

А. С. Тумашев¹, В. Ф. Даненко², Н. Е. Шолохова¹, А. А. Шариков²

**ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТРАБОТАННЫХ ОПРАВОК ПРОКАТНОГО СТАНА
ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МАТРИЧНЫХ КОЛЕЦ
ПРЕССОВЫХ ЛИНИЙ ТПЦ-2 В УСЛОВИЯХ АО «ВТЗ»**

¹ АО «Волжский трубный завод», г. Волжский

² Волгоградский государственный технический университет

e-mail omd@vstu.ru

Подтверждена возможность использования вторичного сырья из отработанных оправок непрерывного стана ТПА 159–426 мм трубопрокатного цеха ТПЦ-3 при изготовлении матричных колец (матриц) для прессовых линий трубопрессового цеха ТПЦ-2 АО «ВТЗ».

Применяемый подход позволяет снизить себестоимость, а проработка структуры металла с последующей термической обработкой – повысить твердость и дополнительно увеличить стойкость прессового инструмента для производства труб.

Ключевые слова: вторичное сырье, трубная заготовка, прессование, прокатка, оправки, матрицы, термическая обработка, твердость, стойкость, сорбитная структура.

A. S. Tumashev¹, V. F. Danenko², N. E. Sholokhova¹, A. A. Sharikov²

ABOUT THE USE OF USED ROLLING MILL MANDREL FOR THE MANUFACTURE OF DIE RINGS PRESS LINES TPP-2 IN THE CONDITIONS OF VTZ «JSC»

¹ JSC "Volzhsky Pipe Plant", Volzhsky

² Volgograd State Technical University

The possibility of using secondary raw materials from waste mandrels of the continuous TPA mill 159–426 mm of the pipe rolling shop TPP-3 in the manufacture of matrix rings (matrices) for the press lines of the pipe-pressing shop TPP-2 of VTZ «JSC» has been confirmed.

The approach used allows us to reduce costs, and the development of the metal structure with subsequent heat treatment increases hardness and further increases the durability of pressing tools for pipe production.

Keywords: secondary raw materials, pipe blanks, pressing, rolling, mandrels, matrices, heat treatment, hardness, durability, sorbitol structure.

На современном этапе развития трубного производства большое распространение получило производство стальных труб прессованием [1–3]. Основными поставщиками прокатного и прессового инструмента для производства труб на АО «Волжский трубный завод» являются предприятия: НКМЗ (Украина), «Альянс-Юг» (Китай), ООО «Прессмаш» (Россия). Использование максимально возможного ресурса прокатного инструмента с последующим вовлечением в технологический процесс в виде заготовки для производства прессового инструмента позволит эффективно использовать ресурсы предприятия и получать максимальную выгоду при одновременном снижении себестоимости конечной продукции.

В состав прессового инструмента входят: внутренняя втулка контейнера, матрица, игла (трубная оправка), пресс-шайба, пресс-штемпель.

Наиболее изнашиваемым видом инструмента при производстве труб методом горячего прессования являются матричные кольца [2, 4]. По условиям эксплуатации они относятся к тяжело нагруженному инструменту и подвергаются интенсивному износу в связи с воздействием сил трения на протяжении всего процесса истечения металла, т.к. имеют непосредственный контакт с прессуемым металлом. После износа кольцо подлежит замене, а обойму используют неоднократно.

Максимальный расход матричных колец происходит по причине наличия на рабочей поверхности недопустимых дефектов в виде рисок и наплывов металла на калибрующий пояс матрицы [1, 5]. Образование дефектов на рабочей поверхности матричного кольца связано с низкими значениями твердости материала кольца матрицы.

В настоящее время в структуре себестоимости передела трубной продукции производства ТПЦ-2 АО «ВТЗ» доля затрат на прессовый инструмент составляет 20 %. В условиях ТПЦ-3 ежегодно по причине наличия дефектов рабочей поверхности [6] списанию подлежат от 6 до 8 длинномерных оправок непрерывного стана ТПА 159-426 мм, изготовленных из идентичной матричным кольцам марки стали.

