



ISSN 2074-7478

ГЛАВНЫЙ МЕХАНИК

11/2009

Восстановление работоспособности базовых деталей тяжелых металлургических машин

Металлургический комплекс входит в состав производств, составляющих основу оборонного и промышленного потенциала России. Срок службы машин и оборудования комплекса составляет 30 – 40 и более лет. С увеличением времени эксплуатации увеличивается число отказов базовых деталей (станины клетей, шпиндельные устройства, корпуса редукторов прокатных станов, рабочие цилиндры, колонны и поперечины гидравлических прессов), составляющих до 80% массы и стоимости собственно металлургической машины. Массы и габариты этих деталей, достигающих сотен тонн и десятков метров, являются предельными по возможностям крупнейших машиностроительных заводов и транспорта. На изготовление, поставку и монтаж литых и кованных базовых деталей, поставляемых для замены разрушенных и поврежденных, необходимо от 1,5 до 3 лет, в течение которых простаивают машины ответственного назначения и высокопроизводительные технологические линии.

Анализ заводских актов расследования разрушений и параметрических отказов базовых деталей показал, что ни в одном из актов не сказано о связи отказов с конструктивно-технологическими ошибками Завода-изготовителя, нарушениями инструкций по монтажу и эксплуатации прессов. Специалисты металлургического завода считают оборудование, созданное крупнейшими машиностроительными заводами, отвечающим последнему слову науки и техники, и, следовательно, имеющим максимально достижимую для данного вида оборудования долговечность. В этом случае отказ после некоторого времени эксплуатации воспринимается как естественное следствие исчерпания положенного ресурса. Бытует выражение "металл устал", что снимает необходимость поиска причин отказов и обосновывает изготовление новой детали в первоначальном конструктивно-технологическом исполнении. Поэтому для обеспечения эффективной работы металлургических машин весьма важными

являются вопросы скорейшего восстановления работоспособности поврежденных и разрушенных базовых деталей. Представим далее характерные случаи восстановления базовых деталей на месте без демонтажа металлургической машины, или с демонтажем, но в цеховых условиях.

1. Базовые детали мощных гидравлических прессов

Сила гидравлического пресса, необходимая для осуществления технологических процессов обработки давлением, создается и воспринимается базовыми деталями (рабочими цилиндрами, колоннами, поперечинами), составляющими станину пресса. Для предметности дальнейшего изложения на рис. 1 показана модель ковочного пресса силой 60 МН конструкции УЗТМ, получившего широкое распространение на отечественных заводах и за рубежом.

