

**ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ РАБОЧИХ ВТУЛОК ПРИ ПРЕССОВАНИИ  
ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ****Гринь А. Г., Пресняков В. А., Бойко И. А., Волков С. М.**

Представлены данные по возможным причинам выхода из строя рабочих втулок контейнеров гидравлических прессов, используемых для изготовления трубных заготовок. Приведены основные виды износа втулок. Установлены причины, вызывающие каждый вид износа. Показаны пути повышения износостойкости рабочих поверхностей втулок. Приведены требования, предъявляемые к материалу прессового инструмента. Показано, что основным методом снижения затрат на изготовление втулок является износостойкая наплавка металлом, содержащим хром, вольфрам, никель, молибден. Установлено, что наиболее экономичным методом повышения износостойкости рабочих поверхностей втулок является дуговая наплавка самозащитной порошковой проволокой.

Представлені дані по можливим причинам виходу з ладу робочих втулок контейнерів гідролічних пресів, які використовують для виготовлення трубних заготовок. Наведені основні види зношування втулок. Встановлені причини, що викликають кожний вид зношування. Показані шляхи підвищення зносостійкості робочих поверхонь втулок. Наведені вимоги, які пред'являються до матеріалу пресового інструмента. Показано, що основним методом зниження витрат на виготовлення втулок є зносостійке наплавлення металом, що містить хром, вольфрам, нікель, молибден. Встановлено, що найбільш економічним методом підвищення зносостійкості робочих поверхонь втулок є дугове наплавлення самозахисним порошковим дротом.

The data on the possible causes of failure of the bushings containers of hydraulic presses used to manufacture billets is presented. The main types of wear sleeves are set. The reasons that cause each type of wear are established. The ways of improving the wear resistance of working surfaces of the sleeves are shown. The requirements for the material extrusion tool are shown. It is shown that the main method of reducing the cost of manufacturing on wear resistant liners surfacing metal containing chromium, tungsten, nickel, and molybdenum. It is found that the most economical method of increasing wear resistance of working surfaces of bushings is arc welding self-shielding cored wire.

Гринь А. Г.	канд. техн. наук, доц. кафедры ОиТСП ДГМА sp@dgma.donetsk.ua
Пресняков В. А.	канд. техн. наук, доц. кафедры ОиТСП ДГМА
Бойко И. А.	ассистент кафедры ОиТСП ДГМА
Волков С. М.	зам. главного инженера ОАО «АЗОЦМ»

ДГМА – Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск

ОАО «АЗОЦМ» – ОАО «Артемовский завод по обработке цветных металлов», г. Артемовск

УДК 621.791.927.5

Гринь А. Г., Пресняков В. А., Бойко И. А., Волков С. М.

### ПРИЧИНЫ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ РАБОЧИХ ВТУЛОК ПРИ ПРЕССОВАНИИ ТРУБНЫХ ЗАГОТОВОК НА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССАХ

Трубы круглого сечения из сплава МНЖМц 30-1-1 (CuNi30Fe1Mn, С71500) изготавливают на Артемовском заводе по обработке цветных металлов. Недостатком технологического процесса прессования является низкая стойкость рабочих втулок при прессовании трубных заготовок на горизонтальном гидравлическом прессе 3150 т, что приводит к повышенному расходу металла, идущего на изготовление втулок, и, как следствие, к повышению себестоимости выпускаемой продукции. Таким образом, увеличение стойкости рабочих втулок в процессе прессования труб является актуальной задачей.

Процесс прессования является основной заготовительной операций при производстве труб из цветных материалов и сплавов. Прессовый инструмент, в том числе рабочие втулки контейнеров, подвергаются интенсивному износу. По условиям эксплуатации инструмента втулки контейнеров относятся к тяжело нагруженному инструменту, т. к. имеют непосредственный контакт с прессуемым металлом. Втулка работает при высоких давлениях (до 1000 МПа), циклических знакопеременных нагрузках, интенсивном трении, высоких температурах (постоянная температура втулки 300–350 °С, кратковременная температура 600–700 °С) и резких температурных изменениях, обуславливающих значительную неоднородность температурных полей и возникновение дополнительных температурных напряжений. В цикле прессования отдельные участки инструмента нагреваются до температур, близких к температуре слитка ( $970 \pm 20$  °С), а затем подвергаются охлаждению.

