

ДИНАМИКА ПРОКАТКИ СВАРНЫХ ШВОВ

Веренев В.В., д.т.н., ст.н.с., Подобедов Н.И., к.т.н., ст.н.с.

Институт черной металлургии им. З.И. Некрасова НАН Украины, Украина

Аннотация. Представлены результаты исследований переходных процессов и нагрузок в межклетевых промежутках при холодной непрерывной прокатке полос со сварными соединениями. Применена разработанная ранее и адаптированная к 5-клетевому стану математическая модель и компьютерная программа заполнения полосой непрерывной группы клеток, записанная в абсолютных значениях переменных. Рассмотрены два вида возмущений, действующих со стороны шва: его утолщение на 0,1-0,2 мм длиной до 20 мм и превышение сопротивления деформации на 10-20 % по сравнению с стыкуемыми полосами. При входе утолщенного шва в клеть № 1 происходит кратковременное снижение (ослабление) заднего натяжения до 0,6 начального значения между клетями № 1 и 2. Действие шва в следующих клетях существенно ослабляется ввиду трансформации его формы. Более динамичный случай наступает при увеличенном сопротивлении деформации участка шва: формируются рывки переднего и заднего натяжений до 1,5-2,2 установившегося значения, увеличивается их зависимость от скорости прокатки. В обоих случаях на шве остаются отпечатки вертикальных колебаний клеток, шов становится разнотолщинным. Непосредственно после шва наблюдается утонение («пережим») полосы на 0,07 мм, что способствует нежелательной концентрации продольных напряжений.

Ключевые слова: НЕПРЕРЫВНАЯ ПРОКАТКА, СВАРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ, МЕЖКЛЕТЕВЫЕ НАТЯЖЕНИЯ, СКОРОСТЬ, ОПЕРЕЖЕНИЕ, ТОЛЩИНА ПОЛОСЫ.

Введение. На непрерывных полосовых станах холодной прокатки наблюдаются обрывы полос, сваренных встык. Как показывает анализ публикаций, кроме качества сварки полос и собственно швов выделяется другая причина обрывов. Она состоит в том, что шов как возмущающий фактор во время прокатки вызывает существенные динамические нагрузки в системе «прокатная клеть - очаг деформации - полоса - линия привода валков».

Изучению данной стороны вопроса наиболее полно посвящены работы [1,2], однако, по нашему мнению, исследования далеки от завершения. Задача данной работы состоит в том, чтобы полнее раскрыть характер протекания переходных процессов в полосе, очаге деформации и оборудовании во время последовательной прокатки сварного соединения в непрерывной группе клетей.

Основной материал. Для решения задачи разработанную математическую модель динамики заполнения непрерывной шестиклетевой группы горячей полосой, представленную в абсолютных значениях переменных [3], адаптировали к непрерывному пятиклетевому стану холодной прокатки 1700. В модели учтены упругие колебания клетки и линии привода валков, уравнения межклетевых натяжений и транспортного переноса с запаздыванием толщины полосы между клетями. Основное внимание уделялось исследованию межклетевых натяжений в взаимосвязи с толщиной шва и околошовного участка полосы.

Рассмотрены следующие варианты возмущений со стороны сварного стыка.

А. Участок сварного шва длиной 20 мм изначально превышает на 0,1-0,2 мм толщину стыкуемых полос (условно геометрическое возмущение).

Б. Соппротивление деформации $\sigma_{тш}$ на участке шва больше на 10-20 % чем стыкуемых полос $\sigma_{тш} > \sigma_{тп}$ при равной толщине шва и полос. В. Сочетание возмущений по п. А и Б.

Получены следующие результаты моделирования и закономерности.

А. Геометрическое возмущение. 1. Возмущение со стороны шва, как геометрического фактора, в наибольшей мере действует во второй клетки, к последним клетям заметно ослабляется и не приводит к существенным рывкам натяжения в последних промежутках.

2. При прохождении шва через очаг деформации заднее натяжение колеблется: сначала происходит его ослабление до амплитуды $(0,6-0,8) \cdot T_{уст.}$ установившегося значения, затем увеличение до $1,2 \cdot T_{уст.}$ при незначительной амплитуде колебаний переднего натяжения.

3. По мере прохождения клетей абсолютное и относительное превышение толщины шва уменьшаются согласно выравнивающим свойствам клетей.

