

УДК 621.774.353

Моделирование процесса прошивки на стане ТПА 73 - 273, исследование температуры и напряжений

Цыганков Кирилл Максимович kirill0904002@mail.ru

Лагошина Елена Владимировна lagosh@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Разработана компьютерная модель для моделирования технологического процесса прошивки стальной заготовки в гильзу. Используя метод конечных элементов, получены результаты, соответствующие действительному процессу. Полученные данные могут быть использованы для параметрического анализа и оптимизации технологических режимов двухвалковой прошивки.

Ключевые слова: труба, гильза, прокатка, операция прошивки, стан Дюшера, моделирование, анализ температуры и напряжений

Modeling of the piercing process on mill TPA 73 - 273, temperature and stress research

Tsygankov Kirill Maksimovich kirill0904002@mail.ru

Lagoshina Elena Vladimirovna lagosh@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. A computer model has been developed for simulating the technological process of piercing a steel blank into a billet. Using the finite element method, results have been obtained that correspond to the actual process. The obtained data can be used for parametric analysis and optimization of the technological modes of two-roll piercing.

Keywords: tube, shell, rolling, piercing operation, Diescher mill, modeling, temperature and stress analysis

Введение. На протяжении длительного времени процесс прошивки слитка или заготовки в гильзу является наиболее сложным и определяющим для качественных и количественных показателей различных способов производства [1]. В процессе изготовления бесшовных труб широко применяется операция горячей прошивки. Одним из распространенных способов получения гильзы является прошивка в двухвалковых станах Дюшера с направляющими инструментами — дисками.

При прошивке важным параметром является поле температур в процессе операции, необходимо точно оценивать температуру на всей поверхности заготовки и в контакте с инструментом. Сложность процесса, трудности теоретического и экспериментального анализа привели к отсутствию единой точки зрения на природу напряженно-деформированного состояния заготов-

ки при винтовой прокатке и, в частности, на природу разрушения ее осевой зоны [2, 3]. Все вышесказанное подчеркивает значимость исследования процесса прошивки.

Цель работы — моделирование процесса прошивки, исследование полей температур и НДС.

Материалы и методы. Для процесса моделирования была создана сборка в САД-программе и загружена в программу QForm. Сборка включает в себя валки, направляющие диски, оправку и заготовку. Диаметр заготовки — 250 мм, длина заготовки — 1000 мм, диаметр оправки — 217 мм, диаметр дисков — 2504 мм, диаметр валков в пережиме — 1055 мм, угол подачи — 9 °С, угол раскатки — 15 °С. На основе вышеперечисленных данных, которые соответствуют реальному маршруту прошивки, построена схема прошивки в стане Дишера, изображенная на рис. 1.

Зададим основные параметры прокатки в программе, для этого назначим материал заготовки — сталь 17ГС. Начальную температуру заготовки задали равной 1210 °С, начальная температура инструментов 150 °С. Для пар «оправка – заготовка», «диски – заготовка» был задан коэффициент трения по Зибелю — 0,7, для пары «валок – заготовка» был задан фактор трения 10 для исключения проскальзывания. Частота вращения валков и дисков равнялась 70 и 10 об/мин соответственно. Добавим входную и выходную проводку и зададим толкатель с автоматической скоростью подачи и предельной силой.

