

УДК 621.774.3

Б.А. Романцев¹, И.И. Лубе²¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»² ОАО «Трубная металлургическая компания»

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОШИВКИ ЗАГОТОВОК В ГИЛЬЗЫ С «ПОДЪЕМОМ» ПО ДИАМЕТРУ В ДВУХВАЛКОВОМ СТАНЕ ВИНТОВОЙ ПРОКАТКИ МИСИС-130Д

Ранее проведенные экспериментальные исследования процесса прошивки заготовок в гильзы с «подъемом» по диаметру на опытно-промышленном стане МИСИС-130Д по схеме настройки очага деформации прошивного стана, предусматривающей установку носка оправки в сечении пережима или малым выдвиганием за пережим валков и переносом деформации в выходной конус, показали возможность прошивки заготовок с увеличением наружного диаметра гильз в двухвалковом стане с бочковидными валками более чем на 16 % [1]. По результатам проведенной работы было принято решение продолжить исследования процесса прошивки заготовок в гильзы с «подъемом» наружного диаметра по схеме установки носка оправки в области сечения пережима валков.

Исходные заготовки из стали 20 диаметром 60 мм зацентровывали с переднего торца сверлом диаметром 19 мм на глубину 15 – 20 мм. Для исследования скручивания вдоль образующей заготовок наносили паз глубиной 3 мм и шириной 3 мм. Нагрев заготовок осуществляли в камерной электрической печи до температуры 1150 – 1180 °С в течение 40 мин.

На каждой из пяти оправок различной калибровки диаметрами 48, 51, 53, 56, 58 мм прошивали по три заготовки в гильзы диаметром 70 – 73 мм. При этом фиксировали геометрические параметры получаемых гильз, шаги винтовой линии на наружной поверхности гильз, машинное время прошивки, определяли скручивание заготовок в очаге деформации, оценивали состояние наружной и внутренней поверхности прокатанных гильз.

Двухвалковый стан МИСИС-130Д оснащен бочковидными рабочими валками диаметром 430 мм и шири-

ной бочки 320 мм. В ходе эксперимента использовали рабочие валки, изготовленные из стали 45 с твердостью рабочей поверхности около 190 – 195 НВ, с биконической калибровкой с углами наклона образующих входного и выходного конусов – 2,5 и 3 ° соответственно и пережимом длиной 10 мм, расположенным посередине бочки. Частота вращения рабочих валков составляла 57 мин⁻¹, угол подачи – 14 °. В качестве направляющего инструмента использовали линейки из высоколегированного сплава (бидулоидный чугун) с твердостью 51 – 55 HRC.

На рис. 1 и 2 представлен рабочий инструмент прошивного стана МИСИС-130Д, используемый в процессе экспериментального исследования.

В табл. 1 представлены основные геометрические параметры экспериментальных оправок.

Таблица 1

Основные геометрические параметры экспериментальных оправок*

Диаметр оправок $\delta_{оп}$, мм	Длина оправок $L_{оп}$, мм	Отношение $L_{оп}/\delta_{оп}$
48	132	2,75
51	138	2,71
53	120	2,26
56	118	2,11
58	118	2,03

* Угол раскатного конуса 7°



Рис. 1. Валок (а) и линейки (б) прошивного стана МИСИС-130Д



Рис. 2. Оправки прошивного стана различной калибровки диаметрами, мм:
 а – 48; б – 51; в – 53; г – 56; д – 58

В табл. 2 представлены варианты настройки прошивного стана МИСиС-130Д для проведения экспериментальных исследований.

Процесс прошивки заготовок проходил устойчиво за исключением некоторых случаев. Так, прошив-

ка согласно настройке № 1 сопровождалась закатом оправки в заднем конце гильзы. Это было вызвано, прежде всего, повышенной длиной оправки и недостатком тянущих сил валков для съема гильзы. В результате было принято решение о выдвигании оправки за пере-

Таблица 2

Варианты настройки прошивного двухвалкового стана МИСиС-130Д

Номер настройки	Диаметр оправки $\delta_{оп}$, мм	Длина оправки $L_{оп}$, мм	Обжатие заготовки перед носком оправки U_o , %	Выдвижение оправки за пережим С, мм	Обжатие в пережиме U_n , %	Расстояние между валками В, мм	Расстояние между линейками Л, мм	Коэффициент оваллизации ξ
1	48	132	6,0	15	7,0	55,8	61,3	1,10
2			3,9	25				
3								
4								
5	51	138	7,0	0	7,0	55,8	61,3	1,10
6			6,0	15				
7								
8								
9	53	112	7,0	0	7,0	55,8	61,3	1,10
10								
11								
12	53	112	10,0	-22	10,0	54,0	61,3	1,14
13				-12				
14	56	118	7,0	0	7,0	55,8	61,3	1,10
16								
17								
18								
19	58	118	6,7	0	6,7	56,0	63,0	1,13
20								

