

УДК 621.774.001

Рахманов С. Р.
Гамидов Ф. Д.
Абдуллаев Г. С.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ РЕДУКЦИОННОГО СТАНА

Редукционный стан трубопрокатного агрегата (ТПА) 140 с автоматическим станом состоит из 20 двухвалковых клетей с индивидуальным приводом.

Технико-экономические показатели работы редукционных станом большинства трубопрокатных агрегатов определяются калибровкой валков, температурным и скоростным режимами работы стана.

Известно, что калибровка валков в значительной мере формирует распределение нагрузок в рабочих клетях и приводе стана, следовательно, влияет на стойкость технологического инструмента.

Скорость входа трубы в стан составляет примерно 0,5 м/с, а температура редуцирования трубы соответствует 70–1000 °С.

На рис. 1 представлена базовая конструкция типовой двухвалковой рабочей клетки редукционного стана ТПА 140 с нерегулируемым раствором рабочих валков. Рабочая клетка стана состоит из жесткой станины с рабочими валками и соединительными узлами в сборе. Калиброванные валки смонтированы на валах и установлены в рабочей клетке стана.

Следует отметить, что рассматриваемая конструкция рабочей клетки стана не имеют специальных механизмов для регулировок валков, и обладают высокой жесткостью.

При производстве труб круглого поперечного сечения на существующих редукционных станом большинства как зарубежных, так и отечественных ТПА в черновой группе рабочих клетек чаще всего используются калибры овального сечения.

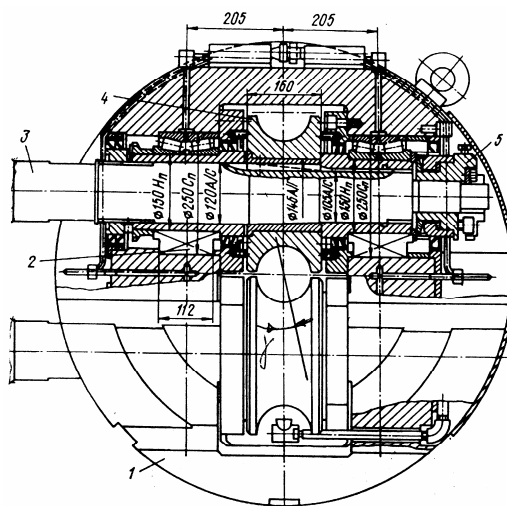


Рис. 1. Двухвалковая рабочая клетка редукционного стана ТПА 140 с нерегулируемым раствором рабочих валков:

1 – станина; 2 – узел подшипников; 3 – приводные валы; 4 – рабочие валки

Из многочисленных исследований условий функционирования редукционных станом отечественного производства, приведенных в работах Ю. М. Матвеева, Я. Л. Ваткина, В. Л. Колмогорова, А. З. Глейберга, Г. И. Гуляева, А. А. Шевченко видно, что трубы, прокатываемые в овальных калибрах, за счет удачной схемы напряженно-деформированного состояния, по сравнению с другими схемами прокатки предположительно имеют наименьшую поперечную разностенность [1, 2].

При этом следует подчеркнуть, что исходными данными для расчета базовой калибровки валков и скоростного режима работы редукционного стана являются параметры прокатываемой трубы, марка стали, температура редуцирования, коэффициент трения, диаметр бочки рабочих валков и т. д.

В результате расчета преимущественно определяют: минимальное число клеток редукционного стана, необходимых для получения готовой трубы из гильзы заданных размеров; распределение частных деформаций в клетях; геометрические параметры калибров. Как правило, в данных расчетах во внимание не принимается достаточно весомый фактор, а именно некоторое скручивание гильзы в очаге деформации вокруг оси прокатки в процессе редуцирования [3].

Национальной металлургической академией Украины, Азербайджанским техническим университетом и Азербайджанским трубопрокатным заводом (ОАО «Азербору», г. Сумгаит) совместно разработана и внедрена усовершенствованная калибровка валков редукционного стана ТПА 140. Особенностью предложенной калибровки является ступенчатое исполнение разъема овального калибра и наклон его оси к оси валка под переменным углом γ (рис. 2). Этот угол калибровки выбран экспериментально и переменным по клетям редукционного стана. Для проверки достоверности полученных результатов данная калибровка опробована при прокатке некоторых типоразмеров партии толстостенных труб на редукционном стане ТПА 140.

