

УДК 621.771.2

Чичкан А. А., Денищенко П. Н., *Чумак Н. Ю.
 Донбасский государственный технический университет
 *E-mail: nikolay31302@gmail.com

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА УГЛОВОГО ПРОФИЛЯ ИЗ ШВЕЛЛЕРНОГО РАСКАТА В УСЛОВИЯХ СТАНА «600» ЮГМК СПОСОБОМ ПРОДОЛЬНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

Работа посвящена разработке способа прокатки сдвоенного углового профиля швеллерного типа с последующим разделением перед правильной машиной. С использованием программного комплекса DEFORM-2D/3D проведено моделирование прочности концентратора напряжений (надрез с последующим его выравниванием), выполненного в чистовых клетях для обеспечения последующего деления.

Ключевые слова: прокатка с разделением, концентратор напряжений, моделирование процесса, энергосиловые параметры, критерий разрушения.

Проблема и её связь с научными и практическими задачами. Одним из перспективных направлений совершенствования и интенсификации процесса сортовой прокатки и производства заготовки является использование процесса многоручьевой прокатки-разделения. За рубежом этот процесс получил название «слиттинг-процесс», его широко применяют на различных станах горячей прокатки [1]. Суть процесса многоручьевой прокатки-разделения заключается в формировании из одной заготовки или слитка одновременно нескольких раскатов, сочлененных между собой по ширине, и последующем их продольном разделении в черновых клетях с обжатием отдельных раскатов в чистовых клетях.

Есть возможность применения прокатки сдвоенного углового профиля в условиях стана «600» ЮГМК. Для производства уголка № 10 по ГОСТ 8509 применить разделение сдвоенного профиля в черновых клетях невозможно, так как раскат передается между линиями клетей шлепперами; поэтому возможно деление либо в чистовой клетке, либо в специальном, отдельно стоящем устройстве. Для того чтобы уйти от проблем с одновременной порезкой 2-х раскатов (невозможность подачи рычажным толкателем 2-х раскатов на

порез), деление раската решено производить специальным устройством на входе в правильную машину.

Для успешного деления раската в холодном состоянии калибровка валков предчистовой клетки должна быть выполнена с уступом, наносящим надрез на горизонтальном элементе профиля с полным его выравниванием в последующей клетке. Однако при выполнении этих операций возможно получение разрывов по линии надреза, что непременно приведет к аварийной остановке стана и возможным поломкам валков из-за «окова» их полосой.

Поэтому актуальным вопросом является определение величины критерия разрушения, показывающего возможность разрыва при нанесении надреза с последующим его выравниванием при различных технологических параметрах прокатки, что требует всестороннего изучения данного процесса.

Постановка задачи. Так как станы горячей прокатки отличаются значительными колебаниями технологических параметров, влияющих на энергетические характеристики при обжатии металла, то существует необходимость в разработке компьютерной модели процесса прокатки с совмещением обжатия и дополнительных операций по выполнению надреза по

оси раската и его выравниванию в последующей клетке.

В связи с этим *целью* настоящей работы явилась разработка технологии производства углового профиля из швеллерного раската на основе компьютерного моделирования процесса надреза-выравнивания швеллерного раската в последних клетях стана «600» перед разделением его на два уголка.

Объект исследования — технологический процесс прокатки в клетях стана «600» швеллерного профиля с возможностью получения, после деления, двух угловых профилей.

Предмет исследования — очаги деформации при совмещении обжатия и дополнительных операций по выполнению надреза по оси раската и его выравниванию в последовательно расположенных клетях для осуществления продольного деления полосы.

Задачи исследования:

– разработка технологии прокатки швеллерного профиля с нанесением специального надреза и последующим его выравниванием для облегчения деления раската на два уголка в холодном состоянии;

– оценка влияния технологических параметров прокатки на стабильность разработанной технологии по совмещению обжатия с нанесением надреза по продольной оси раската и дальнейшим выравниванием его в последующей клетке;

– получение значений критерия разрушения полосы при применении разработанной технологии в зависимости от изменения технологических параметров прокатки.

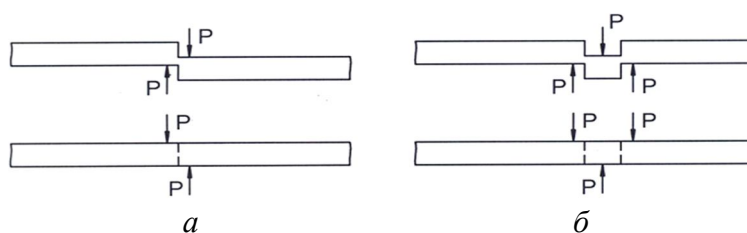
Методика исследования. Моделирование разработанного технологического про-

цесса выполнено с использованием метода конечных элементов при помощи программного комплекса DEFORM-2D/3D. Подготовка геометрических характеристик раскатов и формы калибров для осуществления надреза и выравнивания выполнено в программном комплексе КОМПАС-3D.