4. После каждой клетки не сохраняется ровной поверхность шва, его толщина колеблется в соответствии с частотой собственных колебаний упругой системы клетки.

5. Непосредственно на шве или сразу за ним появляются кратковременные утонения (пережимы) до 0,08 мм. От клетки к клетям эти утонения повторяются в тех же самых местах, что может привести к их наложению и усилению концентрации продольных напряжений.

Б. Силовое возмущение. 1. При прокатке шва с увеличенным сопротивлением деформации всегда образуется рывок заднего натяжения в 1,3-2 раза больше, чем при увеличенной толщине.

2. С увеличением номера клетки действие возмущения $\sigma_{\text{тн}}$ заметно возрастает, рывки натяжения к последним промежуткам, где полоса становится тоньше, увеличиваются.

3. С увеличением скорости прокатки рывки натяжений при прохождении участка шва через клетки возрастают сильнее, чем в варианте А, и достигают $2,2 \cdot T_{\text{уст.}}$.

4. Как и в случае геометрического возмущения происходит аналогичная трансформация поверхности и толщины шва и околшовного участка, с возможным наложением утонений.

В. Одновременное действие возмущений. 1. В переходном процессе по натяжениям в первых двух клетях сначала сказывается превышение толщины шва - амплитуда ослабления заднего натяжения достигает $\sim 0,8 \cdot T_{\text{уст.}}$. Вслед за этим наступает существенный рывок заднего натяжения до $(2-2,3) \cdot T_{\text{уст.}}$ и переднего до $1,5 \cdot T_{\text{уст.}}$. Эти пики зависят от скорости прокатки – увеличиваются.

2. Увеличивается амплитуда колебаний толщины шва примерно в 2 раза в обе стороны с возможностью совмещения пережимов в одном месте.

3. После клетей № 1 и 2 превышение толщины шва, как возмущения, существенно ослабевает, а действие свойств металла шва возрастает вместе со скоростью прокатки и уменьшением толщины прокатываемой полосы. Таким образом, совместное влияние на динамику межклетевых натяжений и

толщины шва и полосы двух возмущений – толщины и свойств металла шва проявляется в первых двух клетях. В остальных клетях сказывается влияние только сопротивления деформации металла шва.

Графики получаемых с помощью модели переходных процессов таких параметров, как скорость входа и выхода полосы из валков, опережения металла в очаге деформации, усилия прокатки соответствуют всем закономерностям теории прокатки.