Далее в работе будет показано, что усовершенствованная калибровка валков приводит к значительному снижению нагрузок на раскатной стан, поперечной разностенности и грабности прокатываемых труб.

Целью данной работы является разработка и внедрение рациональной калибровки валков редукционного стана трубопрокатного агрегата 140, по известным техническим характеристикам рабочих клеток, а также определение базовых показателей, характеризующих технологичность производственной системы в целом.

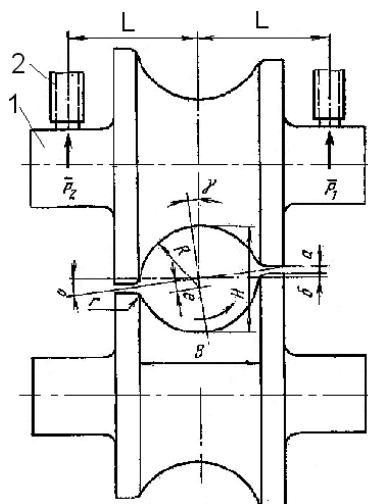


Рис. 2. Калибровка валков редукционного стана ТПА 140 (P_1, P_2 – усилие металла на шейки валка):

1 – валок; 2 – месдоза

Для уточнения параметров несимметричной калибровки в условиях опытно-промышленной прокатки проведено комплексное экспериментальное исследование редукционного стана ТПА 140, включающее анализ энергосиловых параметров процесса прокатки и показателей поперечной разностенности редуцированных труб. Анализ особенностей формоизменения гильзы по клетям стана с учетом ее поворота вокруг оси прокатки осуществляли замером усилий и моментов прокатки по клетям стана с помощью месдоз. Обработка полученных результатов проводили с использованием статистических методов, (рис. 2)

Типовая осциллограмма нагрузок наиболее нагруженных клеток редукционного стана ТПА 140 (3 и 7-я клетки стана) приведена на рис. 3.

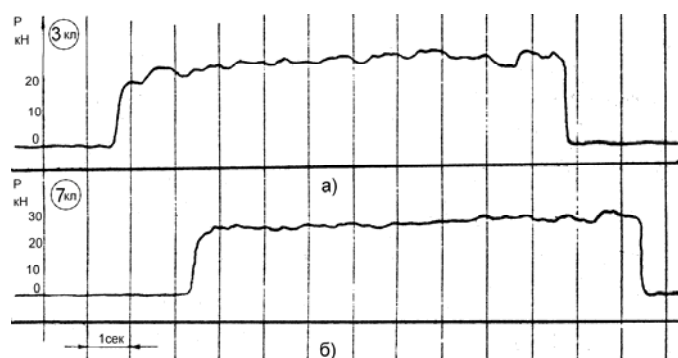


Рис. 3. Характерные осциллограммы нагрузок в соответствующих клетях редукционного стана ТПА 140 (труба $\text{Ø}63,5 \times 7$, материал ШХ 15, температура гильзы в начале прокатки 890°C): а – 3-я клетка; б – 7-я клетка стана

Как видно из осциллограмм, давление металла на валки в соответствующих клетях редукционного стана за время прохождения трубы подвержено незначительному повышению с учетом определенного поворота прокатываемой гильзы вокруг оси прокатки. Это объясняется межклетьевым натяжением и формоизменением трубы по клетям стана.

Кроме всего, эффективность применения усовершенствованной калибровки была проверена прокаткой специально подготовленной партии гильз (25 шт.) $\text{Ø}108$ мм с различной толщиной стенки ($S_n = 6 \div 22$) мм. На гильзах предварительно были ввернуты штифты М 12 (рис. 4).

После прокатки на стане готовые трубы разрезали по местам расположения винтов и измеряли шаг их резьбы. Винты дополнительно выполняли функцию визирных точек для оценки угла поворота трубы.

