

Снитко С. А.
д.т.н., доцент
Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, ДНР,
Денищенко Н. П.
старший преподаватель
Донбасский государственный технический институт, г. Алчевск, ЛНР

ИССЛЕДОВАНИЕ ОЧАГОВ ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ПРОКАТКЕ ПРЕДЧИСТОВЫХ ОВАЛЬНЫХ РАСКАТОВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ В КРУГЛОМ КАЛИБРЕ

Повышение качества круглых профилей, получаемых прокаткой, является актуальной задачей. Её решение рассмотрено в работах [1–11 и др.]. На практике для прокатки круглых профилей широко применяется система калибров овал-круг. При этом используются различные типы предчистовых овальных калибров, которые имеют свои преимущества и недостатки.

Рациональная калибровка валков для прокатки предчистового овала должна обеспечить получение круглого профиля заданных размеров, высокой точности и хорошего качества, а также создать условия для плавного и надежного захвата металла валками, устойчивого положения раската в круглом калибре, наименьшего и равномерного износа валков. Разработка указанной калибровки требует учитывать закономерности течения металла в круглом калибре.

На практике установлены следующие известные положения [1–4]:

- разновременность захвата овального раската и неравномерность деформации металла валками по ширине круглого калибра отрицательно сказываются на качестве наружной поверхности горячекатаного металла, в том числе повышают вероятность появления трещин и других дефектов на поверхности круглых профилей;

- обеспечение сечения профиля овального раската полностью соответствующим вертикальному сечению круглого калибра в плоскости захвата улучшает устойчивость полосы в момент захвата;

- практически полный охват овального раската по его периметру ручьями круглого калибра уменьшает глубину наружных пороков сталеплавильного происхождения и возможность образования дефектов прокатного производства.

Поставлена задача конечно-элементного моделирования процессов прокатки предчистовых овалов различных типов в круглом калибре и на этой основе установления закономерностей напряженно-деформированного состояния металла. Также планируется выполнить сравнительный анализ основных параметров очагов деформации при прокатке в круглом калибре известных овалов различных типов (плоского овала, двухрадиусного, трехрадиусного) и двух усовершенствованных (четырёхрадиусных) предчистовых овалов.

Реализация моделирования процесса прокатки предчистовых овальных раскатов различных типов, в круглом калибре выполнена методом конечно-элементного моделирования с использованием программного комплекса DEFORM 3D. Адаптация метода конечно-элементного моделирования применительно к решению такого рода задач выполнена в работе [11]. Методика исследований изложена в работах [7, 9]. Исследования проведены в идентичных условиях (вытяжка при прокатке равнялась 1,217).

Калибр завода А (Днепропеталь) представляет собой двухрадиусный овал. Моделирование показало значительную разновременность захвата овального раската. При этом наибольшая длина очага деформации получена в зоне дна круглого калибра, а наименьшая — в зонах боковых стенок его ручьев.

Калибр завода Б (Донецкий металлургический завод) представляет собой плоский овал. По результатам моделирования имеет место значительная разновременность захвата овального раската. При этом наименьшая длина очага деформации получена в зоне дна круглого калибра, а наибольшая — в зонах боковых стенок его ручьев.

Калибр завода В (Алчевский металлургический комбинат) представляет собой специальный трехрадиусный овал. Установлена некоторая разновременность захвата овального раската. При этом наименьшая длина очага деформации получена в зоне дна круглого калибра, а наибольшая — в зонах боковых стенок его ручьев.

Калибр, показанный на рисунке 1, а представляет собой специальный четырехрадиусный овал с выпуклым дном. В этом случае обеспечивается одновременный захват овального раската (рис. 1, б) и, соответственно, одинаковая длина очага деформации по ширине круглого калибра. Калибровка овального калибра разработана на основе теории и компьютерной программы, созданных в работах [6, 8].

