 или 1,1) должно быть строго постоянным за все время резания данной полосы с тем, чтобы точность размеров (допуски по длине) была в заданных пределах. Для поддержания отношения v_n/v_n постоянным применяют синхронизацию двух видов: электрическую и механическую.

Электрическую синхронизацию применяют, когда летучие ножницы установлены за последней клетью непрерывного стана (например, непрерывного заготовочного) и имеют свой привод, механически не связанный с приводом валков клетки. В таком случае при помощи различных сельсинных синхронно-следящих систем обеспечивается синхронное изменение скоростей двух отдельных электродвигателей для привода последней клетки стана и для привода летучих ножниц. Однако электрическая синхронизация пока еще не является достаточно точной и надежной, поэтому ее применяют только для летучих ножниц при горячей резке полосы (заготовки, сорта), когда не требуется большая точность реза (тем более, что при остывании полосы происходит уменьшение ее линейных размеров на 4—5 %), а также при отрезке только переднего конца полосы.

Механическую (жесткую) синхронизацию применяют в поточных агрегатах холодной резки рулонной полосы на листы небольшой длины при непрерывном вращении барабанов ножниц. В комплект установки летучих ножниц обязательно входят подающие ролики, причем ножницы и подающие ролики имеют привод от одного общего электродвигателя постоянного тока (серии МП) через различного типа зубчатые передачи.

Промежуточные длины и точность резания. При холодной резке рулонной полосы шириной 1000—2350 мм, толщиной 0,2—0,3 мм на листы длиной от 500 до 8000 мм интервалы длины, согласно ГОСТу, составляют 3—30 мм. Очевидно, что для получения такого широкого сортамента листов (по длине) требуется обеспечить широкий интервал синхронизации скоростей ножей к скорости полосы v_n или к скорости подающих роликов v_p .

Чтобы учесть кинематические параметры роликов в синхронизации скоростей, преобразуем формулу (5.11) в следующем виде (заменяя $v_n = v_p = \omega_p (D_p / 2)$):

$$L = \pi D_p k \left(\frac{\omega_p}{\omega_n} \right) = \pi D_p k (i_{p,n}), \quad (5.14)$$

где $i_{p,n}$ — отношение (передаточное число) угловых скоростей подающих роликов и ножа на ведущем барабане; D_p — диаметр подающих роликов.

Поскольку подающие ролики и ведущий барабан ножниц приводятся от одного электродвигателя, передаточное число

$$i_{p,n} = \frac{i_p}{i_n}, \quad (5.15)$$

где i_p — передаточное число от двигателя к подающим роликам, i_n — передаточное число от двигателя к ведущему барабану ножниц.

Подставляя значение $i_{p,n}$ в уравнение (5.14), получим весьма важную формулу для синхронизации привода подающих роликов с приводом ножниц:

$$\bar{L} = \pi D_p k \left(\frac{i_n}{i_p} \right). \quad (5.16)$$

Из анализа этой формулы следует: 1) для данных значений диаметра подающих роликов D_p и коэффициента пропуска реза k любую промежуточную длину листа при резании полосы на ножницах можно получить при определенном значении отношения передаточных чисел редукторов между двигателем и ножницами i_n и между двигателем и подающими роликами (i_p); 2) длина мерных листов не зависит от абсолютных величин скоростей полосы, ножниц и электродвигателя.

Значит, широкий диапазон мерных длин листов при резании на летучих ножницах можно получить двумя способами: 1) изменением i_n (при $i_p = \text{const}$); 2) изменением i_p (при $i_n = \text{const}$). Для этого в линии привода ножниц или в линии привода подающих роликов устанавливают многоступенчатый редуктор (коробка скоростей), который позволяет получить 200—400 различных передаточных чисел. Так как при работе ножниц максимальное допустимое превышение скорости ножей по отношению к скорости полосы должно составлять не более 200 %, то этот диапазон различных передаточных чисел должен находиться в пределах от 1 до 2.

Применяют два типа установок летучих ножниц, отличающихся только местом расположения многоступенчатого редуктора (коробки скоростей): 1) редуктор установлен в линии привода подающих роликов; 2) редуктор установлен в линии привода ножниц от электродвигателя.

Во втором случае многоступенчатый редуктор передает большие нагрузки (моменты), возникающие при резании на ножницах, поэтому имеет значительные габариты. В первом случае для привода подающих роликов требуется небольшая мощность, поэтому габариты многоступенчатого редуктора (коробки скоростей) небольшие. Очевидно, что схема привода ножниц по первому типу является более предпочтительной.

При необходимости перед подающими роликами устанавливают правильную машину с приводом роликов от того же электродвигателя, что является разновидностью схемы второго типа.

Каждую конкретную установку летучих ножниц проектируют и устанавливают для резания полосы в определенном интервале толщин. Этот интервал толщин h_{\max}/h_{\min} находится в пределах 4 – 6. Скорость резания (скорость подачи полосы подающими роликами) принимают различную в зависимости от качества и толщины полосы; минимальной толщине соответствует максимальная скорость, и наоборот. Однако при резании полосы определенной толщины скорость резания (подачи полосы в ножницы) должна быть строго постоянной.

Усилия и момент резания. Распорное усилие между ножами T да $0,2 P$; это усилие при подсчете момента резания можно не принимать во внимание (силы T направлены противоположно и их надо учитывать при определении результирующего усилия на опорах барабана).

Процесс резания полосы на барабанных летучих ножницах процесс резания происходит в весьма короткие периоды времени (0,01—0,001 с) при динамическом возникновении усилия резания. Однако расчет ведут из условия статического приложения нагрузки. Считают, что максимальный момент двигателя постоянного тока (с учетом допустимого коэффициента перегрузки) не должен быть меньше максимального статического момента, приведенного к валу двигателя.

Усилие резания определим, взяв за основу схему резания параллельными ножами:

$$P = k_1 k_2 k_3 \sigma_b b h (1 - \varepsilon_b)$$

При резании ножами, из которых один (верхний) наклонный, согласно формуле (5.5):

$$P = k_1 k_2 k_3 \frac{2 - \varepsilon_n}{2 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_n h^2 \sigma_b,$$

При резании ножами, из которых один шевронный, согласно формуле (5.6) $P_{ш} = 2P_n$, где $k_1 \approx 0,6 \div 0,7$; k_2 и k_3 – коэффициенты, учитывающие повышение усилия резания с учетом затупления ножей и увеличении бокового зазора между ними, $k_2 \approx k_3 \approx 1,14-1,3$; α - угол наклона ножа.

На рис. 5.13 представлена схема барабанных летучих ножниц конструкции ВНИИметмаша горячей резки сортовых профилей.

Ножницы установлены за последней клетью мелкосортного стана 280 и предназначены для горячей резки круглого профиля диаметром до 30 мм и квадрата 30X30 мм при скорости их подачи подающими роликами до 12 м/с; максимальное усилие резания 200 кН.