Изложение материала. Одним из перспективных направлений в области интенсификации прокатного производства является многоручьевая прокатка-разделение. Ее сущность заключается в формировании из одной заготовки одновременно нескольких профилей, сочлененных между собой по ширине, с последующим их разделением. Применение прокатки-разделения на действующих станах без значительных затрат и специального оборудования обеспечивает резкое повышение производительности стана, экономию энергозатрат и материальных ресурсов.

При разработке технологии следует обеспечить порезку пакета из двух раскатов на пилах горячей резки, нормальную передачу на холодильник и предотвращение перепутывания раскатов после деления.

Существует способ изготовления профилейных изделий, заключающийся в прокатке сдвоенных профилей и разделении их в холодном состоянии, отличающийся тем, что с целью уменьшения усилий деления при прокатке в плоскости деления профилей создается продольный концентратор напряжения путем сдвига одной части профиля относительно другой (рис. 1) и последующего их возврата в исходное положение [2].



a — одинарный концентратор напряжений; *б* — двойной концентратор напряжений

Рисунок 1 — Способ продольного деления

МЕТАЛЛУРГИЯ

В процессе исследования сдвоенной прокатки полосульбы было установлено, что углубление канавок на раскате и уменьшение зазора между режущими кромками в чистовом калибре способствует притуплению кромок и уменьшению высоты получаемых при продольном разделении заусенцев (0,5–0,7 мм в первом случае и 0,3–0,5 мм — во втором) [3].

Известен способ получения тавровых профилей, когда в первых проходах прокатка ведется по способу получения обычных двутавров, а затем в 2-х калибрах, предшествующих чистовому, последовательно по плоскости будущего деления валками осуществляется неполный надрез, подобный дисковым ножницам.

В чистовом калибре обе половины стенки сдвигают в противоположном направлении. В процессе этого сдвига происходит обрыв образовавшейся ранее перемычки, что приводит к полному разделению стенки на две части, и из чистовой клетки в результате выходит два тавровых профиля. При опытной прокатке было прокатано 800 т тавров, часовая производительность возросла с 12,4 до 18,7 т/ч [1].

Был разработан способ получения угловых профилей на мелкосортном стане. При применении данного способа предусматривалось формирование специальной полосы с двумя продольными ребрами — будущими углами углового профиля — и с желобками в средней части полосы — будущим местом продольного разделения. Затем, в одной из горизонтальных клеток чистовой группы специальными калиброванными валками (за счет сдвига одной части профиля относительно другой) производилось продольное разделение полосы на два угловых профиля [4].

В 1974 году фирмой British steel corp. разработан способ [5] изготовления металлического сортового проката. В этом способе использован изгиб для разрушения перемычки, соединяющей сдвоенный профиль одновременно по всей длине штанги с помощью специального устройства. Устройство предназначено для таврового, углового и другого сечения.

Рассмотрим возможность применения прокатки сдвоенного углового профиля в условиях стана «600» ЮГМК (рис. 2).