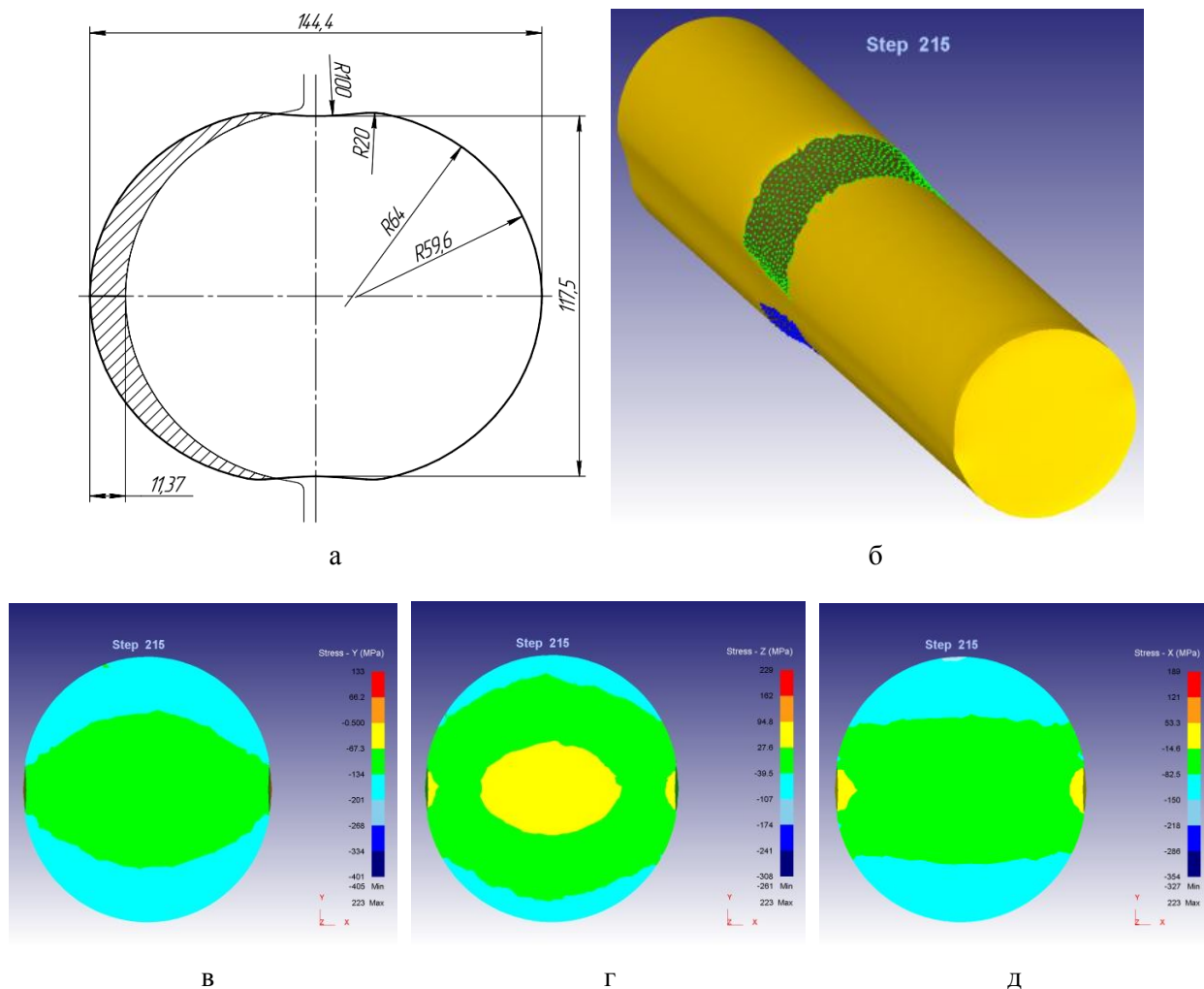


Рисунок 1 — Результаты конечно-элементного моделирования процесса прокатки в круглом калибре четырехрадиусного овального раската, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном: а — чертеж предчистового овального калибра; б — конфигурация очага деформации; в, г, д — распределение нормальных напряжений в средней части очага деформации по вертикальной, продольной и поперечной осям, соответственно

Калибр, показанный на рисунке 2, а представляет собой специальный четырехрадиусный овал с вогнутым дном. В этом случае обеспечивается одновременный захват овального раската по дну и части боковых стенок круглого калибра (рис. 2, б) и, соответственно, одинаковая длина очага деформации в указанной зоне. Калибровка овального калибра разработана на основе теории и компьютерной программы, созданных в работах [6, 8].

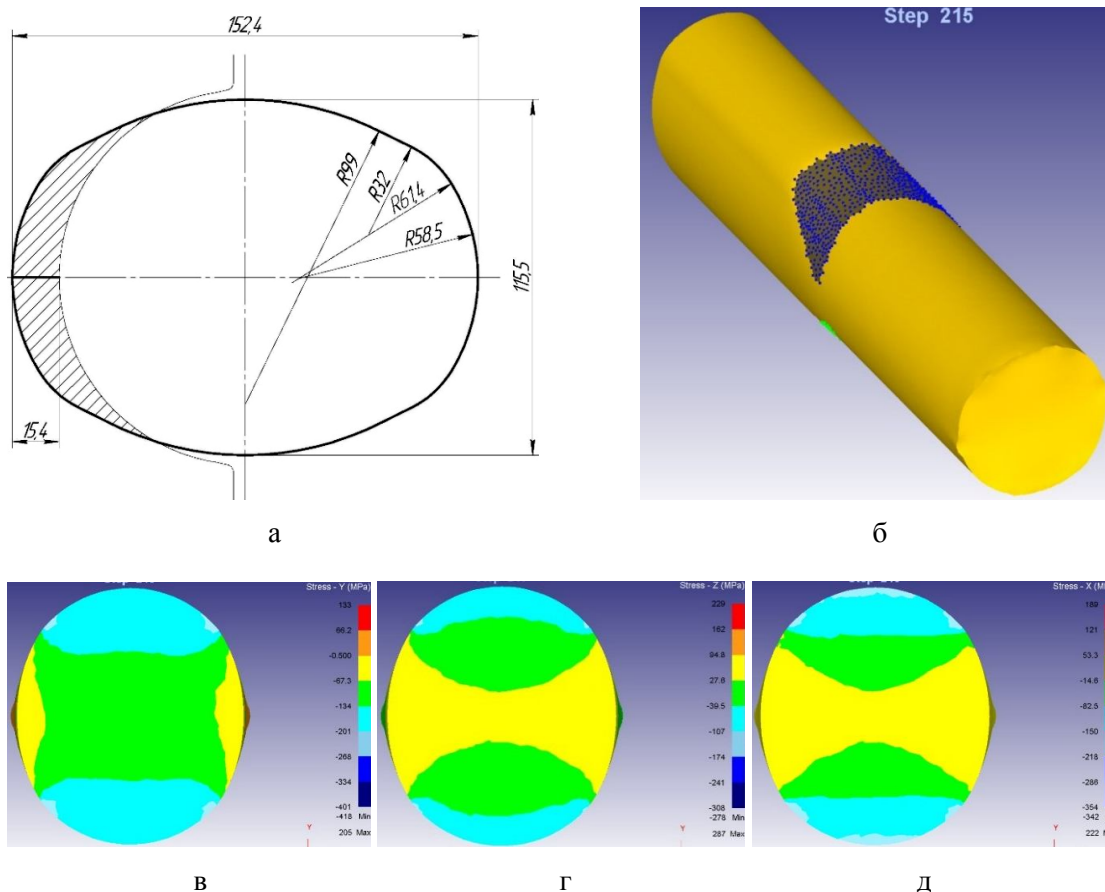


Рисунок 2 — Результаты конечно-элементного моделирования процесса прокатки в круглом калибре четырёхрадиусного овального раската, полученного в специальном овальном калибре с вогнутым дном: а — чертеж предчистового овала; б — конфигурация очага деформации; в, г, д — распределение нормальных напряжений в средней части очага деформации по вертикальной, продольной и поперечной осям, соответственно

Выполнен сравнительный анализ выявленных закономерностей напряженно-деформированного состояния металла в очагах деформации при прокатке овалов различных типов в круглом калибре. Анализ распределения нормальных напряжений в средней части очага деформации по вертикальной оси показал, что наибольшие сжимающие напряжения 130–200 МПа по всей боковой поверхности контакта получены при прокатке четырёхрадиусного овала, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном. Анализ распределения нормальных напряжений в средней части очага деформации по продольной оси (в направлении прокатки) показал, что наибольшая по протяженности зона сжимающих напряжений (40–100 МПа) по дну и боковым стенкам круглого калибра имеет место при прокатке четырёхрадиусного овала, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном. Анализ распределения нормальных напряжений в средней части очага деформации по поперечной оси (в направлении течения металла в уширение) показал, что наименьшая протяженность зон растягивающих напряжений (не более 50 МПа) получена при прокатке четырёхрадиусного овала, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном. Причем они расположены только у зазоров круглого калибра и связаны с течением металла в уширение.

Показано, что только при прокатке четырёхрадиусного овала, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном, его сечение полностью соответствует вертикальному сечению круглого калибра в плоскости захвата, что улучшает устойчивость полосы в момент захвата.

Установлено, что только при прокатке четырёхрадиусного овала, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном, обеспечивается одновременный захват металла валками практически по всей ширине круглого калибра, что снижает вероятность появления трещин.

Результаты конечно-элементного моделирования процесса прокатки предчистовых овальных раскатов различных типов показали, что только при прокатке четырёхрадиусного овала, полученного в специальном овальном калибре с выпуклым дном, имеет место практически полный охват овального раската по его периметру ручьями круглого калибра. Так, при диаметре прокатанного круга в горячем состоянии 121,6 мм, контакт уже в первый момент захвата получен на ширине калибра, равной 120 мм.

Неравномерность деформации металла, которая отрицательно сказывается на качестве наружной поверхности горячекатаного металла, оцениваемая по каждой калибровке отклонением значения максимального обжатия от значения среднего приведенного обжатия по ширине калибра при прокатке, составила при использовании двухрадиусного овала — 24,2 %, плоского овала — 32,9%, трехрадиусного овала — 29,4 %, четырёхрадиусного овала (калибр с вогнутым дном) — 19,8 %, четырёхрадиусного овала (калибр с выпуклым дном) — 6,2 %.

Направление дальнейших исследований связано с исследованием износа валков при прокатке в круглом калибре предчистовых овалов различных типов.

Список литературы

1. Прокатка и калибровка : справочник. Т. 1 / Б. М. Илюкович, Н. Е. Нехаев, С. Е. Меркурьев ; под ред. Б. М. Илюковича. — Днепропетровск : РВА «Дніпро-ВАЛ», 2002. — 506 с.
2. Чекмарев, А. П. Калибровка прокатных валков / А. П. Чекмарев, М. С. Мутьев, Р. А. Машковцев. — М. : Металлургия, 1971. — 512 с.
3. Бахтинов, Б. П. Калибровка прокатных валков / Б. П. Бахтинов, М. М. Штернов. — М. : Metallurgizdat, 1953. — 784 с.
4. Бахтинов, В. Б. Технология прокатного производства / В. Б. Бахтинов. — М. : Металлургия, 1983. — 486 с.
5. Hong, H. Roll pass design and simulation on continuous rolling of alloy steel round bar / H. Hong // Procedia Manufacturing : 9th International Conference on Physical and Numerical Simulation of Materials Processing (ICPNS'2019). — 2019. — Vol. 37. — P. 127–131.
6. Бочков, Н. Г. Производство качественного металла на современных сортовых станах / Н. Г. Бочков. — М. : Металлургия, 1988. — 312 с.
7. Пат. 102915 Украина, МПК (2012) B21B 1/02. Способ прокатки круглых профилей / В. Б. Шум, А. В. Яковченко, В. М. Никишин, А. В. Курилов, Р. Е. Гайдук, В. В. Борискин. — № a201200925 ; заявл. 30.01.12 ; опубл. 27.08.13, Бюл. № 16.
8. Снитко, С. А. Математическая модель поверхности круглого калибра / С. А. Снитко, Н. П. Денищенко // Вестник Донецкого национального технического университета. — 2020. — Т. 20. — № 4. — С. 43–48.
9. Снитко, С. А. Исследование процесса самоцентрировки овального раската специальной формы в круглом калибре на базе метода конечных элементов / С. А. Снитко, Н. П. Денищенко // Ресурсосберегающие технологии производства и обработки давлением материалов в машиностроении : сб. науч. тр. — 2021. — Т. 36. — № 3. — С. 71–82.
10. Развитие теории и технологии прокатки круглых профилей / С. А. Снитко, Н. П. Денищенко, А. В. Яковченко, П. Н. Денищенко // Сборник научных трудов ДонГТИ. — 2021. — Вып. 25 (68). — С. 32–45.
11. Снитко, С. А. Адаптация метода конечно-элементного моделирования процесса прокатки овального раската в круглом калибре / С. А. Снитко, Н. П. Денищенко, В. В. Пилипенко // Сборник научных трудов ДонГТИ. — 2021. — Вып. 23 (66). — С. 32–39.