

УДК 621.771.237

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРИКРОМОЧНЫХ ТРЕЩИН ПРИ ПРОКАТКЕ НА ЛИТЕЙНО-ПРОКАТНОМ КОМПЛЕКСЕ

Дмитрий Игоревич Крендясев, Юрий Сергеевич Мыльников

*Студенты 5 курса,**кафедра «Оборудование и технологии прокатки»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: А.В.Иванов,**кандидат технических наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии прокатки»*

В 2017 году мы проходили технологическую практику на металлургическом предприятии ООО ВМЗ. Нам удалось познакомиться с литейно-прокатным комплексом, на котором производят сложные трубные марки стали, в том числе высокопрочные и коррозионностойкие. Несмотря на высокую производительность комплекса до 1,2 млн. тонн в год, ежегодно ведутся исследовательские работы по улучшению технологии производства. Это указывает на ряд недостатков и один из них связан с дефектами, возникающими в прикромочной зоне.

Нам было поручено разобраться в этой проблеме и исследовать причины возникновения прикромочных трещин при прокатке полос на ЛПК.

Литейно-прокатный комплекс представляет собой комплекс, в составе которого имеется машина непрерывного литья заготовок и прокатный стан. Таким образом, задача разбивается на две части: исследование причин зарождения дефектов на стадии разливки и в процессе прокатки.

Аналитически решить данную задачу не представляется возможным, поэтому за основу были взяты численные методы. В качестве среды моделирования был использован Ansys10 Mechanical. Моделирование процессов, протекающих в кристаллизаторе – весьма сложная задача и требует определенной подготовки, поэтому, сперва было проведено исследование осадки и прокатки.

На данный момент, литье в изложницы практически не используется, его вытеснила технология непрерывного литья заготовок. В этой технологии существуют недостатки, связанные с возникновением дефектов, среди которых можно особо выделить раскатанные (прикромочные) трещины (рис.4). Они представляют собой ориентированную в направлении прокатки несплошность, расположенную на расстоянии от 5 до 50 мм от кромки проката, сопровождающуюся мелкими языкообразными отслоениями.



Рис. 1. Внешний вид прикромочной трещины

Для выяснения причин возникновения данного дефекта необходимо выбрать критерий разрушения заготовки. Одним из первых и наиболее удобно формализуемых является критерий В.Л. Колмогорова. В его основе лежит понятие поврежденности ψ , которая является относительной величиной ($\psi=0$ соответствует неповрежденной заготовке, а $\psi=1$ – заготовке в момент разрушения) и характеризует пораженность

заготовки микродефектами. Эта величина зависит от таких параметров как показатель напряженного состояния, коэффициент Лоде-Надаи, пластичность и т.д.

Так как средой моделирования был выбран ANSYS 10, данный критерий был формализован в процедуру на внутреннем языке программы APDL. Также был написан макрос для удобного моделирования процесса прокатки. В нем легко задаются основные параметры для расчета модели.

Нами были рассмотрены задачи холодной прокатки толстой и средней полос из стали 20 в постановке плоской деформации и последующего анализа их поврежденности. Стан – ДУО 160. Написанная нами процедура позволяет рассматривать исчерпание ресурса пластичности для каждого момента времени в процессе прокатки.

Ниже представлена конечно-элементная модель средней полосы (рис. 2). Средними считаются полосы, у которых отношение длины дуги захвата к средней высоте находится в пределах от 0.5 до 2. В нашем случае это отношение равно 1.14.

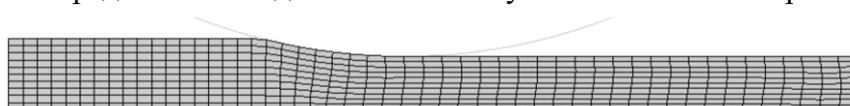


Рис. 2. Конечно-элементная модель средней полосы

После применения процедуры, была получена следующая картина распределения поврежденности (рис. 3), где красный цвет соответствует $\psi=14\%$, а оранжевый – 11%. Также были выбраны характерные элементы для более детального анализа.