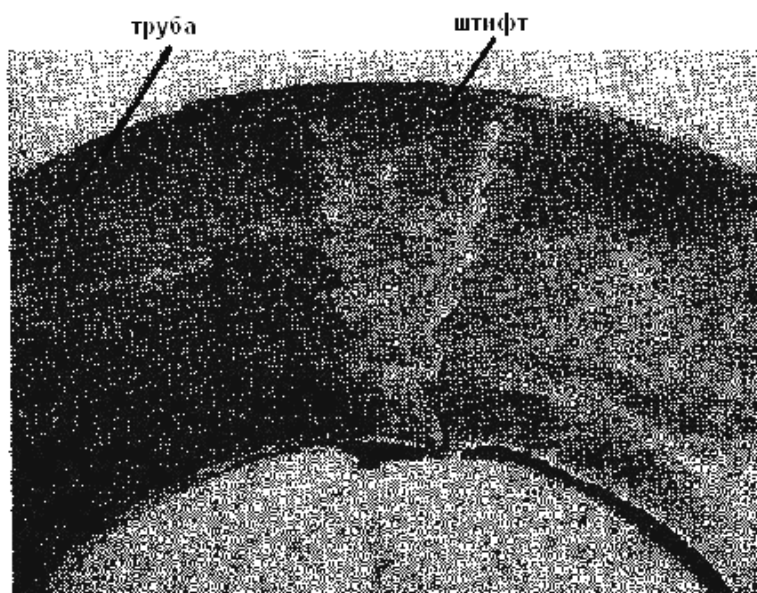


Рис. 4. Макротемплет трубы $D \times S = 108 \times 22$ с штифтом М 12 после редукционного стана ТПА 140

По данным измерений изменившихся размеров винта определяли два вида деформации: распределение ее суммарной величины по толщине стенки прокатанной трубы; характер наложения единичных деформаций по клетям стана на заторможенных трубах.

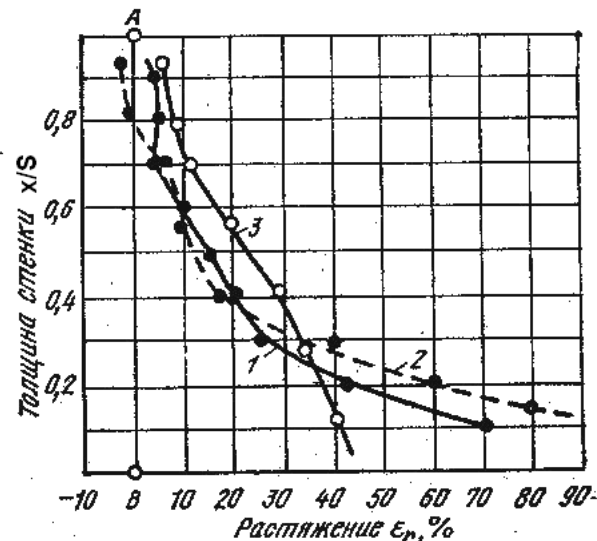


Рис. 5. Зависимость относительной толщины стенки труб от радиальной деформации ε_r при прокатке с различными калибровками на редуционном стане ТПА 140:

1 и 2 — при угле $\gamma = \text{const} = 3,5^\circ$; 3 — при переменном угле γ , в пределах $6-1^\circ$

Из рис. 5 видно, что радиальные деформации ε_r имеют неравномерное приращение по толщине стенки трубы (кривые 1 и 2). В ней можно выделить зону интенсивных деформаций с высоким градиентом, которое определяют локальное формирование свободного контура трубы, в частности граненность. Дополнительное вращение трубы при увеличении угла γ перераспределяет деформацию (кривая 3) по толщине стенки и делает ее более монотонной, выравнивая тем самым внутренний контур трубы и снижая граненность.

По результатам целого ряда экспериментальных исследований для редуционного стана ТПА 140 построены зависимости давлений металла на валки P и моментов прокатки M от толщины стенки труб для наиболее распространенных маршрутов труб и сталей с временным сопротивлением $\sigma_s = 500$ МПа и $\sigma_s = 1500$ МПа. Результаты экспериментальных исследований учитывают калибровку валков стана и для указанного диапазона параметров гильз представлены на рис. 6.