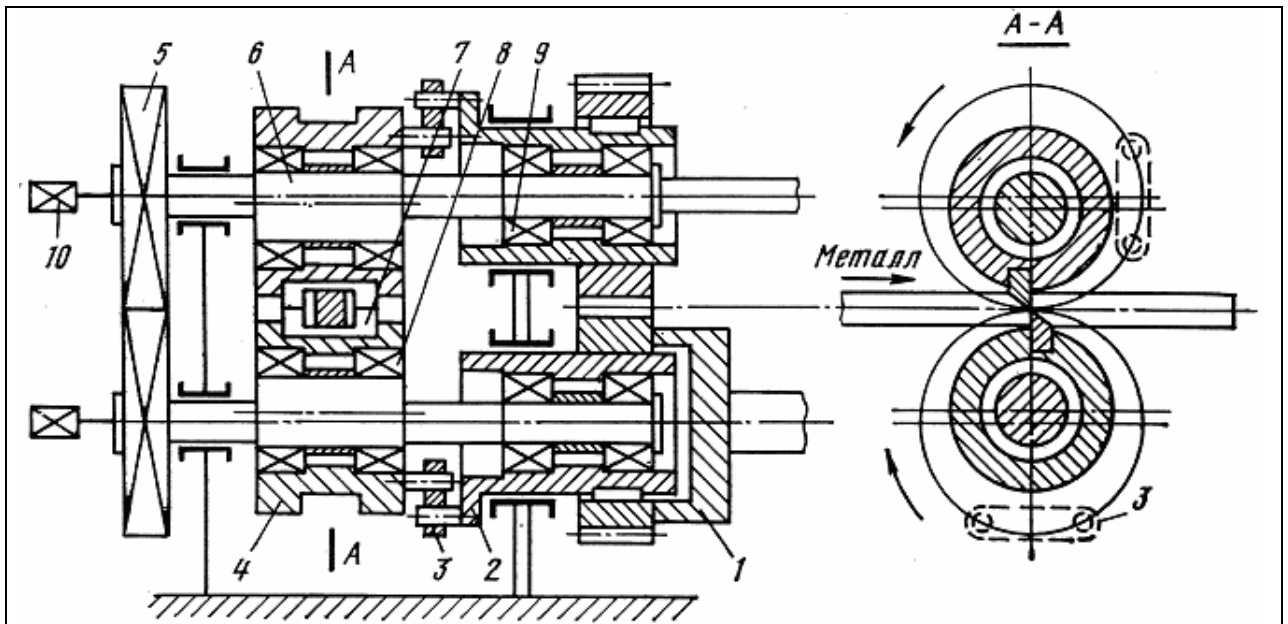


Рис. 5.13. Барабанные летучие ножницы для горячей резки сортовых профилей: 1 – приводные шестерни; 2 – водила; 3 – серьги; 4 – барабаны; 5 – приводимые шестерни; 6 – эксцентриковые валы; 7 – ножи; 8,9 – роликовые подшипники; 10 – сельсины.

Барабаны 4 с закрепленными на них ножами 7 при помощи серег 3 соединены с ведущими втулками (водилами) 2, приводимыми шестернями 1 от электродвигателя постоянного тока через редуктор и нижнюю муфту. Внутри барабанов и водил на роликовых подшипниках 8 и 9 установлены эксцентриковые валы 6, приводимые шестернями 5 от отдельного электродвигателя через редуктор. Для устранения зазоров в зацеплении верхняя шестерня сделана разрезной с пружинным распирающим устройством на торце. Вследствие эксцентричного расположения осей барабанов относительно осей водил угловая скорость барабанов и (ножей) будет переменной при постоянной угловой скорости водил.

Кинематическая схема связи барабанов с водилами при помощи серег 3 выполнена таким образом, что момент реза металла соответствует пересечению траекторий верхнего и нижнего ножей. Сельсины 10 на осях эксцентриковых валов синхронно вращаются с сельсинами в линии привода водил барабанов. Таким образом, механическая связь двух приводов здесь заменена электрической (так называемым электрическим валом). Отличительной особенностью ножниц является наличие эксцентриковых приводных валов для пропуска реза.

Если барабаны с ножами и внутренние эксцентриковые валы вращаются синхронно с одинаковой угловой скоростью, то ножи встречаются при каждом обороте и режут сортовую полосу на мерные длины, равные 2 м. При резке полосы на мерные длины, равные 4,6 и 8 м, эксцентриковые валы вращаются с угловой скоростью, в 2, 3 и 4 раза меньшей, чем угловая скорость барабанов; при этом ножи, двигаясь по сложной траектории, будут сходиться и резать полосу через каждые 1, 2 и 3 оборота.

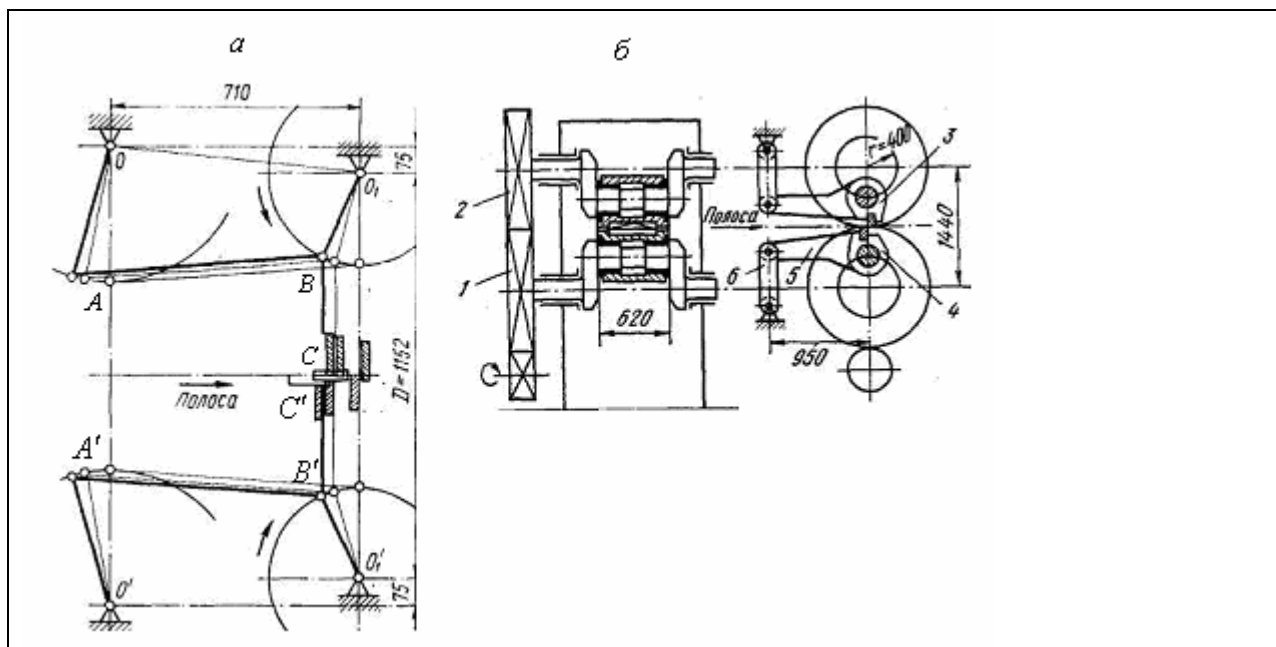


Рис. 5.14. Кривошипно-рычажные летучие ножницы: а-кинематическая схема ножниц; б-конструктивная схема:

1 — нижняя (ведущая) шестерня с коленчатым валом; 2 — верхняя шестерня с коленчатым валом; 3 и 4 — верхний и нижний суппорты с ножами; 5 — шатун; 6 — рычаги (серьги)

Промежуточные длины можно получить за счет обгона, т. е. сообщения барабанам большей скорости, чем скорость подачи полосы подающими роликами. Электрическая схема автоматического управления предусматривает также резание переднего конца необходимой длины.

Кривошипно-рычажные летучие ножницы

Ножницы для резки толстой полосы

Для того чтобы плоскость резания полосы была бы возможно более ровной и вертикальной (особенно при резке толстых полос) и можно было бы при этом применить гильотинное резание (один нож расположить наклонно по отношению к другому), необходимо, чтобы ножи в период резания составляли угол 90° с движущейся полосой.

Этим требованиям удовлетворяют рычажно-кривошипные летучие ножницы, ножи которых двигаются по сложной эллипсовидной траектории, а на участке резания эта траектория почти совпадает с горизонтальным движением полосы (ножи движутся поступательно, сближаясь по вертикали) (Рис. 5.14, а)

. Жесткие рычаги ABC и $A'B'C$ шарнирно соединены в точках A и A' с рычагами (серьгами) AO и $A'O'$, а в точках B и B' с кривошипами BO_1 и $B'O'_1$ центры которых B и B' вращаются по окружностям вокруг центров O_1 и O'_1

При вращении шарниров B и B' по окружностям рычаги AB и $A'B'$ будут качаться вправо и влево вместе с серьгами AO и $A'O'$; при этом ножи, закрепленные на коротких плечах жестких рычагов ABC и $A'B'C$, будут двигаться по сложным траекториям в виде наклонных вытянутых эллипсов; на участке резания эти траектории становятся весьма пологими (почти горизонтальными), поэтому ножи будут двигаться почти горизонтально поступательно, оставаясь параллельными друг другу: благодаря этому плоскость резания будет вертикальной, а с целью уменьшения усилия резания один из ножей (обычно верхний) можно устанавливать наклонно по отношению к другому. Боковой зазор между ножами можно регулировать изменением расстояния между шарнирами A и O ; для этого шарнир O установлен на эксцентриковой оси.