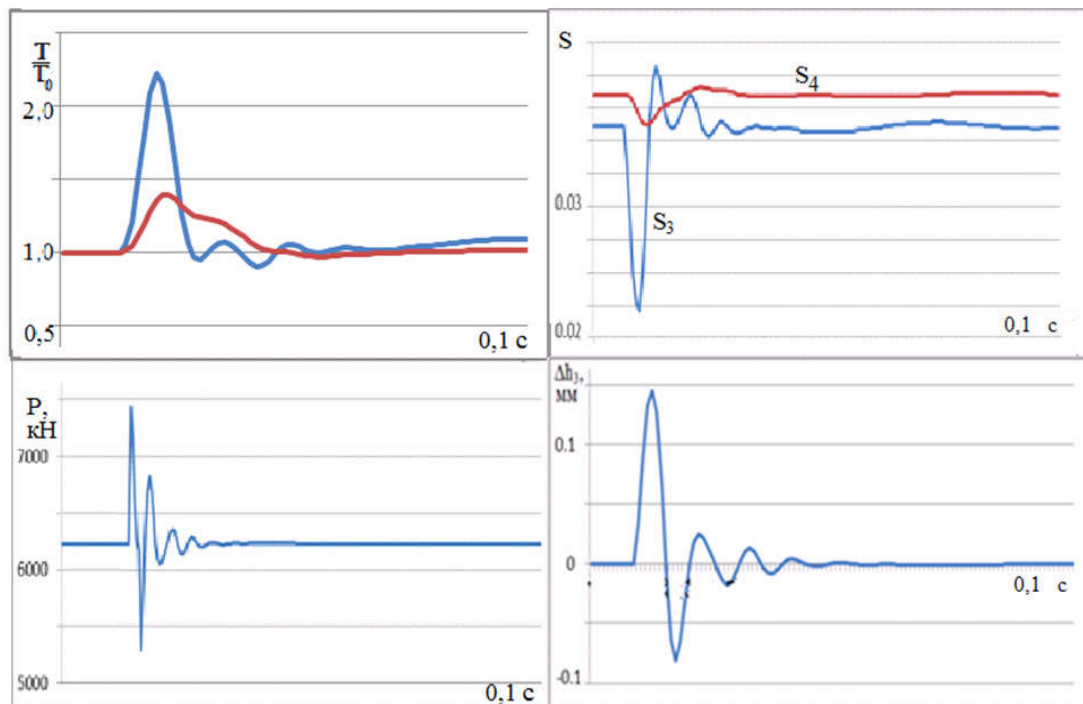


Рисунок – Переходные процессы при прохождении шва с повышенным сопротивлением деформации через клеть № 3: 1 и 2 – относительное заднее и переднее натяжение, S_3 , S_4 – опережение в клетях № 3 и 4, P и Δh – усилия прокатки и отклонение толщины шва

Разработанная модель позволяет выбрать рациональное сочетание режима обжатий и скорости прокатки при заданных параметрах сварного соединения и клетей стана по критерию наименьших рывков межклетевых натяжений и отклонению толщины шва и полосы и за счет этого повысить прокатываемость сварных соединений. Компьютерная программа может быть использована в режиме сопровождения непрерывной прокатки в случаях отклонений в подготовке сварных соединений. Скоростью прокатки швов можно регулировать и предупреждать большие рывки натяжений, если предварительно определять фактическое значение сопротивления деформации $\sigma_{тш}$.

Выводы. 1. Сварные швы как возмущение, действующее со стороны прокатываемой полосы, вызывают существенные рывки межклетевых натяжений. При этом увеличенная толщина шва влияет на динамику в первых клетях, а увеличенное значение сопротивления деформации зоны шва сильнее проявляется в рывках натяжений к последним клетям. На форму шва по толщине решающее влияние оказывают колебания упругой системы клетей, вызывая нежелательные утонения участка полосы вслед за швом.

Литература

1. Прокатка металла со сварными соединениями. В.Л. Мазур, В.И. Мелешко, Д.П. Галкин [и др.] – М.: Металлургия, 1985. – 112 с.
2. Мазур В.Л., Ноговицын А.В. Теория и технология листовой прокатки. (Численный анализ и технические приложения). Днепропетровск, РИА «Днепр-VAL». 2010. – 498 с.
3. Веренев В.В., Путноки А.Ю., Подобедов Н.И. Переходные процессы при непрерывной прокатке. Днепр: Літограф. 2017. - 116 с.

DYNAMICS OF ROLLING OF WELDED JOINTS

Verenev Valentyn, Podobedov Mykolai

Annotation. The results of studies of transients and loads in the inter-cage spaces during continuous cold rolling of strips with welded joints are presented. A mathematical model developed earlier and adapted to a 5-stand mill and a computer program for filling a continuous group of stands with a strip recorded in absolute values of variables are applied. Two types of perturbations acting from the side of the seam are considered: its thickening by 0.1-0.2 mm up to 20 mm long and the excess of deformation resistance by 10 + 20% compared to abutting strips. When a thickened seam enters cdet No. 1, a short-term decrease (weakening) of the back tension occurs to 0.6 of the initial value between stands No. 1 and 2. The action of the seam in the following stands is significantly weakened due to the transformation of its shape. A more dynamic case occurs when the deformation resistance of the weld metal is exceeded: jerks of the front and rear tension are formed up to 1.5-2.2 steady-state values, their dependence on the rolling speed increases. In both cases, imprints of vertical cage vibrations remain on the seam, and the seam becomes multi-thickness. Thinning (“pinch”) of the strip by 0.07 mm is observed immediately

after the seam, which contributes to an undesirable concentration of longitudinal stresses.

Key words: CONTINUOUS ROLLING, WELDED JOINTS, INTERSTAND TENSION, SPEED, LEAD, STRIP THICKNESS.

References

1. Rolling metal with welded joints. V.L. Mazur, V.I. Meleshko, D.P. Galkin [et al.] - M.: Metallurgy, 1985. - 112 p.
2. Mazur V.L., Nogovitsyn A.V. Theory and technology of sheet rolling. (Numerical analysis and technical applications). Dnepropetrovsk, RIA Dnepr-VAL. 2010.- 498 p.
3. Verenev VV, Putnoki A.Yu., Podobedov N.I. Transients during continuous rolling. Dnipro, Lithograph, 2017. - 116 s.