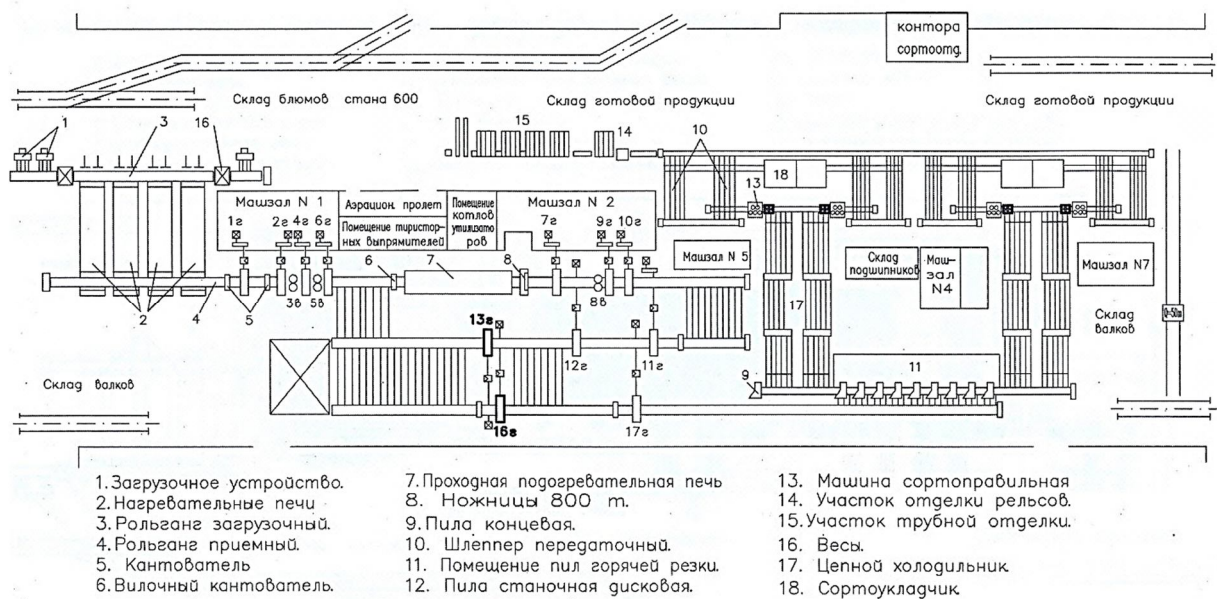
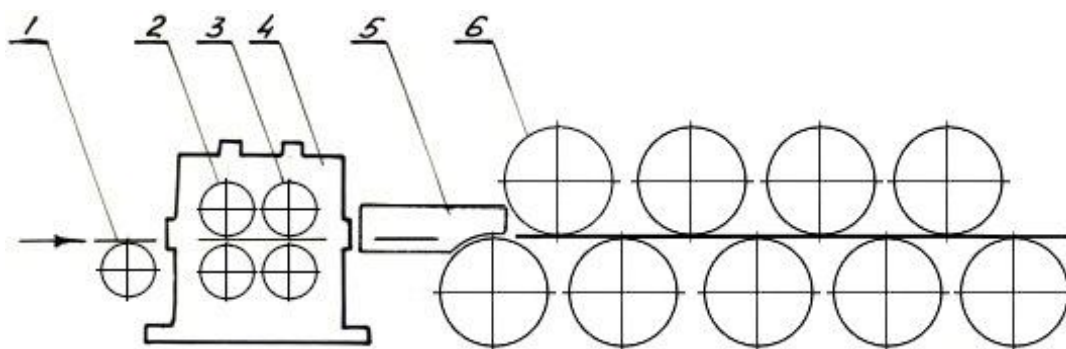


Рисунок 2 — Схема расположения оборудования стана «600»

Для производства уголка № 10 по ГОСТ 8509 [6] применить разделение сдвоенного профиля в черновых клетях невозможно, так как раскат передается после клетки № 13Г шлеппером, поэтому возможно разделение либо в чистовой клетке, либо в специальном, отдельно стоящем устройстве. Жирным на рисунке 2 выделено оборудование, участвующее в предлагаемом технологическом процессе. Для того чтобы уйти от проблем с одновременной порезкой 2-х раскатов (невозможность подачи рычажным толкателем 2-х раскатов на порез), разделение раската лучше всего производить специальным устройством на входе в правильную машину (рис. 3).

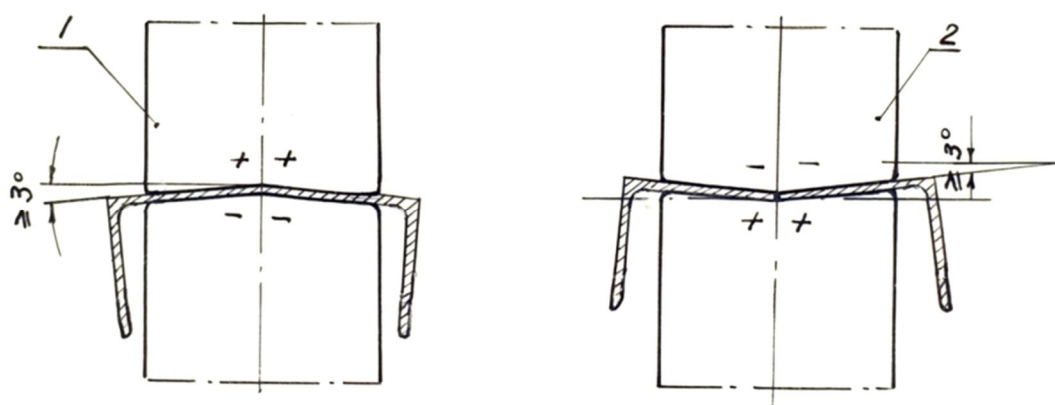
Предлагаемое устройство будет снабжено двумя парами роликов, в которых будет производиться знакопеременный излом полосы (рис. 4).

Предлагаемая схема производства будет состоять из прокатки специального профиля швеллерного типа с нанесением продольного концентратора напряжения специально откалиброванными валками клетки № 13Г. В последующей клетке (№ 16Г) производится сдвиг продольного надреза в обратном направлении (выравнивание), чистовая клетка (№ 17) подгибает фланцы и выравнивает горизонтальный элемент профиля.