Ножницы установлены в агрегате холодной поперечной резки полосы (штрипса), прокатанной на непрерывном штрипсовом стане: масса рулона до 4000 кг; скорость полосы при резке 1—3 м/с..

Ножницы (Рис. 5.14,б) состоят из двух коленчатых валов с радиусом кривошипа $R = 400$ мм; основная длина листов $L = 2\pi R = 2510$ мм. Валы приводятся во вращение концевыми шестернями; нижняя шестерня приводится от электродвигателя типа МП мощностью 200 кВт (500 об/мин) через промежуточную шестерню. Суппорты ножей имеют рычаги, шарнирно соединенные с качающимися звеньями; регулирование тангенциального зазора между ножами осуществляется поворотом эксцентриковой оси в верхнем шарнире качающегося звена.

На рис. 5.15 показаны рычажно-кривошипные летучие ножницы для резания горячей полосы.

Суппорт 1 с ножом установлен на роликовых подшипниках, расположенных на концах оси 2; последняя эксцентрично закреплена на боковых втулках 3, опирающихся на роликовые подшипники, установленные в боковые стойки станины ножниц. Втулки 3 торцами соединены с боковыми шестернями 4, находящимися в зацеплении с двумя ведущими боковыми шестернями 5 ($i = 3,94$) на валу 6; последний приводится от

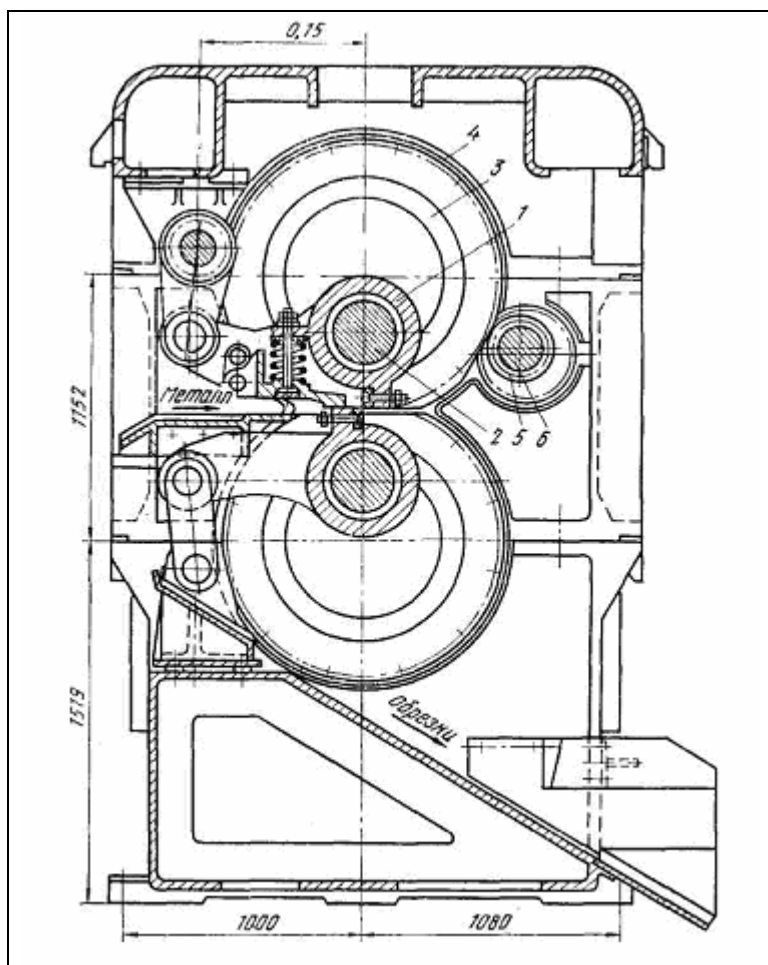


Рис. 5.15. Рычажно-кривошипные летучие ножницы 28X1700 мм конструкции СКМЗ для резания толстой горячей полосы: 1 – суппорт; 2 – ось; 3 – втулка; 4 – шестерни; 5 – ведущие шестерни; 6 – ведущий вал

электродвигателя мощностью 630 кВт через редуктор ($i = 2,54$) и удлиненную зубчатую муфту.

Для устранения изгиба полосы при резании предусмотрен пружинный прижим.

Ножницы предназначены для обрезки на ходу переднего и заднего концов у горячей полосы (950—1000 °С) толщиной до 28 мм и шириной до 1550 мм и установлены перед чистовым ока-линоломателем непрерывной чистовой группы широкополосного стана 1700. Ножницы работают с автоматическим пуском на каждый рез и перед включением двигателя ножи занимают строго фиксированное положение, контролируемое сельсином. Скорость движения полосы 0,6—2 м/с; длина ножей 1700 мм, верхний нож наклонный (1 : 50); окружная скорость ножей соответствует скорости полосы; перекрытие ножей 3—5 мм; точность резки ± 25 мм; обрезки длиной 300—500 мм падают вниз и по желобу направляются в короб, установленный в колодце фундамента. Существенным недостатком рассмотренных выше ножниц является большая инерционность механизма резания при неравномерном движении ножей, поэтому такие ножницы применяют только при резании полосы при скорости не более 2м/сек.

На рис. 5.16 показана схема режущего механизма летучих рычажно-кривошипных ножниц со скользящим кривошипом для резки тонких полос.

При непрерывном вращении боковых приводных барабанов 1 суппорты 2, шарнирно соединенные с кривошипами 3, будут совершать плоское возвратно-поступательное движение; при этом ножи будут описывать эллипсовидные траектории, пересекающиеся в момент резания, т. е. резание полосы будет происходить за каждый оборот кривошипа 3; серьги 4 и 5 при этом совершают качательные движения относительно шарниров O_1 и O_2 .

Эти шарниры расположены в боковых вертикальных пустотелых штангах 6, которые могут перемещаться по направляющим вниз и вверх (так называемые скользящие кривошипы) при помощи шатунно-кривошипного механизма 7.

Если не требуется резать полосу, боковые штанги 6 опускаются вниз; при этом ножи разойдутся; верхний нож вместе со своим суппортом отклонится вправо, и нижний влево; при непрерывном вращении приводных барабанов 1 ножи по-прежнему будут описывать эллиптические траектории, но они не будут пересекаться между собой на участке резания.

