

## ▶ МЕТОД КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ СХЕМЫ ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ ТРУБНОЙ ЗАГОТОВКИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПО ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ТРУБ

На сегодняшний день гарантией получения качественной трубной продукции не является даже внедрение нового дорогостоящего оборудования – его технические возможности необходимо адаптировать к существующим на предприятиях производственным процессам. В этой статье приведены результаты исследований влияния параметров исходной заготовки и конструкции валкового инструмента на качество трубной продукции, полученной в трубоэлектросварочном цехе №2 АО "Выксунский металлургический завод" на трех новых трубоэлектросварочных агрегатах 12,7-60, 21-89, 40-133 производства Olimpia 80.

Компоновка всех трех формовочных станов одинакова. Она состоит из группы клетей с открытым профилем калибра, включающей восемь чередующихся клетей с горизонтальным и вертикальным расположением валков; группы клетей с закрытым профилем калибра и чередованием клетей, аналогичным

предыдущей группе; а также шовонаправляющей и сварочной клетей (рис. 1). В процессе производства на ряде типо-

размеров были выявлены проблемы с качеством получаемых труб: обнаружались трещины сварного соединения, не-

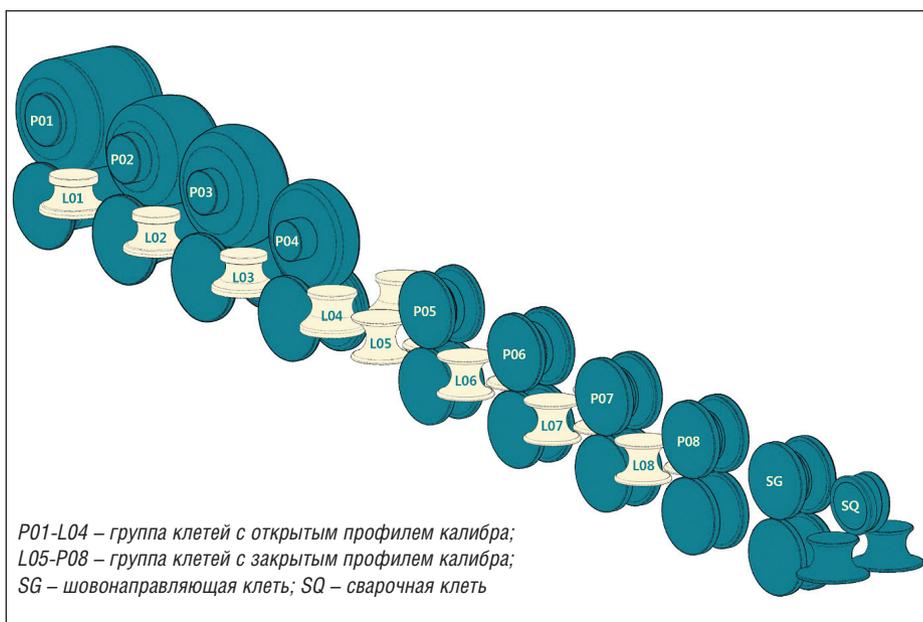


Рис. 1. Компоновка формовочно-сварочного стана

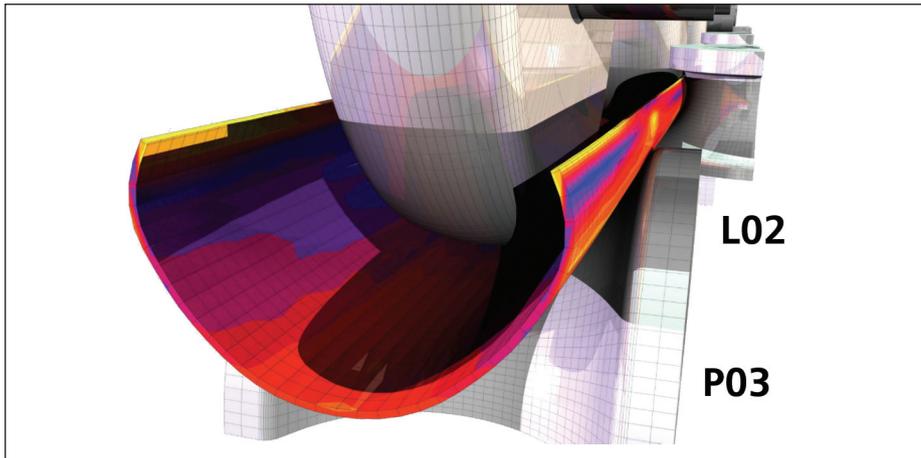


Рис. 2. Форма непроформованных участков

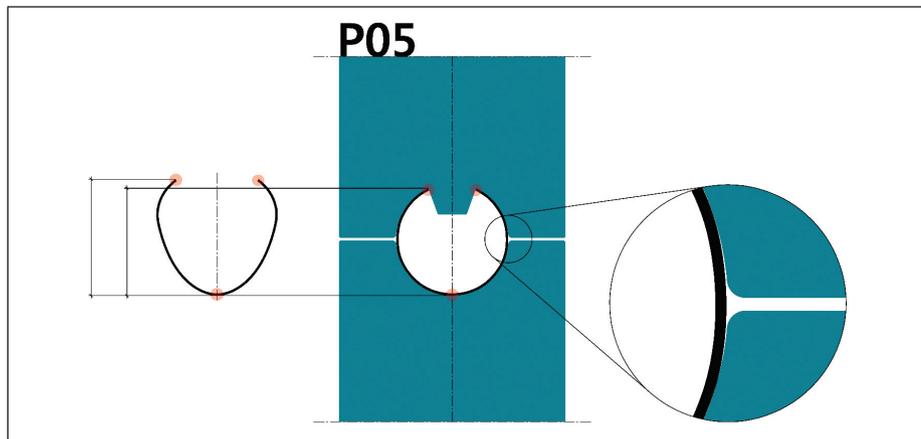


Рис. 3. Геометрия профиля трубной заготовки на входе в первую клеть с закрытым профилем калибра

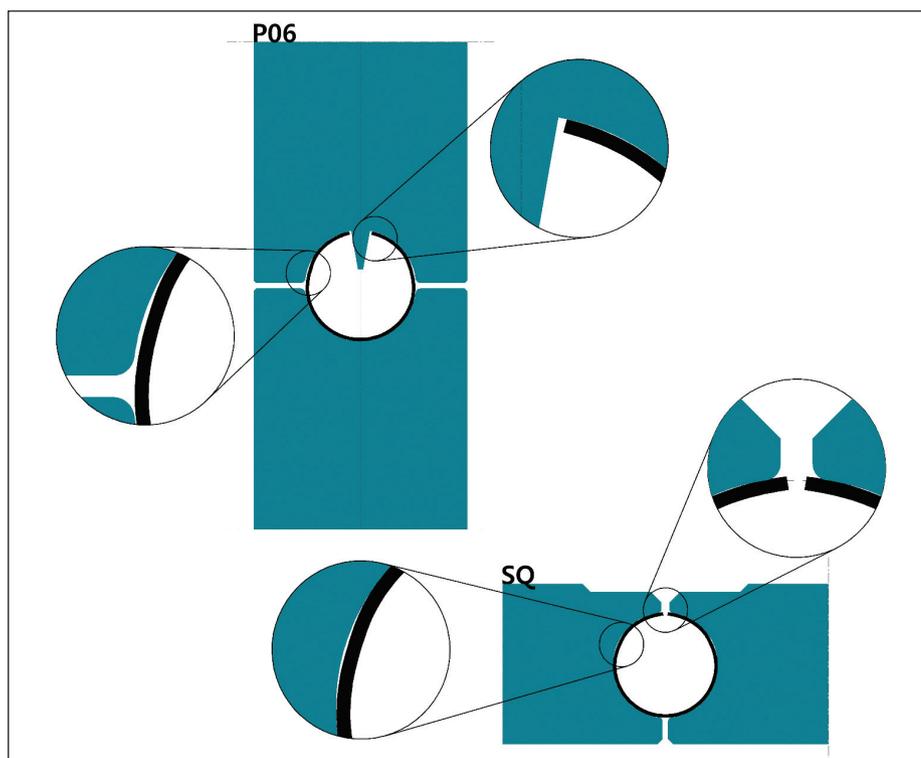


Рис. 4. Неполный контакт трубной заготовки с формовочными валками стана вследствие ее чрезмерного обжатия по периметру в клетях P05

провар, отклонение от формы профильных труб.