1 — задающий рольганг; 2 — входная пара роликов устройства; 3 — выходная пара роликов устройства; 4 — корпус устройства; 5 — направляющие линейки правильной машины; 6 — ролики правильной машины

Рисунок 3 — Схема расположения устройства для разделения сдвоенного профиля



1 — входная пара роликов; 2 — выходная пара роликов

Рисунок 4 — Профилировка роликов устройства для разделения полосы

После прокатки, порезки на пилах горячей резки и охлаждения на холодильнике сдвоенный профиль подается в ролики разделяющего устройства. Для удешевления конструкции возможно изготовление устройства с приводными только нижними роликами. После разделения две полосы уголка № 10 при помощи направляющих линеек (рис. 3) одновременно будут заданы в ролики правильной машины 9×800 с двумя ручьями для правки. После правки и осмотра на инспекторском стеллаже готовые профили либо упаковываются для отгрузки, либо отправляются на отделочные участки для удаления заусенцев.

Однако при выполнении специальных надрезов в клети № 13Г с последующим выравниванием в клети № 16Г возможно получение разрывов по линии надреза, что непременно приведет к аварийной остановке стана и возможным поломкам из-за окова валков полосой.

Для предупреждения таких ситуаций с использованием программного комплекса DEFORM-2D/3D была разработана компьютерная модель процесса надреза-выравнивания швеллерного профиля в последних клетях стана «600» перед разделением на два уголка.

Для моделирования использовались данные, рассчитанные в калибровке швеллерного профиля. Чертеж калибра с нанесением надреза на горизонтальный элемент профиля приведен на рисунке 5, калибр с выравниванием — на рисунке 6.

Файлы геометрии калибров и сечений раскатов были подготовлены в программном комплексе КОМПАС-3D, сохранены в формате трёхмерного тела с расширением .stl и перенесены в комплекс DEFORM-2D/3D для моделирования (рис. 7).

После ввода данных получаем позиционирование раската относительно калибра (рис. 8).

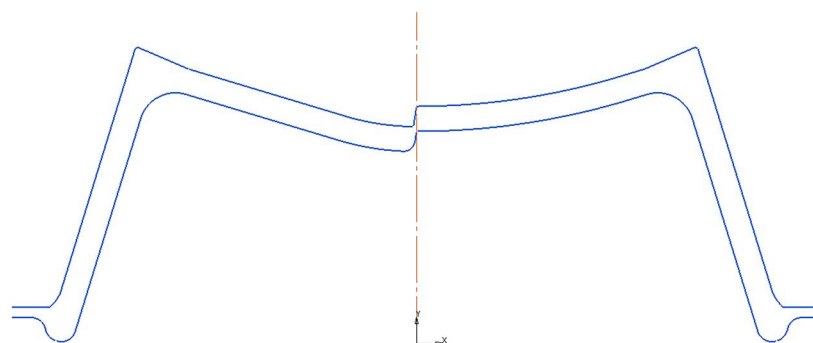


Рисунок 5 — Чертеж калибра клети № 13Г с нанесением надреза на горизонтальный элемент профиля

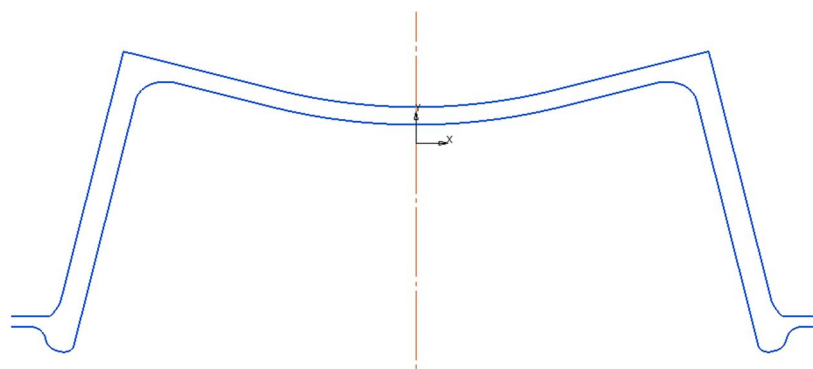


Рисунок 6 — Чертеж калибра клети № 16Г с выравниванием горизонтального элемента профиля

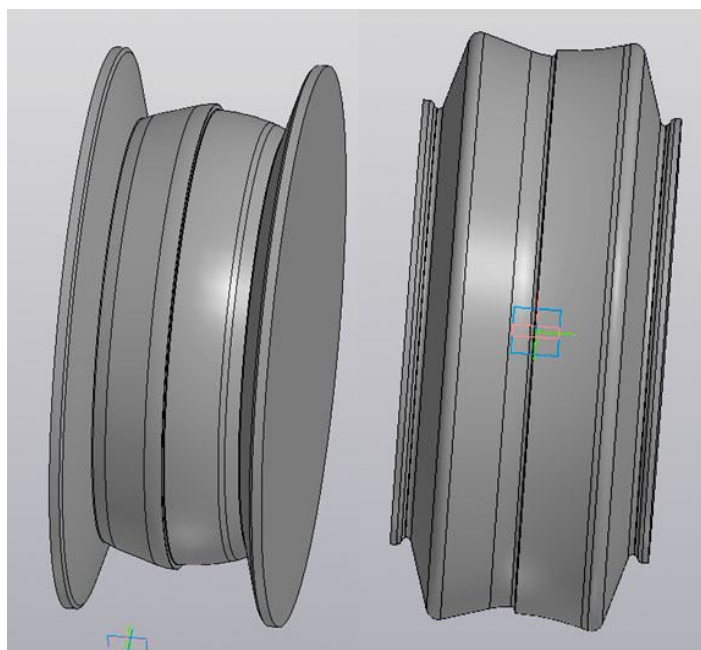


Рисунок 7 — Файл 3D-геометрии калибра верхнего (слева) и нижнего (справа) валков клетки № 13Г, выполняющей надрез

