

УДК 621.791.927.5

Кошевой А. Д.  
Макаренко Н. А.  
Пресняков В. А.  
Кошевая А. А.

## ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПРЕССОВОГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛАТУННЫХ ТРУБ

Трубы латунные круглого сечения используются при изготовлении теплообменных аппаратов, в частности для оборудования атомных электростанций. Потребность в данной продукции в настоящее время значительно возросла, в связи с возобновлением строительства новых блоков на ряде объектов атомной энергетики Украины. Основной трудностью на пути увеличения выпуска данной продукции является сравнительно низкая эффективность процесса прессования [1, 2]. Это связано с высокой стоимостью и низкой стойкостью деталей прессового оборудования [3, 4]. Стойкость рабочих деталей прессового оборудования повышают наплавкой [5, 6]. Однако существующие наплавочные материалы не позволяют значительно повысить срок службы оснастки, применяемой при прессовании изделий из латуни. Таким образом, повышение эффективности прессования латунных труб для теплообменных аппаратов является актуальной задачей.

Целью работы является увеличение срока эксплуатации деталей прессового оборудования, используемого для изготовления латунных труб путем повышения стойкости рабочих поверхностей.



Рис. 1. Латунные трубы для теплообменных аппаратов

При изготовлении латунных труб для теплообменных аппаратов (рис. 1) применяются следующие марки сплавов: Л68, ЛМш 68-0,05, ЛОМш70-1-0,05, ЛА 77-2, ЛАМш77-2-0,05, ЛО70-1 с химическим составом по ГОСТ 15527-2004 (ДСТУ, ГОСТ 15527-2005); CuZn20Al2As, CuZn28Sn1As с хим. составом по BS EN 12451:1999; C44300, C68700 с хим. составом по ASTM B111M.

Изготавливаются трубы с наружным диаметром от 21 мм до 150 мм включительно, толщина стенки от 5 мм до 30 мм включительно, длина 1000–6000 мм.

В процессе выполнения работы основное внимание обращалось на соблюдение требований, предъявляемых к качеству и точности геометрических размеров выпускаемой продукции. Требования к геометрическим размерам приведены в ГОСТ 21646-76.

По состоянию материала латунные трубы классифицируются следующим образом: мягкие; мягкие повышенной пластичности; полутвердые; полутвердые повышенной пластичности; твердые.

Механические свойства и состояние материала труб для теплообменных аппаратов приведены в табл. 1–2.

Анализ литературных источников и изучение процесса прессования латунных труб на Артемовском заводе по обработке цветных металлов (АЗОЦМ) показали, что основными причинами выхода из строя деталей прессового оборудования являются: износ истиранием, образование сетки разгарных трещин и налипание деформируемого металла (рис. 2).

С целью более четкого определения технологических свойств и повышения стойкости прессового инструмента нами были произведены измерения температурного интервала эксплуатации рабочей втулки контейнера, как инструмента, используемого в наиболее тяжелых условиях. Замер температуры производился хромель-алюмелевыми термопарами с применением самопишущего потенциометра типа ЭПП-09. Термопара помещалась на расстоянии

30 мм от матрицедержателя в зоне пресс-остатка на глубине 3 мм от рабочей поверхности. Испытания проводились при прессовании труб из латуни Л68. Температурный интервал нагрева слитков составлял 1123...1223 К, при темпе прессования 25...30 прессовок в час.

Таблица 1

Механические свойства и состояние материала для труб по ГОСТ 21646-79, ГОСТ 21646-2003

Марка сплава	Состояние	Временное сопротивление, МПа, не менее	Относительное удлинение, %, не менее
ЛМш68-0,05	мягкое	290	40
Л68	мягкое	290	40
	полутвердое	340	35
ЛО70-1	мягкое	320	45
	полутвердое	360	40
ЛОМш70-1-0,05	мягкое	320	45
	полутвердое	370	40
ЛА77-2	мягкое	320	45
	полутвердое	370	40
ЛАМш77-2-0,05	мягкое	320	42
	полутвердое	370	40

Таблица 2

Механические свойства и состояние материала для труб по ASTM B 111M и BS EN 12451:1999

Номер стандарта	Марка сплава	Состояние	Временное сопротивление, МПа, не менее	Предел текучести, МПа, не менее	Относительное удлинение, %, не менее	Средний размер зерна, мкм
ASTM B111M	C44300	O61	310	105	–	0,010–0,045
	C68700	O61	345	125	–	
BS EN 12451:1999	CuZn20Al2As	R340	340	120	55	0,010–0,050
		R390	390	150	45	–
	CuZn28Sn1As	R320	320	100	55	0,010–0,050
		R370	360	140	45	–

Стабилизация температурного режима работы достигается через 13...15 прессовок. Наступает установившийся тепловой режим работы втулки (рис. 3).