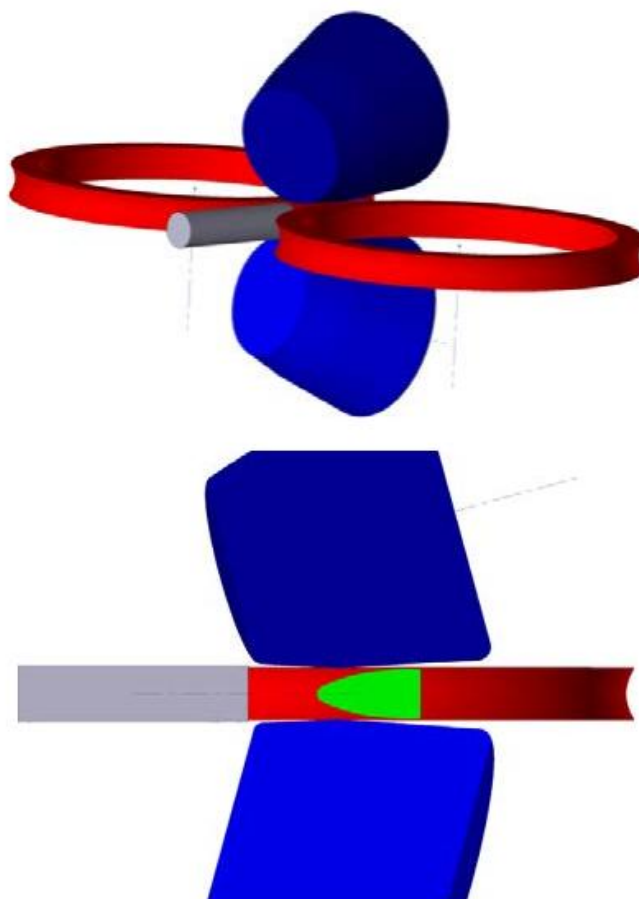


Рис. 1. Схема прошивки в стане Дишера

Зададим параметры расчета: метод интегрирования — явный. Максимальное приращение деформации 0,1. Максимальное число итераций 50 и относительная точность решения 0,01. Уменьшаем адаптацию заготовки в зоне контакта до 2.

Многошаговый сдвиг позволяет разбивать шаг расчета на указанное число «подшагов», что позволяет качественно улучшить траекторию движения заготовки и повысить сходимость решения [4]. Зададим многошаговый сдвиг равным 5.

Поскольку инструмент квазистационарный (сетка неподвижна), то такой подход позволяет измельчать сетку в относительно небольшой области, а не по всей поверхности инструментов, что приводит к увеличению точности расчета, снижению количества узлов модели и, как следствие, к снижению временных затрат.

Расчет ведется с двумя сетками. Геометрическая и расчетная сетки связаны между собой, т. к. на геометрической сетке происходит пересчет температур и деформаций с расчетной сетки. Значит для обеспечения точности передачи информации о полях необходимо установить соответствие между качеством этих двух сеток. Такое соответствие выражается в сопоставлении размеров ребер элементов, т. е. размеры элементов расчетной сетки в зоне контакта должны быть сопоставимы с размерами элементов геометрической сетки.

Результаты. По результатам расчета получили данные об изменении температурного поля в очаге деформации в начале операции и в конце операции (рис. 2, а, б)