Цель работы – экспериментальное исследование возможности использования вторичного сырья из отработанных оправок непрерывного стана трубопрокатного цеха ТПЦ-3 при изготовлении матричных колец (матриц) для прессовых линий трубопрессового цеха ТПЦ-2 АО «ВТЗ».

Материалы и методы исследования

Для производства матриц использовали предварительно подготовленные заготовки из отработанных оправок (сталь 4Х5МФ1С) непрерывного прокатного стана трубопрокатного цеха ТПЦ-3. Химический состав стали 4Х5МФ1С приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав стали 4Х5МФ1С

ГОСТ 5950-2000	Массовая доля элементов, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Cu
	0,37– 0,44	0,90– 1,20	0,20– 0,50	≤0,030	≤0,030	4,50– 5,50	1,20– 1,50	0,80– 1,10	≤0,35	≤0,30

Работы по изготовлению трубных заготовок из отработанных оправок осуществляли:

- путем проката заготовок в ТПЦ-1 для получения трубной заготовки Ø160x80 мм (коэффициент вытяжки 1,52);
- путем прессования заготовок в ТПЦ-2 для получения трубной заготовки Ø194x100 мм (коэффициент вытяжки 4,55).

Полученные трубные заготовки подвергали дальнейшей механической и термической обработке при производстве:

- опытных матриц Ø90,6 мм из заготовок производства ТПЦ-1;

- опытных матриц Ø110,3 мм из заготовок производства ТПЦ-2.

Полученные из трубных заготовок опытные матрицы Ø90,6 мм (40 шт.) и Ø110,3 мм (10 шт.) прошли термическую обработку по приведенному в табл. 2 режиму.

Испытание опытных матриц Ø90,6 мм на стойкость проводили при производстве труб диаметром Ø88,9x7,34 мм из стали 15X13H2Б-1 на прессовой линии 20МН ТПЦ-2. Также на прессовой линии 20МН проводили испытание опытных матриц Ø110,3 мм при производстве труб диаметром Ø108x8,0 мм из стали 08X18H10T.

Таблица 2

Режим термической обработки матриц из стали 4X5MФ1C

Закалка	Отпуск
Подогрев до 850 °С, выдержка 90 мин. Аустенизация при 1050 °С, выдержка 40 мин. Закалка в масле, выдержка 30 мин.	Отпуск при 530–540 °С в течение 4,5–5,0 ч

Для сравнительного анализа характерных особенностей структуры и свойств опытных матриц и штатных матриц производства ООО «Прессмаш» осуществляли:

- химический анализ;
- дюрOMETрический анализ;
- металлографический анализ методами оптической микроскопии.

Результаты исследования

Перед задачей в производство был осуществлен входной контроль опытных матриц по геометрическим параметрам, качест-

ву рабочей поверхности и твердости.

При визуальном осмотре на рабочей поверхности матриц замечаний по качеству не выявлено. Все матрицы признаны соответствующими требованиям чертежа по геометрическим параметрам.

Представленные в табл. 3 результаты химического анализа образцов свидетельствуют о соответствии состава металла опытных матриц образцу матрицы производства «Прессмаш», а также химическому составу стали 4X5MФ1C по ГОСТ 5950-2000 (см. табл. 1).

Таблица 3

Результаты химического анализа образцов матриц

Матрица	Массовая доля элемента, %									
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ni	Cu
Штатная производства «Прессмаш»	0,34	0,97	0,39	0,011	0,003	5,15	1,19	0,84	0,35	0,09
Опытная, Ø90,6 мм	0,34	0,93	0,39	0,011	0,003	5,13	1,20	0,80	0,27	0,07
Опытная, Ø110,3 мм	0,33	0,93	0,42	0,012	0,003	5,18	1,23	0,83	0,17	0,11

Определенные на твердомере ТР 5006 значения твердости матриц производства «Прессмаш» и опытных матриц после термической

