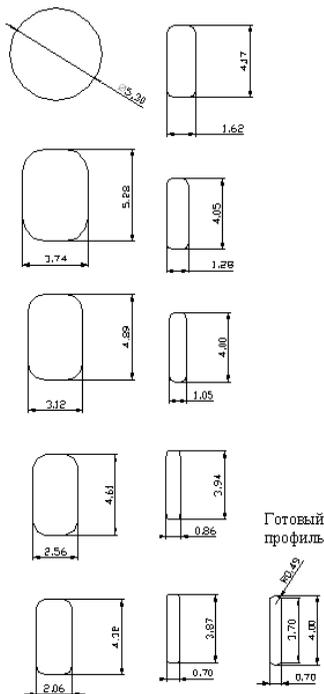


А.П. Лохматов, И.В. Сикачина, К.Ю. Ключников

## ОТРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ–ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ В УСЛОВИЯХ ПРОКАТНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ИЧМ

Опытно–промышленное опробование разработанных схем прокатки–волочения стальной ленты для поршневых колец показало, что наиболее работоспособной в условиях прокатной лаборатории ИЧМ является технологическая схема калибрования лент с использованием принципа постоянной ширины в сочетании с эджерными переходами для предотвращения затекания металла в зазоры калибра.

На основании результатов исследований, выполненных в работе «Разработка технологии прокатки–волочения плюшевой ленты для изготовления поршневых колец», с использованием принципа пластического равновесия в очаге деформации [1], выполнен расчет переходов прокатки–волочения стальной ленты сечением 4,00x0,70мм в соответствии с требованиями ТУ 3–939–77 для двух технологических схем – комбинированной (калибрование прокаткой–волочением и плющение в неприводных валах) и калиброванием прокаткой–волочением.



Для отработки технологии калибрования прокаткой–волочением стальной ленты для поршневых колец в условиях прокатной лаборатории ИЧМ принята вторая схема калибровки переходов (рис. 1).

Рис. 1 – Размеры поперечных сечений полосы по переходам прокатки–волочения с использованием условия пластического равновесия в очаге деформации.

В качестве исходной заготовки принята катанка диаметром 6,5мм ( $F_0 = 33,183 \text{ мм}^2$ ) из сталей У7А – У10А, 65Г, 70 С2ХА и др. со структурой зернистого перлита ( $\sigma_v = 520\text{--}720 \text{ Н/мм}^2$ ) [1].

По принятой схеме калибровки предусматривается:

1. Калибрование катанки диаметром 6,5мм на проволоку диаметром 5,3мм за один – два перехода с сум-

марной деформацией  $\mu_{\Sigma}=1,504$  (33,5%).

2. Калибрование прокаткой–волочением проволоки диаметром 5,3мм на плющеную ленту сечением 4,00 x 0,70мм с закругленными кромками в соответствии с требованиями ТУ–3–939–81 за девять переходов.

Общая деформация в девяти переходах прокатки–волочения составляет  $\mu_{1-9}=8,151$  (87,7%).

Калибрование прокаткой–волочением по принятой схеме калибровки (во всяком случае на стадии освоения технологии) предполагалось осуществлять в роликовых калибрах универсальной сборки («турецкая головка»).

Разупрочняющие термообработки проволоки (при волочении) и ленты (при плющении) назначаются перед  $i$ -м переходом, если после него суммарная степень деформации будет превышать допустимое значение.

По принятой схеме калибровки требуется две разупрочняющие термообработки.

Первую предполагалось осуществлять после волочения катанки диаметром 6,5мм на проволоку диаметром 5,3мм при суммарной деформации  $\mu_{\text{вол}}=1,504$  (33,5%).

Вторую разупрочняющую термообработку предполагалось осуществлять перед шестым переходом прокатки–волочения. Суммарная деформация полосы после предыдущей разупрочняющей термообработки в этом случае составит  $\mu_{1-5}=3,348$  (70,1%).

Суммарная деформация готовой ленты после разупрочняющей термообработки составит  $\mu_{6-9}=2,434$  (58,9%), а показатель интенсивности деформации –  $\epsilon_{6-9}=1,023$ .

Предполагалось, что в связи с использованием вместо отожженной заготовки – проволоки сорбитизированной допустимые суммарные деформации между разупрочняющими термообработками могут снизиться до  $\mu_{\Sigma}=1,65$ – $1,70$  (39,4%–41,2%) [3], т.е. разупрочняющие термообработки могут потребоваться после каждого второго перехода.