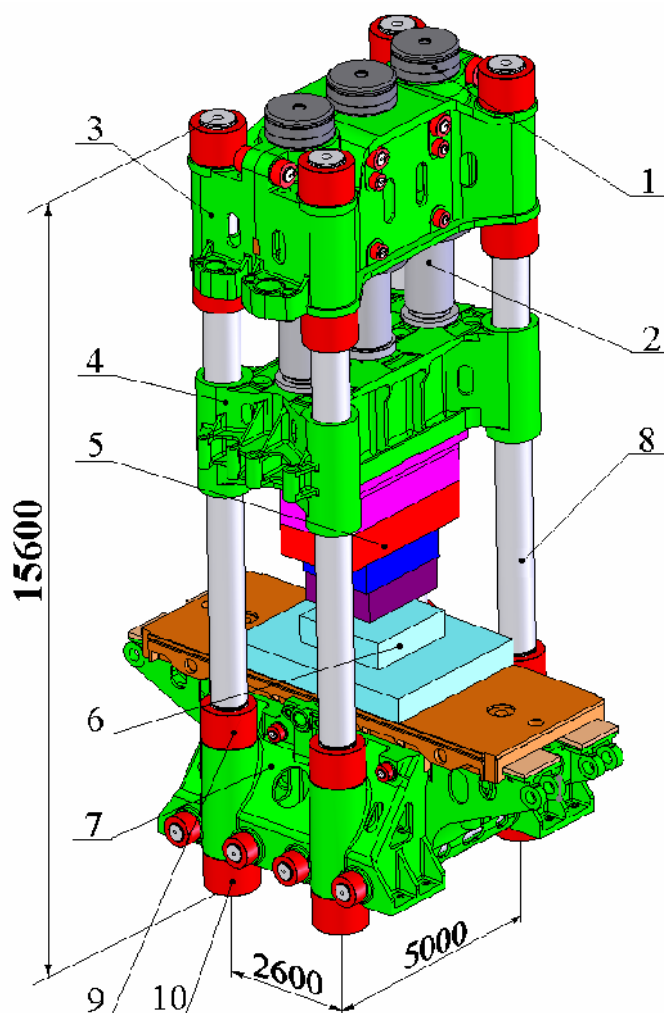


Рис. 1. Гидравлический пресс конструкции УЗТМ силой 60 МН

1 – гидроцилиндр; 2 – плунжер; 3 – поперечина верхняя; 4 – подвижная поперечина; 5 – плиты верхнего штампового набора; 6 – плиты нижнего штампового набора; 7 – нижняя поперечина; 8 – колонна; 9 – гайка внутренняя; 10 – гайка внешняя

1.1. Рабочие цилиндры мощных гидравлических прессов

Значительное число разрушений рабочих цилиндров гидравлических прессов связано с возникновением и развитием трещин усталости в зоне галтели днища цилиндра. На рис. 2 представлены расположение и размеры трещины в галтели днища цилиндра гидравлического пресса силой 50 МН, работавшего в линии производства железнодорожных колес. Цилиндр развивает силу 50 МН, масса цилиндра 52 т. Восстановление цилиндра ручной сваркой по обычной технологии требовало предварительного подогрева до $250\div 300^{\circ}\text{C}$ с разделкой трещины и выполнением сварочных работ с внешней стороны цилиндра. В связи с весьма большим объемом сварочных работ, вызванных разделкой трещины с внешней стороны цилиндра, и отсутствием уверенности в качестве сварки цилиндр признан не подлежащим восстановлению.

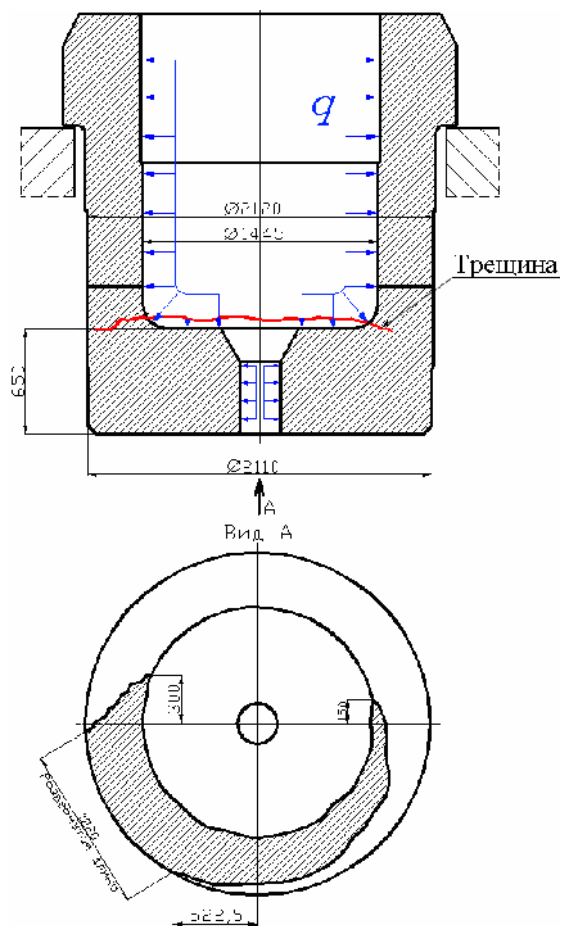


Рис. 2. Схема нагружения цилиндра пресса силой 50 МН, расположение и размер трещины в днище цилиндра

На рис.3 показаны схема расположения и размер трещины в днище цилиндра прессы силой 35 МН, работающего в той же линии производства железнодорожных колес. Цилиндр развивает силу 35 МН, масса цилиндра 30,4 тонны. Для предотвращения весьма значительного экономического ущерба, связанного с увеличением сроков планового капитального ремонта, восстановление цилиндра необходимо было выполнить за 7 суток.

