

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ХПТ
НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ Q-ФАКТОРА
ВДОЛЬ КОНУСА ДЕФОРМАЦИИ**

С. В. ПИЛИПЕНКО

Национальная металлургическая академия Украины, Украина

Представлен анализ влияния таких технологических факторов процесса ХПТ, как тип применяемой оправки, начальная конусность и крутизна рабочего профиля оправки, колебания точности толщины стенки, влияние изменения положения оправки на изменение распределения Q-фактора вдоль конуса деформации. Величина Q-фактора (т.е. соотношение действительной деформации по толщине стенки к действительной деформации по среднему диаметру трубы) и характер его распределения вдоль конуса деформации (является контролируемой величиной при прокатке труб из титановых и циркониевых сплавов определенного сортамента).

Введение. В настоящее время, жесткая конкурентная борьба, а также развитие таких отраслей промышленности как авиастроение, энергетическое машиностроение, судостроение, ракетостроение, постоянно побуждает производителей повышать требования к качеству труб и осваивать технологии прокатки труб из новых, до этого неизвестных производителю сплавов. Растут объемы производства труб из высокотехнологичных сплавов, используемых в теплообменниках, гидравлических системах аэрокосмической отрасли и др.

Анализ публикаций. Важным фактором при проектировании режимов деформации для титановых сплавов является так называемый Q-фактор, то есть соотношение действительной деформации по толщине стенки к действительной деформации по диаметру трубы [1-2]:

$$Q = \frac{\ln \frac{S_{i-1}}{S_i}}{\ln \frac{D_{i-1} - S_{i-1}}{D_i - S_i}}, \quad (1)$$

где S_{i-1} – толщина стенки трубы до деформации в мгновенном очаге деформации (МОД); D_{i-1} – диаметр трубы до деформации в МОД; S_i – тол-

щина стенки после деформации в МОД; D_i – диаметр трубы после деформации в МОД.

От Q-фактора зависит, как будут ориентироваться зерна металла радиально или тангенциально (рис. 1). Желательно, чтобы Q-фактор колебался вокруг определенного его значение не незначительную величину вдоль всего конуса деформации, не наблюдалось значительного падения этой величины вдоль всего конуса деформации. На практике ориентацию проверяют специальными испытаниями, методика проведения которых описывается в определенных стандартах.

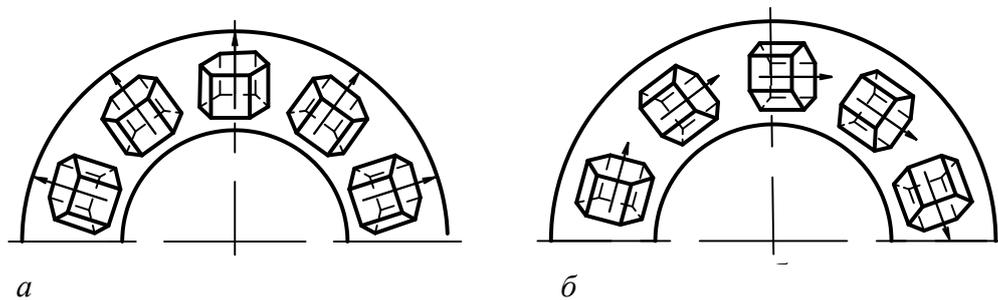


Рис. 1. Влияние распределения значений Q-фактора с прохода в проход (и вдоль конуса деформации) станов ХПТ на текстуру металла труб:

a – высокое значение Q-фактора, радиальная структура; *б* – низкое значение Q-фактора, тангенциальная структура

В этой работе поставлена задача проанализировать влияние технологических факторов на изменение распределения Q-фактора вдоль конуса деформации.