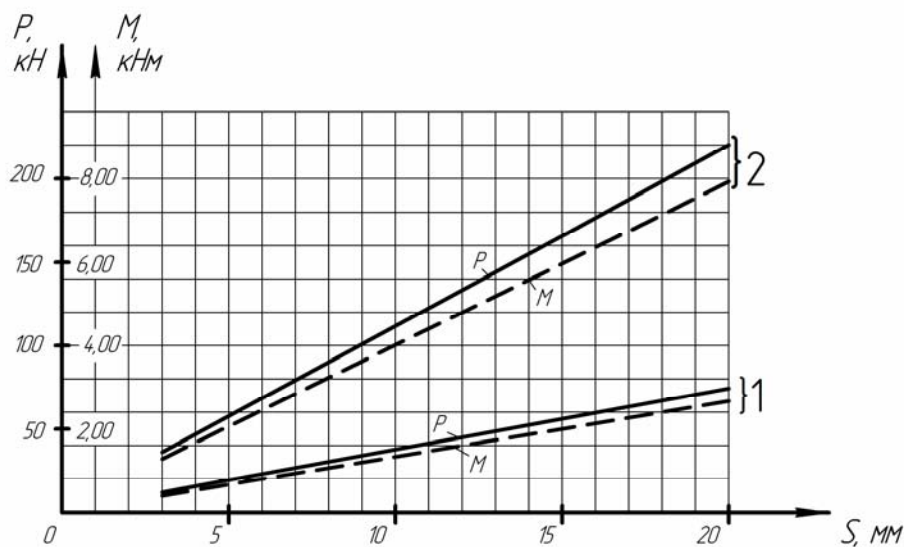


Рис. 6. Зависимость давлений металла на валки P и моментов прокатки M от толщины стенки труб редуционного стана ТПА 140 с учетом калибровки валков:

1 — $\sigma_s = 500$ МПа; 2 — $\sigma_s = 1500$ МПа (--- прокатка в усовершенствованных калибрах)

Полученные данные показывают определенное снижение энергосиловых параметров в процессе редуцирования гильз, что указывает на эффективность принятых решений.

Для комплексной оценки принятых решений по усовершенствованию калибровок рабочих валков проведем анализ поперечной разностенности прокатываемых труб. Оценка поперечной разностенности производили по данным замеров толщины стенки в восьми точках соответственно на переднем (П.К.) и заднем (З.К.) концах редуцированных труб (не менее 60).

Проведем сравнительный анализ поперечной разностенности труб, прокатанных по старой калибровке с постоянным углом наклона оси ручья $\gamma = 3,5^\circ$ и новой калибровке с переменным углом наклона оси ручья, изменяющимся в пределах от 6 до 1° . Обработку результатов замеров проводили с применением современных компьютерных технологий. Определяли минимальную (S_{\min}) и максимальную толщину стенки трубы в партии, среднеарифметические толщины стенки переднего ($S_{п.к.}$) и заднего ($S_{з.к.}$) концов труб, дисперсию толщины стенки (D^2) и среднеквадратичное отклонение толщины стенки (Ω).

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i; \quad (1)$$

$$D^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2; \quad (2)$$

$$\Omega = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}, \quad (3)$$

где S_i – замеренные значения толщины стенки трубы; n – число замеров.

При прокатке гильз на стане по схеме новой калибровке валков снижаются величины среднеквадратичного отклонения толщины стенки трубы на 15–25 %, а дисперсии – на 30–45 %. Поперечная разностенность $\Delta S = S_{\max} - S_{\min}$ труб снижается из-за существенного уменьшения величин максимальных значений толщины стенки S_{\max} (при этом минимальные значения толщины стенок S_{\min} остаются на прежних уровнях).

Отметим, что абсолютное значение поперечной разностенности для толстостенных труб размером $D \times S = 60 \times 10$ мм снижается на задних концах на 10–20 %, а на передних – на 3–5 %. Установлено, что для труб размером $D \times S = 60 \times 14$ мм данное снижение составляет на задних концах 15–25 %, а на передних 7–10 %. Результаты опытно-промышленной прокатки партии труб показывают, что, кроме всего, новая калибровка существенно уменьшает граненность внутренней поверхности трубы. Это позволяет редуцирование гильз вести интенсивно, относительно стабильно и в требуемой области минусовых допусков номинальных стенок готовых труб [2, 5].

На основе результатов экспериментальных исследований и полученных данных промышленных испытаний построены гистограммы нагружения привода редукционного стана ТПА 140. Гистограммы нагружения привода валков для 7-й клетки стана с учетом их калибровки и для указанного сортамента труб представлены на рис. 7.

