

Діоніс, 2011. – 125 с. 3. *Сторожев М.В.* Теория обработки металлов давлением / М.В.Сторожев, Е.А.Попов. – Уч-к для вузов., 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1971. – 424 с. 4. *Левченко Г.В.* Влияние режимов деформации слитка на трансформацию дендритной структуры в заготовках/Г.В.Левченко, С.В. Ершов, Е.Г.Демина и др.//Обработка металлов давлением. – 2008. – №1(19). – С. 135 – 140.

Надійшла до редколегії 25.10.2013

УДК 621.771.01

**Взаємодія технологічних параметрів в осередку деформації при сталому процесі прокатування / Бережний М. М., Чубенко В. А., Хіноцька А. А., Шепель А., Чубенко В.** // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). С. 36–41. Бібліогр.: 4 назви.

Рассмотрен очаг деформации при установившемся процессе прокатывания, сопоставлены деформирующие напряжения и силы сопротивления вязкости течения в очаге деформации, определены средние значения границ текучести при разных режимах прокатывания, рассчитано скорость деформации в обжатии, уширении и удлинении. Определено, что увеличение скоростей деформации в уширение и удлинение приводит к увеличению границы текучести. Но повышение скорости прокатывания уменьшает время пребывания металла в очаге деформации, что в свою очередь дает возможность увеличить производительность процесса.

**Ключевые слова:** очаг деформации, скорость, граница течения, температура, обжатие, уширение, удлинение, полоса, упрочнение металла, прокатывание, поверхность валков.

the center of the strain was at the established process of rolling was considered, deforming voltage and resistance force viscosity flow in the deformation were compared and the mean values of the borders of fluidity at a different modes rolling, calculated rate of strain in compression, widening and lengthening was calculated. It was determined that the increase in the strain velocity in broadening and elongation leads to increased border flow, which causes the necessity to increase the speed of rolling, which in turn helps to increase the productivity of the process.

**Keywords:** center of the strain, speed, boundary currents, temperature, compression, broadening, extension, band, hardening of metal rolling, surface rolls.

УДК 669:621.967.1

**П. В. БОРОВИК**, канд. техн. наук, докторант, ДГМА, Краматорск;  
**М. Е. СЕЛЕЗНЁВ**, аспирант, ДонГТУ, Алчевск.

## **ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ТОЛСТЫХ ЛИСТОВ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ ШЕВРОННОГО НОЖА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ**

В статье рассмотрена новая конструкция шевронного ножа для поперечной резки толстых листов. На базе результатов конечно-элементного моделирования, проведен сравнительный анализ качества листа для случаев поперечной резки шевронными ножами классической и предложенной конструкции. За показатель при этом принималось максимальное отклонение от плоскостности. Также получено выражение для определения данной величины в зависимости от ширины листа и предела прочности разделяемого материала при применении шевронного ножа новой конструкции.

**Ключевые слова:** шевронный нож, резка, лист, дефект, качество, моделирование.

**Введение.** Горячекатаный толстый лист занимает значительную нишу среди продукции металлопрокатного производства вследствие своего широкого применения в различных областях машиностроения.

Особенностью технологического процесса производства толстого листа является наличие операции поперечной резки, предназначенной для

обеспечения заданной длины листа. Данная операция может быть реализована путём применения ножниц для поперечной резки с ножом шевронной формы, который позволяет добиться лучшей центровки листа при резке, а также более равномерное распределение нагрузки на узлы ножниц, в сравнении с наклонным ножом.

Однако, наряду с описанными преимуществами, применение шевронного ножа классической двухнаклонной конструкции [1], сопровождается наличием характерного дефекта в виде «галочки» на части листа, находящейся под шевронным ножом в процессе резки [2]. Наличие данного дефекта снижает качество листа и существенно портит его товарный вид, являясь, по сути, остаточной деформацией.

**Анализ последних исследований и литературы.** В настоящее время существует нескольких технических решений, направленных на снижение величины данного дефекта.

В работе [3] предполагается выполнение горизонтальной площадки, в вершине схождения режущих кромок, длина которой определяется расчетным путем в зависимости от свойств разрезаемого материала, угла наклона прямолинейных плоскостей и толщины ножедержателя с режущей пластиной. Данное техническое решение действительно позволяет повысить качество листа, однако сопровождается существенным увеличением усилия на завершающих стадиях резки [2].

Сотрудниками НКМЗ [4] предлагается снизить величину остаточной деформации листа путём выполнения двух ступенчатых снижений в центральной части режущей кромки относительно её вертикальной оси симметрии, однако, в виду отсутствия конкретных рекомендаций относительно геометрических параметров данных конструктивных элементов, не представляется возможным оценить эффективность данного технического решения.