Чтобы определить причины возникновения брака, были проведены исследования технологического процесса валковой формовки трубной заготовки. При этом использовалась методика конечно-элементного моделирования, разработанная на базе COPRA RF – программного комплекса от компании data M. Программа позволяет производить необходимые инженерные исследования процесса формоизменения трубной заготовки и анализировать каждый этап сворачивания плоской заготовки (штрипса) в цилиндр. Посредством анализа виртуального очага деформации полосы в валках можно, не прибегая к физическим экспериментам на реальном оборудовании, предсказать поведение трубной заготовки в формовочном стане и возникновение дефектов. Это является неоспоримым преимуществом при проектировании и наладке технологического процесса.

На основе информации о компоновке формовочного стана и геометрии профиля валков был смоделирован процесс формовки труб исследуемого сортамента. Расчеты показали, что причиной брака стало наличие непроформованных участков профиля в клетях P03 и P05 (рис. 2). В результате увеличивается высота заготовки после группы клетей с открытым профилем калибра, что в свою очередь влечет излишнюю деформацию прикромочной области о разрезную шайбу клетки P05 и, как следствие, уменьшение осадки в сварочной клетке SQ и диаметра сваренной трубы на выходе из нее.

Помимо того что клеть P05 не до конца исправляет прямые участки, поскольку они приходится на труднодеформируемую область разреза валков, такая форма заготовки приводит к неравномерному износу валков (рис. 3).

Из-за ошибок в исходной калибровке (ошибочна схема изменения периметров калибров клетей P05-SG) в последующих клетях стана вплоть до сварочной клетки сохраняются прямые участки профиля.

Кроме того, ввиду неполного контакта трубной заготовки с калибрами клетей P06-08, происходит уменьшение тянущих сил и, соответственно, возможной скорости формовочной линии.

При настройке калибра сварочной клетки под окружность (рис. 4) между кромками сохраняется зазор по причине малого периметра заготовки, что вынуждает на