Примечание. Диаметр заготовки $D_3 = 60$ мм, длина заготовки $L_3 = 300$ мм

жим валков на 10 мм (настройки № 2 – 4), что позволило обеспечить дополнительное выравнивание стенки гильзы в заключительной стадии процесса прошивки и, как итог, стабильный сход гильзы с оправки. Прошивка заготовок по настройкам № 2 – 4 на оправке диаметром 48 мм проходила устойчиво.

Прошивка на оправке диаметром 51 мм при ее установке в пережиме валков (настройка № 5) также сопровождалась закатом оправки в заднем конце гильзы. Данный недостаток также возник вследствие использования оправки повышенной длины. Выдвижение оправки за пережим валков на 15 мм позволило обеспечить благоприятное протекание процесса прошивки.

Прошивка заготовок согласно настройкам № 6 – 8 стана, а также последующие экспериментальные прошивки проходили устойчиво.

Результаты опытных прошивок представлены в табл. 3.

Процесс прошивки с применением настроек, при которых носок оправки установлен в пережиме валков, позволил увеличить наружный диаметр гильз на 16 – 22 % в зависимости от диаметра применяемых оправок. Большого увеличения диаметра гильзы достичь не удалось ввиду недостаточного подъема угла наклона образующей выходного конуса рабочих валков. Увеличение внутреннего диаметра гильзы относительно диаметра оправки составило 1,5 – 2,8 мм, что благоприятно сказалось на «подъеме» гильзы. Максимальная относительная разностенность по длине гильз составила менее 8 – 9 %.

Анализ полученных данных позволил сделать некоторые выводы о протекании процесса прошивки и разработать рекомендации по калибровке технологического инструмента для организации прошивки заготовок в гильзы с «подъемом» по диаметру и установкой носка оправки в пережиме валков.

Таблица 3

Результаты экспериментальных исследований процесса прошивки на стане МИСиС-130Д

Номер настройки	Диаметр гильзы D_r , мм	Толщина стенки гильзы S_r , мм	Отношение D_r/S_r	Увеличение внутреннего диаметра гильзы K , мм	Длина гильзы L_r , мм	Коэффициент вытяжки μ	Величина подъема гильзы по наружному диаметру ΔD , %	Угол наклона линии скручивания на поверхности гильзы γ , град	Величина подачи за поворот гильзы $S_{шт}$, мм	Количество циклов деформации на поверхности гильзы
1	70,0	10,8	6,5	0,52	426	1,41	16,69	–	18,2	11
2	69,8	10,2	6,9	1,52	445	1,49	16,36	–	18,0	11
3	70,0	10,1	6,9	1,73	448	1,49	16,61	18	18,6	11
4	70,2	10,0	7,0	2,22	421	1,50	16,94	–	19,7	10
5	71,8	10,2	7,1	0,47	432	1,44	19,64	–	20,0	10
6	71,3	9,0	7,9	2,22	472	1,60	18,75	–	19,6	12
7	70,9	9,0	7,9	1,93	472	1,61	18,22	19	19,5	11
8	70,9	9,1	7,8	1,63	470	1,59	18,19	–	20,2	10
9	71,7	8,6	8,3	1,48	495	1,66	19,50	–	21,0	11
10	71,9	8,6	8,3	1,65	488	1,65	19,78	–	22,1	10
11	71,8	8,7	8,3	1,45	489	1,65	19,58	32	19,5	11
12	72,9	9,2	7,9	1,47	461	1,53	21,56	–	17,5	12
13	72,0	8,5	8,5	2,00	491	1,67	20,03	–	20,1	11
14	72,1	8,5	8,5	2,17	496	1,67	20,19	–	19,8	11
15	72,1	7,0	10,3	2,15	618	1,98	20,22	–	18,7	16
16	72,5	6,9	10,6	2,80	605	2,00	20,86	36	21,5	13
17	72,5	6,8	10,6	2,87	590	2,01	20,83	–	21,6	13
18	72,7	6,1	11,9	2,48	612	2,22	21,11	–	13,6	21
19	72,9	6,1	12,1	2,82	648	2,22	21,53	–	18,1	18
20	72,6	6,0	12,1	2,53	620	2,25	20,92	–	18,2	17

Угол наклона образующей выходного конуса валков φ_2 рекомендуется выбирать равным $4 - 6^\circ$.

