

3. Рассчитан и проверен численным экспериментом оптимизированный скоростной режим, существенно улучшающий силовую нагрузку на клетки № 13, 17, 18 стана 320.

4. Разработана методика для определения параметров прокатки, которая может универсально применяться и для других схем калибров.

5. Для получения боковых полос арматуры потребовалось увеличение межвалкового зазора в клетки № 17 с 4,5 до 7,5 мм на 3 мм.

Литература

1. Астапенко, И. В. Оборудование прокатных цехов : практикум по выполнению лаборатор. работ для студентов специальности 1-42 01 01 «Металлургическое производство и материалобработка (по направлениям)» направления 1-42 01 01-01 «Металлургическое производство и материалобработка (металлургия)» специализации 1-42 01 01-02 01 «Обработка металлов давлением» днев. и заоч. форм обучения / И. В. Астапенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 47 с.
2. Барановский, Д. С. Совершенствование прокатки по «слиттинг-процессу» в контрольном калибре стана 320 ОАО «БМЗ» / Д. С. Барановский, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XXI Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 22–23 апр. 2021 г. В 2 ч. Ч. 1 / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 93–97.
3. Барановский, Д. С. Конструктивные решения контроля ширины полосы для горячей прокатки по «слиттинг-процессу» / Д. С. Барановский, И. В. Астапенко // Беларусь в современном мире : материалы XIV Междунар. науч. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 13–14 мая 2021 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого, Гомел. обл. орг. о-ва «Знание» ; под общ. ред. В. В. Кириенко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 250–253.
4. Васильков, Д. М. Исследование параметров очага деформации полосы при прокатке в валах с ящичными калибрами черновой группы клетей стана 370/150 ОАО «БМЗ» / Д. М. Васильков, И. В. Астапенко // Исследования и разработки в области машиностроения, энергетики и управления : материалы XVIII Междунар. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Гомель, 26–27 апр. 2018 г. / М-во образования Респ. Беларусь, Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого ; под общ. ред. А. А. Бойко. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2018. – С. 178–182.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СТРЕСС-ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ПРОКАТЕ В ЧЕРНОВОЙ ГРУППЕ КЛЕТЕЙ ЗАГОТОВКИ СЕЧЕНИЕМ 250 × 300 ММ

И. А. Панковец

*ОАО «БМЗ – управляющая компания холдинга «БМК», г. Жлобин,
Республика Беларусь*

Научный руководитель М. Н. Верещагин

За весь период работы стана 370/150 (начиная с октября 2015 г.) при производстве сортового проката в прутках отмечаются дефекты поверхности прокатного происхождения, такие как морщины, вкатанная окалина, деформационная рванина, чешуйчатость и др. Классификация дефектов проводилась соответствии с ГОСТ 21014. В ходе анализа причин образования поверхностных дефектов выявлена вероятная причина – снижение пластичности металла на поверхности тела раската. Для исследования и определения стресс-факторов, потенциально способных привести к снижению пластичности проведены математические эксперименты методом конечных

элементов. Метод конечных элементов – это метод приближенного численного решения физических задач [1].

Методика проведения исследования. В качестве основополагающих факторов, влияющих на снижение пластичности металла на поверхности при прокате заготовки номинальным сечением 250 × 300 мм длиной 500 мм, определены следующие:

- влияние радиуса скругления (сопряжения) граней исходной заготовки;
- влияние коэффициента трения при прокате (имитация износа калибра);
- влияние радиуса скругления (сопряжения) стенки со дном ящичного калибра;
- влияние температуры поверхности прокатного инструмента.

В качестве объекта исследования выбраны клетки черновой группы.

Исследование влияния радиуса скругления (сопряжения) граней исходной заготовки номинальным сечением 250 × 300 мм. Рассмотрено влияние радиуса скругления (сопряжения) граней исходной заготовки номинальным сечением 250 × 300 мм на температурно-деформационные характеристики процесса проката с различными заготовками.

При температуре начала прокатки 1100 °С и температуре поверхности валков 150 °С максимальное напряжения деформации в углах заготовки с радиусами скругления 20 и 10 мм составило 78 и 81 МПа соответственно. При этом минимальная температура в очаге деформации первой клетки, в обоих случаях, составила 951–952 °С.

