

*к.т.н. Боровик П.В.,
Селезнёв М.Е.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ДИСКОВЫХ НОЖНИЦ ПРИ УВЕЛИЧЕННОМ ДИАМЕТРЕ ВЕРХНЕГО НОЖА

У статті приведені результати математичного моделювання процесу різання листового прокату на дискових ножницях нової конструкції, відмінною особливістю якої є збільшений діаметр верхнього ножа по відношенню до нижнього, що сприяє більш рівномірному навантаженню валів обох ножів, а також покращує умови захвату ножами листа в процесі різання. На підставі отриманих даних розроблена рекомендація відносно діаметру верхнього ножа при використанні розглянутої конструкції дискових ножниць.

Ключові слова: *дисковий ніж, ножниця, різання листового металу.*

В статье приведены результаты математического моделирования процесса резки листового проката на дисковых ножницах новой конструкции, отличительной особенностью которой является увеличенный диаметр верхнего ножа по отношению к нижнему, что способствует более равномерной нагрузке валов обеих ножей, а также улучшает условия захвата ножами листа в процессе резки. На основании полученных данных разработана рекомендация относительно диаметра верхнего ножа при использовании рассмотренной конструкции дисковых ножниц.

Ключевые слова: *дисковый нож, ножницы, лист, резка листового металла.*

Необходимость быстреего перевооружения металлургического производства в Украине способствует совершенствованию и развитию оборудования и технологии производства металлопродукции.

В современных условиях развития металлургической промышленности сохраняется тенденция к увеличению объемов производства горячекатаного толстого листа.

Рост объемов и темпов производства толстых листов требует расширения возможностей уже эксплуатируемого и вновь создаваемого оборудования за счет принимаемых проектно-конструкторских и технологических решений.

Технологический процесс производства толстолистого проката включает операцию обрезки боковых кромок листа для придания ему необходимых геометрической формы и размеров. Для выполнения данной операции весьма широко исполь-

зуют высокопроизводительные дисковые ножницы с двумя парами ножей в форме дисков равного или разного диаметра (рисунк 1). Для исключения деформации листа в процессе резки и отгиба кромки вниз, ось верхнего ножа несколько смещается в направлении движения листа (рисунк 1 б) или диаметр этого диска делают меньше нижнего (рисунк 1 в) [1-4].

В условиях ПАО «Алчевский металлургический комбинат» (АМК), обрезку боковых кромок толстых листов на дисковых ножницах осуществляют в горячем состоянии [5]. Согласно существующей технологии к порезке допускаются толстолистовые раскаты при температуре свыше 400°C и толщиной до 40 мм, в зависимости от температуры и марки стали. Диаметр ножей, с учётом переточки, составляет 920-1000 мм. Угол свала верхнего ножа неизменный и равен 9°.

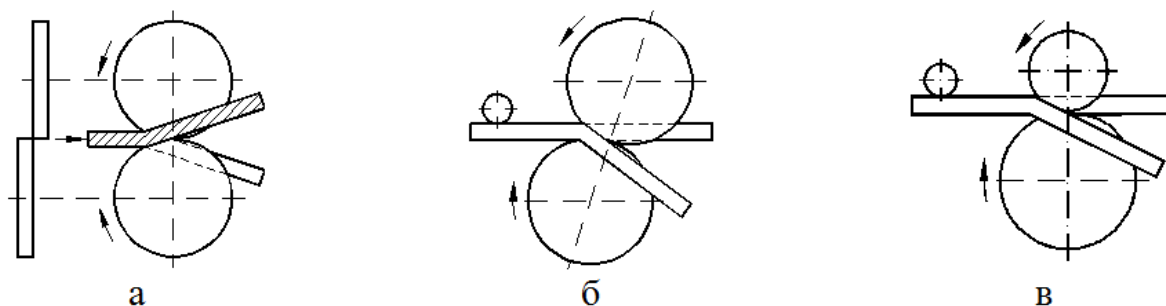


Рисунок 1 – Принципиальные схемы известных конструкций дисковых ножиц

При этом верхний и нижний ножевой вал механизма резания имеют одинаковую конструкцию. Однако, как показывают исследования дисковых ножиц данной конструкции [6], величина момента на валу верхнего ножа M_1 изменяется в достаточно широком диапазоне, но всегда меньше момента на валу нижнего M_2 . Теоретически, при определенных условиях, момент на верхнем ноже может принимать отрицательные значения, т.е. работать в генераторном режиме. Но, даже при максимальных значениях силы внешнего сопротивления Q , что соответствует полной остановке листа в процессе резки, при условии одинаковой конструкции обоих валов имеет место соотношение:

$$M_1 = (0,9 \dots 0,95)M_2. \quad (1)$$

Данный факт свидетельствует о неполном использовании ресурса прочности верхнего вала и, следовательно, неравномерном износе механизма резания в целом.

Основной целью данной работы являлось исследование работы дисковых ножиц при увеличении диаметра верхнего ножа и потенциального расширения их технологических возможностей.

Для достижения указанной цели в данной работе были проведены теоретические исследования работы дисковых ножиц при условии увеличения диаметра верхне-

го ножа D_1 , с целью уравнивания моментов M_1 , M_2 , при этом диаметр нижнего ножа D_2 оставался неизменным и составлял 1000 мм. Отгибание кромки обеспечивалось смещением оси верхнего ножа в направлении движения листа. Принципиальная схема данного технического решения представлена на рисунке 2.

Теоретические исследования, поставленной задачи, осуществлялись на базе одномерной математической модели процесса резки дисковыми ножами, по аналогии с методикой, описанной в работе [6]. В основу данной модели было положено численное рекуррентное решение конечно-разностной формы статического равновесия по определению геометрических характеристик и энергосиловых параметров в рамках каждого отдельно выделенного элементарного объема очага резки. Геометрические параметры очага резки, усилие резки со стороны верхнего N_1 и нижнего N_2 ножа, а также силы трения F_{T1} , F_{T2} определялись исходя из расчётной схемы, представленной на рисунке 3, с этой целью выполнили разбиение всей протяженности очага резки на конечное множество элементарных объемов $abcd$. Программная реализация осуществлялась в среде системы автоматизации математических расчетов MATLAB.