обработки по указанному в табл. 2 режиму приведены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты измерения твердости образцов матриц

Матрица	Твердость <i>HRC</i>	
	До эксплуатации	После эксплуатации
Штатная производства «Прессмаш»	52,4÷54,8	50,0÷54,0
Опытная, Ø90,6 мм	50,0÷52,0	49,5÷53,5
Опытная, Ø110,3 мм	53,0÷54,0	49,0÷54,0

Входной контроль твердости опытных матриц Ø90,6 мм, полученных из прокатанных заготовок, показал достигнутое значение твердости после термической обработки на уровне 50,0÷52,0 *HRC*. Среднее значение твердости для 18 измерений составляло $\bar{X}=51,5$ *HRC*. При этом расчетное значение показателя вариации $V_{\sigma}=(\sigma/\bar{X}) \times 100 \text{ \%}=1,13 \text{ \%}$, где σ – стандартное отклонение. Согласно принятым в статистике условиям, полученное значение показателя вариации говорит об однородности совокупности значений твердости матриц.

Значения твердости опытных матриц Ø110,3 мм, изготовленных из прессованной трубной заготовки, составили после термической обработки 53,0÷54,0 *HRC*, что в среднем на 2 ед. выше значений 50,0÷52,0 *HRC* для опыт-

ных матриц Ø90,6 мм, полученных из прокатанных заготовок. Наблюдаемое связывается с превышением в 3 раза коэффициента вытяжки при производстве трубной заготовки прессованием и должно отразиться на данных по стойкости опытных матриц при эксплуатации.

Результаты определения твердости отработавших матриц (см. табл. 4) свидетельствуют о сопоставимой твердости на уровне 49,0÷54,0 *HRC* после эксплуатации. Примерно такая же твердость наблюдалась на исследованных образцах матриц производства «Прессмаш».

Фактическая средняя стойкость опытных матриц Ø90,6 мм при производстве на прессовой линии 20 МН ТПЦ-2 труб Ø88,9 х 7,34 мм из стали 15Х13Н2Б-1 составила 6,2 прессований (табл. 5).

Таблица 5

Фактическая стойкость исследуемых матриц

Матрица производства	Средняя стойкость, шт/прессований
Штатная, с исходной твердостью 43-48 <i>HRC</i>	5,0
«Прессмаш» с исходной твердостью 53-55 <i>HRC</i>	9,0
Опытная, с исходной твердостью 50-52 <i>HRC</i>	6,2
Опытная, с исходной твердостью 53-54 <i>HRC</i>	8,6

Всего отпрессовано 212 шт. труб, отбраковано 34 шт. матриц по причине налипания металла и образования рисков (показано на рис. 1). Не выработали свой норматив и отложены для дальнейшего производства труб 6 шт. матриц.

Для сравнения, средняя стойкость штатных матриц Ø90,6 мм при аналогичном производстве труб составила пять прессований. При этом отпрессовано 486 шт. труб, отбраковано 96 шт. матриц.



Рис. 1. Отбраковка опытных матриц производства ТПЦ-1: риски и налипание металла.
Отработанные матрицы – 6 прессований

Для проведения опытных испытаний матриц $\varnothing 110,3$ мм при производстве на прессовой линии 20 МН ТПЦ-2 труб $\varnothing 108 \times 8,0$ мм из стали 08Х18Н10Т было подготовлено 7 матриц. На опытных матрицах был отпрессован весь заказ

труб в количестве 43 шт. Выбраковка матриц осуществлялась по следующим критериям: уменьшение внутреннего диаметра от номинальных значений, а также наличие на рабочей поверхности рисок, налипание металла (рис. 2).



Рис. 2. Отбраковка опытных матриц производства ТПЦ-2: риски и наплывы (уменьшение диаметра): а – отработанная матрица – 6 прессований; б – отработанная матрица – 9 прессований

Фактическая средняя стойкость опытных матриц составила 8,6 прессований, что на 102 % выше стойкости штатного инструмента. На двух матрицах выявлен положительный результат динамики повышения стойкости 9 шт. прессований, две матрицы, отработавшие 5–6 шт. прессований, не выработали свой норматив и отложены для дальнейших испытаний.