Изучению видов и характера износа втулок, а также установлению причин, вызывающих соответствующий износ, посвящены работы известных ученых [1–5].

Целью данной работы является выявление причин выхода из строя рабочих втулок при прессовании трубных заготовок на гидравлических прессах.

Прессовый и штамповый инструмент выходит из строя вследствие изменения его размеров до значений, недопустимых при работе. Процесс износа инструмента характеризуется истиранием. В свете современного представления о природе трения и износостойкости при прессовании металлов в горячем состоянии различают следующие основные виды износа, вызванные трением [6]:

– микрорезание – механическое вдавливание частиц износа материала в микронеровности металла и срезание их. Процесс микрорезания вызывается, главным образом, налипшими на инструмент твердыми частицами металла;

– глубинное вырывание – происходит за счет образования прочной связи между двумя поверхностями при наличии отрицательного градиента механических свойств по глубине от поверхности трения. Этот процесс характерен особенно для инструмента из материала повышенной твердости;

– износ схватыванием – происходит за счет сваривания трущихся пар по микронеровностям с последующим вырывом или микросрезом по сваренным участкам, происходящим при высоких давлениях и температурах;

– абразивный износ – определяется воздействием посторонних твердых частиц, в том числе некоторых продуктов износа – окислов, карбидов;

– окислительный износ – в основном наблюдается в окислительной атмосфере при достаточно высоких температурах. Он представляет последовательное образование, разрушение и вынос окислов из контактной зоны и определяется пластичностью трущихся пар, скоростью диффузии кислорода в металл поверхностных слоев и свойствами окислительных пленок на поверхностях металла;

– осповидный износ с развитием сетки трещин определяется усталостным разрушением, зависящим от удельных контактных давлений металла на инструмент, скорости скольжения, количества циклов нагрузки, количества и градиента теплосмен, вызывающих появление сетки разгара, поэтому его называют также разгарным.

Износ втулок, вызванный трением, в наибольшей мере проявляется при прессовании в горизонтальных прессах [4]. Втулка интенсивно изнашивается на конус уклоном к выходному концу, где действуют наибольшие давления и силы трения. Измерения выработки втулки на горизонтальном прессе усилием 12 МН при прессовании титановых и алюминиевых сплавов показали, что максимальный износ по диаметру в этом случае составляет 2,0 мм при прессовании алюминиевых сплавов и 3,0–5,0 мм – титановых. Уже в начале эксплуатации внутренняя поверхность втулки становится волнистой. С увеличением числа прессовок величина гребней и впадин увеличивается, гребни постепенно сдвигаются к выдвижному концу пресс-втулки. Затем, когда разупрочненный металл с выходного конца втулки затекает в область сопряжения между втулкой и матрицедержателем, начинается интенсивный процесс течения металла втулки.

Этим объясняется существенное увеличение диаметра выходного конца втулки. Время прессования труднодеформируемых сплавов занимает 10 мин, т. е. втулка продолжительное время находится в условиях эксплуатации, изнашивание ее в этом случае происходит быстрее.

Стойкость втулки на этих прессах составляет 400 прессовок для титановых сплавов и 550–600 прессовок для алюминиевых.

В процессе эксплуатации рабочие поверхности инструмента подвергаются многократному нагреву и охлаждению.

Температурное поле в прессовом инструменте зависит от теплофизических свойств стали (в нашем случае применяется сталь 38ХНЗМФА). 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.

Следствием таких условий работы является появление разгарных трещин, располагающихся, как правило, перпендикулярно действию максимальных напряжений. С ростом температуры и числа циклов работы размеры трещин увеличиваются, при этом общая протяженность их также растет. Проникновение трещин в глубину приостанавливается при определенном, для каждого конкретного материала, числе циклов. Это объясняется различными технологическими и механическими свойствами сталей, определяемыми, главным образом, их составом.