В работе [2] рассмотрена конструкция ножа, особенностью которой является наличие скругления в вершине схождения наклонных плоскостей режущей кромки, что также способствует снижению остаточной деформации. Кроме того в данной работе, на базе проведенных исследований, разработана рекомендация относительно величины радиуса данного скругления.

Общим недостатком рассмотренных конструкций, является невозможность предварительной оценки величины снижения рассматриваемого дефекта в случае их применения, что следует учесть при рассмотрении новой конструкции ножа.

**Цель исследования, постановка проблемы.** Целью данной работы являлась оценка возможности снижения величины остаточной деформации листа, путём применения шевронного ножа новой конструкции, а также получение количественной оценки данной величины.

**Материалы исследований.** Для достижения указанной цели, по аналогии с работой [2], на базе программного комплекса ABAQUS была разработана трехмерная конечно-элементная математическая модель (рис. 1),

описывающая процесс поперечной резки листов шевронными ножами в формулировке Лагранжа, с учетом сил тяжести.

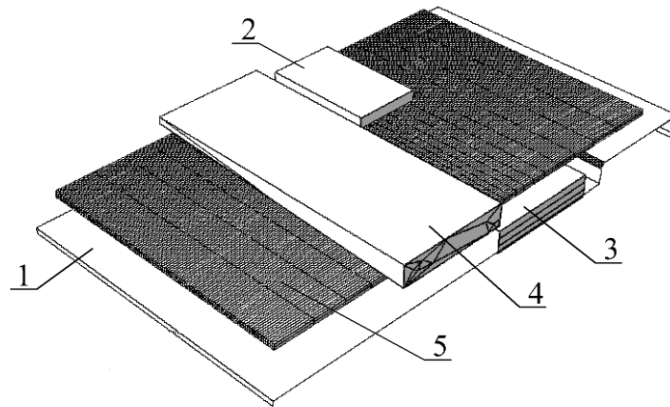


Рис. 1 – Общий вид модели резки шевронным ножом (1 – стол; 2 – прижим; 3 – нижний нож; 4 – верхний нож (шеvronный); 5 – лист)

Разработанная модель представляет собой одну вторую часть исследуемого процесса с плоскостью симметрии, проходящей через продольную ось листа. Модель состоит из четырех абсолютно жестких недеформируемых тел: прижим, стол, верхний (шеvronный) и нижний ножи, а также деформируемого бруса. При этом стол моделируется, как аналитическая недеформируемая поверхность, а ножи и прижим, как дискретные недеформируемые поверхности. Модель разрезаемого листа представляет собой сетку из изопараметрических шестигранных восьмиузловых линейных элементов с редуцированной схемой интегрирования, имеющих свойства сплошной деформируемой среды. Трение между контактными поверхностями моделирует закон трения Кулона.

В рамках данной работы рассматривалась конструкция шевронного ножа с режущей кромкой выпуклой V-образной формы со скруглением радиусом  $R=500$  (мм) в вершине схождения прямолинейных плоскостей, наклонённых к горизонтали под углом  $3^\circ$  (рис 2).

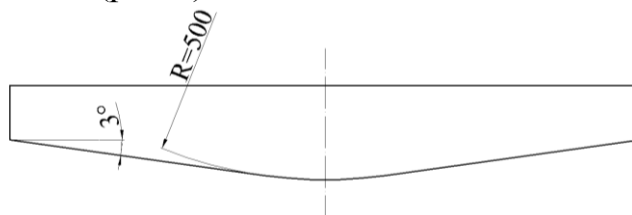


Рис. 2 – Шевронный нож для поперечной резки толстолистового металлопроката

По результатам моделирования, полученным ранее [2], было отмечено, что с увеличением предела прочности материала наблюдается снижение абсолютной величины остаточной деформации формирующей дефект на отрезанной части листа.

В рамках данного исследования, для оценки адекватности получаемых результатов, были смоделированы три условные марки стали с пределом прочности 330, 530 и 1000 МПа и абсолютным внедрением до скола порядка

0,4. На графиках (рис. 3) представлены зависимости силы резки параллельными ножами листов толщиной 25 мм и шириной 1000 мм.