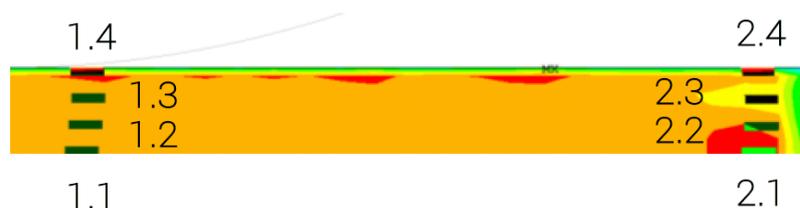


Рис. 3. Распределение поврежденности в прокатанной заготовке и выбор элементов для анализа

В ходе анализа, было получено, что в средней части заготовки поврежденность накапливается с разной скоростью, но в итоге приходит к одной величине, а на переднем конце имеет не только разную скорость накопления, но и различные итоговые значения. Для большей показательности результатов была получена диаграмма сравнения поврежденности на переднем конце и в средней части (рис. 4). Из нее видно, что наиболее повреждены передний конец и приконтактные слои, что объясняется наличием в них растягивающих напряжений.

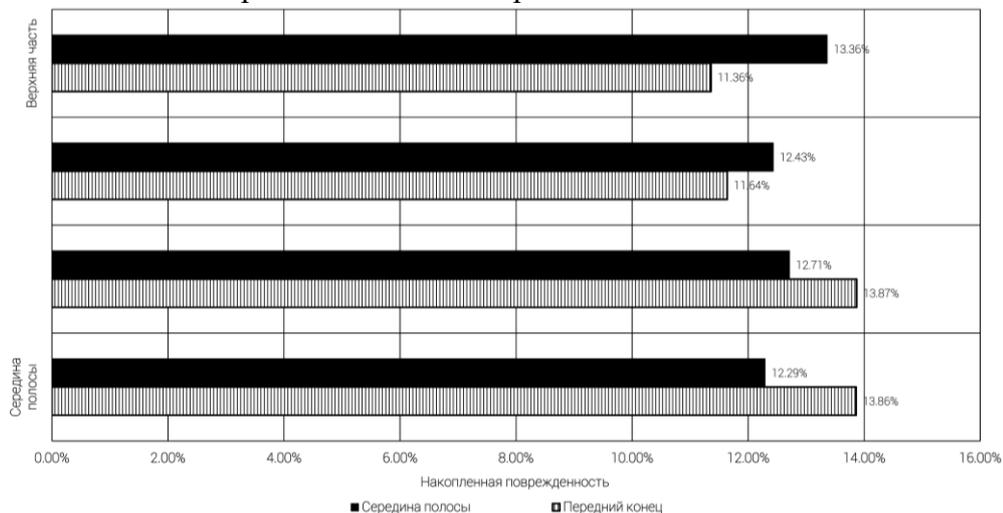


Рис. 4. Сравнение поврежденностей на переднем конце и в средней части заготовки
При рассмотрении прокатки высокой полосы (отношение длины дуги захвата к средней высоте менее 0.5), также была получена конечно-элементная модель (рис. 5), рассчитана картина распределения ψ и выбраны элементы для более детального анализа (рис. 6).

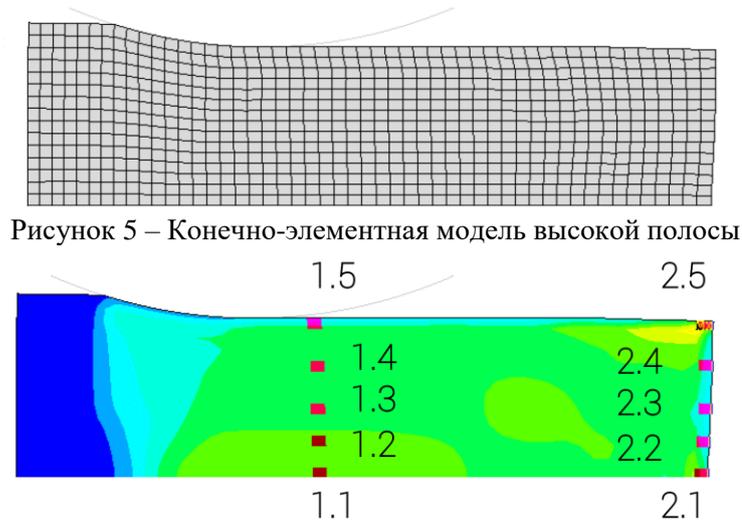


Рис. 4. Распределение поврежденности в прокатанной заготовке и выбор элементов для анализа

В данном случае картина несколько изменилась: приконтактные слои повреждены меньше, и максимум ψ сместился ближе к верхней части переднего конца заготовки. Это нагляднее просматривается на аналогичной диаграмме сравнения (рис. 7).