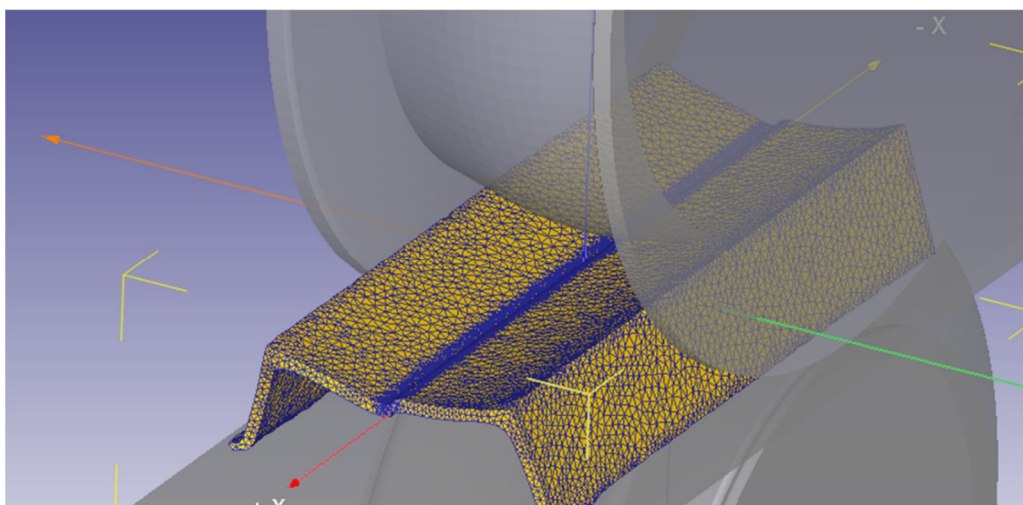


Рисунок 8 — Импорт файлов геометрии для модели клетки № 13Г, в которой производится надрез

В результате моделирования получены графики усилий, моментов и мощности на валках для клеток с нанесением надреза № 13Г (рис. 9) и выпрямляющей клетки № 16Г (рис. 10).

Также получено распределение величин критериев разрушения по сечению раската после клетки № 13Г, выполняющей надрез (рис. 11), и выравнивающей клетки № 16Г (рис. 12).

Анализ распределения критериев разрушения показывает, что после выхода раската из клетки, выполняющей надрез, максимальное значение критерия разрушения составляет 0,414. Опасная величина критерия разрушения для рядовых сталей составляет 0,6...0,7 [7]. После выхода раската из выпрямляющей клетки №16Г на торцах швеллерного раската имеет место максимальное значение критерия разрушения 0,865.