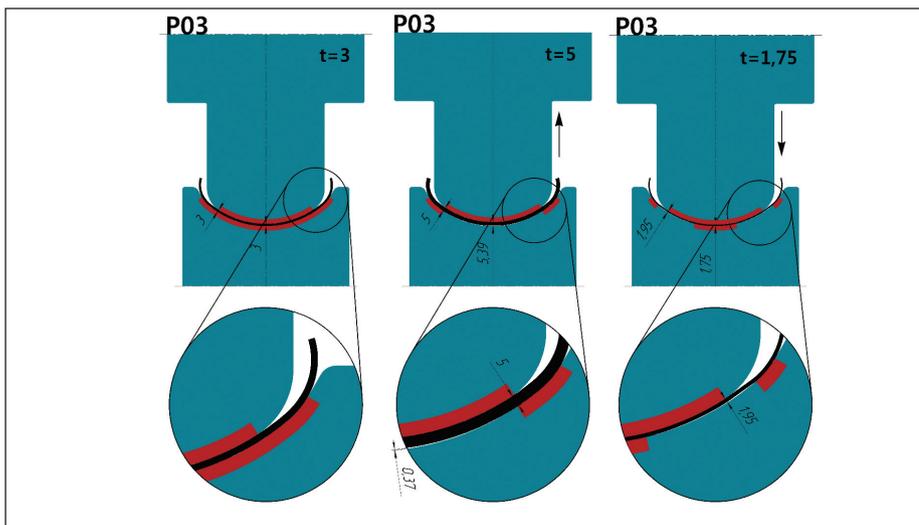


Рис. 5. Формирование зазора в калибре клетки P03 при переходе на другую толщину

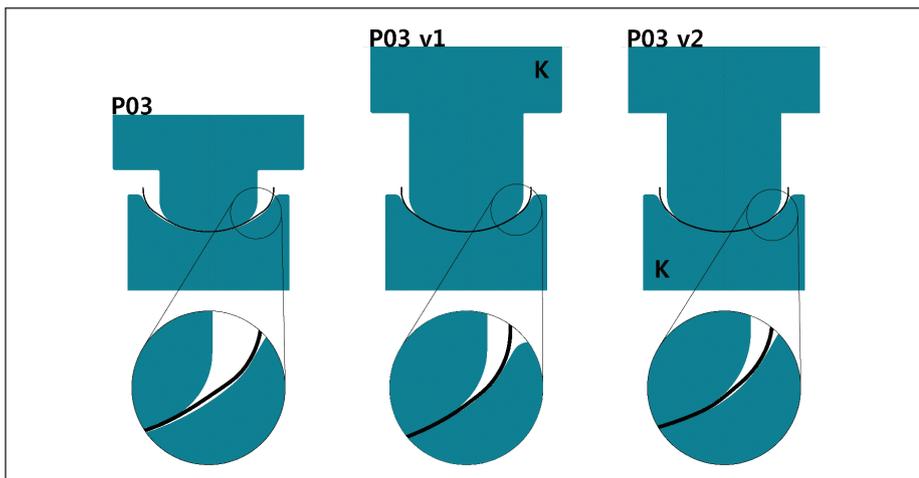


Рис. 6. Варианты корректировки калибра клетки P03

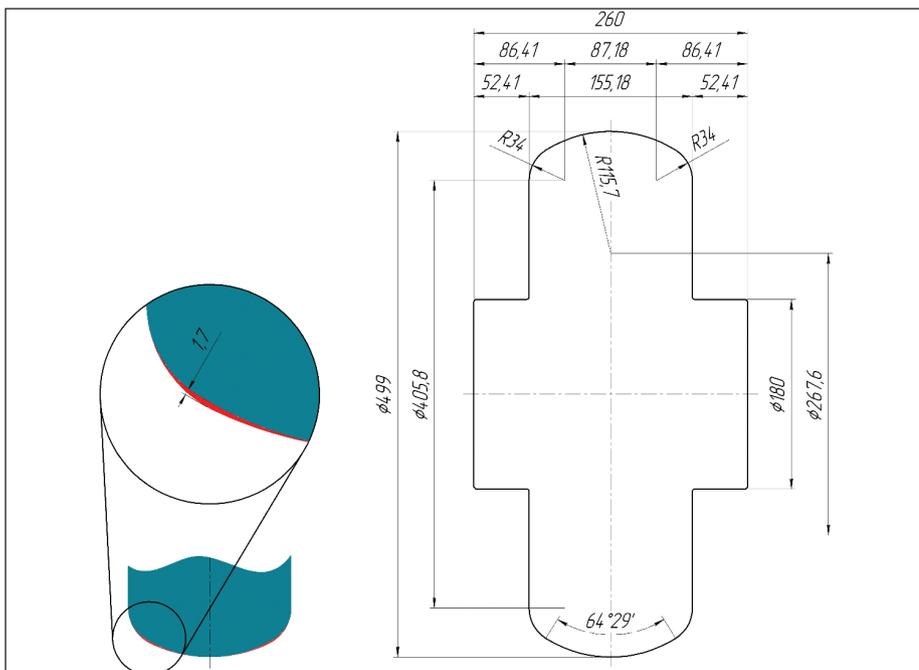


Рис. 7. Геометрия профиля верхнего вала клетки P03 согласно варианту 1

производстве смещать сварочные валки, сближая кромки и пытаясь обеспечить требуемую величину осадки. В результате профиль трубной заготовки на выходе из клетки SQ имеет форму вертикального овала и условный диаметр, меньший требуемого схемой калибровки в последующих клетях. По этой причине приходится сводить как горизонтальные, так и вертикальные валки калибровочного стана, что приводит к чрезмерной знакопеременной деформации сварного соединения (при получившейся схеме "вертикальный овал" – "горизонтальный овал") и, как следствие, к возможным трещинам.

Обобщая все сказанное, стоит отметить, что по причине ошибок в исходных калибровках происходит уменьшение периметра трубной заготовки в валках формовочных клетей, что приводит к уменьшению диаметра заготовки на выходе из сварочной клетки. В итоге сварка происходит с малой величиной осадки, уменьшается скорость технологической линии, появляется неравномерный износ валков, не выполняются требования к геометрии готовых труб, возникают трещины в сварном соединении и непровар.