Если требуется резать полосу не за каждый оборот барабанов 1, а через один оборот (резка листов «двойной длины»), то соответственно после каждого реза надо опускать в нижнее крайнее положение боковые штанги 6 а затем после одного оборота кривошипов 3 и пропуска одного реза поднимать их вверх в исходное положение для того, чтобы следующий рез произошел в конце второго оборота кривошипов 3. Таким образом, при резке «двойных длин» боковые вертикальные штанги 6 совершают непрерывное возвратно-поступательное движение через один оборот приводных барабанов 1 и кривошипов 3. При этом нижний кривошип 8 должен вращаться с угловой скоростью, в два раза меньшей, чем кривошип 3(2); верхнее положение штанг 6 соответствует резанию полосы, а нижнее — пропуску реза. Очевидно, что для резания полосы на листы длиной в 3 или в 4 раза большей, необходимо, чтобы вертикальные штанги после очередного реза опускались вниз и возвращались в исходное положение соответственно после двух и

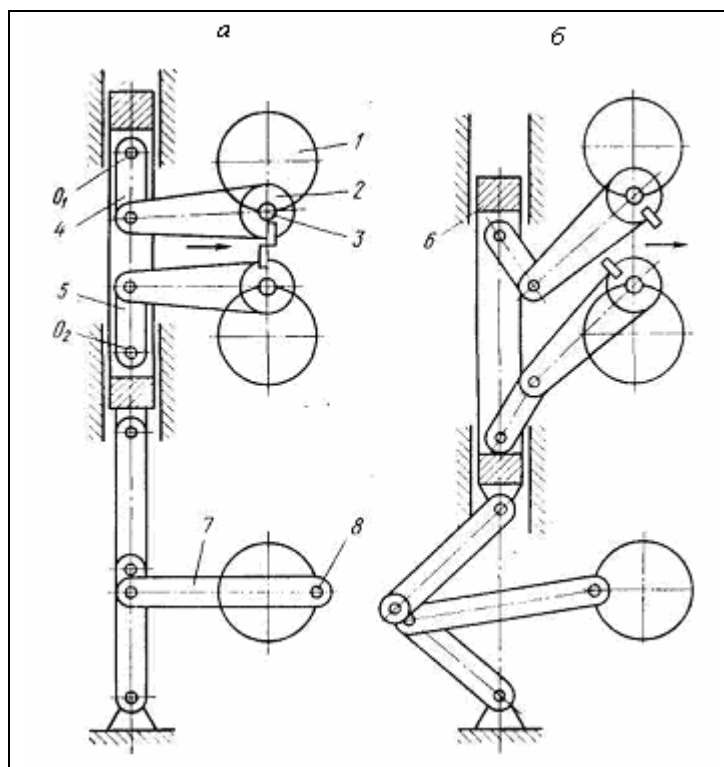


Рис. 5.16. Схема режущего механизма летучих рычажно-кривошипных ножниц со скользящим кривошипом: а — момент реза; б — момент пропуска реза: 1 — барабаны; 2 — суппорты; 3 — кривошипы; 4, 5 — серьги; 6 — боковые штанги; 7 — шатунно-кривошипный механизм; 8 — нижний кривошип

трех оборотов кривошипов 3. Такой режим резания листов большой длины с двойным и тройным пропуском реза полосы возможен, но на практике его не применяют ввиду конструктивных затруднений.

Кривошипно-рычажные ножницы с радиальным ступенчатым выравниванием скорости резания.

Для прокатки сортовых профилей (круг, квадрат, фасонные профили) на сортовых станах целесообразно применять исходные заготовки определенного сортамента по сечению при весьма узком сортаменте на длине в пределах 6—12 м (например, 6,9 и 12 м) для удобства нагрева в печах, имеющих определенную ширину пода. Таким образом, нет необходимости устанавливать на непрерывных заготовочных станах сложные летучие ножницы с бесступенчатым регулированием скорости ножей для получения заготовок

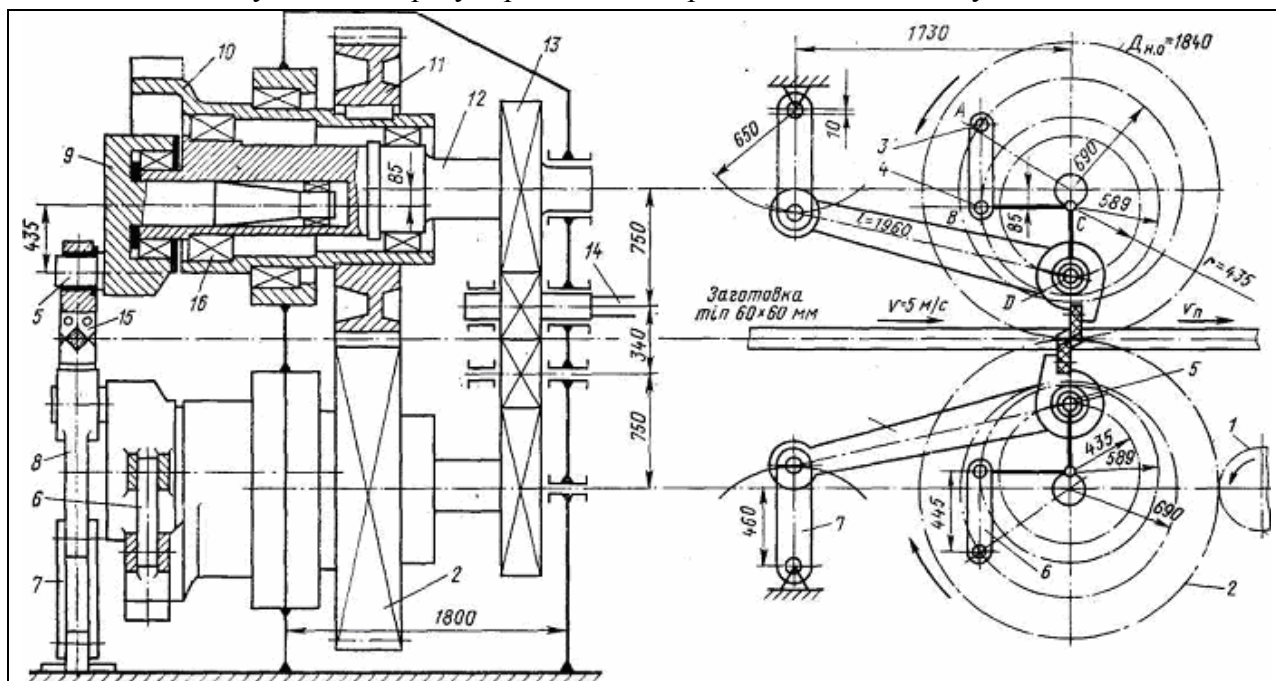


Рис. 5.17. Схема кривошипно-шатунных летучих ножниц для горячей резки толстых заготовок: 1,2,11 – шестерни привода водил; 3,4 – оси водил; 5 – пальцы; 6 – серьги; 7 – качающиеся серьги; 8 – шатуны; 9 – кривошипы; 10 – водила; 12 – валы; 13,14 – привод валов 12; 15 – ножи; 16 – роликоподшипники

любой длины.

Более целесообразно для непрерывной резки заготовок применять летучие ножницы со ступенчатым регулированием мерных длин заготовок при соблюдении синхронности скоростей ножей и разрезаемой полосы (длинной заготовки).

Рассмотрим устройство таких ножниц конструкции ВНИИ-метмаша (рис. 5.17).

Ножницы кривошипно-рычажного типа с параллельно-поступательным перемещением ножей в зоне резания; профиль ножей соответствует сечению разрезаемой заготовки (квадрат, квадрат на ребро, круг). Ножи 15 закреплены в головках (суппортах) на концах шатунов 8 (рычагов); вторые концы шатунов шарнирно соединены с качающимися серьгами 7, подвешенными к станине ножниц. Головки (суппорты) ножей свободно установлены на пальцах 5 двух кривошипов 9. Таким образом, при вращении кривошипов ножи будут описывать сложные эллипсовидные траектории, а на участке резания они будут перемещаться параллельно-поступательно, что необходимо для получения перпендикулярного (не косога) реза заготовки.

Оси кривошипов на роликоподшипниковых 16 в эксцентричных расточках двух валов 12, приводимых шестернями 13, 14 от электродвигателя (через редуктор пропуска реза и расцепную муфту, установленные вне ножниц). Сами кривошипы приводятся водилами 10 при помощи серег 6 (AB) с шарнирами 3, 4 (серьги конструктивно необходимы, так как оси вращения водил и кривошипов не совпадают). Водила

приводятся шестернями *1, 2 и 11* от того же электродвигателя, что и эксцентрикые валы *12*.