Характерно, что разгаростойкость повышается с уменьшением твердости металла, а сопротивление износу при этом снижается, и наоборот. Так как для оптимального состава стали твердость определяется режимом термической обработки, то он должен уточняться на основе опыта эксплуатации прессового инструмента и изучения механизма его разрушения [7].

При соприкосновении инструмента с нагретой заготовкой напряжение в его поверхностном слое достигает предела текучести, вызывая пластическую деформацию. По мере достижения максимальных температур величины напряжений в упруго деформируемом слое растут, а при охлаждении вначале падают до нуля, а затем принимают противоположный знак. Напряжения во внутреннем слое также перераспределяются.

Глубина пластически деформированного слоя определяется условиями нагрева и охлаждения, а также физико-механическими свойствами конкретного материала (в первую очередь его коэффициентом линейного расширения, модулем упругости, теплопроводностью).

Количество теплосмен до появления трещин, обратно пропорционально величине пластической деформации за один цикл. В связи с этим важным фактором, определяющим возникновение и развитие разгарных трещин, являются скорость изменения температуры на

рабочей поверхности инструмента. Изучению вопросов распределения температуры на поверхности и в теле инструмента, с целью оценки распределения горячей деформации металлов, посвящены работы [7, 8].

Одной из возможных форм износа прессового инструмента является смятие контактных поверхностей инструмента. Износ смятием вызывает изменение геометрических форм инструмента и увеличивается по мере увеличения числа прессовок. При перемещении трущихся поверхностей в результате пластического сдвига отдельных объемов образуются участки упрочненного металла, в ряде случаев с образованием наростов.

Дополнительное влияние на металл втулки оказывает повторение циклов прессования. После многократной смены циклических двухосных напряжений, достигающих максимального значения у поверхности (с повышением температуры) и снижающихся до температуры окружающей среды на границе распространения повышенной температуры (температура металла втулки равна температуре контейнера), металл начинает испытывать термическую усталость. Термическая усталость представляет собой частный случай усталостного разрушения металла от действия меняющейся температуры. При термической усталости металла трещины быстро выходят из зоны высоких напряжений, а в дальнейшем становятся зародышами трещин, разрушающих втулку под действием механических усилий [9].

Процесс прессования, как правило, протекает при довольно высоких температурах нагрева заготовки. В процессе работы происходит пластическая деформация тонких поверхностных слоев втулки, степень которой в значительной мере зависит от температуры обрабатываемого металла. После прохождения металла через какой-либо участок втулки, претерпевший пластическую деформацию, этот участок (чаще всего микроскопический) будет иметь совершенно чистую металлическую поверхность. Кислород воздуха интенсивно окисляет эту поверхность до появления хрупких слоев окислов.

Образовавшаяся окалина искажает геометрическую форму инструмента, уменьшает теплопроводность граничного слоя и понижает скорость прогрева инструмента в момент прессования, так как теплопроводность окислы в несколько раз меньше основного металла. При механическом трении металла о поверхность втулки эти слои окислов отделяются, однако интенсивность окислительного износа по сравнению с другими видами износа, по видимому, невелика [10].

Эффективным средством борьбы с окислительным износом является применение смазок и образование на рабочей поверхности втулок стойкой при высоких температурах оксидной пленки [11]. На практике жаропрочность стали часто определяют свойствами оксидной пленки, т. е. способностью ее не разрушаться при высоких температурах. Для этого в состав жаропрочных инструментальных сталей типа 3X2 В8, 4ХНВ вместе с примесями, повышающими теплостойкость, обязательно вводят хром и кремний, окислы которых и обеспечивают нужные свойства оксидной пленки.

Следует отметить еще один вид износа – абразивный, существенно влияющий на длительность работы втулок. В процессе прессования на рабочую поверхность втулок попадают твердые, уже деформированные, и, следовательно, упрочненные частицы, которые, внедряясь в прессуемый металл, царапают рабочую поверхность втулки. Абразивные частицы могут попадать на поверхность втулки вместе со смазкой: часто они попадают и из воздуха. Интенсивность абразивного износа зависит от формы, твердости и размеров истирающих частиц, от температуры рабочей поверхности втулки и др. Естественно, чем меньше и круглее абразивные частицы, тем меньше величина износа [12].