В процессе освоения технологии при появлении трещин разупрочняющую термообработку следует проводить перед переходом, после которого появляются трещины. Это позволит установить количество разупрочняющих термообработок экспериментально.

Кроме того, относительно мягкие режимы деформации в роликовых калибрах при прокатке–волочении (не более 25%) должны способствовать получению на полосах заостренных углов. А в этом случае потребуется увеличить единичные деформации (до  $\mu_{\text{ед}}=1,8$ ; 45%) путем последовательного сокращения количества переходов, начиная с одного.

В процессе освоения технологии предусматривался отбор проб для исследования фактического формоизменения и трещинообразования.

Деформацию осуществляли в калибрах универсальной сборки с использованием четырехвалковой рабочей клетки существующей конструкции (рис.2).

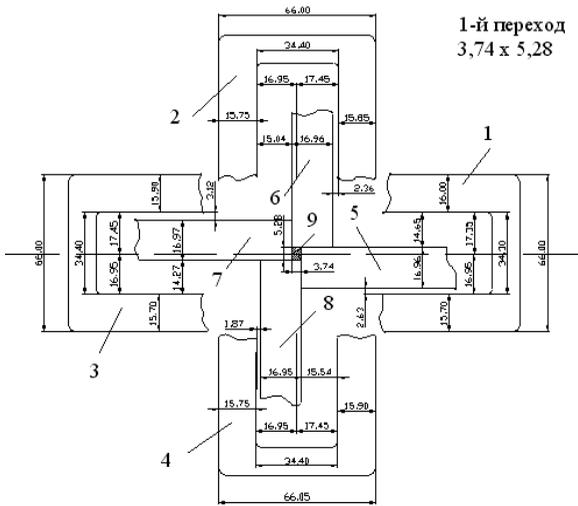


Рис.2 – Четырехвалковый калибр универсальной сборки. 1–4 – рабочие подушки (серьги); 5–8 – рабочие валки; 9 – рабочий калибр.(для дистанционных шайб показана только их толщина)

В связи с отсутствием в клетке механизма осевой регулировки рабочих валков (роликов) их установку осуществляли с помощью дистанционных шайб, толщину

которых для каждого калибра рассчитывали с учетом фактических размеров подушек (серег) и толщины рабочих роликов.

При построении схемы сборки калибра принималось, что толщина тонкой дистанционной шайбы равна половине соответствующего размера (перпендикулярного плоскости шайбы) калибра. Сборка универсального калибра производилась таким образом, что каждый последующий (перпендикулярный) ролик, упираясь в боковую поверхность предыдущего, прижимает последний к тонкой дистанционной шайбе, чем обеспечивалось постоянное положение оси калибра. Положение оси калибра определялось расчетным путем по приведенной схеме. Расчет начинался для базовой серьги в паре (первая и четвертая) и завершался для каждой сопряженной серьги (третья и вторая, соответственно).

По приведенным схемам осуществлялась сборка рабочей клетки для каждого перехода.

Площади поперечных сечений образцов определялись расчетным путем по результатам обмера их линейных характеристик (высота, ширина, диагонали) с учетом закругления углов.

Анализ полученных результатов прокатки–волочения со всесторонним обжатием показал:

Подтвердилось предположение о том, что из-за низких значений единичных деформаций возможно переполнение калибров, – начиная со второго перехода на полосе появились признаки переполнения калибра. При

этом следует отметить, что несмотря на превышение фактической величины диагоналей после второго перехода над расчетной ( $D_{\phi}/D_p = 1,086$ ) она не достигает значения теоретической величины ( $D_{\phi}/D_m = 0,939$ ). Появлению уса в этом случае способствовало то, что на калибрующих кромках рабочих валков снята фаска величиной  $0,5 \times 45^{\circ}$ .

В третьем переходе по тем же причинам степень заполнения углов полосы увеличилась, отношение величины фактических диагоналей к расчетной по калибровке и теоретической составило 1,13 и 0,994, соответственно.

Относительная деформация по ширине полосы в первом переходе составила  $\Delta b_1/d_0 = -0,005$  при величине свободного относительного уширения, определяемого по экспериментальным зависимостям в работе [3], 0,142мм или величине абсолютного свободного уширения  $\Delta b_1 = 0,745$  мм. Иными словами, в первом переходе металл деформировался со свободным уширением на 0,026мм, остальная часть расчетного свободного уширения (0,719мм) ограничивалась стенками калибра.