Анализируя результаты математического моделирования, различия температурно-деформационного состояния не наблюдались. Причиной отсутствия значительных различий температурно-деформационного состояния в очагах деформации клеток 2–7 между радиусом скругления 10 и 20 мм не выявлено. Данный факт объясним тем, что при прокате в первой клетки заготовок с различными радиусами скругления плоскостей, раскат принимает форму первого калибра и далее раскат, в обоих случаях, имеет одинаковую геометрию поперечного профиля, что и сказалось на отсутствии значительных различий при прокате. Стоит отметить, что при прокате заготовки с радиусом скругления граней 20 мм увеличилось усилие толкателя (трайбаппарата) в очаг деформации первой клетки на 6 %, однако распределение нагрузки более равномерное при меньшем напряжении в углах заготовки.

В ходе проведения эксперимента, с радиусами скругления 20 и 10 мм на заготовках, получены однозначные данные, свидетельствующие о том, что значительных различий при прокатке не выявлено, в связи с чем проведен дополнительный эксперимент с заготовкой без радиуса скругления плоскостей поверхности, моделирование процесса проката заготовки после 100%-ной обточки поверхности.

Результатом дополнительного эксперимента, углы бляма без скругления, стало повышение максимального напряжения в первой клетки до 85 МПа, при этом минимальная температура составила 892 °С. Далее при прокате в клетях 4–5 минимальная температура составила 769 °С, максимальная нагрузка составила 123 МПа. Таким образом, отсутствие скругления на заготовке повышает температурный градиент и при этом возрастает локальное напряжение на поверхности раската при прокатке.

Исследование влияния коэффициента трения при прокате. Принято считать, что в процессе горячей прокатки, в момент захвата валком раската и непосредственно при самой прокатке происходит граничное трение – возникающее на поверхности раздела двух тел (валка и раската) [2], [3]. В качестве адсорбционной смазки может выступать мелкодисперсная окалина на поверхности раската, при этом увеличение общей шероховатости валка (выработка калибра) приводит к увеличению коэффициента трения за счет более грубой поверхности калибра.

При температуре начала прокатки 1100 °С и температуре поверхности валков 150 °С максимальное напряжения деформации в углах заготовки с различными коэффициентами трения 1,0 и 0,4 мм составило 83 и 81 МПа соответственно. При этом минимальная температура в очаге деформации первой клетки в обоих случаях составила 966 и 951 °С соответственно.

Анализируя результаты математического моделирования на клетях 4–5, различия деформационного состояния проявились более значительно, при этом температурный градиент остался неизменным. Повышение напряженного состояния в очаге деформации объясняется высоким коэффициентом трения, обусловленного выработкой калибра. В процессе проката из-за выработки поверхности калибра отсутствует граничное трение. Отсутствие трения-скольжения дополнительно препятствует раскату пластически деформироваться и принимать форму калибра, вследствие чего и возникает повышение локального напряжения на поверхности раската.

Исследование влияния радиуса сопряжения стенки и дна калибра. В качестве исследования проведен ряд экспериментов с измененным радиусом сопряжения стенки ящичного калибра со дном в диапазоне ± 10 мм от фактического размера на калибрах 1–4 клетях. Температура начала прокатки 1100 °С и температура поверхности валков составила 150 °С для каждого эксперимента.

При прокате в клетки 1 и увеличенным радиусом сопряжения с 27 до 37 мм значительно возросло напряженное состояние с 75 до 89 МПа, минимальная температура составила 918 °С против 951 °С (считая от стандартного процесса проката). Возможной причиной явилось неравномерность деформации в момент захвата валками заготовки, т. е. из-за большого радиуса скругления калибра (37 мм) происходит более ранний и более интенсивный процесс пластической деформации в углах, и только после всего тела заготовки.

Анализируя полученные данные, можно сделать предварительный вывод: чем больше разница между радиусом скругления заготовки и радиусом сопряжения стенки и дна ящичного калибра, тем выше значение локального напряженного состояния на поверхности раската [4].