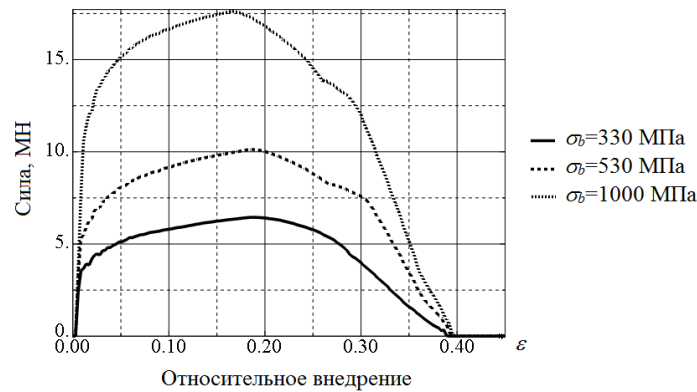


Рис. 3 – Зависимости силы резки параллельными ножами по результатам моделирования для заготовок поперечным сечением 25×1000 мм и различными механическими свойствами

Затем, используя известные подходы к планированию эксперимента, был разработан план и получены результаты моделирования процесса резки листов толщиной 25 мм, шевронными ножами с углом наклона прямолинейных плоскостей 3°. При этом варьировали два параметра: предел прочности материала  $\sigma_b=330\dots1000$  МПа и ширину листа  $b=1000\dots2400$  мм.

**Результаты исследований.** По результатам моделирования были получены распределения величины отклонения от плоскостности по ширине листа, отрезанного шевронным ножом классической и разработанной формы. На рис. 4 в качестве примера представлены данные распределения, полученные применительно к резке листа шириной  $b=1200$  (мм) для трёх рассмотренных условных марок стали.

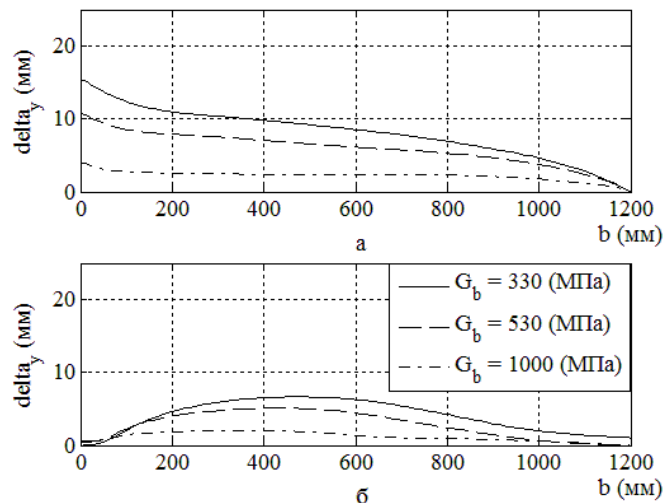


Рис. 4 – Распределения величины отклонения от плоскостности по ширине листа, отрезанного: а – шевронным ножом классической и б – разработанной формы

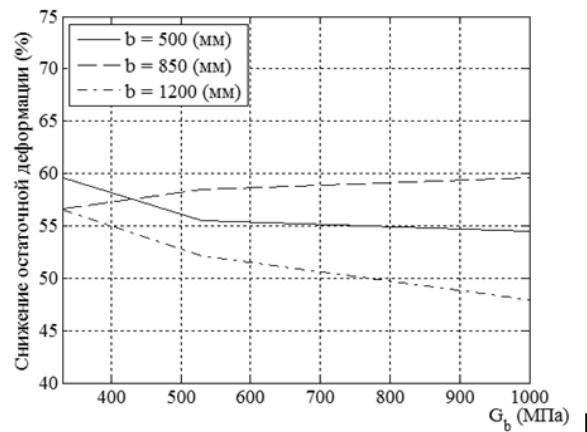
Исходя из представленной зависимости, можно утверждать, что применение шевронного ножа разработанной конструкции для данных условий

позволяет снизить величину остаточной деформации на 48...60%. На рис. 5 (а) представлены распределения данной величины для всех рассмотренных условий.

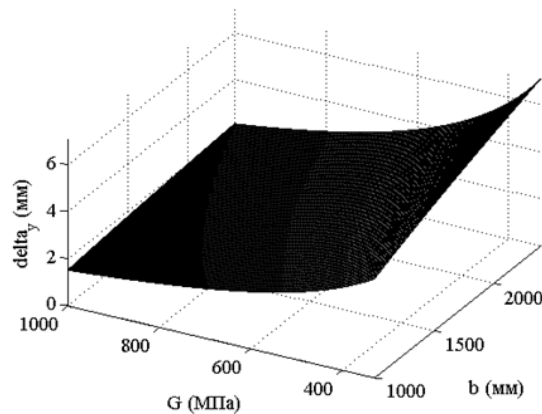
Последующая обработка данных распределений позволила получить уравнение регрессии для максимального отклонения от плоскостности в зависимости от ширины листа  $b$  и предела прочности материала  $\sigma_b$  в следующем виде:

$$\text{delta}_y = e^{[1,763\ln(b)+0,47\ln(\sigma_b)-0,201\ln(\sigma_b)\ln(b)-5,425]}$$

Графическая зависимость, описываемая полученным выражением, представлена на рис. 5 (б).