Угловая скорость вращения водил, соответствующая скорости полосы, устанавливается автоматически регулированием скорости электродвигателя ножниц в функции скорости прокатки заготовок в последней клетке стана (в функции скорости главного двигателя этой клетки) по сельсинно-тахометрической схеме. Выравнивание скорости ножей (относительно скорости поступающей из клетки заготовки) и ступенчатое изменение длины отрезаемых заготовок осуществляются одним и тем же эксцентриковым устройством, что является преимуществом этих ножниц. Рассмотрим работу ножниц для резки заготовок максимальным сечением 100x100 мм. Ножницы установлены за последней клеткой непрерывного заготовочного стана 850/700/500 и предназначены для резки заготовки сечением от 60x60 до 100x100 мм, движущейся из последней клетки стана со скоростью, соответственно 5,2—1,8 м/с. Длина отрезаемых заготовок 2,5; 3,0; 5; 6,0; 7,5; 9,0; 10,0 и 12,0 м (в холодном состоянии, т. е. после охлаждения на стеллажах).

Если эксцентрикые валы *12* повернуты своими эксцентриситетами в сторону разрезаемого металла и неподвижны (привод их отключен от электродвигателя), то при непрерывном вращении водил ножи будут встречаться при каждом обороте кривошипа *D* и резать заготовку.

Если эксцентрикые валы повернуть эксцентриситетами в противоположную сторону и оставить их неподвижными, то при вращении водил *A* ножи не будут встречаться, т. е. не будут резать заготовку.

Если одновременно вращать (с разной угловой скоростью) водила *A* (т. е. кривошип *D*) и эксцентрикые валы *C*, резание будет происходить только тогда, когда при прохождении зоны резания максимальный эксцентриситет будет находиться вблизи вертикального диаметра.

Предположим, что требуется резать заготовку на двойные длины; тогда, очевидно, угловая скорость эксцентрикового вала должна быть в два раза меньше угловой скорости водила *A* и кривошипа *D* и коэффициент пропуска реза будет $k = 2$. При этом длина реза составит $L = 2L_{0CH}$.

При угловой скорости эксцентрикового вала в 3 и 4 раза меньше чем скорость вращения кривошипа ($k = 3$ и 4), получим тройные и четверные длины.

Для резания заготовки на длины, кратные 2,5 (5; 7,5 и 10 м) и 3 (6; 9 и 12 м), между ножницами и электродвигателем установлен редуктор пропуска реза с набором шести передаточных чисел, необходимых для уменьшения скорости ножниц при резании двукратных, трехкратных и четырехкратных длин.

Летучие ножницы качающегося типа

В последние годы их широко применяют для поперечной резки рулонной полосы на листы мерной длины (в место барабанных и кривошипно-шатунных). Принципиальная схема таких ножниц представлена на рис. 5.18.

Верхний нож закреплен на раме *1*, которая может совершить качательные движения на эксцентриках *2* главного приводного вала *3* при помощи шатунов *4*, соединенных с эксцентриками *5* вспомогательного вала *6*, имеющего дополнительный привод вращения. Привод вала *6* связан с приводом главного вала *3* (при помощи дифференциала, реечной или червячной передачи — на схеме не показаны).

Нижний нож закреплен на суппорте *7* и перемещается в направляющих пазах рамы *1* при помощи шатунов *8*, соединенных с эксцентриками *9* главного вала *3*. Эксцентрики *2* и *9* расположены на валу диаметрально противоположно, поэтому при равномерном вращении главного вала *3* верхний нож опускается, нижний поднимается и происходит резание полосы. При этом вспомогательный вал *6* вращается в ту же сторону, что и главный вал, шатуны *4* «качают» раму *1* на эксцентриках *2* и ножи описывают эллипсовидные траектории.

Амплитуда качания рамы с ножами определяется положением эксцентриков 5 вала 6 относительно положения эксцентриков 2 главного вала 3. Регулирование исходного положения вала 6 и амплитуды качания рамы 1 возможно осуществлять на ходу, благодаря чему достигается точное согласование скоростей ножей и полосы в момент резания. Главный вал 3 вращается от электродвигателя через коробку скоростей с бесступенчатым вариатором; от этого же двигателя приводится правильная машина (с подающими роликами), входящая в агрегат ножниц.

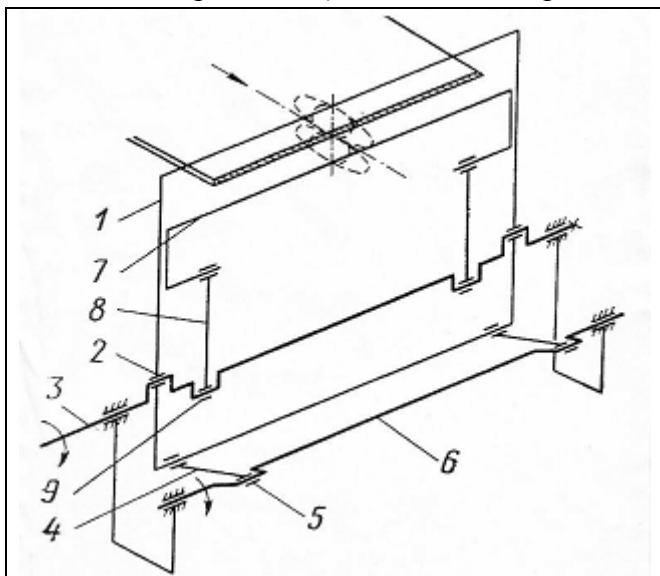


Рис.5.18. Устройство ножниц.
1 – рама верхнего ножа; 2 – эксцентрик; 3 – приводной вал; 4 – шатун; 5 – эксцентрик; 6 – вал (качаний); 7 – суппорт нижнего ножа; 8 – шатун нижнего ножа; 9 – эксцентрик.

По сравнению с барабанными и кривошипно-рычажными летучие качающиеся ножницы имеют следующие преимущества:

- 1) простота и надежность режущего механизма; постоянство бокового зазора между ножами, благодаря чему обеспечивается качественное, почти перпендикулярное резание полосы;
- 2) режущий механизм имеет небольшие габариты и маховые массы, приводные валы вращаются почти равномерно;
- 3) мерная длина листов регулируется на ходу при помощи бесступенчатого регулятора скоростей, точность резания листов достигается в пределах +1 мм;
- 4) весьма простой механизм выравнивания скорости ножей и полосы;
- 5) конструкция ножниц допускает применение механизмов (механических или гидравлических) для любого числа пропусков резания ($k = 1, 2, 3$ и т. д.).

или гидравлических) для любого числа пропусков резания ($k = 1, 2, 3$ и т. д.).

Практика применения этих ножниц в нашей стране и за рубежом показывает, что они успешно работают в агрегатах резки тонкой и широкой полосы при скорости до 2 м/с.

Маятниковые тихоходные летучие ножницы.

Применяются обычно для концевой обрезки полосы при скорости заготовки при резании не более 2,5 м/с. Они просты по конструкции и надежны в эксплуатации, однако, вследствие большой инерционности движущихся масс, весьма тихоходны в эксплуатации, и применяются для резания на ходу металла, движущегося со скоростью не более 2,5 м/с.

На рис. 5.19 представлена схема маятниковых ножниц конструкции ВНИИметмаша — СКМЗ. Ножницы установлены перед второй группой клетей непрерывного заготовочного стана и предназначены для отрезки переднего (неровного) конца горячей заготовки сечением до 150X150 мм. Максимальное усилие резания 2 МН, скорость заготовки при резании до 2,5 м/с.

На среднем эксцентрике верхнего приводного вала / подвешен шатун 2 с суппортом 3 и верхним ножом. На двух боковых эксцентриках вала подвешен нижний суппорт 4 с ножом. При повороте эксцентрикового вала на 360° верхний суппорт 3 опускается вниз (на величину двойного эксцентриситета), а нижний суппорт 4 поднимается вверх и возвращается в исходное положение; в промежуточном положении

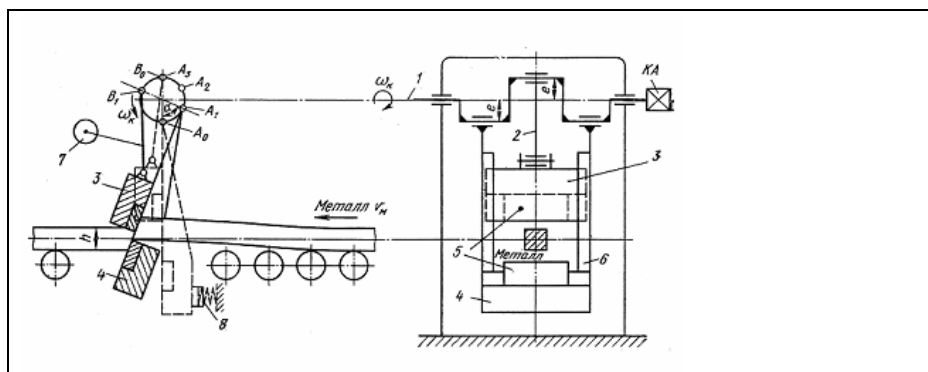


Рис.5.19. Маятниковые летучие ножницы.

