



The trial approbation of the various technological circuits rolling-dragged, has shown, that most efficient in conditions of rolling laboratory of Institute of black metallurgy is the technological circuit calibring of tapes with use of a priciple of constant width in a combination to transitions in vertical rolls for prevention current of metal in backlashes of calibre and formation lateral salvage.

А. П. ЛОХМАТОВ, С. М. ЖУЧКОВ, К. Ю. КЛЮЧНИКОВ, И. В. СИКАЧИНА,  
Л. П. БАРЫШЕВА, ИЧМ НАН Украины

УДК 621.771.24:621.778:62-242.2

## ОСВОЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОКАТКИ-ВОЛОЧЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ ДЛЯ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

На основании результатов исследований, выполненных при разработке технологии прокатки-волочения плющеной ленты для изготовления поршневых колец, с использованием принципа пластического равновесия в очаге деформации выполнен расчет переходов прокатки-волочения стальной ленты сечением 4,00x0,70 мм в соответствии с требованиями ТУ 3-939-77 для двух технологических схем реализации процесса – комбинированной схемы, включающей калибрование прокаткой-волочением и плющение в неприводных валках, и схемы, основанной только на калибровании прокаткой-волочением.

При освоении технологии калибрования прокаткой-волочением стальной ленты для поршневых колец в условиях прокатной лаборатории Института черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины принята вторая схема калибровки переходов, представленная на рис. 1.

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

По принятой схеме калибровки предусматривается:

1) калибрование катушки диаметром 6,5 мм на проволоку диаметром 5,3 мм за один-два перехода с общим коэффициентом вытяжки металла  $\mu_{\Sigma}=1,504$  и суммарной деформацией 33,5%;

2) калибрование прокаткой-волочением проволоки диаметром 5,3 мм на плющеную ленту сечением 4,00x0,70 мм с закругленными кромками в соответствии с требованиями ТУ-3-939-81 за девять переходов. В этом случае общий коэффициент вытяжки металла равен  $\mu_{1-9}=8,151$  при суммарной деформации в девяти переходах прокатки-волочения, составляющей 87,7%.

Калибрование прокаткой-волочением по принятой схеме калибровки на стадии освоения технологии осуществляли в роликовых калибрах универсальной сборки («турецкая головка»).

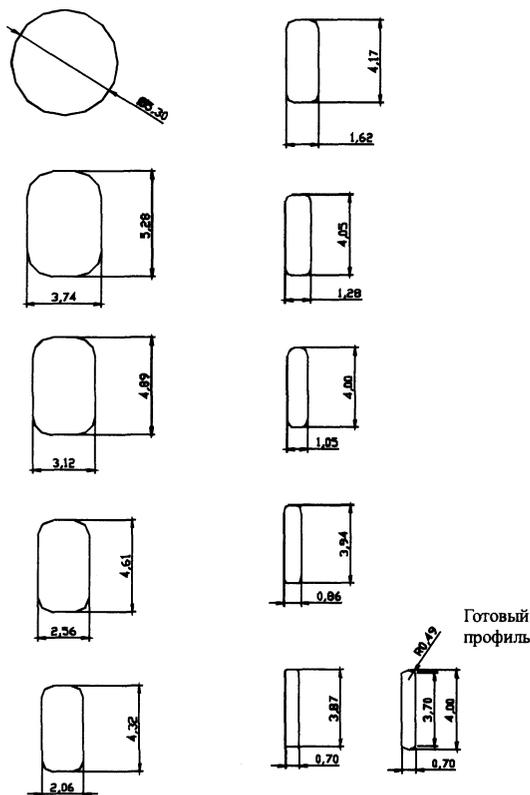


Рис.1. Размеры поперечных сечений полосы по переходам прокатки-волочения с использованием условия пластического равновесия в очаге деформации

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 требуются две разупрочняющие термообработки. Первую предполагалось осуществлять после волочения катушки диаметром 6,5 мм на проволоку диаметром 5,3 мм при суммарной деформации 33,5% и коэффициенте вытяжки  $\mu_{\text{вол}}=1,504$ . Вторую разупрочняющую термообработку предполагалось осуществлять



Величины относительных и абсолютных значений свободного уширения во втором и третьем переходах составили:  $\Delta b_2/b_{02}=0,053$ ,  $\Delta b_2=0,281$  мм;  $\Delta b_3/b_{03}=0,074$ ,  $\Delta b_3=0,363$  мм.

В обоих переходах осуществляется боковое обжатие величиной 0,393 и 0,244 мм, а с учетом свободного уширения — 0,674 и 0,607 мм, 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 повышения обрывности ленты.

На основании анализа результатов выполненных исследований были сформулированы два направления дальнейшего совершенствования методики расчета калибровки переходов при калибровке полосы с отношением ширины к высоте больше двух.

По первому направлению калибрование ленты, кроме первого и последнего переходов, необходимо осуществлять из прямоугольной заготовки, ограничив обжатие профиля по ширине устранением естественного (свободного) уширения. Здесь используется принцип постоянной ширины полосы. В этом случае в последнем переходе по ходу деформации свободное уширение металла будет использовано для формирования выпуклой боковой кромки.

Согласно второму направлению, калибрование ленты осуществляют с контролируемым уширением, когда ширина полосы по ходу калибрования растет, но в меньшей степени, чем при свободном уширении.