При проектировании оправок угол наклона образующей раскатного конуса оправки целесообразно принимать

$$\alpha = \varphi_2 + (1,5 \div 2), \text{ град.}$$

Данное соотношение обеспечивает постоянный или слабо суживающийся зазор между образующими выходного конуса рабочего валка и раскатного конуса оправки, что благоприятно сказывается на раскатке металла заготовки и обеспечивает стабильный «подъем» гильзы по диаметру.

Применение оправок повышенной рабочей длины с отношением $\frac{L_{\text{оп}}}{\delta_{\text{оп}}} > 2,5$ приводит к закату оправки в заднем конце гильзы в виду недостатка тянущих сил в конце процесса прошивки.

Особое внимание в работе уделялось исследованию скручивания металла при прошивке заготовок в гильзы при разных настройках очага деформации прошивного стана. Скручивание металла при прошивке – отрицательный фактор, так как оно вызывает появление дополнительных напряжений в металле, особенно в его периферийных слоях, что способствует вскрытию дефектов и образованию наружных плен, а также увеличивает расход энергии на прошивку.

В табл. 4 представлены результаты экспериментальных исследований процесса прошивки заготовок по маршрутам № 3, 7, 11, 16, в которых оценивалась величина скручивания металла.

Наименьшее значение угла наклона линии скручивания гильз, прокатанных из заготовок с предварительно нанесенным пазом, составило 18° и получено при прошивке по настройкам очага деформации прошивного стана № 3. Максимальное значение 36° получено при прошивке по настройкам № 16.

Известно, что процесс скручивания заготовок в прошивных станах винтовой прокатки связан с неравномерным угловым движением заготовки по длине очага деформации, определяемым скоростными условиями вращения на контактной поверхности металла с валком. В данной работе применение оправки большего диаметра и ее установка в пережиме валков привели к увеличению угла скручивания гильзы. Полученные в ходе исследований результаты согласуются с выводами, представленными в работах [2 – 4].

- Результирующее скручивание тем больше, чем больше разница между отношением радиуса валка к радиусу заготовки/гильзы в точках захвата заготовки и выхода гильзы из валков (R_B/R_Γ).
- Результирующее скручивание зависит от положения оправки в очаге деформации – чем дальше оправка отведена назад в направлении пережима валков, тем больше величина результирующего скручивания. Перемещение носка оправки к пережиму валков приводит к увеличению длины контактной поверхности металла в выходном конусе очага деформации и, следовательно, к большей разнице между отношениями $R_B^{\text{Вх}}/R_3^{\text{Вх}}$ и $R_B^{\text{Вых}}/R_\Gamma^{\text{Вых}}$ (R_B – радиус валка, мм; R_3 – радиус заготовки, мм; R_Γ – радиус гильзы, мм) в сечениях захвата заготовки валками и выхода гильзы из валков, соответственно. К тому же перенос деформации в выходной конус валков и увеличение значения частных обжатий металла между валком и оправкой вследствие установки оправки большего диаметра приводят к повышению сопротивления вращению заготовки и, соответственно, уменьшению коэффициента тангенциальной скорости, т.е. увеличению скольжения металла в тангенциальном направлении.

Таблица 4

Результаты экспериментальных исследований процесса прошивки на стане МИСиС-130 по маршрутам № 3, 7, 11, 16

Показатель	Номер маршрута прошивки			
	3	7	11	16
Диаметр оправки $\delta_{\text{оп}}$, мм	48	51	53	56
Выдвижение оправки за пережим С, мм	25	15	0	0
Обжатие заготовки перед носком оправки U_0 , %	3,9	6,0	7,0	
Обжатие в пережиме U_n , %			7,0	
Коэффициент овализации ξ			1,1	
Диаметр гильзы D_r , мм	70,0	70,9	71,8	72,5
Отношение D_r/S_r	6,9	7,9	8,3	10,6
Коэффициент вытяжки μ	1,49	1,61	1,65	2,00
Угол наклона линии скручивания на поверхности гильзы γ , град	18	19	32	36

Уменьшения эффекта скручивания металла в процессе прошивки возможно добиться за счет уменьшения длины очага деформации, в первую очередь благодаря применению рабочего инструмента соответствующей калибровки (увеличение угла выходного конуса валков, применение оправок меньшей длины и т.д.), а также соответствующей настройкой очага деформации (прошивка на повышенных углах подачи валков 12° и более, уменьшение обжатия перед носком оправки до 5 – 6 %, повышение коэффициента овализации очага деформации). Реализация указанных мероприятий при прошивке заготовок с «подъемом» гильз по диаметру в станах с бочковидными валками приведет к уменьшению разницы угловых скоростей для точек захвата заготовки валками и выхода гильзы из валков прошивного стана и, как следствие, к снижению результирующего скручивания металла наружных слоев гильзы.