Величины относительных и абсолютных значений свободного уширения во втором и третьем переходах составили:

$$\Delta b_2/b_{02} = 0,053, \Delta b_2 = 0,281\text{мм}; \Delta b_3/b_{03} = 0,074, \Delta b_3 = 0,363\text{мм}.$$

В обоих переходах осуществляется боковое обжатие 0,393 и 0,244 мм, а с учетом свободного уширения – 0,674 и 0,607мм, что соизмеримо с величиной обжатия по высоте и, в свою очередь, приводит к переполнению калибров.

Тяговые напряжения во всех трех переходах не превышают 35% допустимых. При таких тяговых напряжениях эффект утяжки металла проявляется слабо, что также способствует переполнению калибров.

От увеличения тягового напряжения за счет увеличения единичных вытяжек пришлось отказаться из-за высокой обрывности ленты.

На основании изложенного были сформулированы два направления дальнейшего совершенствования методики расчета калибровки переходов при калибровании полосы с отношением ширины к высоте больше двух:

1. Калибрование ленты, кроме первого и последнего переходов, выполнять из прямоугольной заготовки, ограничив обжатие профиля по ширине устранением естественного (свободного) уширения, т.е. по принципу постоянной ширины (в последнем переходе по ходу деформации оно будет использовано для формирования выпуклой боковой кромки);

2. Калибрование ленты с контролируемым уширением, когда ширина полосы по ходу калибрования растет, но в меньшей степени чем при свободном уширении.

При калибровании ленты по принципу постоянной ширины в качестве исходного принимается сечение калибра второго (против хода деформации) перехода, полученного при разработке калибровки с соблюдением условия пластического равновесия. Параметры калибров следующих

(против хода деформации) переходов проектируются по разработанной программе с использованием условия пластического равновесия в очаге деформации при соблюдении дополнительных условий:

- ряд вытяжек принимается из условия, что относительное обжатие в каждом переходе будет больше 30 % ( $\mu_1 \geq 1,43$ );
- размер полосы по ширине принимается постоянным и равным ширине чистового калибра.

Расчет выполняется до тех пор, пока отношение высоты калибра к его ширине не достигает двух, после чего выполняется расчет диаметра исходной заготовки по методике, изложенной в работе [3].

Параметры сечений деформируемой полосы по переходам в этом случае представлены на рис.3.

Величина диагоналей сечений деформируемой полосы на рис. 3 рассчитана по методике, рекомендованной в работе [3].

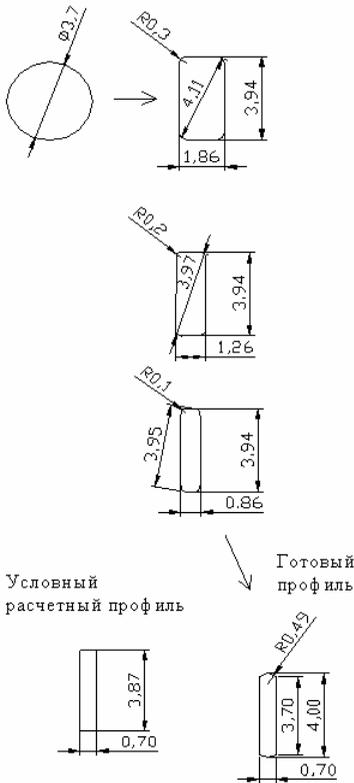


Рис.3 – Размеры поперечных сечений полосы по переходам рабочей калибровки прокатки–волочения с постоянной шириной.

Прокатку–волочение ленты по предложенной калибровке целесообразно осуществлять в калибрах закрытой сборки. При этом следует иметь в виду, что в первом, втором и третьем переходах (по ходу деформации) деформируемая полоса имеет одинаковую ширину, что позволяет осуществлять деформацию в одних и тех же роликах, последовательно изменяя размер калибра, соответствующий высоте полосы.

В соответствии с данными, приведенными в работе [3], при работе из отожженной проволоки, суммарные деформации между разупрочняющими термообработками (отжигами) могут производиться после достижения суммарной вытяжки  $\mu_{\Sigma} = 4,0$ .

В нашем случае суммарная вытяжка не превышает указанной величины.