Был отмечен и еще один факт: при подаче в валки штрипса с толщиной, меньшей той, под которую они спрофилированы, образуются зазоры в области реборд верхних валков, что также приводит к недоформовке участков трубной заготовки, соответствующих этим зазорам (рис. 5).

Чтобы предотвратить появление прямых участков, были предложены два равнозначных варианта корректировки профиля валков (рис. 6) на основе данных о положении профиля трубной заготовки в каждом калибре формовочного стана. Выбор был сделан в пользу первого варианта (рис. 7) – как менее дорогостоящего благодаря использованию верхнего вала от вышестоящего типоразмера.

Изменение геометрии профиля валкового инструмента позволило увеличить пятно контакта трубной заготовки с валками клетки P03 и, соответственно, снизить их износ за счет снижения величины контактных нормальных сил (рис. 8). Аналогичный эффект от проформовки проблемных участков профиля заготовки наблюдается и в клетях P05: уменьшается износ разрезной шайбы и дна валков (рис. 9). Исключается чрезмерное обжатие прикромочной области и, следовательно, увеличивается осадка.

Предложенная калибровка позволяет увеличить осадку в сварочной клети на 0,3-0,5 мм (предотвращая обжатие прикромочной области в клетях закрытой группы) и тем самым повысить качество сварного соединения без дополнительных затрат.

Однако основная причина проблем с качеством сварного соединения заключалась в выборе ширины исходной заготовки (согласно рекомендациям Olimpia 80). Результаты исследований процесса формообразования ряда типоразмеров труб позволили получить новую формулу расчета исходной ширины штрипса под скорректированный профиль валкового инструмента. Правильный выбор ширины штрипса исключает потери металла на излишнее обжатие трубной заготовки в формовочных клетях (одновременно с увеличением периметров калибров клетей P05-08). С учетом формоизменения, характерного для

станов Olimpia, формула приняла такой окончательный вид:

$$B = \pi \cdot (D_H + \Delta D_K) + \kappa \cdot t + \varepsilon \cdot P_{KO_s} - m \cdot t - t \cdot \tan \varphi,$$

где  $\pi \cdot (D_H + \Delta D_K)$  – наружный периметр трубной заготовки на выходе из клети SQ, мм;

$\kappa \cdot t$  – величина осадки трубной заготовки в валках клети SQ, мм;

$\varepsilon \cdot P_{KO_s}$  – величина обжатия по наружному периметру заготовки в группе клетей с закрытым профилем P05-P08, мм;

$m \cdot t$  – изменение наружного периметра за счетгиба в группе клетей с открытым профилем калибра P01-P04, мм;

$t \cdot \tan \varphi$  – изменение наружного периметра за счетгиба в группе клетей с закрытым профилем калибра P05-P08, мм.

Коротко подытожим. Расширяя сортамент, устанавливая новое оборудование, стремясь улучшить расходный коэффи-

циент и производительность формовочных линий, металлургические предприятия часто сталкиваются с невозможностью обеспечить стабильность технологического процесса формовки и сварки труб. Исследования показали, что чаще всего это связано с калибровкой валков формовочного стана, которая требует соответствующей корректировки. Кроме того, причиной возникновения проблем может стать ошибочный выбор оптимальной ширины штрипса, рассчитанной по одной и той же принятой формуле, которую, как показано в этой статье, необходимо скорректировать под конкретный характер формоизменения.