Еще одной причиной снижения стойкости втулок является схватывание металлов.

На контакте двух ювенильных участков поверхностей металлов начинают действовать межатомные силы связи, которые по характеру проявления подобны силам, связывающим атомы в кристаллической решетке. Поэтому на контакте возникает довольно прочное, подобное сварному, соединение соприкасающихся поверхностей. Аналогичное явление наблюдается и при горячем прессовании цветных металлов. Образующаяся между контактирующими поверхностями связь является по своему характеру металлической связью.

При скольжении происходит взаимное внедрение выступов, обусловливаемое молекулярным притяжением и преодолением механического зацепления. На участках фактического контакта поверхностей давление, как правило, превышает предел текучести, и при сдвиговой деформации обнажаются совершенно чистые поверхности. Это и приводит к холодной сварке участков металлов (чаще всего микроскопических по величине).

На основе анализа экспериментальных данных А. П. Семенов [13] сформулировал энергетическую теорию схватывания. В соответствии с ней для схватывания, т. е. образования металлических связей, кроме непосредственного контакта чистых поверхностей металла, необходимо достижение поверхностными атомами определенного энергетического состояния, которое по этой теории наступает при исчезновении фактической границы раздела тел. Применительно к обработке металлов давлением любая энергия, подводимая к металлу слитка или инструмента, приближает состояние атомов к энергетическому порогу схватывания. Такими видами энергии могут быть: тепловая энергия, энергия упругих объемных искажений, энергия, образуемая в результате пластической деформации, и др.

При высоких скоростях прессования в точках контакта работа трения превращается в теплоту. При переходе механической работы в тепловую энергию резко повышается температура в точках контакта, что приводит к нагреву и снижению твердости поверхностных слоев во многих микроучастках; последнее, в свою очередь, приводит к свариванию участков. Затем сваренный участок металла разрывается, что также может привести к вырыванию металла инструмента. Кроме того, на поверхности трущихся слоев температура металла инструмента достигает температуры плавления, тогда поверхностный слой размягчается и происходит глубинное вырывание металла.

Авторами [14] установлено, что наиболее распространенным явлением при прессовании некоторых сплавов является налипание прессуемого металла на втулку контейнера, что приводит к преждевременному выходу из строя прессового инструмента. Замечено также и обратное явление, когда отдельные частицы вырываются с поверхности втулки и остаются на поверхности прессуемого металла.

Если значения твердости металлов равны, возникают большие узлы сцепления, перемещающиеся по поверхности без разрушения. При трении взаимно растворимых металлов прочность сцепления больше и разрушение возникающих мостиков сцепления происходит преимущественно в толще менее твердого металла. При трении взаимно нерастворимых металлов прочность сцепления меньше, и наиболее вероятным является разрушение сцепления по месту контакта.

Таким образом, материал втулки следует выбирать таким, в котором элементы обладают низкой взаимной растворимостью с элементами прессуемого металла. Этим, вероятно, и объясняется, что хром, ванадий, вольфрам почти не «вырываются» из инструмента при прессовании [15, 16]. У металлов, образующих сплавы, трение сопровождается свариванием (схватыванием) контактирующих микронеровностей, которое вызывает перенос металла, вырывание частиц с поверхностей трения и увеличение коэффициента трения. Схватывание в большой мере зависит от выбранной пары металлов, относительной твердости, прочности и способности этой пары к созданию твердых растворов и интерметаллических соединений.

На основании вышеизложенного можно сформулировать основные требования, предъявляемые к материалу прессового инструмента, который должен обладать следующими свойствами [17]:

- жаропрочностью – способностью сохранять прочностные и пластические характеристики при температурах обработки;
- жаростойкостью – сопротивлением окислению при длительных нагревах;
- разжаростойкостью – способностью выдерживать многократные смены интенсивного нагрева и охлаждения;
- износостойкостью – стойкостью против истирания;
- малым коэффициентом теплового расширения для сохранения постоянных размеров при нагреве и охлаждении;

– высокой теплопроводностью для быстрого отвода тепла во избежание перегрева.