Расчеты использования запаса прочности тягового конца полосы при использовании в качестве исходной заготовки патентованной проволо-

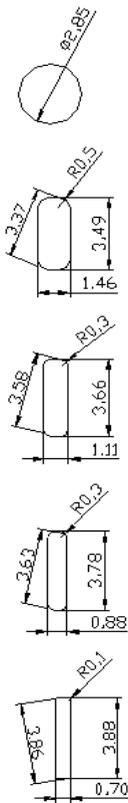
ки подтвердили возможность осуществления устойчивого процесса прокатки–волочения по предложенной калибровке без разупрочняющих термообработок. Однако, окончательно их необходимость и периодичность намечалось определить при выпуске опытно–промышленных партий ленты разных размеров по результатам оценки деформируемости металла (отсутствия нарушений его сплошности).

Анализ полученных результатов апробации схемы прокатки–волочения с постоянной шириной показал:

– Форма профиля и качество поверхности удовлетворительны. Отсутствие трещин косвенно подтверждается результатами механических испытаний.

– В первом переходе средний коэффициент вытяжки ( $\mu_1=1,414$ ) менее чем на 5% ниже расчетного (допускается отклонение до 8%).

– Во втором переходе не удалось выйти на расчетные режимы деформации из–за обрывов, а при достигнутых режимах ( $\mu_2=1,173$ ) на профиле появились острые углы, что и следовало ожидать.



В связи с высокой обрывностью в условиях прокатной лаборатории ИЧМ было принято решение перейти на схему деформации с контролируемым уширением при пониженных режимах деформации ( $\mu_{\text{imax}}=1,300$ ). Исходя из наличия проволоки–заготовки для дальнейших испытаний была принята проволока диаметром 2,85мм из ст.70 патентованной плавки № 232139 и площадью поперечного сечения  $F=6,35\text{мм}^2$ . Результаты расчета калибровки прокатки–волочения ленты 0,70x4,00 (0,70x3,88)мм из заготовки диаметром 2,85мм с контролируемым уширением приведены на рис.4.

Рис.4 – Схема калибровки для прокатки–волочения ленты 0,70x3,88мм с контролируемым уширением

При производственном опробовании схемы прокатки–волочения с контролируемым уширением из–за частых обрывов не удалось выйти на расчетные режимы формообразования. Обжатие по ширине профиля осуществлялось только по одной стороне. При этом обжимаемая сторона периодически менялась на противоположную. Для стабилизации положения заготовки на входе в очаг деформации было создано противонапряжение за счет увеличения стрелы прогиба на роликах правильного аппарата, установленного на корпусе предыдущего воло-

чильного блока. Однако, в связи с тем, что расстояние от оси последнего ролика правильного устройства до оси блока рабочих роликов составляет более 400мм, полностью стабилизировать ввод заготовки в очаг деформации не удалось и изменение обжатий по сторонам ширины профиля продолжалось. Кроме того, наличие противонапряжения привело к уменьшению ширины профиля против расчетной величины. Следует отметить, что такой способ регулирования уширения при плющении по данным специальной литературы [4] не является оптимальным из-за большой нестабильности силового равновесия в очаге деформации.

На основании сопоставления результатов опробования калибровок первых переходов прокатки–волочения ленты сечением 0,70 x 4,00мм по трем схемам (со всесторонним обжатием, постоянной шириной и контролируемым уширением), можно сделать вывод, что в существующих условиях для дальнейшей отработки технологии производства ленты с отношением ширины к высоте больше двух следует рекомендовать две схемы прокатки–волочения – всестороннее обжатие с противонапряжением и деформация при постоянной ширине с периодическим формированием боковых кромок в эджерных переходах.

Наиболее устойчивой к отступлениям от условий идеального процесса прокатки–волочения является калибровка с использованием принципа постоянной ширины в сочетании с эджерными переходами.

1. *Калибрование фасонных профилей.* / В.Н. Аргунов, М.З. Ерманюк, А.И. Петров, М.В. Харитонович /.: Металлургия, 1989. – 208с.
2. *Производство профилей и проволоки в роликовых волоках* / В.И. Гулько, В.А. Войцеховский, А.К. Григорьев . – Ижевск: «Удмуртия», 1989. –132с.
3. *Производство плющеной ленты.* / Ю.В. Владимиров, П.П. Нижник, Ю.А. Пуртов М.: Металлургия, 1985. –120с.
4. *Злотников М.И.* Производство плющеной ленты. – М.: Металлургиздат, 1951, 144с.

*Статья рекомендована к печати д.т.н. С.М.Жучковым.*