При калибровке 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, приведенной в работе [3].

Параметры сечений деформируемой полосы по переходам в этом случае приведены на рис. 3. Размеры диагоналей сечений деформируемой полосы, показанной на рисунке, рассчитаны по методике, рекомендованной в работе [3].

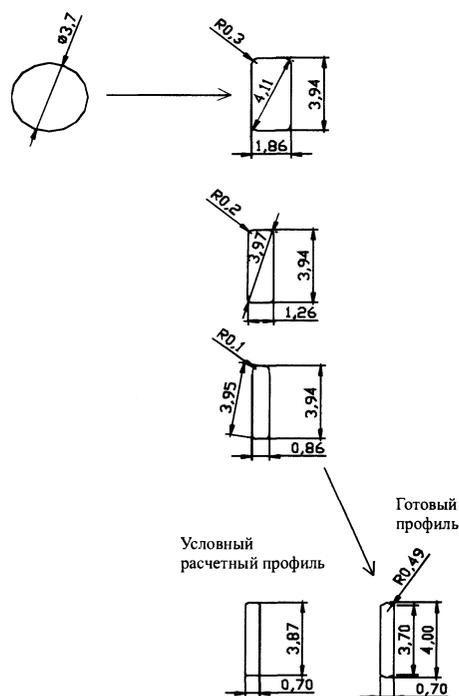


Рис. 3. Размеры поперечных сечений полосы по переходам рабочей калибровки прокатки-волочения с постоянной шириной

Прокатку-волочение ленты по предложенной калибровке следует осуществлять в калибрах закрытой сборки. При этом необходимо учитывать то, что в первом, втором и третьем по ходу деформации переходах деформируемая полоса имеет одинаковую ширину. Это 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 использовании в качестве подката отожженной проволоки суммарные деформации между разупрочняющими термообработками (отжигами) могут осуществляться до достижения суммарной вытяжки  $\mu_2=4$ . В нашем случае суммарная вытяжка не превышает указанной величины.

Расчеты использования запаса прочности тягового конца полосы при использовании в качестве исходной заготовки патентованной проволоки подтвердили возможность осуществления устойчивого процесса прокатки-волочения по предложенной калибровке без разупрочняющих термообработок. Однако окончательно необходимость и периодичность этих термообработок следует уточнить по результатам оценки деформируемости металла (отсутствия нарушений его сплошности) при выпуске опытно-промышленных партий ленты разных размеров.

Анализ полученных результатов опробования схемы прокатки-волочения с постоянной шириной показал, что при использовании этой схемы обеспечивается удовлетворительная форма профиля и качество поверхности полосы. Отсутствие трещин на полосе подтверждается результатами механических испытаний. Вместе с тем в первом переходе средний коэффициент вытяжки ( $\mu_1=1,414$ ) менее чем на 5% ниже расчетного (допускается отклонение до 8%). При этом во втором переходе не реализованы расчетные режимы деформации из-за обрывов полосы, а при достигнутых режимах ( $\mu_2=1,173$ ) на профиле появились острые углы.

В связи с высокой обрывностью полосы при реализации этой схемы в условиях прокатной лаборатории ИЧМ было принято решение опробовать схему деформации с контролируемым уширением при пониженных режимах деформации ( $\mu_{1\max}=1,300$ ). При проведении этих исследований в качестве исходной использовали патентованную проволоку-заготовку диаметром 2,85 мм, площадью поперечного сечения  $F=6,35$  мм<sup>2</sup> из стали 70. Результаты расчета калибровки прокатки-волочения ленты сечением 0,70x4,00 (0,70x3,88) мм из заготовки диаметром 2,85 мм с контролируемым уширением приведены на рис. 4.

Производственное опробование схемы прокатки-волочения с контролируемым уширением показало, что из-за повышенной частоты обрывов не удалось обеспечить расчетные режимы формообразования.

Обжатие по ширине полосы профиля осуществляли 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 волочильного блока. Однако в связи с особенностями конструкции правильного устройства полностью стабилизировать ввод заготовки в очаг деформации не удалось.

Кроме того, наличие противонапряжения привело к уменьшению ширины профиля против расчетной величины. Следует отметить, что такой способ регулирования уширения при плющении по данным работы [4] не оптимален из-за высо-

кой нестабильности силового равновесия в очаге деформации.

На основании сопоставительного анализа результатов исследований, полученных при экспериментальном опробовании калибровок первых переходов прокатки-волочения ленты сечением 0,70 x 4,00 мм по различным технологическим 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 деформацию при постоянной ширине с периодическим формированием боковых кромок в эджерных переходах. Причем наиболее устойчивой к отступлениям от условий идеального процесса прокатки-волочения является калибровка с использованием принципа постоянной ширины в сочетании с эджерными переходами.

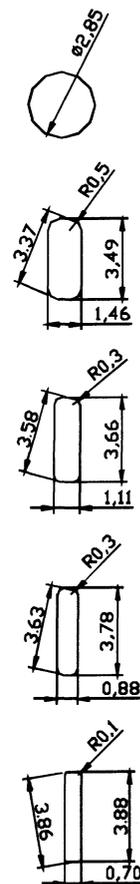


Рис. 4. Схема калибровки для прокатки-волочения ленты сечением 0,70x3,88 мм с контролируемым уширением

### Литература

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