Комплекс перечисленных свойств, которыми должен обладать прессовый инструмент, достигается применением износостойкой наплавки порошковыми проволоками, содержащими хром, вольфрам, никель, молибден.

### ВЫВОДЫ

Причинами выхода из строя рабочих втулок контейнеров гидравлических прессов являются: износ внутренней поверхности, вызываемый трением; появление разгарных трещин; пластическая деформация поверхностного слоя; образование окалины; схватывание металлов.

Эффективным средством борьбы с окислительным износом является применение смазок и образование на рабочей поверхности втулок стойкой при высоких температурах оксидной пленки.

Для предотвращения схватывания материал втулки или ее рабочей поверхности следует выбирать таким, в котором элементы, входящие в его состав, обладают низкой взаимной растворимостью с элементами прессуемого металла.

С целью снижения затрат на изготовление втулок следует применять износостойкую наплавку металлом, содержащим хром, вольфрам, никель, молибден.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евстратов В. А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / В. А. Евстратов. – Харьков : Вища шк, 1987. – 144 с.
2. Шевакин Ю. Ф. Прессование тяжелых цветных металлов и сплавов / Ю. Ф. Шевакин, Л. М. Грабарник, А. А. Нагайцев. – М. : Металлургия, 1987. – 246 с.
3. 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.
4. Буркин С. П. Технология прессования специальных сплавов / С. П. Буркин, Ю. Н. Логинов. – Свердловск : УПИ, 1991. – 35 с.
5. Пикуло В. М. Исследование износостойкости штамповых материалов : автореф. дис. канд. техн. наук / В. М. Пикуло. – Минск, 1974. – 24 с.
6. Крагельский И. В. Трение и износ / И. В. Крагельский. – М. : Машиностроение, 1988. – 480 с.
7. Кошевой А. Д. Повышение износостойкости рабочих поверхностей пресового 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.
8. Данилин В. Н. Моделирование течения металла и температурных полей при прессовании различными способами / В. Н. Данилин, А. В. Данилин // КШП : ОМД. – 2005. – № 5. – С. 29–38.
9. Хазанов И. О. Исследование причины выхода из строя и пути повышения стойкости горячевысадочных штампов / И. О. Хазанов, Ю. М. Лозинский, В. А. Простов // Кузнечно-штамповочное производство. – 1967. – № 7. – С. 16–18.
10. Северденко В. П. Окалина при горячей обработке металлов давлением / В. П. Северденко, Г. М. Макушок, А. Н. Равин. – М. : Металлургияиздат, 1977. – 324 с.
11. Костецкий Б. И. Трение, смазка и износ в машинах / Б. И. Костецкий. – Киев : Техника, 1970. – 396 с.
12. Колмогоров В. Л. Механика обработки металлов давлением : учебник для вузов / В. Л. Колмогоров. – Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2001. – 836 с.
13. Семенов А. П. Схватывание металлов / А. П. Семенов. – М. : Машиз, 1958. – 280 с.
14. Сурков А. И. Обеспечение прочностной надежности базовых деталей мощных гидравлических прессов на стадиях проектирования и эксплуатации / А. И. Сурков, А. И. Курович, И. А. Сурков // Тяжелое машиностроение. – 2003. – № 5. – С. 35–37.
15. Кальянов В. Н. Износ хромомолибденового металла при повышенной температуре / В. Н. Кальянов // Автоматическая сварка. – 1976. – № 12. – С. 63–64.
16. Костецкий Б. И. Схватывание при трении металлов // Повышение износостойкости и срока службы машин / Б. И. Костецкий. – М. : Машиз. – 1973. – С. 34–37.
17. Норицын И. А. Повышение стойкости штампов для горячего выдавливания / И. А. Норицын, И. Л. Акаро, В. И. Перфилов // Вестник машиностроения. – 1979. – № 3. – С. 61–65.

Статья поступила в редакцию 01.11.2011 г.