По методике В. М. Гребенника проведены необходимые расчеты на усталостную прочность и ограниченную долговечность привода рабочей клетки редукционного стана ТПА 140 [6]. Из гистограммы нагружения привода рабочих рабочей клетки редукционного стана с учетом калибровки валков следует, что в результате снижения нагрузок на элементы привода 19–20 % (число циклов нагружения) достигнуто увеличение межремонтного периода на 11–12 %.

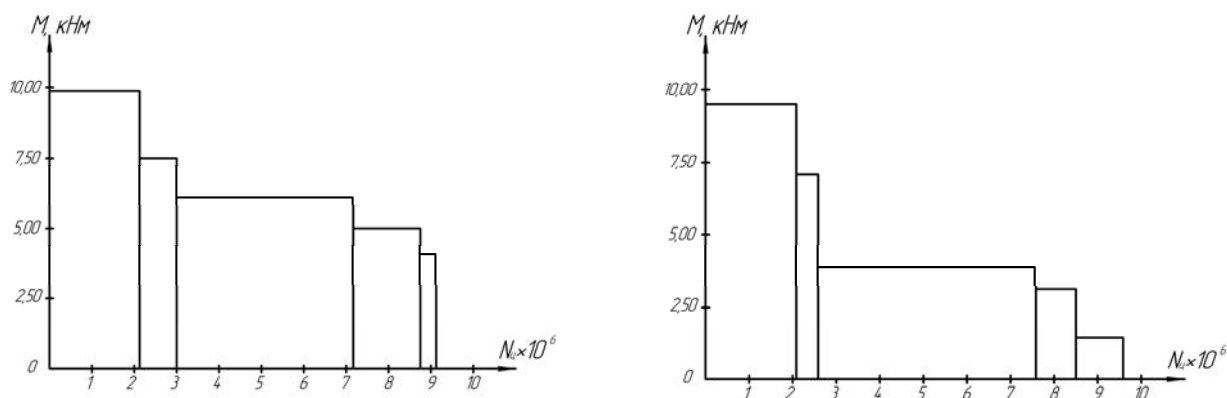


Рис. 7. Гистограммы нагружения привода рабочей клетки редукционного стана ТПА 140 с учетом калибровки валков ($\sigma_{\theta} = 1500$ МПа):

а – при существующей калибровке валков; б – при усовершенствованной калибровке валков

ВЫВОДЫ

Разработана и внедрена усовершенствованная калибровка валков редукционного стана ТПА 140, позволяющая существенно снизить поперечную разностенность и уменьшить граненность прокатываемых труб.

Определены геометрические показатели качества (поперечная разностенность) прокатываемых труб с учетом калибровки редукционного стана ТПА 140, характеризующие особенности и технологичность производственной системы в целом.

Проведен анализ долговечности привода валков рабочей клетки редукционного стана ТПА 140, с учетом калибровки технологического инструмента и путем снижения энергосиловых параметров достигнуто увеличение межремонтного периода стана до 12 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Данченко В. Н. Технология трубного производства. Учебник для вузов / В. Н. Данченко, А. П. Коликов, Б. А. Романцев, С. В. Самусев. – М. : Интермет - Инжиниринг, 2002. – 640 с.
2. Оклей Л. Н. Качество горячекатаных труб / Л. Н. Оклей. – М. : Металлургия, 1986. – 144 с.
3. Гамидов Ф. Д. Повышение эффективности процессов прокатки труб на трубопрокатных установках с автоматическим станом : автореф. дис. канд. техн. наук / Ф. Д. Гамидов. – Днепропетровск, 1992.
4. Анциферов В. П. Редукционные станы / В. П. Анциферов. – М. : Металлургия, 1971. – 255 с.
5. Рахманов С. Р. Анализ состояния технологического оборудования трубопрокатных агрегатов ТПА-140 и ТПА-250 ОАО «Азербору» / С. Р. Рахманов, Ф. Д. Гамидов // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2011. – № 2. – С. 97–101.
6. Гребенник В. М. Усталостная прочность и долговечность оборудования / В. М. Гребенник. – М. : Машиностроение, 1989. – 256 с.

Рахманов С. Р. – канд. техн. наук НМетАУ;

Гамидов Ф. Д. – д-р техн. наук, проф. АзТУ;

Абдуллаев Г. С. – канд. техн. наук, доц. АзТУ.

НМетАУ – Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск.

АзТУ – Азербайджанский технический университет, г. Сумгаит, Азербайджан.

E-mail: npfvostok@mail.ru