Следует отметить, что полученные результаты по стойкости опытных матриц $\varnothing 110,3$ мм приближены к стойкости матриц производства ООО «Прессмаш».

Металлографический анализ предоставленных матриц проводился на инвертированном микроскопе Axiovert 40 МАТ на подготовленных микрошлифах в продольном направлении

до и после травления в 4-% спиртовом растворе азотной кислоты.

Исследование нетравленого шлифа не выявило наличия сильной загрязненности неметаллическими включениями или их локальных скоплений, дефекты металлургического происхождения не обнаружены.

Металлографическое исследование образца матрицы $\varnothing 90,6$ мм производства ТПЦ-1 показало, что структура металла представляет собой сорбит отпуска, карбиды имеют частичную направленность по границам игл мартенсита, что свидетельствует о недостаточном протекании диффузионных процессов во время отпуска (рис. 3, а). При этом отмечается высокий уровень твердости.

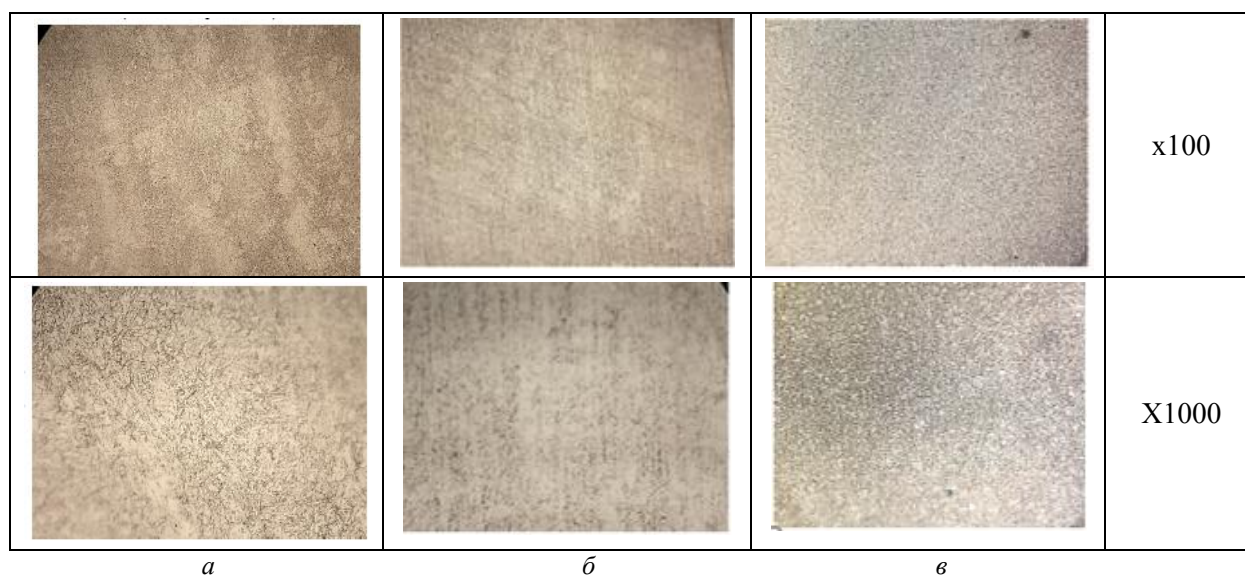


Рис. 3. Микроструктура образцов опытных матриц производства ТПЦ-1 (а), ТПЦ-2 (б) и матриц производства ООО «Прессмаш» (в)

Исследование образца матрицы Ø110,3 мм производства ТПЦ-2 показало, что структура металла данной матрицы состоит из сорбита отпуска с равномерно распределенной мелкодисперсной карбидной составляющей с минимально проявляющейся направленностью, что указывает на полноту протекания процесса отпуска (рис. 3, б).