*Дмитрий Новокионов*

*АО "Выксунский металлургический завод"*

*(г. Выкса),*

*Ольга Соколова*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва),*

*Антон Лепестов*

*ЗАО "СиСофт" (г. Москва)*

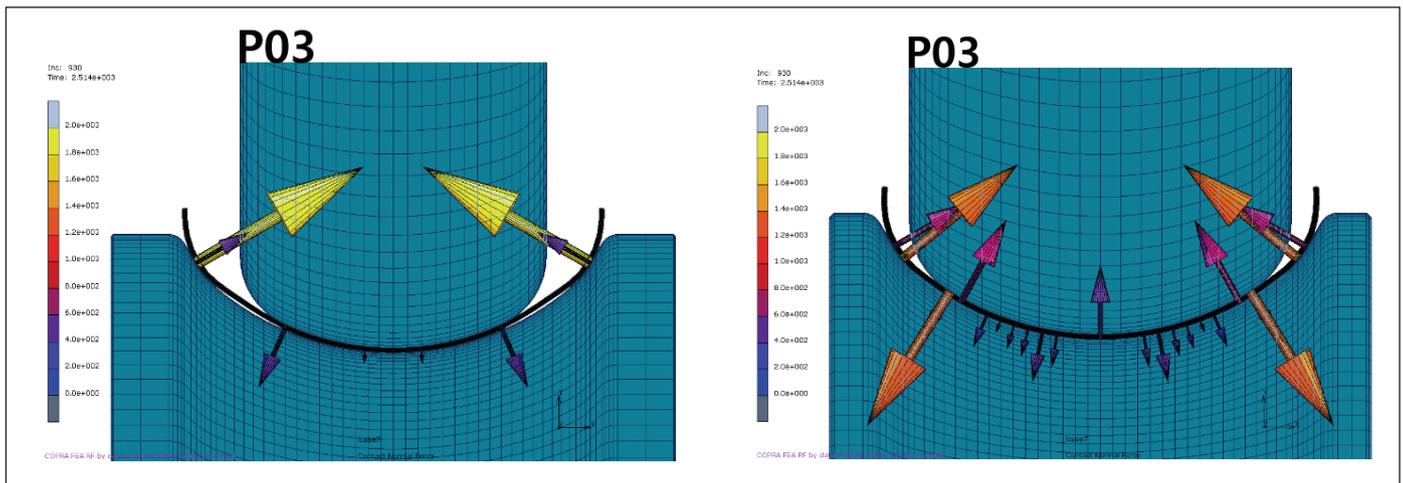


Рис. 8. Распределение контактных нормальных сил по поверхности калибра

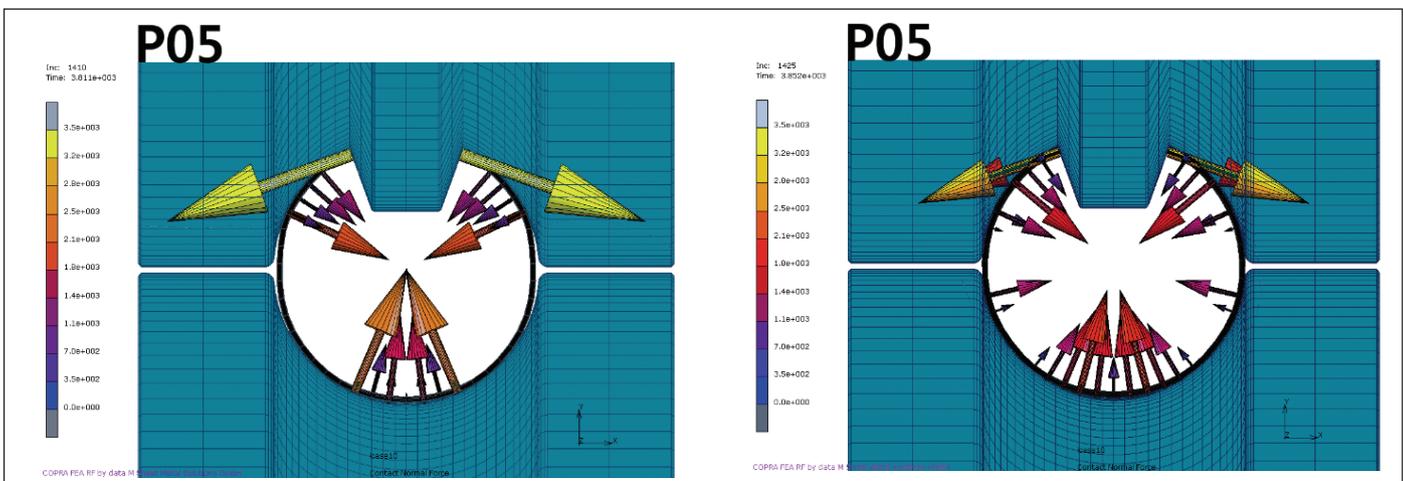


Рис. 9. Распределение контактных нормальных сил по поверхности калибра