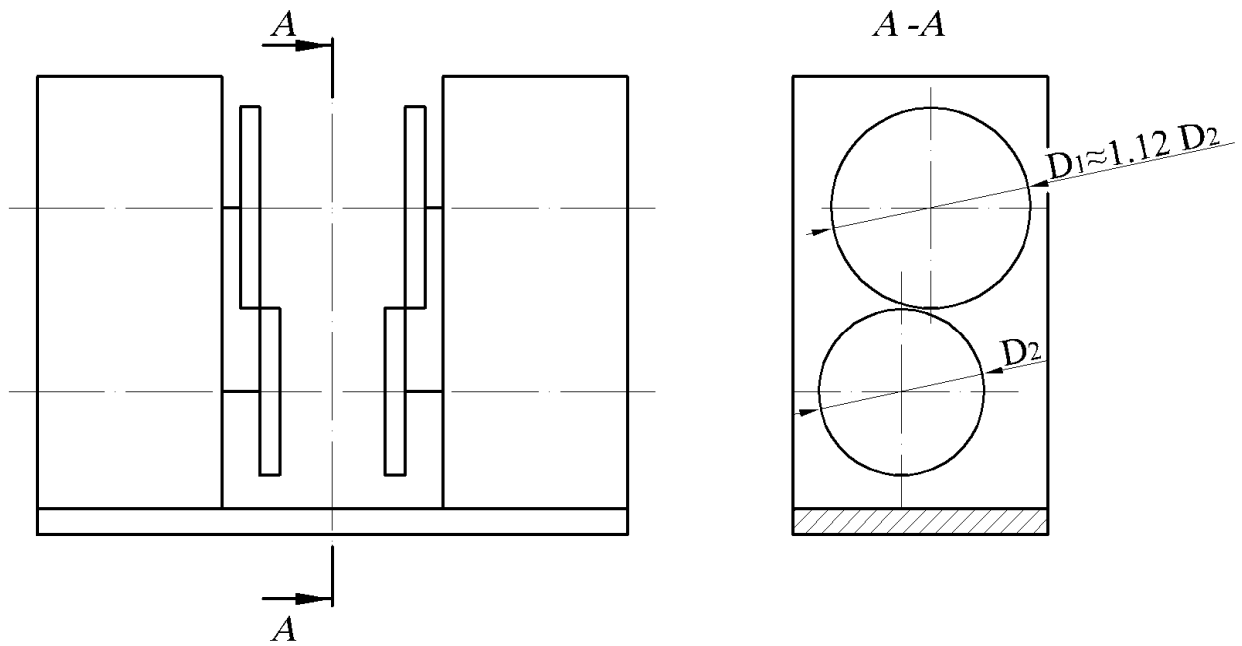


Рисунок 2 – Принципиальная схема конструкции дисковых ножниц с верхним ножом увеличенного диаметра

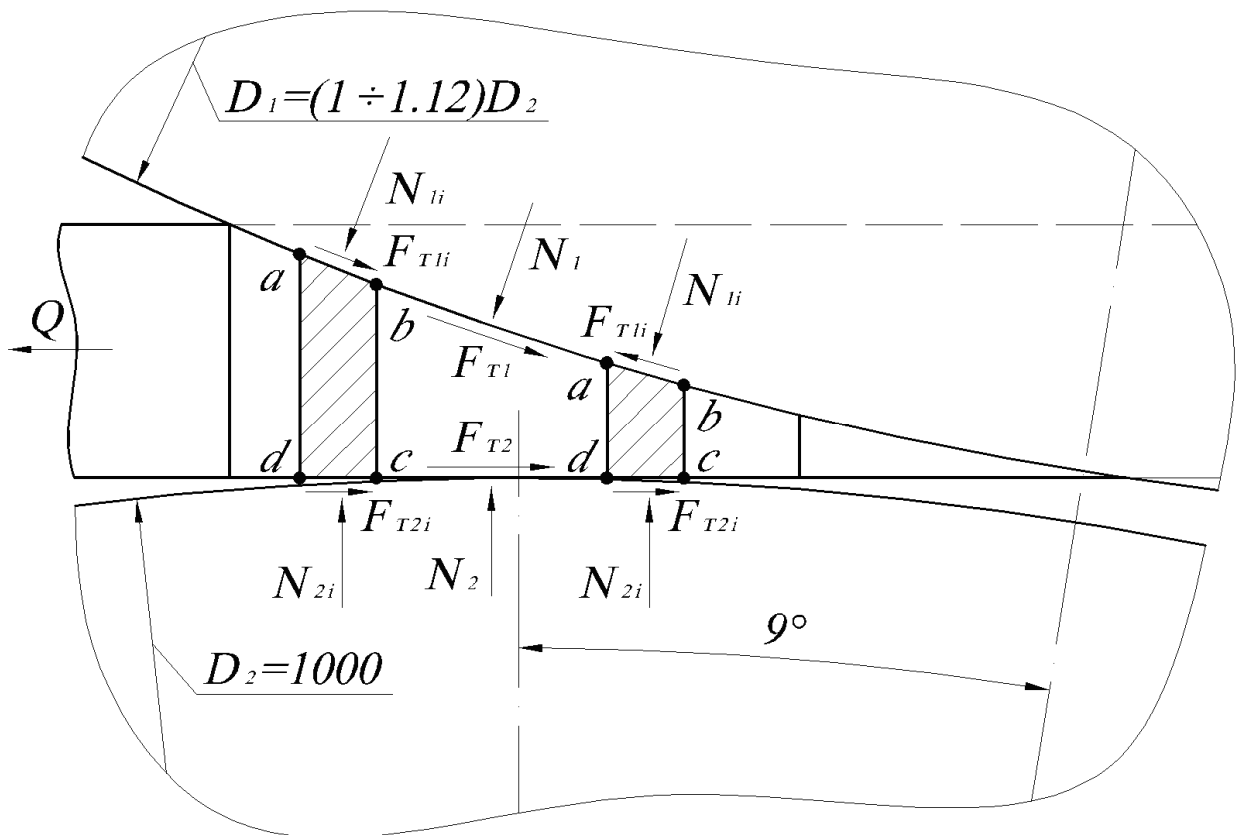
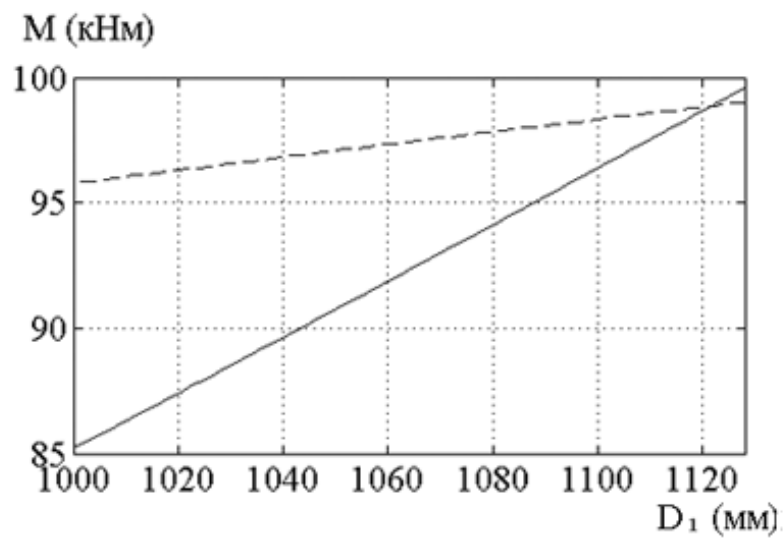
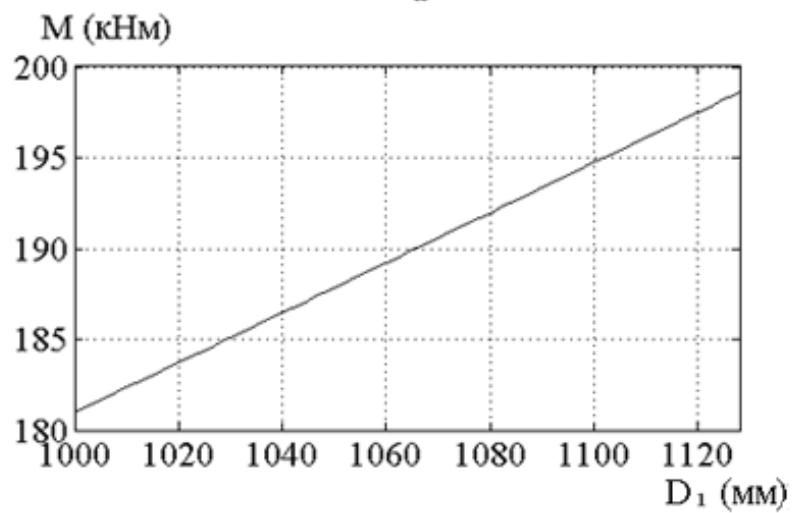