УДК 621.74: 669.14

Э.Б. Тен¹, Е.Ю. Лихолобов²

¹ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»

² АО «Алюминий Казахстана»

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ПЛАВКИ СТАЛИ 110Г13Л ИЗМЕРЕНИЕМ АКТИВНОСТИ КИСЛОРОДА В РАСПЛАВЕ

Сталь 110Г13Л выплавляют преимущественно в дуговых печах с основной футеровкой методами окисления, переплава или сплавления. Во всех вариантах плавки, при всех прочих равных условиях, качество стали и отливок определяется тем, как проведены заключительные операции восстановительного периода. Желательно их завершить при высокой основности шлака и при низком содержании в нем FeO и MnO. Согласно работе [1], наилучшие качественные показатели стали достигаются при основности шлака $(CaO)/(SiO_2) \geq 2,5$ и при $\Sigma(FeO + MnO) \leq (3,0 - 4,5) \%$. По другим данным [2] предельно допустимое содержание $\Sigma(FeO + MnO)$ составляет 4,5 % при выплавке стали методом окисления и 6 % при выплавке стали методами переплава или сплавления.

Высокую основность обеспечивают регулированием состава и количества шлакообразующих присадок, а низкое содержание $\Sigma(FeO + MnO)$ – путем обработки шлака раскислительной смесью, состоящей из известняка, ферросилиция и кокса. Контроль за достижением этих условий осуществляют путем периодического отбора и химического анализа проб шлака. Очевидно, что такой метод контроля раскисленности шлака затратен и не оперативен.

В данной работе рассмотрена возможность экспрессной оценки $\Sigma(FeO + MnO)$ путем измерения активнос-

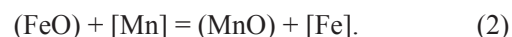
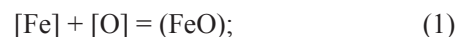
Таким образом, в результате проведенных исследований установлена принципиальная возможность прошивки в двухвалковых станах с бочковидными валками гильз на «подъем» с увеличением наружного диаметра более 20 % и определены некоторые параметры калибровки рабочего инструмента (валков, оправок) прошивного стана для устойчивой реализации процесса прошивки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Алещенко А.С., Лубе И.И., Богатырев Д.В. и др. // Изв. вуз. Черная металлургия. 2008. № 7. С. 20 – 23.
2. Фомичев И.А. Косая прокатка. – Харьков: Металлургиздат, 1963. – 262 с.
3. Тетерин П.К. Теория поперечно-винтовой прокатки. – М.: Металлургия, 1971. – 368 с.
4. Потапов И.Н., Полухин П.И. Технология винтовой прокатки. – М.: Металлургия, 1990. – 344 с.

© 2012 г. Б.А. Романцев, И.И. Лубе
Поступила 19 сентября 2011 г.

ти кислорода в жидкой стали. Такая возможность вытекает из рассмотрения следующих двух реакций:



Константа равновесия реакции (1) равна

$$K_{FeO} = a_{FeO} / (a_{[Fe]} a_{[O]}) = a_{FeO} / a_{[O]} = (\% FeO) \gamma_{FeO} / a_{[O]}, \quad (3)$$

где a_{FeO} , γ_{FeO} , (% FeO) – соответственно активность, коэффициент активности и содержание оксида железа (II) в шлаке; $a_{[Fe]}$ и $a_{[O]}$ – активности железа и кислорода в жидкой стали ($a_{[Fe]} = 1$).

Из равенства (3) имеем

$$(\% FeO) = K_{FeO} a_{[O]} / \gamma_{FeO}. \quad (4)$$

Константа равновесия реакции (2) определяется выражением

$$K_{MnO} = a_{MnO} / (a_{FeO} a_{[Mn]}) = (\% MnO) \gamma_{MnO} / \{(\% FeO) \gamma_{FeO} [f_{[Mn]}]\}, \quad (5)$$