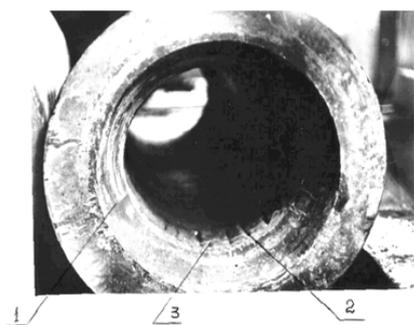


Рис. 2. Характерные виды износа рабочей втулки контейнера гидравлического пресса:

1 – истирание металла инструмента;  
2 – сетка разгарных трещин; 3 – налипание прессуемого металла

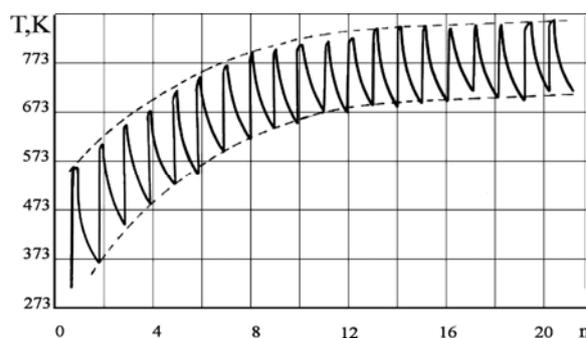


Рис. 3. Температурный режим работы втулки контейнера при прессовании латуни Л68:

$T$  – температура прогрева инструмента;  
 $n$  – количество отпрессованных слитков

В результате значительных температурно-силовых воздействий в поверхностных слоях инструмента происходят структурные изменения, приводящие к неравномерному распределению твердости по его сечению и к охрупчиванию металла.

На основании вышеизложенного можно сформулировать основные требования, предъявляемые к наплавленному металлу для прессового инструмента.

Этот металл должен:

- иметь необходимую твердость при рабочих температурах;
- обладать высокой прочностью при достаточном уровне пластичности;
- хорошо противостоять образованию трещин при высоких термических напряжениях;
- иметь удовлетворительную свариваемость;
- хорошо сопротивляться износу при повышенных температурах.

Выбор состава наплавленного металла производился на основе комплексной оценки его влияния на износостойкость, разгаростойкость, напряженное состояние наплавленного инструмента, по полученным уравнениям регрессии с применением ПЭВМ.

Данные по износостойкости широко применяемых штамповых сталей и наплавочных материалов, полученные с применением той же методики, что и для наплавленных металлов, сведен в табл. 3.

Таблица 3

## Износостойкость используемых штамповых сталей и наплавочных материалов

Марка стали, или наплавочного материала	Потеря массы, мг	Износостойкость
5ХНВ	3,99	2,03
5ХЗВЗМФС	3,42	2,37
ПП-3Х2В8	1,87	4,33
ПП-20ХВ10Н4ФТО	1,74	4,66
ПП-ОХ6Н8М7С	2,14	3,78
Электроды УОНИ-13/4Х10В5МФ	1,68	4,83

Образцы наплавленного металла перед испытанием подвергались полному циклу термической обработки для получения заданной твердости 46...50 HRC.

Как следует из табл. 3, высокую износостойкость проявляет металл, наплавленный электродами марки УОНИ-13/4Х10В5МФ, а также металлы, наплавленные порошковыми проволоками марок ПП-3Х2В8 и ПП-20Х4В10Н4ФТО. Износостойкость этих наплавов близка к износостойкости опытных наплавов, содержащих легирующие элементы по верхнему пределу.

Как следует из результатов испытания на износостойкость различных наплавленных металлов это условие выполнимо при повышении степени их легирования.

В тех же условиях, что и для опытных наплавленных металлов проведены испытания разгаростойкости применяемых наплавов аналогичного назначения. Испытания проводились следующим образом. Предварительно на разрывной машине в образцах создавались напряжения растяжения. Затем осуществлялся поочередный нагрев электрическим током и охлаждение водой. В качестве критерия оценки разгаростойкости наплавленного металла применялось количество термоциклов по появления первых трещин на поверхности образца. Наличие трещин определялось через каждые 50 циклов визуально с применением лупы с пятикратным увеличением. Результаты испытаний сведены в табл. 4.

Таблица 4

## Разгаростойкость используемых наплавочных материалов

Марка наплавочного металла	Разгаростойкость циклов
ПП-3Х2В8	950
ПП-20Х4В10Н4ФТО	900
ПП-ОХ6Н8М7С	850
УОНИ-13/4Х10В5МФ	1000

Как видно из табл. 4, наибольшая разгаростойкость характерна для металла, наплавленного электродами марки УОНИ-13/4Х10В5МФ. Это связано с тем, что металлы, наплавленные порошковыми проволоками ПП-3Х2В8 и ПП-20Х4В10Н4ФТО, содержат высокое количество вольфрама, который согласно данным табл. 4 интенсивно снижает разгаростойкость.

Мартенситно-старяющий металл, наплавленный порошковой проволокой марки ПП-ОХ6М8М7С, проявил меньшую разгаростойкость в связи с его низкой пластичностью.

В результате расчета по приведенной схеме определен оптимальный состав наплавленного металла (область изменения концентраций легирующих элементов), удовлетворяющий поставленным требованиям:  $C = 0,35...0,40 \%$ ;  $Cr = 11,5...12,5 \%$ ;  $W = 3,5...4,0 \%$ ;  $Mn = 0,65...0,75 \%$ ;  $Si = 0,27...0,34 \%$ ;  $V = 0,17...0,25 \%$ ;  $Ti = 0,17...0,23 \%$ .

Разработанный состав наплавленного металла отвечает типу 40X12ГВ4ФТ и был принят за основу при дальнейшей отработке состава самозащитной порошковой проволоки для наплавки деталей прессового оборудования, используемого для изготовления латунных труб. Была разработана порошковая проволока марки ПП-40X12ГВ4ФТ.

Испытание работоспособности инструмента проводилось путем прессования труб из латуни Л68 диаметром 50 мм, толщина стенки 5 мм, длина 2000 мм. Испытание проводилось на горизонтальных гидравлических прессах различной мощности. За критерий оценки принимали количество прессовок, которое выдерживал инструмент до износа в допустимых пределах.

### ВЫВОДЫ

Показано, что основными причинами выхода из строя деталей прессового оборудования являются: износ истиранием, образование сетки разгарных трещин и налипание деформируемого металла.

Разработана порошковая проволока для наплавки быстроизнашивающихся поверхностей рабочих деталей прессового оборудования.

Стойкость прессового инструмента, наплавленного порошковой проволокой марки ПП-40X12ГВ4ФТ, в 1,24...2,25 раз превышает стойкость такого же инструмента, наплавленного порошковой проволокой ПП-20X4ВЮН4ФТО, и 2,4...3,2 раза превышает стойкость инструмента, изготовленного из стали 38ХНЗША.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельский Е. И. *Стойкость кузнечных штампов* / Е. И. Бельский. – Минск : Наука и техника, 1975. – 239 с.
2. Евстратов В. А. *Основы технологии выдавливания и конструирования штампов* / В. А. Евстратов. – Харьков : Вища шк., изд-во при Харьк. ун-те, 1987. – 144 с.
3. Кошевой А. Д. *Повышение износостойкости рабочих поверхностей прессового инструмента* / А. Д. Кошевой, В. А. Пресняков // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : збірник наукових праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2000. – С. 473–476.
4. Кошевой А. Д. *Динамика и характер износа рабочих втулок контейнеров горизонтальных гидравлических прессов* / А. Д. Кошевой, В. А. Пресняков // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : збірник наукових праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2001. – С. 80–82.
5. Макаренко Н. А. *Восстановление и упрочнение штампов и пресс-форм* / Н. А. Макаренко, К. А. Кондрашов // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : збірник наукових праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2001. – С. 101–103.
6. Кошевой А. Д. *Работоспособность и надежность рабочих втулок прессов, восстановленных наплавкой порошковой проволокой* / А. Д. Кошевой, В. А. Пресняков, А. А. Кошевая // *Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском у машинобудуванні та металургії : збірник наукових праць*. – Краматорськ : ДДМА, 2003. – С. 380–383.

Кошевой А. Д. – канд. техн. наук, доц. кафедры ОиТСП ДГМА;

Макаренко Н. А. – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой ОиТСП ДГМА;

Пресняков В. А. – канд. техн. наук, доц. кафедры ОиТСП ДГМА;

Кошевая А. А. – инженер ЗАО «НКМЗ».

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск.

ЗАО «НКМЗ» – ЗАО «Новокраматорский машиностроительный завод», г. Краматорск.

E-mail: sp@dgma.donetsk.ua