Основная часть. В станах ХПТ возможно применять как конические оправки, так и оправки с криволинейной образующей рабочей поверхности [3-4]. Тип используемой оправки влияет на характер распределения Q-фактора. Для анализа влияния типа применяемой оправки на распределение Q-фактора вдоль конуса деформации выбрано следующие маршруты (стан ХПТ-32): 18x1,03-12,7x0,559 мм – конусная оправка; 26x1,33-19,05x0,686 мм – оправка с криволинейной образующей поверхности; – 32x2,62-25,4x1,295 мм – оправка с криволинейной образующей поверхности. На рисунке 2 показаны графики распределения Q-фактора вдоль конуса деформации при прокатке труб по данным маршрутам. Как видно из графиков, в зоне предобработки во всех случаях Q-фактор принимает отрицательные значения (от -0,07 до -0,20). Это связано с отсутствием деформации по толщине стенки вдоль этой зоны.

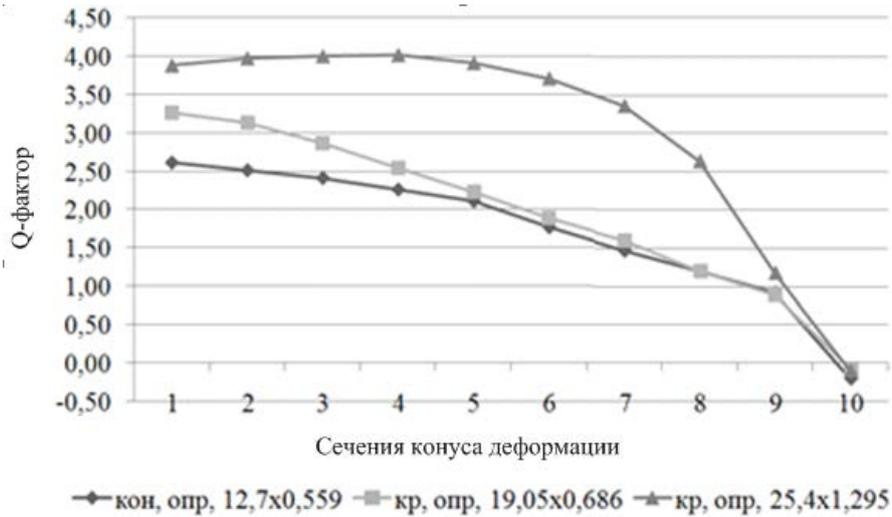


Рис. 2. Распределение Q-фактора в сечениях конуса деформации (зона обжатия стенки и зона предотделки, здесь и далее)

Анализ распределения величины значений Q-фактора в сечениях конуса деформации при прокатке трубы 12,7x1,092 мм во всех сечениях конуса имеют более низкие его значения (применялась конусная оправка). Высокие значения Q-фактора на большей части конуса деформации – при прокатке трубы 19,05x0,686 мм. Это объясняется применением оправки с криволинейной образующей формы внешней поверхности. ($2tg\alpha_{ноч} = 0.01$). Самые высокие значения Q-фактора в сечениях конуса деформации при прокатке трубы по маршруту 25,4x1,295 мм. Это объясняется тем, что применена оправка с начальной конусностью 0,005.

Довольно часто при настройке состояния на ту или иную толщину стенки необходимо изменить положение оправки относительно калибра. Для уменьшения величины толщины стенки оправку двигают по ходу прокатки, для увеличения – против хода. При этом изменяется и распределение Q-фактора в сечениях вдоль конуса деформации. Необходимо выяснить, какие изменения положения оправки является боль целесообразными, а возможно, и необходимыми. Для анализа выбрано маршрут 26x1,33-19,05x0,686 миллиметра, состояние ХПТ-32. Рассматривается изменение распределения Q-фактора в трех положениях оправки: оправка в нормальном рабочем положении калибровки; оправка сдвинута вперед на 10 миллиметров относительно нормального положения; оправка сдвинута назад на 10 миллиметров относительно нормального положения. На рисунке 3 показано влияние положения оправки в конусе деформации на распределение Q-фактора вдоль конуса деформации при прокатке трубы по маршруту 26x1,33-19,05x0,686 мм.

