

Анализ режимов горячей прокатки с помощью критерия разрушения олмогорова

Д.Н. Клепов, Е.В. Арышенский

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия

Обоснование. Одними из наиболее распространенных типов дефектов в катаных полуфабрикатах являются поверхностные [1–3].

Существуют дефекты, которые образуются только на одной стороне проката, это свидетельствует о том, что причина их образования может заключаться в неравномерности очага деформации. Некоторыми из причин неравномерности деформаций могут служить различие в коэффициентах трения на контактных поверхностях, неравномерность распределения температуры по сечению заготовки и натяжение полосы на выходе из валков [4–5].

Цель — провести теоретическое исследование очага деформации при горячей прокатке на предмет возможного образования дефектов типа «отслоение».

Методы. Для достижения цели необходимо разработать имитационную модель процесса горячей прокатки плит из алюминиевых сплавов и проанализировать очаг деформации с применением современных критериев разрушения.

Для разработки имитационной модели выбран программный комплекс Deform, так как он хорошо подходит для моделирования горячей прокатки (рис. 1).

Модели была создана с учетом классических допущений:

- принята схема плоского деформированного состояния;
- принято условие изотропности механических свойств металла;
- заготовка определена как пластическое тело в соответствии с общепринятым законом упрочнения для деформации алюминиевых сплавов по модели, разработанной Селларсом;
- для описания взаимодействия рабочих валков и заготовки использована модель трения по закону Амонтона – Кулона;
- прокатный валок определен как абсолютно жесткое тело (сплющивание валка не учитывалось);

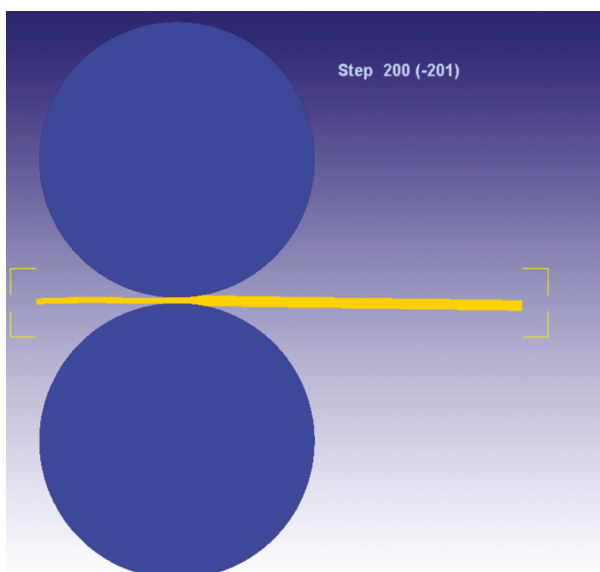


Рис. 1. Внешний вид имитационной модели

– расчет проводился с учетом теплообмена на контактных поверхностях, приближенным к производственным: вследствие контакта со смазочно-охлаждающей жидкостью верхняя поверхность полосы охлаждается несколько быстрее нижней.

Спланирован полнофакторный эксперимент, параметры которого представлены в табл. 1.

Таблица 1. Факторы эксперимента

Фактор	Натяжение полосы N , Н/мм ²	Температура заготовки T , °С	Коэффициенты трения μ
Диапазон варьирования	[0; 14]	[450; 420]	[0,3; 0,4]

Вероятность образования дефекта оценивалась с помощью критерия разрушения Колмогорова (1):

$$\Psi = \Lambda / \Lambda_p \quad (1)$$

где Λ — накопленные сдвиговые деформации; Λ_p — критерий, характеризующий запас пластичности металла.