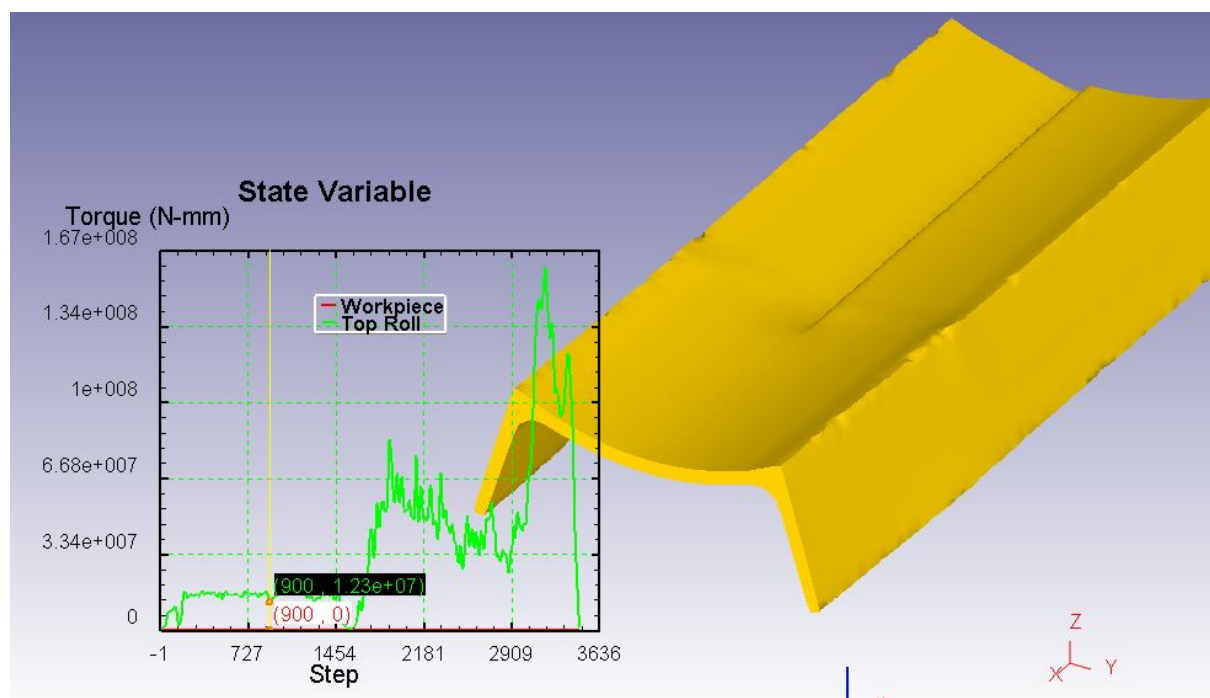


Рисунок 9 — График моментов на валках для клетки № 13Г, выполняющей надрез

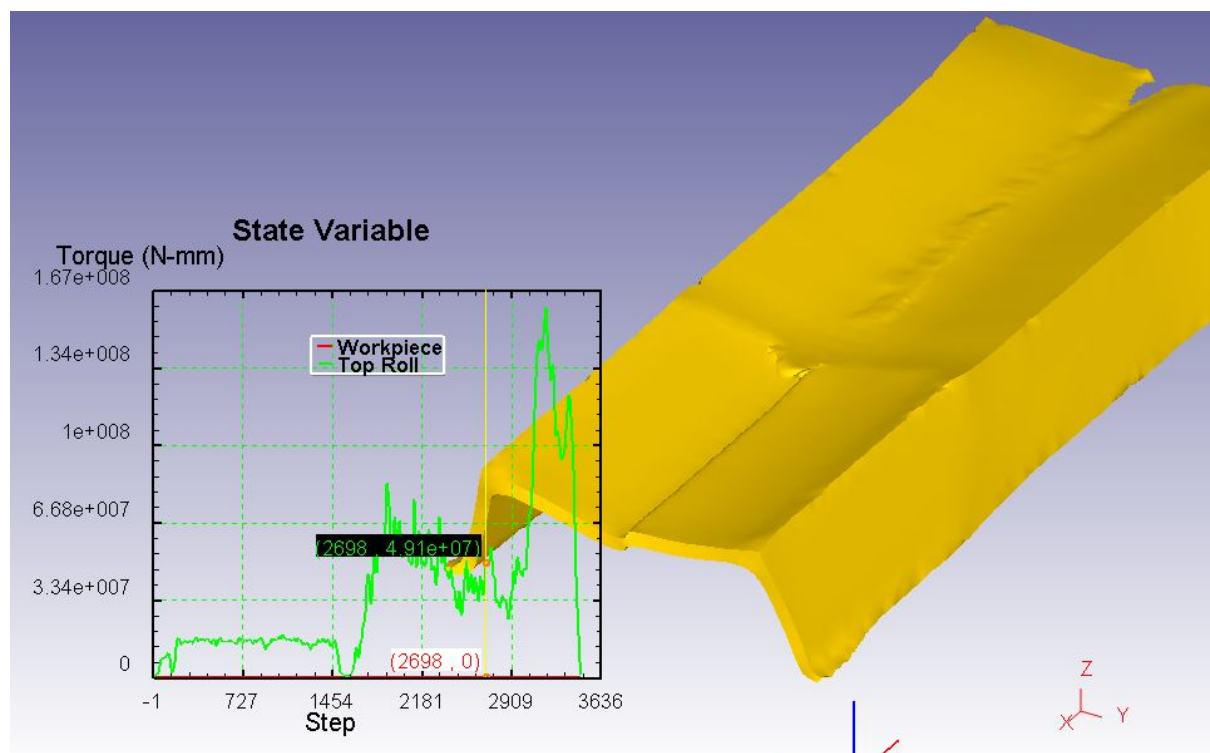


Рисунок 10 — График моментов на валках для выравнивающей клетки № 16Г

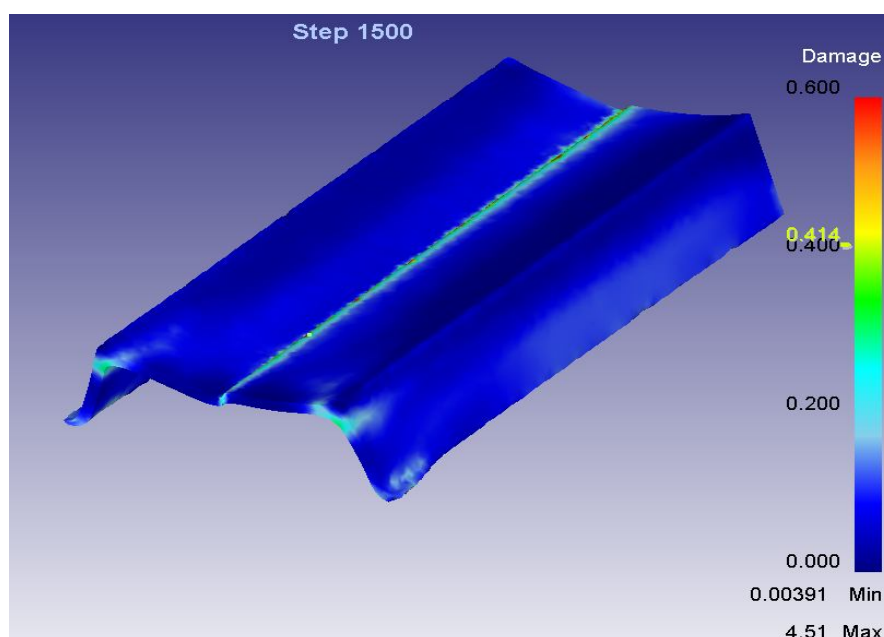


Рисунок 11 — Распределение критерия разрушения по сечению раската после клетки № 13Г, выполняющей надрез

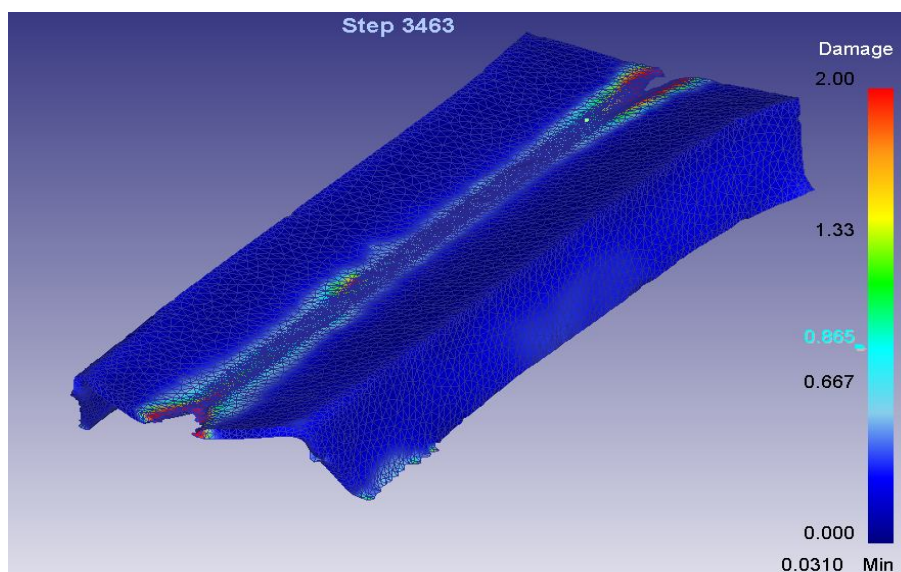


Рисунок 12 — Распределение критерия разрушения по сечению раската после выпрямляющей клетки № 16Г

Разработанная модель процесса надреза-выравнивания позволяет, изменяя технологические параметры процесса или геометрические параметры калибров, достичь оптимальных значений критерия разрушения.

Выводы:

1. В результате проведенных исследований разработан технологический процесс

производства уголка № 10 с прокаткой его в сдвоенном виде (швеллерный профиль), с подготовкой к разделению в рабочих клетях и разделением перед сортоправильной машиной в специальном устройстве.

2. Методом конечно-элементного моделирования с использованием программного комплекса DEFORM-2D/3D разработана

компьютерная модель процесса надреза-выравнивания швеллерного профиля в последних клетях стана «600» перед разделением на два уголка. Полученное распределение критерия разрушения показало, что после выхода из выравнивающей клетки возможно появление разрывов на переднем и заднем концах швеллера с концентрацией очагов разрушения по продольной оси раската, что значительно облегчит дальнейшее

разделение швеллера на два уголка. Изменяя технологические параметры процесса или геометрические параметры калибров можно получить оптимальные для разделения значения критерия разрушения.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку модели процесса прокатки в сдвоенном состоянии других сортов профилей (тавровые профили, полосульбовые профили и т. д.).