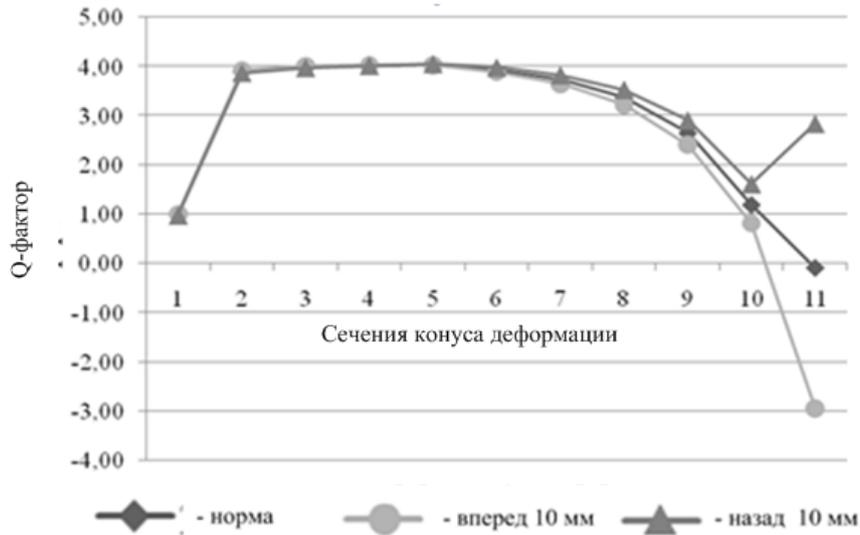


Рис. 3. Влияние положения оправки в конусе деформации на распределение Q-фактора вдоль конуса деформации при прокатке трубы по маршруту 26x1,33-19,05x0,686 мм

Смещенная назад на 10 миллиметров оправка позволяет получить в зоне предотделки положительные значения Q-фактора (2,825). Данный факт вызван тем, что в случае прокатки трубы с выдвинутой вперед оправкой, стенка трубы деформируется более интенсивно уже в начальных сечениях конуса.

Для анализа влияния колебаний толщины стенки заготовки на распределение Q-фактора вдоль конуса деформации выбрано стандартный для труб из титановых сплавов маршрут – 26x1,33-19,05x0,686 миллиметра, (стан ХПТ-32). Выбрано 3 возможные колебания толщины стенки: толщина стенки трубы-заготовки 1,33; толщина стенки 1,38 (+3,75%); толщина стенки 1,28 (-3,75%). Анализ данных показывает, что уменьшение толщины стенки заготовки относительно номинала приводит к снижению значений Q-фактора в контрольных сечениях. В частности, при толщине стенки «плюс 0,05 мм» в зоне предобработки Q-фактор принял значение -0,08, при толщине стенки «минус 0,05 мм» -0,41.

Выводы. В статье сделан анализ влияния технологических факторов на изменение распределения Q-фактора вдоль конуса деформации. Выяснено:

- наиболее оптимальными являются калибровки с использованием оправки с криволинейной образующей формы рабочей поверхности с малой начальной конусностью. Исследование влияния степени крутизны изменения профиля оправки показали преимущество оправок с более высокой степенью крутизны;

- в пределах допуска на точность толщины стенки заготовки, увеличение ее толщины положительно влияет на распределение Q-фактора вдоль конуса деформации;
- расчет калибровок желательнее вести так, чтобы была возможность изменения положения оправки именно против прямого движения клетки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Компьютерное моделирование процесса холодной прокатки циркониевых труб-оболочек ТВЕЛ/ Г.В. Вольфович [и др.] // Вопросы атомной науки и техники. – 2003. – № 3. – С. 89–91.
2. Houghon, A.C. Aspects of texture control with Ti-3Al-2.5V seamless cold worked aircraft hydraulic tube / A.C. Houghon, A.W. Bowen // Ironmaking and Steel making. – 1995. – № 1. – С. 68–70.
3. Фролов, В.Ф. Холодная пильгерная прокатка труб / В.Ф. Фролов, В.Н. Данченко, Я.В. Фролов. – Днепропетровск : Пороги, 2005. – 255 с.
4. Пилипенко, С.В. Об использовании калибровок инструментов станов ХПТ с использованием оправок с криволинейной образующей профиля / С.В. Пилипенко, В.У. Григоренко, С.П. Живцов // Сталь. – 2015. – № 6. – С. 5–47.