а



б

Рис 5 – Распределения: а – величины снижения остаточной деформации, б – абсолютной величины остаточной деформации в зависимости от предела прочности материала  $\sigma_b$  для различной ширины листа  $b$ .

Полученные распределения позволили установить, что за счёт применения шевронного ножа предложенной конструкции при рассмотренных условиях возможно снижение величины остаточной деформации на 48...60%, в сравнении с классическим двухнаклонным ножом, при этом её максимальное значение прямо пропорционально ширине листа и обратно пропорционально пределу прочности разрезаемого материала.

### **Выводы.**

1. Применение ножа разработанной конструкции действительно позволяет существенно снизить величину остаточной деформации листа на 48...60% и тем самым повысить качество готового листа.

2. Величина остаточной деформации существенно зависит от ширины листа и предела прочности разрезаемого материала и может быть описана эмпирической зависимостью, которая позволяет получить количественную оценку величины данного дефекта и может быть полезна при оценке возможности практического применения рассмотренного шевронного ножа.

3. Необходимо проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку рекомендаций относительно применения предложенного шевронного ножа.

**Список литературы:** 1. Королев А.А. Конструкция и расчет машин и механизмов прокатных станов: Учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Металлургия, 1985. – 376 с. 2. Боровик П.В. К вопросу качества резки шевронными ножами // Обробка матеріалів тиском.: Зб. наук. пр. №1(34). – Краматорськ, 2013 р. С. 245-250. 3. Патент 2212986 Российская федерация, МПК В23D35/00. Нож шевронный для резки листового материала / Ю.С. Котелевец, В.А. Арашкевич, Ю.Д. Иванов и др.; Заявитель ОАО «Северсталь». – № 2001120645/02; заявл. 23.07.2001; опубл. 27.09.2003. 4. Декларацийний патент на корисну модель 69331 Україна, МПК В23D35/00, В23D25/00, В23D15/00. Комплект ножів ножиць для різання листового матеріалу / Суков Г. С., Алдохін Д. В., Калашніков А. А. та ін.; Заявник ПАО «Новокраматорський машинобудівний завод». – u201112194; заявлено 18.10.2011, опубл. 25.04.2012, Бюл №8.

*Надійшла до редколегії 25.10.13*

УДК 669:621.967.1

**Повышение качества толстых листов за счёт применения шевронного ножа новой конструкции // Боровик П. В., Селезнёв М. Е. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 41–46. Бібліогр.:4 назви.**

У статті розглянута нова конструкція шевронного ножа для поперечного різання товстих листів. На базі результатів кінцево-елементного моделювання, проведений порівняльний аналіз якості листа для випадків поперечного різання шевронними ножами класичної і запропонованої конструкції. За показник при цьому бралось максимальне відхилення від площинності. Також отримано вираження для визначення цієї величини залежно від ширини листа і межі міцності матеріалу що розділяється, при застосуванні шевронного ножа нової конструкції.

**Ключові слова:** шевронний ніж, різання, лист, дефект, якість, моделювання.

The article describes a new design of the chevron knife for cross-cutting of thick sheets. On the basis of the results of the finite elements modeling has been performed a comparative analysis of the quality of the sheet for the cases of cross-cutting of chevron knives of classical and the proposed design. As an indicator was taken the maximum deviation from flatness. Also it was received an expression for determining this value, depending on the width of the sheet and the tensile strength of material when the new chevron design knife is using.

**Keywords:** chevron knife, cutting, sheet, defect, quality, modeling.

УДК 623.438:539.3

**С. Т. БРУЛЬ**, канд. техн. наук, зам. директора департаменту,  
Міністерство оборони України, Київ

### **К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕАКЦИИ КОРПУСОВ ЛЕГКОБРОНИРОВАННЫХ МАШИН НА ДЕЙСТВИЕ УДАРНО-ИМПУЛЬСНЫХ НАГРУЗОК**

В статье развит обобщенный подход к численному моделированию напряженно-деформированного состояния корпусов легкобронированных машин. Рассматривается случай действия ударно-