Список источников

1. Следнев В. П. Спаренная прокатка сортовых профилей. М. : Металлургия, 1988. 168 с.
2. Способ изготовления профильных изделий: а. с. 419283 СССР / Нефедов А. А., Мерекин Б. В., Галицкий Е. В., Мерекина И. Б., Постольник Ю. С. ; № 1795002/25-27; заявл. 29.05.1972 ; опубл. 15.03.1974, Бюл. 10. 2 с.
3. Прокатка сдвоенного полосульбового профиля с продольной разрезкой в валках чистовой клетки / Ектов И. М. [и др.] // Сталь. 1960. № 12. С. 1113–1116.
4. Способ прокатки угловых профилей на непрерывных мелкосортных станах : а. с. 174159 СССР / Нефедов А. А., Ершов В. Н. ; № 841912/22-2 ; заявл. 15.06.1963 ; опубл. 27.08.1965, Бюл. 17. 1 с.
5. Process for the production of rolled metal sections : 768072 United Kingdom / British Steel Corp ; № 1355144 ; submitted 18.02.1972 ; published 05.06.1974, 4 p.
6. ГОСТ 8509. Уголки стальные горячекатаные равнополочные. Сортамент. Минск : Межгосударственный стандарт, 1993. 11 с.
7. Ларионов В. П., Ковальчук В. А. Хладостойкость и износ деталей машин и сварных соединений / отв. ред. чл.-кор. АН СССР Н. В. Черский ; АН СССР, Сиб. отд-ние, Якут. филиал ; Ин-т физ.-техн. проблем Севера. Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1976. 206 с.

© Чичкан А. А., Денищенко П. Н., Чумак Н. Ю.

**Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. МТ ДонГТУ Митичкиной Н. Г.,
нач. прокатной лаборатории ЦЛК ЮГМК Саушкиным А. Е.**

Статья поступила в редакцию 08.12.2023.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Чичкан Артур Алексеевич, канд. техн. наук, доцент каф. металлургических технологий Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Денищенко Павел Николаевич, канд. техн. наук, профессор каф. металлургических технологий Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия

Чумак Николай Юрьевич, аспирант каф. металлургических технологий Донбасский государственный технический университет, г. Алчевск, Луганская Народная Республика, Россия, e-mail: nikolay31302@gmail.com

Chichkan A. A., Denishchenko P. N., *Chumak N. Yu. (Donbass State Technical University, Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia, *e-mail: nikolay31302@gmail.com)

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESS FOR PRODUCING THE CHANNEL ROLL ANGULAR PROFILE IN THE CONDITIONS OF THE YuGMK MILL 600 BY THE LONGITUDINAL SEPARATION METHOD

The work focuses on the development a method for rolling a double angle profile of the channel type with subsequent separation before the flattener unit. To ensure subsequent separation, a strength simulation of stress concentrator (cut with subsequent alignment) was carried out through the DEFORM-2D/3D software package in the finisher stands.

Key words: separation rolling, stress concentrator, process modeling, power characteristics, fracture criterion.

References

1. Slednev V. P. Double-sided section profiles [Sparennaya prokatka sortovyh profilej]. M. : Metalurgija, 1988. 168 p. (rus)
2. Nefedov A. A., Merekin B. V., Galitskiy E. V., Merekina I. B., Postolnik Yu. S. Method for manufacturing profile products : a. s. 419283 USSR ; No. 1795002/25-27 ; submitted 29.05.1972 ; published 15.03.1974, bulletin No. 10. 2 p.
3. Ektov I. M. [et al.] Rolling of double strip bulb profile with longitudinal section in the finisher stands [Prokatka sdvoennogo polosobul'bovogo profilya s prodol'noj razrezkoj v valkah chistovoj kleti]. Stal. 1960. No. 12. Pp. 1113–1116. (rus)
4. Nefedov A. A., Ershov V. N. Method for rolling angle profiles on continuous fine-grade mills : a. s. 174159 USSR ; No. 841912/22-2 ; submitted 15.06.1963 ; published 27.08.1965, bulletin No. 17. 1 p.
5. Process for the production of rolled metal sections : 768072 United Kingdom / British Steel Corp. No. 1355144 ; submitted 18.02.1972 ; published 05.06.1974. 4 p.
6. GOST 8509. Hot-rolled steel equilateral angles [GOST 8509. Ugolki stal'nye goryachekatanye ravnopolochnyye]. Sortiment. Minsk : Mezhgosudarstvennyj standart, 1993. 11 p. (rus)
7. Larinov V. P., Kovalchuk V. A. Cold resistance and wear of machine parts and welded joints [Hladostojkost' i iznos detalej mashin i svarynh soedinenij]. Editor-in-chief. Associate member of the Academy of Sciences of the U.S.S.R. Cherskiy N. V. Siberian Branch. Yakutsk filial branch. Institute of physical and technical problems of the North. Novosibirsk : Science. Siberian Branch, 1976. 206 p. (rus)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Chichkan Artur Alekseevich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Metallurgical Technologies
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

Denishchenko Pavel Nikolayevich, PhD in Engineering, Professor of the Department of Metallurgical Technologies
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia

Chumak Nikolay Yurievich, Postgraduate student of the Department of Metallurgical Technologies
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Lugansk People's Republic, Russia,
e-mail: nikolay31302@gmail.com