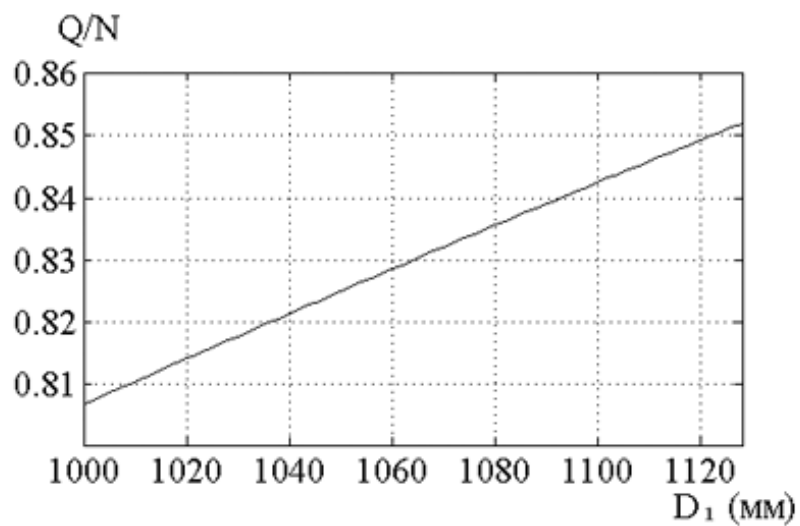
Рисунок 3 – Расчетная схема очага контакта ножей с листом при резке дисковыми ножницами с верхним ножом увеличенного диаметра