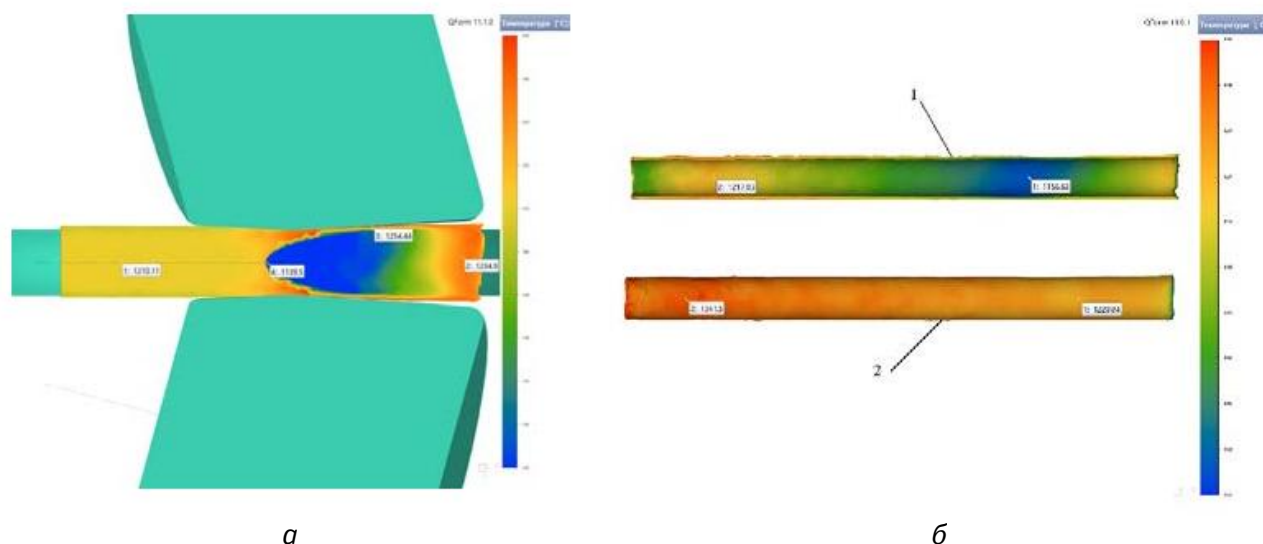


Рис. 2. Поле температуры: поле температуры в очаге деформации (а) и поле температуры на поверхностях гильзы (б)

Температурное поле в очаге деформации (рис. 2, а) в начале операции, имеет максимальное значение на контакте заготовки с валками и равна

1255 °С, минимальное значение поля температуры находится на поверхности контакта заготовки с носиком оправки и равна 1140 °С. Температура за очагом деформации, меняется только на поверхности и более быстро охлаждается с угла торца заготовки.

Рассмотрим поле температуры в конце операции (рис. 2, б), температура на внешней поверхности гильзы — модель 2, выше температуры внутренней поверхности — модель 1, на внешней поверхности температура варьируется от 1200 до 1245 °С. Температура внутри гильзы варьируется от 1150 до 1220 °С и имеет характерное пятно пониженной температуры в начальной части гильзы.

На рис. 3 показано температурное поле в поперечном сечении в конце операции, где расположено пятно падения температуры в начале гильзы (рис. 3, а) и рост температуры в конце гильзы (рис. 3, б). На рис. 4 приведена статистика температуры по всему объему гильзы, где можно увидеть характер роста температуры.

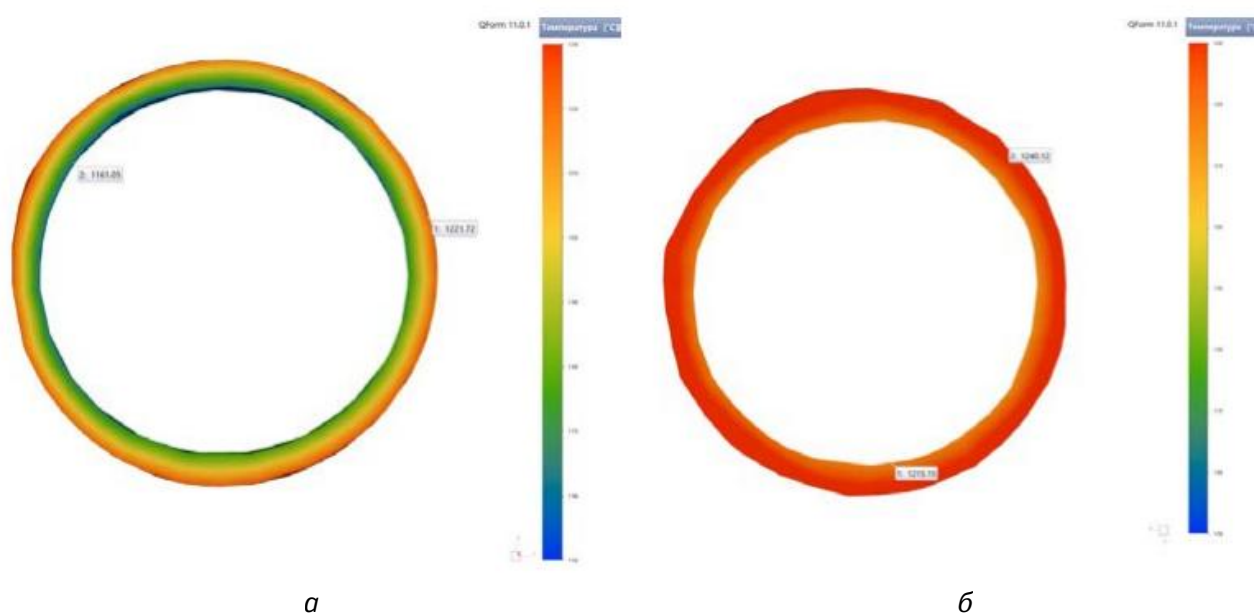


Рис. 3. Поле температуры в поперечных сечениях, где (а) поперечное сечение в начале гильзы, (б) поперечное сечение в конце гильзы

При моделировании процесса прошивки представляет интерес анализ износостойкости инструмента согласно [5]. Поле температуры инструментов показано на рис. 5, валков и оправки в конце операции. Начальная температура инструментов 150 °С. В процессе операции температура валков в области пережима повышается до 470 °С. Температура носика оправки быстро возрастает за счет теплообмена с заготовкой в течении 2 секунд (рис. 6), что объясняет наличие пятна падения температуры на заготовке в начальной части гильзы (рис. 2). Носик оправки имеет максимальную температуру 650 °С в конце операции.

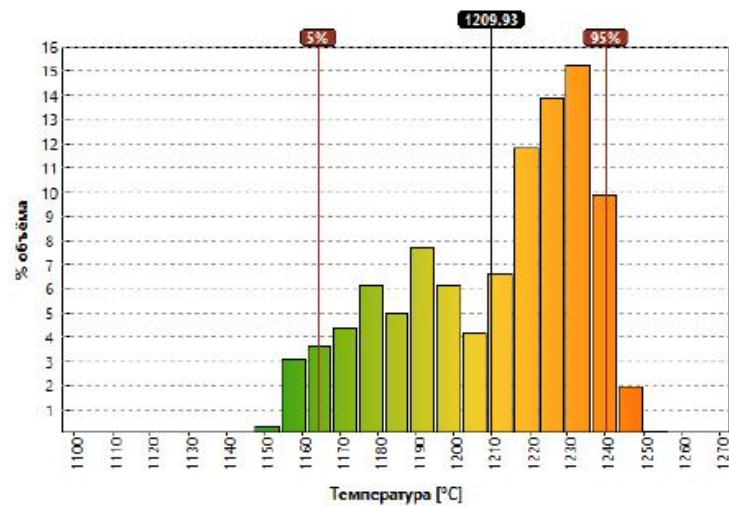


Рис. 4. Статистика температуры по всему объему гильзы

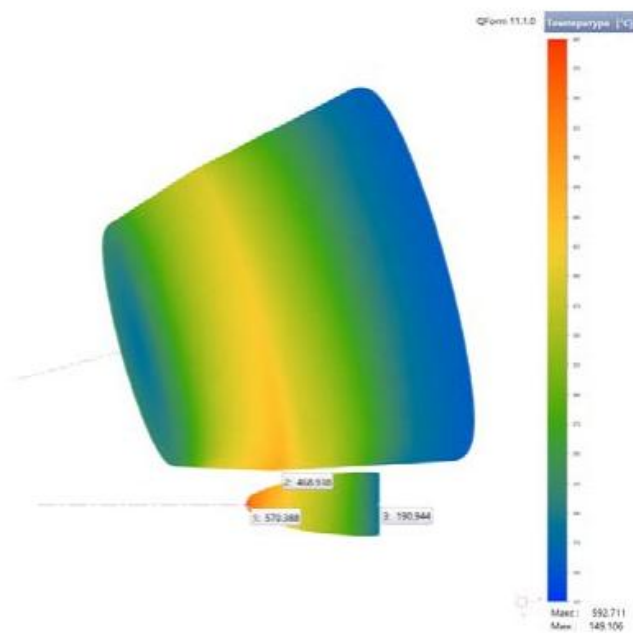


Рис. 5. Поле температуры в очаге деформации на поверхности инструментов

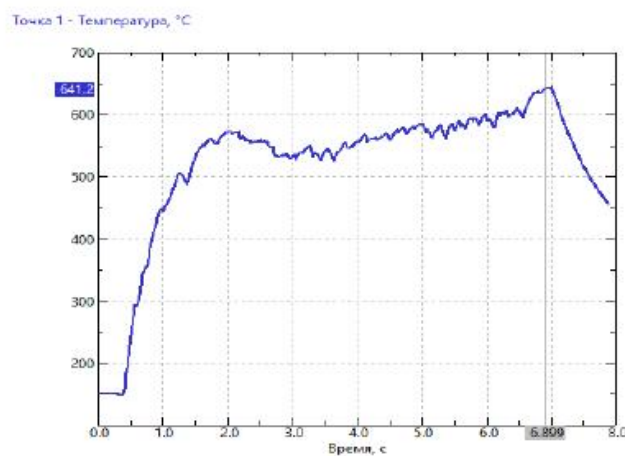


Рис. 6. Изменение температуры носика оправки от времени деформации

На рис. 7 показаны поля напряжений в очаге деформации заготовки. Среднее поле напряжений (рис. 7, а), показывает места, где действует сжимающие напряжения, место контакта валков с заготовкой, а также близ места контакта заготовки и носика оправки. В остальных местах действуют растягивающие напряжения. Поле интенсивности напряжений (рис. 7, б) показывает напряжения на элементарной площадке, одинаково накопленной к главным осям напряжений в точке.

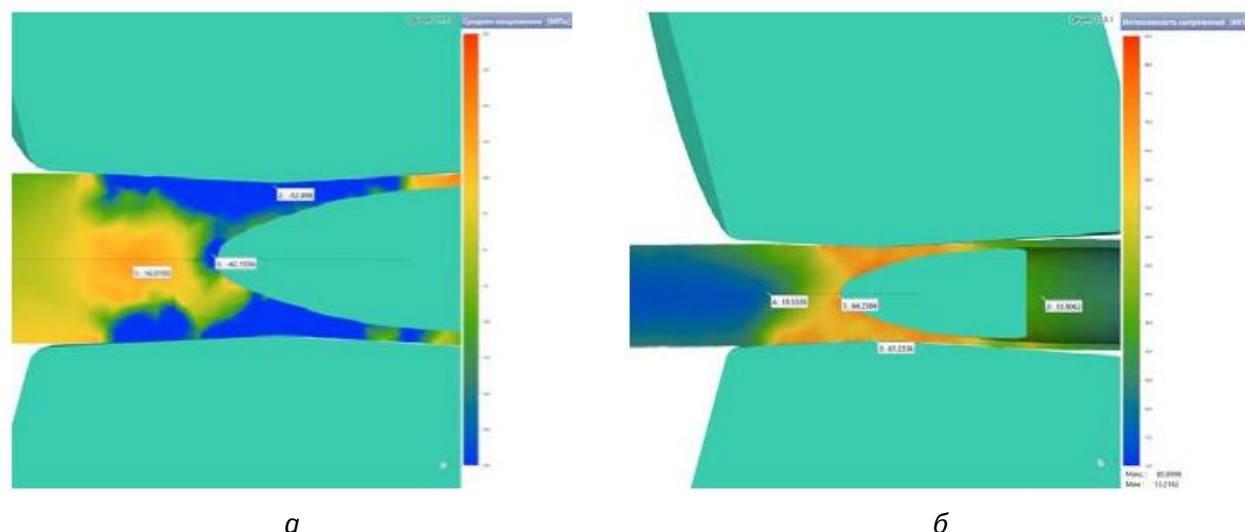


Рис. 7. Поля напряжений в очаге деформации, где (а) среднее напряжение, (б) интенсивность напряжений

Силовые параметры показаны на рис. 8. Сила действующая на валок в процессе операции (рис. 8, а). В течение 2-х секунд внедрения оправки в заготовку наблюдается рост силы до 1800 кН, после этого сила не меняется, процесс установившийся. Момент прокатки (рис. 8, б) при установившемся режиме равен $250 \times 10^3 \text{ Н} \times \text{м}$.

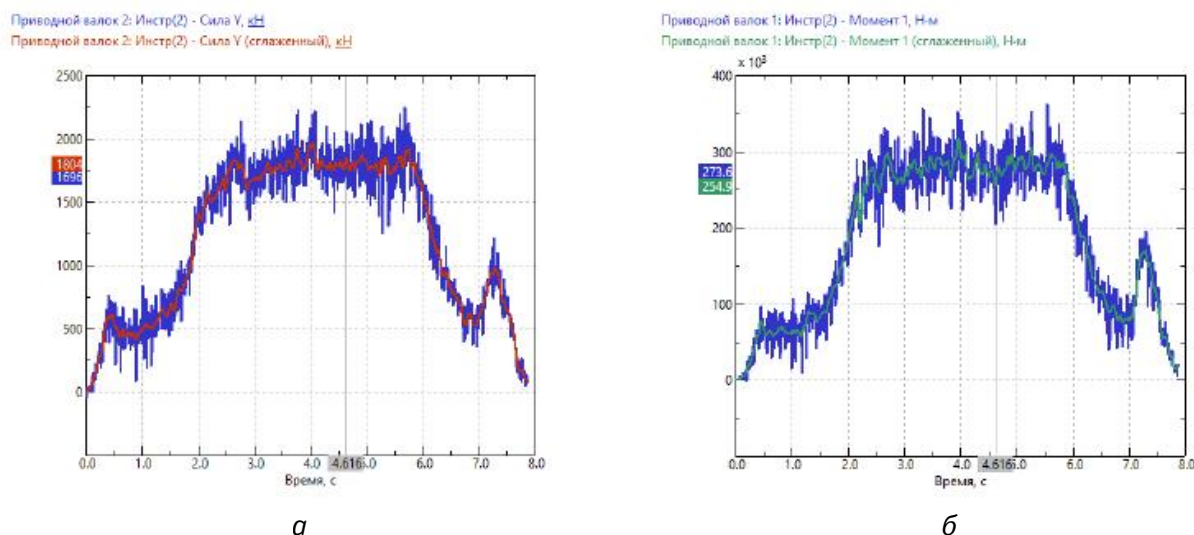


Рис. 8. Силовые параметры инструмента, где (а) сила прокатки, (б) момент прокатки

Заключение. Таким образом, проведенное исследование показало возможность применения математического моделирования для исследования процесса прошивки в двухвалковом стане Дишера. Анализ полученных при моделировании данных и возможность их дальнейшей обработки позволят оценить технологические особенности параметров инструмента и заготовки для дальнейшего улучшения процесса прошивки.

Список источников

- [1] Друян В.М., Гуляев Ю.Г., Чукмасов С.А. *Теория и технология трубного производства*. Днепропетровск, РИА «Днепр-ВАЛ», 2001, 544 с.
- [2] Коликов А.П., Романенко В.П., Самусев С.В. *Машины и агрегаты трубного производства*. Москва, МИСиС, 1998, 536 с.
- [3] Никулин А.Н. *Винтовая прокатка. Напряжения и деформации*. Москва, Металлургиздат, 2015, 380 с.
- [4] Власов А.В., Стебунов С.А., Евсюков С.А., Биба Н.В., Шитиков А.А. *Конечно-элементное моделирование технологических процессовковки и объемной штамповки*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019, 383 с.
- [5] Романцев Б.А., Гончарук А.В., Вавилкин Н.М., Самусев С.В. *Трубное производство*. Москва, МИСиС, 2011, 970 с.