Исследование влияние температуры поверхности прокатного инструмента на температурно-деформационные характеристики проката. Как известно из источников технической литературы по прокатному производству, прокатный инструмент перед прокатом должен иметь температуру, достаточную для безаварийного процесса проката и при этом не должен локально захлаживать поверхность раската. Другими словами, температура прокатного инструмента должна находиться в узком диапазоне температур, обеспечивая оптимальные условия технологических и эксплуатационных параметров. Проведено численное моделирование процесса проката с температурой валков 20 °С, результаты эксперимента, в сравнении с процессом проката при температуре валков, – 150 °С.

При температуре начала прокатки 1100 °С и температуре поверхности валков 20 °С напряжения деформации в углах заготовки составляют 128 МПа, градиент температур между поверхностью и сердцевиной заготовки достигает 352 °С. При повышении температуры поверхности валков до 150 °С напряжения деформации снижаются до 120 МПа одновременно с уменьшением градиента температур до 271 °С.

Полученные результаты, по оценке стресс-факторов при прокате в черновой группе клетей, можно разделить на две основные группы: критические (температура валков, износ калибра, отсутствие радиуса скругления на заготовке после 100%-ной обточки); не значительные, либо не достаточно изученные факторы в силу достаточно грубых математических моделей (радиус скругления на заготовке 20 мм, радиус

сопряжения стенки и дна ящичного калибра ± 10 мм). Суммируя критические факторы, вариативность реального процесса, возникают локальные очаги захлаживания с одновременным возрастанием локального напряженного состояния, в сравнении с нормальным процессом проката: в клетях 1 температура – 864 °С (951 °С), напряжение – 86 МПа (81 МПа); в клетях 4–5 температура – 732 °С (848 °С), напряжение – 144 МПа (120 МПа). Для более глубокого анализа необходимо моделирование процесса проката при помощи тетраэдрических элементов сеткопостроения.

Литература

1. Основы метода конечных элементов в инженерных приложениях : учеб. пособие / С. В. Каменев ; Оренбург. гос. ун-т. – Оренбург : ОГУ, 2019. – 110 с.
2. Крагельский, И. В. Развитие науки о трении. Сухое трение / И. В. Крагельский, В. С. Щедров. – М. : Изд. АН СССР, 1956.
3. Popov, V. L. Kontaktmechanik und Reibung. Ein Lehr- und Anwendungsbuch von der Nanotribologie bis zur numerischen Simulation, Springer, 2009.
4. Смирнов, В. К. Калибровка прокатных валков : учеб. пособие для вузов / В. К. Смирнов, В. А. Шилов, Ю. В. Инатович. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М. : Теплотехник, 2010. – 490 с.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВРАЩЕНИЯ ВОЛОКИ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ОЧАГА ДЕФОРМАЦИИ ПРИ ВОЛОЧЕНИИ СТАЛИ

В. А. Петрусевич

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель И. В. Астапенко

Цель работы – исследование влияния частоты вращения волокна на напряженное состояние очага деформации при волочении стали в первом проходе стана UDZSA 2500/6 для совершенствования процесса волочения и повышения механических характеристик проволоки.

Поставленная цель достигается решением следующих задач:

- 1) разработка базовой численной модели процесса волочения на первом переходе без использования вращающейся волокна по технологическим параметрам стана UDZSA 2500/6;
- 2) определение параметров очага деформации волочения в 1-м проходе при помощи аналитического расчета и численного моделирования;
- 3) моделирование процесса волочения в первом проходе стана UDZSA 2500/6 для определения влияния скоростного режима вращения волокна на напряженное состояние очага деформации и механические характеристики проволоки.

Объектом исследования является технологический процесс волочения проволоки-заготовки шурупного производства на стане UDZSA 2500/6 магазинного типа цеха предварительного волочения ОАО «Речицкий метизный завод».

Для совершенствования технологического процесса было предложено применить в процессе волочения вращатели волок, позволяющие добиться [1], [2]:

- повышения ресурса волок;
- снижения энергозатрат;
- улучшения механических характеристик проволоки.

На первом этапе исследований анализировалась эффективность применения вращателей 1-й и 6-й волок для стана UDZSA 2500/6 в соответствии с действующими режимами технологического процесса по следующим направлениям: