

Тема номера

Подготовка кадров
и повышение
квалификации

ГЛАВНЫЙ МЕХАНИК

10/2013

УДК 622.276.05

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ РАЗРУШЕНИЙ ПОПЕРЕЧИН МОЩНЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СТЯЖНЫХ УСТРОЙСТВ

А.И. Сурков, д-р техн. наук,
гл. научный сотрудник ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ им. академика А.И. Целикова»,
И.А. Сурков, канд. техн. наук, генеральный директор фирмы «Надежность ТМ»
Тел. (495) 737-56-22; e-mail: info@nadezhnost.com

Аннотация. Представлены примеры восстановления работоспособности и предупреждения разрушения поперечин мощных гидравлических прессов, вызванного образованием усталостных трещин. Дано описание работ по восстановлению разрушенных и продлению работоспособности поврежденных прессов, выполняемых без демонтажа оборудования непосредственно на месте его установки на производственном предприятии.

Ключевые слова: гидравлический пресс, поперечина, предел выносливости, восстановление работоспособности, усталостные трещины, стяжное устройство.

RECOVERY OF WORKING CAPACITY AND PREVENTION OF DESTRUCTIONS OF CROSS BARS OF POWERFUL HYDRAULIC PRESSES WITH APPLICATION OF DEAD-END TOOLS

A.I. Surkov, Ph. D. of technical sciences, the chief scientific worker
at «VNIIMETMASH» OAO named after academician A.I. Tselikov
I.A. Surkov, Ph. D. of technical sciences, general director at he company «Nadezhnost TM»

Lead. Examples of recovery of working capacity and prevention of destruction of cross bars of powerful hydraulic presses, caused by formation of fatigue cracks have been presented. Description of works on recovery of destroyed and extension of working capacity of failed presses performed without dismantling of equipment directly on the place of its installation at the site of production enterprise.

Key words: hydraulic press, cross bar, limit of endurance, recovery of working capacity, fatigue cracks, dead-end tools.

Значительное число отказов мощных гидравлических прессов связано с повреждениями и разрушениями поперечин (архитравов, подвижных поперечин, оснований) и сопряженных с ними деталей штамповых наборов. Масса и

габариты поперечин таких прессов, достигающие сотен тонн и десятков метров, находятся на пределе технологических возможностей крупнейших заводов тяжелого машиностроения. Для изготовления новой поперечины требуется

12–18 мес., в течение которых пресс будет простаивать. Замена поперечин сопровождается в большинстве случаев демонтажем-монтажем всего пресса, что также требует значительных затрат времени. Поэтому ущерб производству определяется не только стоимостью изготовления новой детали, но главным образом потерями, вызванными вынужденным простоем оборудования. Поэтому своевременное проведение работ, направленных на предупреждение разрушений и восстановление работоспособности разрушенных поперечин, имеет чрезвычайную важность.

Основной причиной повреждений и вызываемых ими разрушений поперечин является возникновение и развитие усталостных трещин. Во многих случаях трещины распространяются от труднодоступных для наблюдения поверхностей технологических отверстий во внутренних ребрах и внешних стенках. В этом случае трещина обнаруживается при достижении ею критической длины по внезапному мгновенному полному разрушению поперечины. «Внезапность» разрушения придает еще большую актуальность работам, направленным на предупреждение разрушений и сокращение времени простоев, связанных с восстановлением разрушенных поперечин.

Одно из направлений работ по сокращению времени простоя можно продемонстрировать на примере ремонта штамповочного пресса максимальной силой 100 МН фирмы «Шлеманн», в котором восстановление разрушенного основания выполнено непосредственно на месте установки оборудования. До момента аварии пресс находился в эксплуатации 18 лет. При выполнении одной из штатных штамповок оператор услышал сильный хлопок ниже уровня пола в зоне основания пресса. Пресс был остановлен.

Осмотр основания показал, что произошло его полное разрушение [1]. Трещины распространяются от левого и правого отверстий, соответственно, на передней и задней внешних стенках (рис. 1). Трещины проходят под углом ~ 45 град. вверх от поверхностей отверстий до места стыка верхней плиты с ребром, перпендикулярным оси основания, и вниз до колонного стакана. С боковых стенок трещины переходят на нижнюю плиту и распространяются в ней перпендикулярно оси поперечины на 1250–1300 мм. И в стенке, и в плите трещины сквозные, распространяющиеся на всю их толщину.

Расчеты показали, что первоначальные усталостные трещины возникли в зонах

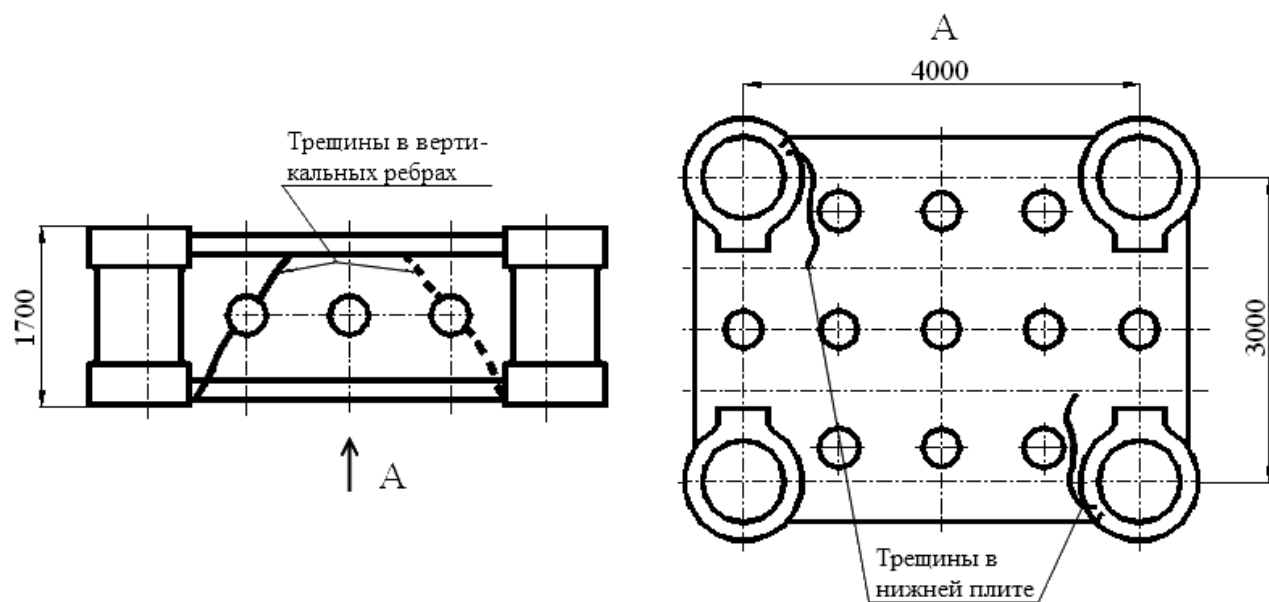


Рис. 1. Схема расположения трещин в основании штамповочного пресса максимальной силой 100 МН

концентрации напряжений на поверхностях технологических отверстий во внешних стенках. Действующие в этих зонах максимальные напряжения значительно превышали предел выносливости материала основания. После развития трещин до критической длины однократное штатное нагружение пресса вызвало их мгновенное распространение по всей боковой стенке с выходом на нижнюю плиту, находящуюся под действием растягивающих напряжений. В верхней части трещина остановилась на границе с верхней плитой, находящейся под действием сжимающих напряжений, возникающих в результате изгиба поперечины. Максимальное раскрытие берегов трещин в нижней растянутой плите основания достигало 15 мм.

По условиям поставки деталей ответственного назначения, штампуемых на прессе, его простой не должен превышать 30 суток. В то же время для изготовления и установки нового основания с демонтажем-монтажем пресса потребовалось бы 12–18 мес. Расчет объема требующихся сварочных операций показал, что для восстановления поперечины потребуется около 90 дней, при этом отсутствие усадочных трещин не может быть гарантировано. Кроме того, при восстановлении поперечины сваркой необходимы дополнительные работы и время на восстановление геометрии поперечины.

Восстановление работоспособности пресса в кратчайшие сроки осуществлено по техническому предложению специалистов отдела прочности ВНИИМЕТМАШ и завода, на котором установлен пресс. Применение специальных стяжных устройств (рис. 2) позволило отказаться от изготовления и установки нового основания и сварочных работ для восстановления разрушенного.

Для закрытия трещин основание стянуто в горизонтальном и вертикальном направлении. В горизонтальном направлении нижняя плита основания стянута двумя колоннами через консольные балки. Для упора балок используются колонны, работающие на сжатие. Скрепление основания в вертикальном направлении осуществляется двумя парами колонн через балки, опирающиеся на внешнюю стенку.

Силы в колоннах стяжных устройств, обеспечивающие нераскрытие берегов трещин основания при штатных режимах эксплуатации пресса, определили расчетным путем. Необходимые силы создаются с помощью термозатяжки, путем нагрева гладкой части колонны с последующим поворотом гаек стяжных устройств на расчетную величину. Во время проведения термозатяжки создаваемая в колоннах сила контролируется с помощью тензометрических датчиков, установленных на гладкой части колонн вне зоны нагрева.

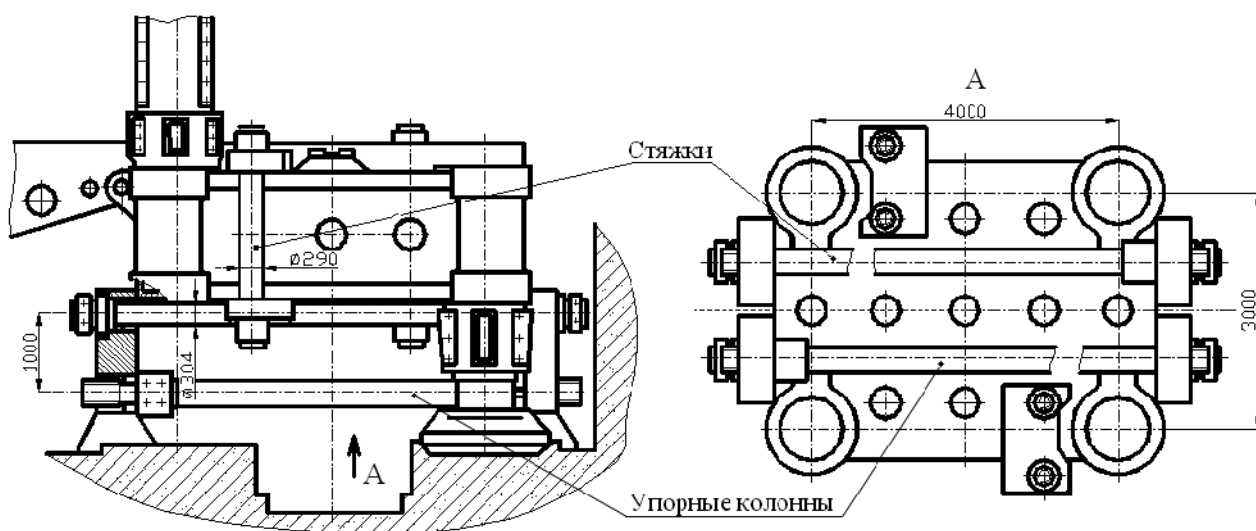


Рис. 2. Схема восстановления разрушенного основания пресса максимальной силой 100 МН с помощью стяжных устройств

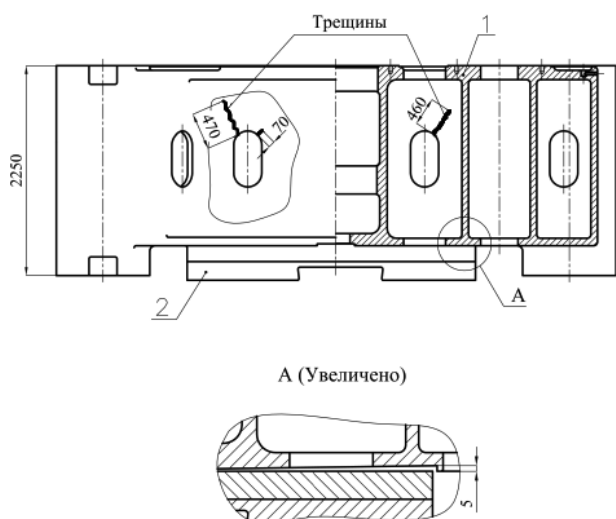


Рис. 3. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса максимальной силой 60 МН и деформирование поверхности поперечины в зоне контакта со штамповой плитой: 1 – подвижная поперечина; 2 – штамповая плита

Пресс запустили менее чем через 30 дней от даты аварии. Восстановленное основание находилось в эксплуатации 5 лет до прихода новой детали на замену, претензий к его работе не было, берега трещин оставались закрытыми. Во время работы пресса производили периодическое тензометрирование стяжных колонн и зон соединения берегов трещин. В течение всего времени эксплуатации пульсация напряжений в указанных зонах оставалась на первоначальном уровне, что свидетельствовало о стабильности силы затяжки. В качестве примера, раскрывающего характер работ по предупреждению разрушения поперечин, имеющих усталостные трещины, можно привести ситуацию, возникшую при эксплуатации ковочного пресса силой 60 МН конструкции УЗТМ. Пресс, находившийся в эксплуатации с 1964 г., к моменту обнаружения трещин в подвижной поперечине использовался уже более 20 лет.

При выполнении проектных условий эксплуатации усилие прессования распределяется между подвижной поперечиной и штамповой плитой по всей площади контакта. В процессе длительной эксплуатации форма поверхностей контакта подвижной поперечины и штамповой плиты изменилась.

Изменение формы контактирующих поверхностей привело к сосредоточению контакта на ограниченном участке в центральной части деталей. На удалении от центра зоны (пятна) контакта между сопряженными поверхностями плиты и поперечины обнаруживался зазор Δ , достигающий в крайних точках 5 мм (рис. 3). В результате этого усилие прессования от подвижной поперечины к штамповой плите передавалось по ограниченной площади вблизи центральной оси пресса.

Изменение характера распределения нагрузки вызвало увеличение напряжений в ребрах и привело к возникновению протяженных усталостных трещин, начинающихся на поверхностях технологических отверстий. Кроме того, изменение формы контактной поверхности подвижной поперечины существенно уменьшило технологические возможности пресса.

Предупреждение аварийной ситуации и восстановление проектных режимов экс-

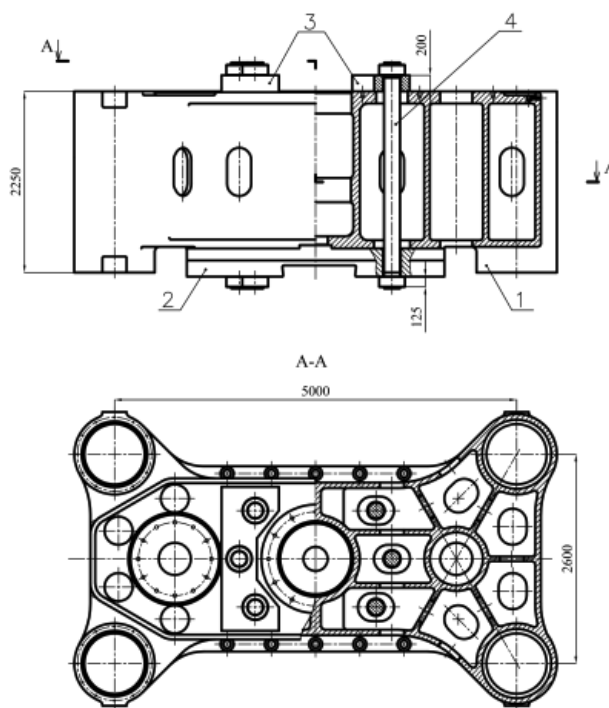


Рис. 4. Восстановление проектных режимов эксплуатации подвижной поперечины ковочного пресса максимальной силой 60 МН: 1 – подвижная поперечина; 2 – штамповая плита; 3 – опорная балка; 4 – стяжные колонны с гайками

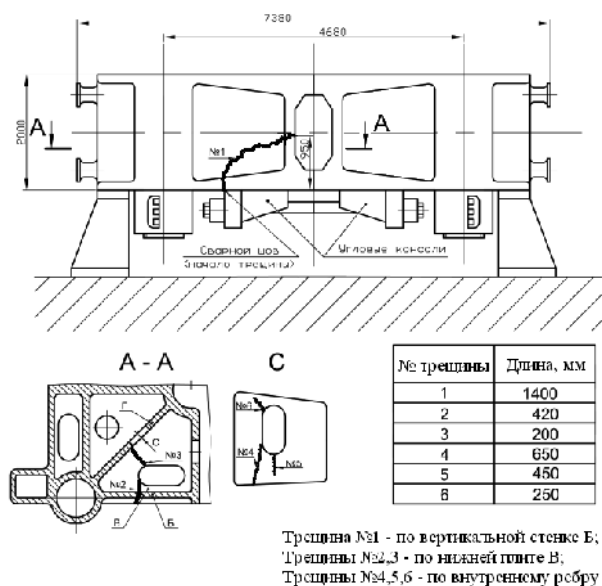


Рис. 5. Схема расположения трещин и восстановления работоспособности основания пресса максимальной силой 100 МН с помощью стяжных устройств

платации пресса осуществлено разработкой и внедрением специального технического решения [2].

На первом этапе была восстановлена плоскостность поверхностей подвижной поперечины и штамповой плиты в зоне их контакта. На втором этапе с помощью специального стяжного устройства (рис. 4) обеспечена совместная работа штамповой плиты и подвижной поперечины. Кроме того, в зоне контакта осуществлено наноструктурирование контактных поверхностей подвижной поперечины и штамповой плиты, что увеличило их сопротивление поверхностному износу.

Восстановление работоспособности поперечины выполнено без демонтажа пресса и соответственно в намного более короткий срок, чем при ремонте с разборкой оборудования. Восстановленная таким способом поперечина полностью отвечает технологическим требованиям производства.

Применение стяжных устройств требует учета многочисленных факторов, поскольку нагрузки, возникающие при стягивании устройством неудачной конструкции, дополнительные нагрузки от неправильно установленного устройства или создающиеся в силу действия

иных обстоятельств, могут повредить другие элементы оборудования. Это положение подтверждается результатами неудачной попытки восстановления другого пресса максимальной силой 100 МН, также конструкции УЗТМ.

В процессе эксплуатации пресса в зоне сварного шва, соединяющего левую и правую части основания, в нижней плите, находящейся под действием растягивающих напряжений, возникли трещины. Образование трещин вызвано дефектами сварки при изготовлении пресса.

Восстановление сварного шва проводили на месте установки пресса без его демонтажа. Для увеличения прочности восстанавливаемого сварного шва в нем были созданы дополнительные сжимающие напряжения с помощью специального стяжного устройства. Устройство



Рис. 6. Демонтаж разрушенного основания пресса максимальным усилием 100 МН с применением газовой резки. На рисунке показаны часть колонного стакана и нижняя плита основания со стяжными консолями и шпильками

состояло из угловых консолей, приваренных по обе стороны от сварного шва на нижней растянутой плите основания. Сжимающие напряжения в сварном шве создавали натяжением шпилек, проходящих через угловые консоли (рис. 5).

Кроме сжимающих напряжений в зоне восстановления сварного шва, при стягивании возникли высокие растягивающие напряжения в месте соединения угловых консолей с растянутой нижней плитой основания. Именно эти дополнительные напряжения, вызванные нагрузкой от угловых консолей, привели к образованию новых трещин в нижней растянутой плите и разрушению основания. Так как трещины находились в местах, труднодоступных для наблюдения, то их обнаружили только после полного «внезапного» разрушения поперечины.

Удаление разрушенного основания с применением газовой резки провели без демонтажа колонн, архитрава и подвижной поперечины (рис. 6).

Последний пример показывает, что недостаточная проработка технических решений по предупреждению разрушений и восстановлению работоспособности поперечин гидравлических прессов вызывает повторные разрушения, при которых восстановление поперечины становится невозможным.

Выше были специально указаны сроки эксплуатации прессов до момента «внезапного» разрушения поперечин, составляющие около 20 лет. Причины возникновения усталостных трещин существовали с самого начала экс-

плуатации и на современном уровне развития теоретических и экспериментальных методов оценки прочностной надежности могли быть выявлены и устранены до возникновения этих трещин. Поэтому сегодня основное направление обеспечения дальнейшей длительной эксплуатации мощных гидравлических прессов заключается в своевременном проведении экспертиз состояния базовых деталей [3].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение специальных стяжных устройств дает возможность восстановить работоспособность разрушенных и поврежденных поперечин в значительно более короткие сроки, чем при изготовлении и установке новых поперечин или при их восстановлении с применением сварочных операций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Сурков А.И.** Конструкции базовых деталей гидравлических прессов и пути их совершенствования // ЦНИИТЭИТЯЖМАШ. – М., 1979. – С. 47.
2. **Шпыгарь С.А.** Обеспечение работоспособности базовых деталей мощных гидравлических прессов с учетом износа сопряженных поверхностей // Дис. канд. техн. наук. – М., 1987. – С. 185.
3. **Сурков И.А., Тимохин И.В., Бондарь Д.С.** Экспертиза состояния базовых деталей тяжело нагруженных металлургических машин и оборудования // Главный механик. – 2013. – № 7. – С. 50–61.

РОССИЯ ЛИДИРУЕТ В ЭКСПОРТЕ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ

Россия впервые в истории стала первой в мире по количеству поставленных на экспорт новых многофункциональных истребителей в 2009–2012 гг., сообщает Центр анализа мировой торговли оружием (ЦАМТО). По данным центра, РФ имеет хорошие шансы сохранить лидерство в ближнесрочной перспективе – в 2013–2016 гг.

На период с 2009 по 2016 г. количество поставленных и планируемых к поставке новых российских многоцелевых истребителей составляет 384 машины на сумму около 17,8 млрд долл. США (в расчет включены поставки новых истребителей и лицензионные программы).

По стоимостному параметру Россия занимает второе место после США, в целом за период 2009–2012 гг. Второе место по количественному параметру на период 2009–2016 гг. с небольшим отставанием от России занимают США (329 истребителей на сумму 31,1 млрд долл. США). Далее следует Китай (187 истребителей на 3,7 млрд долл. США).