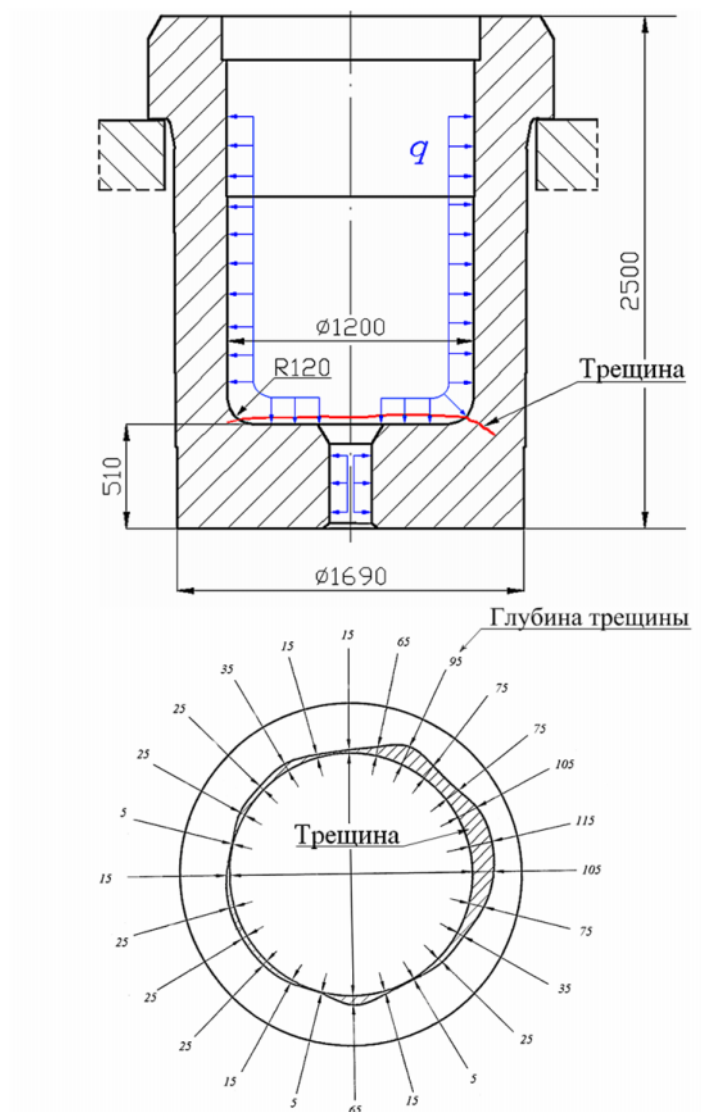


Рис. 3. Схема расположения и размер трещины в днище цилиндра силой 35 МН

Так же как и в предыдущем случае, для ручной сварки по обычной технологии необходимы предварительный подогрев материала до температуры не менее 250°C , разделка трещины и выполнение сварки с наружной стороны

цилиндра. В этом случае, в связи с весьма большим объемом разделки трещины, время выполнения сварочных работ превышало 7 суток и требовало значительного увеличения сроков капитального ремонта. Заварка трещины вручную с расположением сварщика внутри цилиндра в стесненном пространстве, ограниченном предварительно подогретыми стенками цилиндра, невыполнима. Снижение температуры предварительного подогрева до пределов, допускающих ручную сварку, приводит после охлаждения детали к возникновению трещин по границе наплавленного и основного металла.