1 – эксцентриковый приводной вал; 2 – шатун верхнего суппорта; 3 – верхний суппорта с ножом; 4 – нижний суппорт с ножом; 5 – ножи; 6 – направляющие нижнего суппорта; 7 – контргруз.

при сближении ножей 5 произойдет резание заготовки. Верхний суппорт перемещается в направляющих пазах 6 нижнего суппорта. При резании движущейся заготовки суппорты, занимавшие перед резанием наклонное положение, двигаются влево (по движению заготовки)

подобно маятнику, подвешенному на верхнем приводном валу. Возврат маятника в исходное (правое) положение обеспечивается моментом от контргруза 7. Крайние положения маятника фиксируются амортизаторами 8. Ножницы работают в режиме запусков электродвигателя от фотореле, установленного перед ножницами и засвечиваемого передним концом движущейся по рольгангу горячей заготовки.

Механизмы для выравнивания скоростей полосы и ножей в момент резания

Как уже указано выше, для получения листов промежуточной длины между одинарными и двойными длинами (с интервалом 5—10 мм), согласно формуле (5.13), при $k = \text{const}$ необходимо при резании применять различные отношения скорости полосы к скорости ножей (v_n/v_H) в интервале 1 : 2. Однако в момент собственно резания это отношение должно быть равно или несколько меньше единицы ($1 \div 0,97$). Очевидно, это условие можно выполнить только при неравномерном вращении ножей в течение каждого одного оборота суппортов (барабанов) с ножами.

Для того чтобы поступательная (горизонтальная) скорость ножей в момент резания полосы (на барабанных и кривошипно-шатунных летучих ножницах) совпадала со скоростью полосы, в линии привода ножниц применяют специальный механизм.

Механизм (рис. 5.20) состоит из двух кулис 1,8 и двух кривошипного вала 6, установленного в ползуне 5; на концах кривошипов имеются пальцы 2 и 7, скользящими в пазах кулис 1и 8. Ведущая кулиса 8 приводится парой шестерен 9,10, соединенных с редуктором, привод которого осуществляется электродвигателем 12. Ведомая кулиса 1 соединена с шестерней 4, сидящей на приводном валу 3 ножниц. Ось ведущего вала 13 кулисы 8 (ось зубчатого колеса 9) точно совпадает с осью ведомого вала кулисы 1 (ось шестерни 4).

С помощью специального винтового механизма ползун 5 можно перемещать и тем самым изменять эксцентриситет e . Если ползун 5 передвинуть влево (как показано стрелкой) до совмещения оси двух кривошипного вала с осью обеих колес, то эксцентриситет будет равен нулю ($e=0$). Угловая скорость ведомой кулисы 1 совпадает с угловой скоростью ведущей кулисы 8 и ножницы разрежут полосу на основные минимальные длины (без пропуска реза или с пропуском одного реза) при равномерном вращении ведущей кулисы 8 и ведомой кулисы 1.

Если ползун 5 переместить вправо так, что ось вращения кулис 1 и 8 и ось двух кривошипного вала образуют эксцентриситет e , то при равномерном вращении кулисы 8 угловая скорость кривошипа с ползунком 7 не будет постоянной, так как камень 7 скользит в пазу кулисы и его расстояние от оси кулисы меняется. Очевидно, что скорость вращения

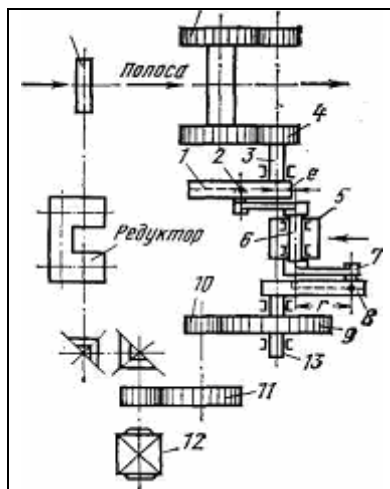


Рис. 5.20. Схема привода ленточных ножниц через механизм выравнивания скоростей полосы и ножей: 1,8 – соответственно ведомая и ведущая кулисы; 2,7 – пальцы; 3,13 – ведомый и ведущий валы; 4,9,10,11 – шестерни и зубчатые колеса; 5 – ползун; 6 – двух кривошипный вал; 12 - электродвигатель

кривошипа с ползунком 2 и ведомой кулисы 1 будет также переменной.

Следует при этом отметить, что средняя угловая скорость ведомой кулисы равна постоянной угловой скорости ведущей кулисы, так как за одно и то же время кулисы совершают один оборот. Отсюда можно сделать следующий вывод: при постоянной скорости полосы $v_n = \text{const}$ и

постоянной скорости вращения ведущей кулисы $\omega_1 = \text{const}$ средняя угловая скорость ведомой кулисы и средняя угловая скорость ножей (а, следовательно, и длина отрезаемых листов) не зависят от настройки эксцентриситета e кривошипного механизма; последний необходим только для подгонки максимальной угловой скорости ведомой кулисы (и максимальной поступательной скорости ножей) к постоянной скорости полосы v_n .

Предположим, что при той же скорости полосы $v_n = \text{const}$ необходимо резать полосу на любые мерные длины, большие основной длины ($L > L_{осн}$). Тогда, согласно формуле (5.14) следует уменьшить среднюю (за один оборот) скорость ножей в отношении $L/L_{осн}$; в этом же отношении надо уменьшить скорость ведущей кулисы и среднюю скорость ведомой кулисы. При этом необходимо соблюдать условие, чтобы максимальная скорость ножей, соответствующая максимальной скорости ведомой кулисы при ее неравномерном вращении, совпадала со скоростью полосы (или на 1—3 % больше). Это условие можно выполнить, если перемещением ползуна установить соответствующий относительный эксцентриситет двух кривошипного механизма.

Предположим, необходимо при той же скорости полосы ($v_n = \text{const}$) увеличить длину отрезаемой полосы ($L > L_{осн}$). Для этого согласно формуле (5.13) следует уменьшить среднюю (за один оборот) скорость ножей в отношении $L/L_{осн}$, то есть одинаково уменьшить скорость ведущей и ведомой кулисы. Однако, в момент реза необходимо, чтобы эти скорости были одинаковы. Это достигается путем установления эксцентриситета e (см. Рис. 14) двух кривошипного механизма, который на такую же величину позволяет изменить угловые скорости ведущего и выходного вала на величину:

$$i = \frac{L}{L_{осн}} = \frac{\omega_2}{\omega_0},$$

где ω_0 - угловая скорость ведущего вала;

ω_2 - угловая скорость выходного вала.

$$\omega_2 = \frac{\omega_1 \cdot r}{r - e} = \frac{\omega_1}{(1 - e/r)},$$

где ω_1 - угловая скорость вала двух кривошипного механизма:

$$\omega_1 = \frac{\omega_0 \cdot (r + e)}{r} = \omega_0 \cdot (1 + e/r)$$

Следовательно:

$$\omega_2 = \frac{\omega_0 \cdot (1 + e/r)}{1 - e/r}$$

Откуда:

$$i = \frac{L}{L_{осн}} = \frac{1 + e/r}{1 - e/r}$$

С другой стороны, если обозначить $e_0 = e/r$, то получим:

$$e_0 = \frac{\frac{L}{L_{осн}} - 1}{\frac{L}{L_{осн}} + 1} \quad (5.17)$$

Например, при резе полосы $L/L_n=9/8$ необходимо в $9/8$ увеличить среднюю скорость ведомой кулисы и одновременно установить эксцентриситет $e_0=1/17$.

Дисковые ножницы.

Дисковые ножницы (рис.) предназначены для обрезки кромок широких полос и их распуска на узкие полосы. Конструктивно дисковые ножи изготавливают толщиной $(0,06 \div 0,1)D$ из хромовольфрамовой стали марки 5ХВС с твердостью 50HRC. По направлению образующей диска угол заострения у ножей не делают. Для получения качественной поверхности реза перекрытие режущих дисков назначают в пределах $\Delta = 1 \div 3$ мм при угле захвата $\alpha_0 = 8^\circ \div 12^\circ$. Для толстых полос перекрытие Δ уменьшают. Боковой зазор δ между дисками зависит также от толщины

полос h : при $h < 0,2$ мм зазор δ отсутствует, при $h > 10$ мм зазор устанавливают равным $(0,05—0,08)h$. Для получения ровного реза верхний диск по горизонтали смещают от нижнего вправо по движению и увеличивают угол захвата α_0

Как и в случае прямых ножей скалывание металла происходит при величине относительного надреза $\varepsilon_n = z/h$. Условно считаем площадь пластического среза ABDE трапецией и по аналогии с формулой (5.5) для гильотинных ножниц получаем формулу А. А. Королева:

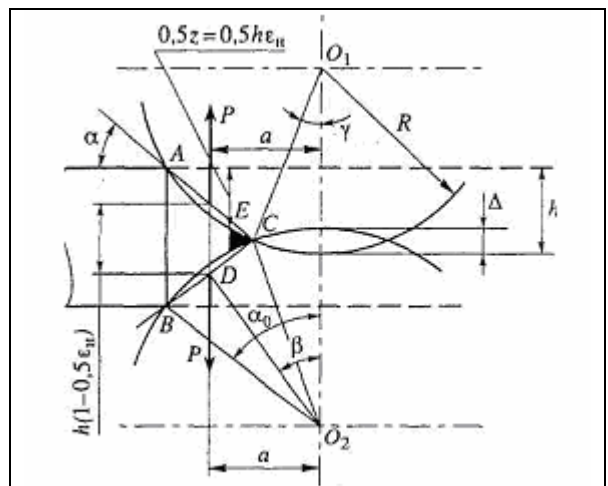


Рис. 5.21. Схема реза дисковыми ножницами

$$P = k_1 k_2 k_3 \frac{2 - \varepsilon_n}{4 \operatorname{tg} \alpha} \varepsilon_n h^2 \sigma_b, \quad (5.18)$$

Видно, что усилие реза дисковых ножей в два раза меньше гильотинных при одинаковых площадях резания.

Геометрические параметры реза определяют толщина полосы h , диаметр дисков D и перекрытие Δ (рис.5.10):

Диаметр ножей

$$D = \frac{h + \Delta}{1 - \cos \alpha} = (50 \div 100)h;$$

угол наклона хорд AC и BC

$$\alpha = 0,5\alpha_0 \left(1 + \frac{\gamma}{\alpha_0} \right);$$

угол перекрытия дисковых ножей

$$\cos \gamma = 1 - \Delta / D;$$

угол захвата

$$\alpha_0 = \arccos \left[1 - \left(h + \frac{\Delta}{D} \right) \right].$$

Без перекрытия $\Delta = 0$; $\gamma = 0$; $\alpha = 0,5\alpha_0$. При расчете усилий принимается равномерное распределение касательных напряжений реза и расположение равнодействующих P по середине хорд AE и BD, что определяет момент резания двух дисков:

$$M_{рез} = 2Pa,$$

где плечо момента $a = 0,5D \sin \beta$ и $\beta = \arccos \left[1 - \frac{h(1 - 0,5\varepsilon_n) - \Delta}{D} \right]$.

Дополнительный момент трения в опорах диска равен $M_{тр} = P\mu d$

Мощность электродвигателя

$$N = km \left(M_{рез} + M_{тр} \right) \frac{\omega_n}{\eta}, \quad (5.19)$$

где m – число пар дисков; ω_n - угловая скорость; $k = 1,1-1,2$ – коэффициент потерь на трение дисков по торцам, образующей; $\eta = 0,85-0,95$ -к.п.д.; $M_{тр} = P\mu d$.

Например, ножницы для обрезки кромок полос толщиной 4-25 мм шириной 1000 ÷ 2600 имеют следующие характеристики (конструкция УЗТМ): диаметр ножей 1000-920 мм; мощность двигателя $N_{дв} = 2000$ кВт (500 об/мин); Редуктор ($i=2,63$); скорость резания полосы достигает 0,3 м/с.

Для прижима полосы при резке применяют холостые ролики. Верхние ролики по отношению нижним смещены по направлению движения на 150 мм. Для утилизации кромок применяют:

-моталки (для полос толщины до 0,5мм)

-летучие кромкокрошительные ножницы барабанного типа.

Кромкокрошительные ножницы имеют два барабана с четырьмя ножами на равном расстоянии друг от друга (300-400мм).

При резке листа толщиной свыше 25mm на боковых кромках листа образуются трещины. Поэтому для листов толщиной более 25mm применяют гильотинные ножницы с длиной ножей 1÷1,5 м, на одном конце которых установлен поперечный нож для деления обрезанной кромки на куски. (Рис.7)

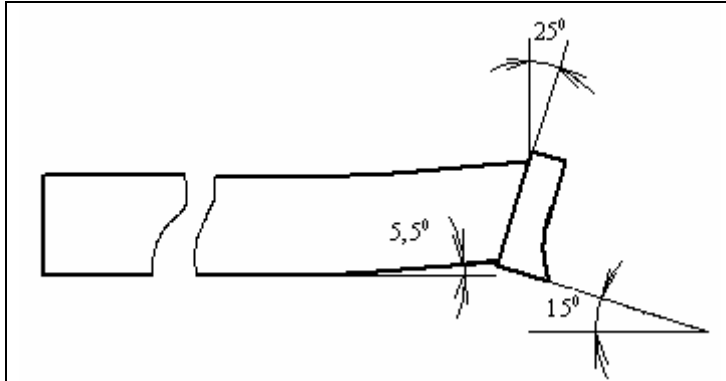


Рис.5.22. Гильотинный нож для продольной и поперечной обрезки полосы

Дисковые пилы

При горячей и холодной резке сортовых профилей чаще всего применяют дисковые пилы, так как при этом удается избежать деформации поперечного сечения профиля в месте реза.

Пилы разделяют на две группы в зависимости от конструкции диска: для горячего резания и для холодного резания (пилы трения). У пил, относящихся

к первой группе, диски зубчатые. У пил второй группы диски гладкие; резание происходит вследствие расплавления металла при трении быстровращающегося диска; производительность этих пил значительно меньше, чем у пил для горячего резания.

Скорость вращения пилы должна быть максимально высокой для увеличения ее производительности. Максимально возможная скорость вращения диска пилы ограничивается прочностью диска. Максимальное растягивающее (тангенсальное) напряжения возникает на внутренней поверхности отверстия диска и определяется из выражения [25]

$$\sigma_{\max} = \frac{3 + \nu}{8} \rho V^2 \left[2 + \left(1 - \frac{1 + 3\nu}{3 + \nu} \right) \left(\frac{r_0}{r} \right)^2 \right], \quad (5.20)$$

где ρ - плотность материала; V - линейная скорость вращения диска; ν - коэффициент Пуассона; r_0 - радиус внутреннего отверстия диска; r - наружный диаметр диска.