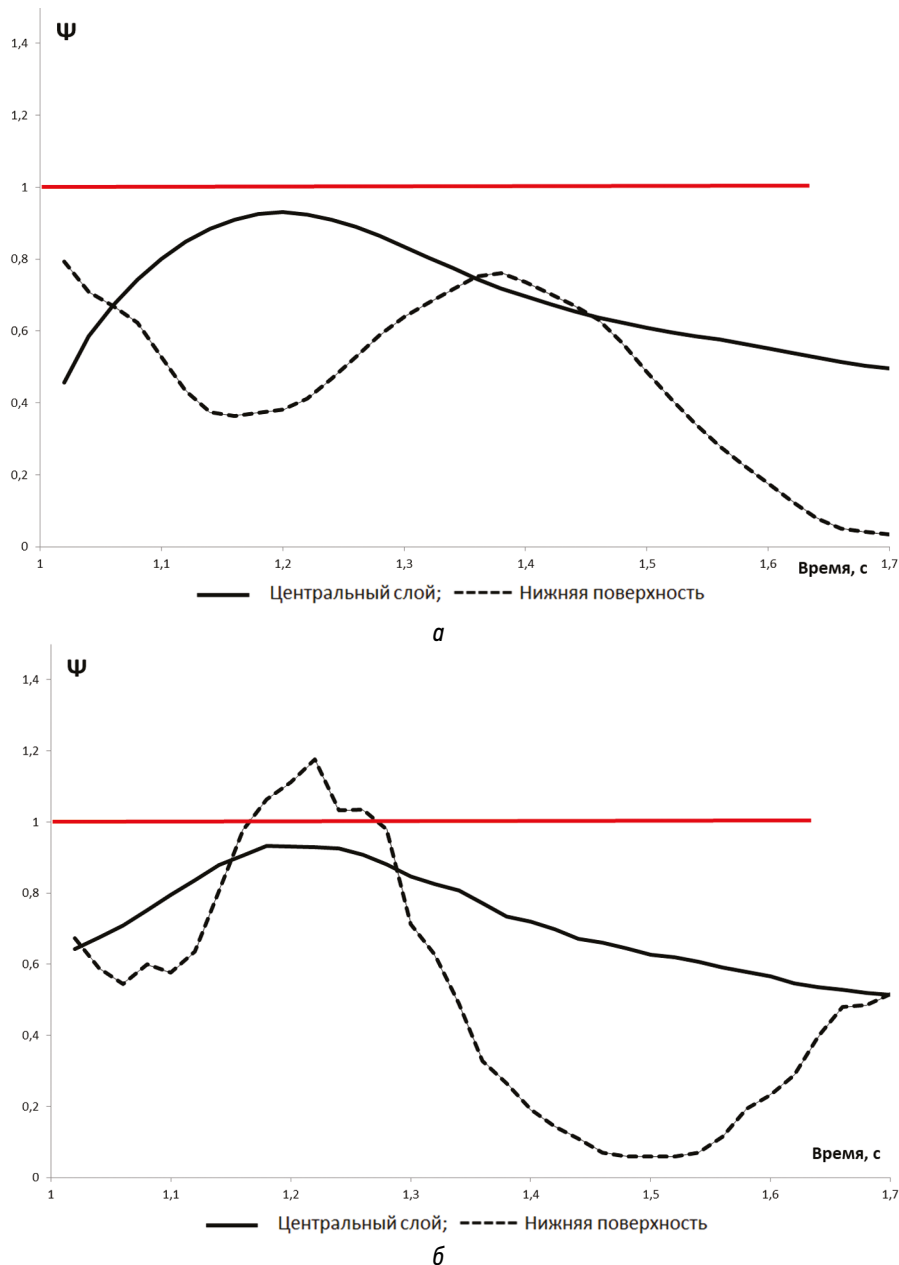


Рис. 2. Значение критерия Колмогорова по длине очага деформации:
 a — $\mu_b = \mu_n$, $N = 0$, $T_b - T_n = 0$; b — $\mu_b = 1,25\mu_n$, $N = 14$, $T_b - T_n = 30$

Результаты. Для наглядности построены графики зависимости критерия разрушения от координаты по длине очага деформации сечения полосы. Оценивалось разрушение в центре заготовки и на поверхности полосы (рис. 2).

Численный эксперимент показал, что при прокатке с одинаковыми условиями трения на контактных поверхностях, равномерном остывании полосы вероятность образования дефектов ниже единицы.

Незначительное повышение показателя разрушения наблюдается при наложении натяжения полосы на выходе из валков, это обусловлено растягивающими нормальными напряжениями, изменяющими схему напряженно-деформированного состояния, причем повышение вероятности разрушения происходит в центральном сечении полосы.

При учете неравномерности остывания полосы вследствие контакта со смазочно-охлаждающей жидкостью наблюдается рост показателя разрушения ближе к поверхностям полосы. Этот эффект объясняется повышением напряжений в захлаженных зонах, имеющих меньшую пластичность.

Выводы. Наибольшая вероятность разрушения ($\Psi = 1,2$) из рассчитанных случаев наблюдается при учете натяжения, неравномерности остывания полосы и при различных коэффициентах трения на верхней контактной поверхности $\mu = 0,3$ и $\mu = 0,4$ на нижней. Очевидно, при этих условиях велика вероятность образования на полосе поверхностного дефекта. При разработке режимов прокатки и во время контроля процесса необходимо избегать подобных условий обработки.

Ключевые слова: горячая прокатка; метод конечных элементов; поверхностные дефекты; критерий Колмогорова.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 18-79-10099-П <https://rscf.ru/prjcard?rid=21-79-03041>

Список литературы

1. Ковалева И.А., Потапенко Ю.А. Исследования дефектов горячекатаного проката сортопрокатного цеха № 1 стана 850, имеющих прокатную природу образования, на ОАО «БМЗ — управляющая компания холдинга «БМК» // Литье и металлургия. 2019. № 2. С. 60–66.
2. Колбасников Н.Г. Исследование причин образования поверхностных трещин при прокатке толстого листа и изготовлении труб из микрелегированных сталей. Особенности прокатки в двухфазной области // Сталь. 2016. № 7. С. 34–40.
3. Матвеев М.А. Оценка вероятности разрушения металла при горячей пластической деформации с помощью критерия Кокрофта — Латама // Глобальная энергия. 2017. Т. 23, № 2. С. 109–126.
4. Николаев В.А., Васильев А.А. Технологические процессы прокатки широких полос // Обработка материалов давлением. 2012. № 2. С. 194–200.
5. Колбасников Н.Г., Шишов И.А., Корчагин А.М., Беляев А.А. Исследование влияния неравномерности температурного поля раската на характер напряженно-деформированного состояния металла в очаге деформации при прокатке толстого листа // Материаловедение. Энергетика. 2013. № 4–1. С. 183–192.

Сведения об авторах:

Денис Николаевич Клепов — студент, группа 1418-220302D, институт авиационной и ракетно-космической техники; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: klepovdenis17@gmail.com

Евгений Владимирович Арышенский — научный руководитель, доктор технических наук, доцент; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Самара, Россия. E-mail: arishenskiy.ev@ssau.ru