а



б



в

Рисунок 4 – Расчётное распределение моментов резки (а, б) и максимально допустимых значений силы внешнего сопротивления (в) в зависимости от диаметра верхнего ножа

Расчет производили применительно к резке листов толщиной 40 мм в горячем состоянии для стали марки Ст3 при температуре 700°C и ширине отрезаемой кромки 80 мм. Диаметр верхнего ножа варьировали в пределах от 1000 до 1128 мм. Величина силы внешнего сопротивления Q учитывалась как ее отношение к усилию резки N , рассчитанному для условия равных диаметров верхнего и нижнего ножа. Смещение оси верхнего ножа в направлении движения листа устанавливалось таким, чтобы угол наклона оси дисков составлял 9°.

На рисунке 4 представлены полученные расчетные распределения значений моментов резки на верхнем и нижнем ножах (рисунок 4, а), суммарного момента резки (рисунок 4, б) и максимально допустимых значений силы внешнего сопротивления (рисунок 4, в), полученные при указанных параметрах резки для различных значений диаметра верхнего ножа D_1 .

Анализ полученных распределений позволил установить, что при увеличении диаметра верхнего ножа на 12% наблюдается выравнивание значений моментов на верхнем и нижнем ноже, при этом прирост суммарного момента составляет 8,4%, а величина максимально допустимого значения силы внешнего сопротивления возрастает на 5%.

На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- конструкция дисковых ножниц, применяемых для резки толстых листов в горячем состоянии, имеет резерв по нагружению, что выражается в неравномерной загруженности верхнего и нижнего ножевых валов;

Библиографический список

1. Королев А.А. *Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов* / А.А. Королев. – М.: Металлургия, 1985. – 375 с.
2. Королев А.А. *Механическое оборудование прокатных и трубных цехов* / А.А. Королев. – М.: Металлургия, 1987. – 480 с.
3. Целиков А. И. *Прокатные станы : учебник для вузов* / А. И. Целиков, В. В. Смирнов. – М.: Металлургиздат, 1958. – 432 с.

- увеличение диаметра верхнего ножа, до 1,12 диаметра нижнего ножа (для рассматриваемых условий порезки) позволит достичь более равномерного распределения нагрузки на валы обоих ножей и позволит более полно и равномерно использовать их ресурс;

- возможность увеличения максимально допустимого значения силы внешнего сопротивления при применении ножниц рассмотренной конструкции, указывает на улучшение условий захвата ножами листа и может в перспективе позволить расширить сортамент листов, разрезаемых на дисковых ножницах, а также добиться более стабильной реализации процесса обреза на дисковых ножницах в целом;

- увеличение диаметра верхнего диска, согласно данным математического моделирования, приводит к увеличению суммарного момента резки (на 8,4%), что свидетельствует о несколько большей энергоёмкости процесса резки, чем при применении ножниц с ножами равного диаметра;

- необходимы дополнительные теоретические и экспериментальные исследования, направленные на определение и изучение факторов, влияющих на условие захвата при резке на дисковых ножницах, которые позволят разработать конкретные рекомендации относительно применения рассмотренной конструкции дисковых ножниц.

Результаты работы могут быть использованы при дальнейших исследованиях направленных на увеличение толщины листов разрезаемых на дисковых ножницах, и проектировании оборудования для обрезки боковых кромок толстых листов.

4. *Машины и агрегаты металлургических заводов : учебник для вузов / А. И. Целиков, П. И. Полухин, В. М. Гребеник и др. – М. : Металлургия, 1987. – Т. 3: Машины и агрегаты для производства и отделки проката. – 1988. – 376 с.*

5. *Боровик П.В. Исследование качества порезки горячих толстолистовых раскатов дисковыми ножницами / П.В. Боровик // Удосконалення процесів і обладнання обробки тиском в металургії і машинобудуванні. Зб. наук. пр. – Краматорськ, 2006. – С. 180-182.*

6. *Боровик П. В. Совершенствование технологии и оборудования процесса продольной резки толстых горячекатаных листов на дисковых ножницах: дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук: 05.03.05 / Боровик Павел Владимирович. – Краматорск, 2008. – 225с.*

Рекомендована к печати к.т.н., проф. Ульяницким В.Н.