Если принять $r_0/r \approx 0$, то

$$\sigma_{\max} = \frac{3 + \nu}{4} \rho V^2 \quad (5.21)$$

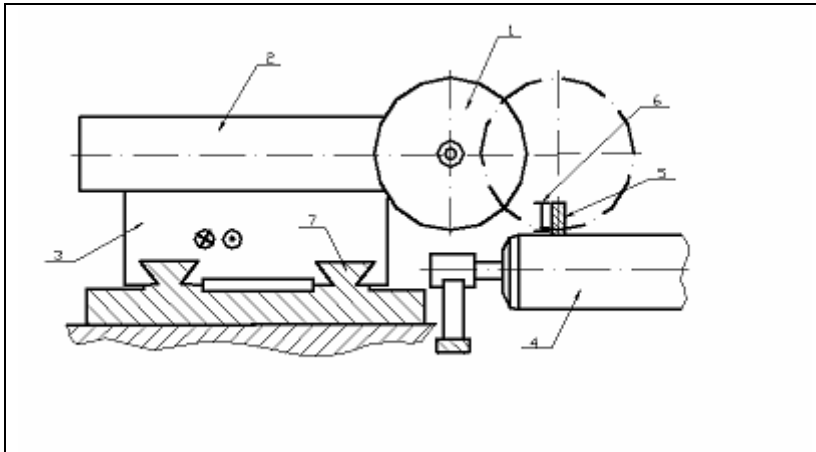
и максимальная скорость вращения не должна превышать

$$V \leq \sqrt{\frac{4[\sigma]}{\rho(3 + \nu)}}. \quad (5.22)$$

Практическая скорость вращения дисков находится в пределах 100—120 м/с. Во избежание нагрева диска при вращении с большой скоростью при резании применяют интенсивное охлаждение его водой.

Производительность пилы при горячем резании стальных профилей равна 2000—5000 мм²/с

При резании дисковой пилой диск надо прижимать к разрезаемому металлу с усилием Q , т. е. непрерывно подавать диск «на металл» с некоторой скоростью u (скоростью подачи).



По контактной поверхности металла с диском возникают окружное усилие резания P и радиальное усилие R (рис. 5.23). Мощность по окружности диска пилы PV эквивалентна мощности резания металла сечением sh при подаче его со скоростью u и давлению в контакте резания p , поэтому

$$PV = pshu,$$

откуда

$$P = psh \frac{u}{V} \quad (5.23)$$

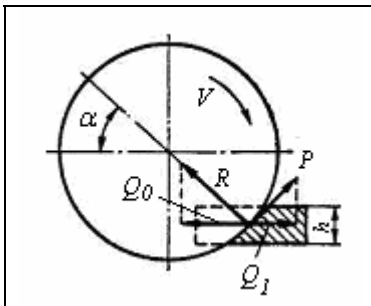


Рис.5.23.. Усилия, действующие на диск при резании металла

где p — давление резания, его определяют по опытным данным и оно зависит от механических свойств разрезаемого металла, его температуры, скорости резания, формы зубьев диска и т. д.; для ориентировочных расчетов можно принимать $p = (40 \div 60) \sigma_g$, где σ_g - временное сопротивление металла при данной температуре резания; s — ширина прорези; можно принимать, что s равно толщине диска плюс 2—4 мм; u — скорость подачи диска пилы; в зависимости от толщины разрезаемого металла, жесткости конструкции пилы и ее производительности u принимают в пределах 30—300 мм/с; h — толщина сечения разрезаемого металла, мм.

Мощность электродвигателя привода диска пилы можно определить по формуле

$$N = PV/\eta, \quad (5.24)$$

где P — окружное усилие; V — окружная скорость диска пилы; η - к. п. д. привода диска; при непосредственном приводе диска от двигателя $\eta = 0,99$.

Радиальное усилие, воспринимаемое диском пилы, на основании опытных данных для горячего резания стали принимаем равным $R = (8 \div 15) P$.

Усилие подачи (см. рис. 5.23)

$$Q = Q_0 - Q_1 = R \cos \alpha - P \sin \alpha, \quad (5.25)$$

где угол α находят графическим путем для каждого конкретного случая резания металла заданного профиля.

Основные параметры дисковых пил: диаметр, толщина и ход диска, допустимые размеры разрезаемых профилей и т. д.

Рис. 5.24. Дискосалазковая пила

Наиболее широкое распространение в прокатных

цехах получили салазковые дисковые пилы, в которых привод диска расположен на подвижной раме с направляющими (салазках). Салазковые дисковые пилы предназначены для горячей резки на мерные длины рельсов, балок и других профилей.

Жесткость направляющих станины и самих салазок исключает боковое биение диска, что является основным достоинством этих пил.

Диск (рис.5.24) жестко закреплен на конце двух опорного вала, приводимого в движение электродвигателем переменного тока мощностью 185кВт и частотой вращения 975 мин^{-1} . Диаметр диска 2000—1800 мм, максимальная окружная скорость 100 м/с. Диск интенсивно охлаждаются водой. Диск вместе с приводом установлен на жесткой стальной раме (салазках), перемещаемой по направляющим в станине при помощи зубчатой передачи от электродвигателя мощностью 14—28 кВт и частотой вращения $710—1420 \text{ мин}^{-1}$ (с регулируемым напряжением) через редуктор с общим передаточным числом $i=100$; скорость передвижения салазок 135—270 мм/с. Регулирование скорости подачи при резании осуществляется автоматически в зависимости от нагрузки на диск при резании. Пила установлена на двух направляющих балках (плитовинах), может передвигаться по ним в продольном направлении при помощи реечного привода от электродвигателя переменного тока (на рисунке не показано) скорость передвижения 34 мм/с (перемещение необходимо при резке профилей на различные мерные длины несколькими пилами одновременно). На салазках пилы установлены насосы для подачи жидкой и густой смазки в узлы трения.

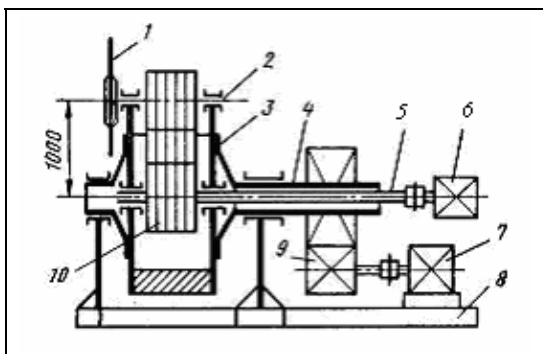


Рис. 5.25. Дискосалазковая пила:
1 – диск; 2 – подшипники; 3 – водило;
4 – вал; 5 – ведущий вал; 6, 7 –
двигатель; 8 – рама; 9 – редуктор; 10 –
клиноременная передача

Для резки горячего проката крупных сечений (квадрат 200 x200÷300X300 мм, круг 200÷350 мм) из углеродистой и легированной стали (с временным сопротивлением до 120 МПа при 900—1000 °С) применяют роторные дисковые пилы. Кинематическая схема дисковой роторной пилы конструкции ВНИИметмаш приведена на рис. 5.25.

Диск пилы 1 диаметром 2000—2500 мм, толщиной 10—12 мм вращается со скоростью 50—100 м/с; шаг зубьев 50—100 мм; зубья подвергают закалке при нагреве токами высокой частоты и отпуску на специальной установке. Подшипники диска 2 установлены на конце сбалансированного водила 3, вал которого 4

смонтирован в раме 8 на подшипниках качения и приводится от электродвигателя постоянного тока 7 мощностью 110 - 400 кВт через редуктор 9. Диск приводится во вращение от электродвигателя 6 через клиноремennую передачу 10 с натяжным роликом, имеющим винтовой механизм перемещения.

Электродвигатель водила работает в режиме запуска на каждый рез заготовки; к моменту резания скорость подачи диска на металл 0,5—1 мм/с; после резания водило останавливается в фиксированном положении при помощи команд аппарата.

Центр диска пилы вращается по круговой траектории относительно оси приводного вала водила 3. Благодаря большой скорости подачи (в 50—100 раз большей, чем у салазковых пил), время собственно резания металла составляет 0,2—0,3 с; цикл резания - 5—8 с (вместо 15—20 с при резании салазковыми пилами). Таким образом, производительность роторных пил значительно выше, чем салазковых.