Структура сорбита образца матрицы производства «Прессмаш» является более однородной, направленность карбидной составляющей в ней отсутствует полностью (рис. 3, в).

Сравнение структуры опытных матриц с лучшим образцом производства «Прессмаш» показало, что матрицы «Прессмаш» имеют более дисперсную структуру, что указывает на необходимость дальнейшего совершенствования технологии производства матриц с точки зрения проработки структуры при деформации и режима последующей термической обработки [7, 8].

Выводы

1. Установлена возможность использования вторичного сырья из отработанных оправок непрерывного стана трубопрокатного цеха ТПЦ-3 для производства матричных колец из трубных заготовок Ø160x80 мм и Ø194x100 мм, полученных путем проката в трубопрокатном цехе ТПЦ-1 и прессования в трубопрессовом цехе ТПЦ-2, соответственно, с последующей механической и термической обработкой по новым режимам. Химический состав материала опытных матриц соответствует марке стали 4X5MФ1С по ГОСТ 5950–2000.

2. После термической обработки по опытному режиму твердость матриц Ø90,6 мм производства ТПЦ-1 и матриц Ø110,3 мм производства ТПЦ-2 до эксплуатации составляла 50,0÷52,0 HRC и 53,0÷54,0 HRC, соответственно, что связывается с превышением в 3 раза показателя вытяжки при производстве матриц прессованием. При этом величина показателя вариации $V_{\sigma}=1,13\%$ говорит об однородности совокупности значений твердости опытных матриц. Вне зависимости от способа производ-

ства матриц, после эксплуатации уровень твердости составлял 50,0÷54,0 HRC, что идентично значениям твердости матриц производства «Прессмаш».

3. Средняя стойкость опытных матриц Ø90,6 мм и Ø110,3 мм при производстве труб на прессовой линии 20 МН ТПЦ-2 составила 6,2 и 8,6 шт. прессований, соответственно, что на 102 % выше стойкости штатного инструмента.

4. Структура образца опытной матрицы производства ТПЦ-2 является более сорбитизированной в сравнении с аналогом из ТПЦ-1, что связывается с лучшей проработкой структуры стали в процессе прессования и формированием более мелкодисперсной структуры при термической обработке. Повышение стойкости опытной матрицы производства ТПЦ-2 свидетельствует о большом значении структурного фактора в обеспечении высокой твердости.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Трубное производство : учеб. для вузов / Б. А. Романцев [и др.]. – М. : МИСиС, 2011. – 970 с.
2. Прессование стальных труб и профилей / Г. И. Гуляев [и др.]. – М. : Металлургия, 1973. – 192 с.
3. Быков, А. П. Прессование : учеб. пособие / А. П. Быков, В. Р. Каргин, Б. В. Каргин. – Самара : Изд-во Международного института рынка, 2010. – 147 с.
4. Логинов, Ю. Н. Инструмент для прессования металлов : учеб. пособие / Ю. Н. Логинов, Ю. В. Инатович. – 2-е изд., исправленное и дополненное. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 224 с.
5. Горячее прессование труб и профилей / Ю. В. Манегин [и др.]. – М. : Металлургия, 1980. – 272 с.
6. Исследование характера износа оправок стана МРМ и пути повышения срока их эксплуатации / С. Н. Мишин [и др.] // Вестник ЮУрГУ. Серия «Металлургия». – 2016. – Т. 16. – № 1. – С. 125–130.
7. Баричко, Б. В. Технология процессов прессования : учеб. пособие / Б. В. Баричко, Я. И. Космацкий, К. Ю. Панова. – Челябинск : Издательский центр ЮУрГУ, 2011. – 70 с.
8. Лебедева, Н. В. Повышение стойкости инструмента для прессования труднодеформируемых цветных сплавов из сталей с регулируемым аустенитным превращением при эксплуатации : автореф. дис. канд. техн. наук / Н. В. Лебедева. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный морской технический университет, 2005. – 16 с.