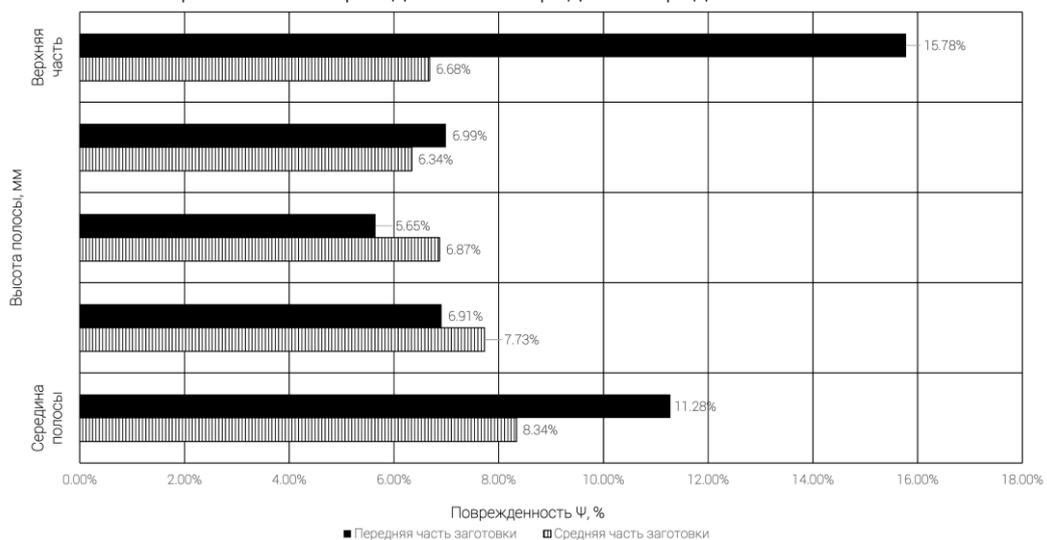


Рис. 7. Сравнение поврежденности в центральной части заготовки и на переднем конце
Максимальное истощение ресурса пластичности здесь также можно объяснить наличием растягивающих напряжений в приконтактных слоях.

Выводы:

- Проанализированы возможные причины возникновения трещин при прокатке непрерывнолитых заготовок на литейно-прокатном комплексе;
- разработаны программы по вычислению поврежденности ψ с использованием среды моделирования Ansys Mechanical APDL для различного вида заготовок;

- установлено, что при решении задач прокатки широких полос вероятность возникновения трещин связана с напряженно-деформированным состоянием заготовки, свойствами металла;
- предложенный метод позволяет проанализировать места исчерпания ресурса пластичности металла, что может быть использовано при расчете поврежденности слябов различной высоты ЛПК ВМЗ.

Литература

1. *Колмогоров В.Л.* Напряжения, деформации, разрушение. Изд-во «Металлургия», 1970. – 229 с.
2. *Рейтман М.И.* Залог прочности. – М.:Стройиздат, 1979. – 136 с.
3. *Гун Г.Я.* Теоретические основы обработки металлов давлением. Учебник для вузов. М., «Металлургия», 1980. – 456 с.
4. *Никитин Г.С.* Теория непрерывной продольной прокатки. Учебное пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. - 399 с.
5. Особенности формирования прикромочных трещин при производстве горячекатаного проката на современных толстолистовых, широкополосных станах и литейно-прокатных комплексах. Часть 1. / *А.В. Мунтин* [и др.] : УДК 669.017:539.3
6. Особенности формирования прикромочных трещин при производстве горячекатаного проката на современных толстолистовых, широкополосных станах и литейно-прокатных комплексах. Часть 2. / *А.В. Мунтин* [и др.] : УДК 669.017:539.3