Восстановление цилиндра в заданные сроки было осуществлено сваркой по специальной технологии, которая позволяет выполнять сварочные работы на крупногабаритных деталях без предварительного подогрева и последующей термообработки. На рис. 3 показан рабочий момент заварки трещины в галтели днища: сварщик находится внутри цилиндра, т. е. сварка производится без предварительного подогрева материала. Сварка проводилась непрерывно в течение семи суток. Цилиндр отработал 12 месяцев до следующего капитального ремонта, пройдя 750 000 циклов нагружений полной силой. Новая трещина усталости началась не в зоне сварки, а на противоположной стороне окружности галтели днища.



Рис. 4. Рабочий момент заварки трещины в галтели днища цилиндра силой 35 МН. Сварка проводится без предварительного подогрева, сварщик находится внутри цилиндра

Еще раз отметим, что разрушения рабочих цилиндров в зоне галтели днища являются одним из наиболее часто встречающихся случаев разрушения цилиндров гидравлических прессов. Поэтому рассмотренные выше технологию сварки и длительный срок эксплуатации восстановленного рабочего цилиндра можно рассматривать как успешную апробацию базовой технологии, позволяющей с высоким качеством и в кратчайший срок восстановить крупногабаритные рабочие цилиндры мощных гидравлических прессов.

1.2. Поперечины

1.2.1. Восстановление поверхностей контакта поперечин с гайками колонн и фланцами цилиндров

Станина колонного типа (рис.1), в которой замыкается сила прессы, включает в себя верхнюю поперечину 3 (архитрав) и нижнюю поперечину 7 (основание), которые стянуты колоннами 8. Проектный режим работы колонн предусматривает предварительную затяжку колонн в поперечинах. Сила затяжки должна быть достаточной для обеспечения нераскрытия стыка между внутренними гайками колонн и поперечинами при рабочем нагружении прессы. В процессе длительной эксплуатации сила затяжки ослабевает или полностью исчезает, поэтому при рабочем нагружении прессы стыки раскрываются, и возникают зазоры между поперечинами и внутренними гайками колонн. При работе прессы с раскрытыми стыками происходит клиновая выработка контактных поверхностей поперечин и гаек, которая не позволяет провести качественную затяжку колонн. Нарушение штатного режима работы колонн приводит к возникновению трещин усталости в витках резьбы и разрушению колонн.

Полный комплекс работ по восстановлению контактных поверхностей поперечин и гаек колонн был проведен при капитальном ремонте ковочного прессы силой 40 МН. Неравномерность выработки контактных поверхностей поперечин под гайки колонн достигала 3 мм, несколько меньшая выработка была обнаружена и на контактных поверхностях гаек колонн.

Для проведения восстановительных работ архитрав и колонны были демонтированы, основание оставалось на месте. Архитрав был размещен в цеху на специальных опорах, которые позволяли с помощью домкратов выставить архитрав в горизонтальное положение. Основание выставлено в горизонтальное положение на месте с помощью специальных приспособлений.

Планировка контактных поверхностей на архитраве и основании выполнена мобильной установкой для торцевания плоских круговых поверхностей (Рис. 5). Перед началом планировки каждого торца плоскость обработки мобильной

установки выставлялась в горизонтальное положение. Планировка всех 16 торцов на основании и архитраве потребовала 4 суток непрерывной работы. Точность планировки для всех контактных поверхностей не более 0.1 мм/м, что соответствует допускам на изготовление новой детали. Планировка контактных поверхностей гаек производилась на токарном станке на специальной оправке с резьбой, соответствующей резьбе колонны.



Рис. 5. Рабочий момент планировки контактной поверхности под гайку колонны на основании пресса силой 40 МН

После монтажа прессы затяжка колонн проведена по методике ООО «Надежность плюс». Контроль состояния стыков после 6 месяцев эксплуатации не выявил зазоров между гайками колонн и поперечинами, пресс работает в штатном режиме.

Во многих случаях вследствие неравномерности контактных давлений между фланцем рабочего цилиндра и поперечиной возникает значительная и неравномерная выработка круговой поверхности контакта цилиндровой поперечины. В этом случае для обеспечения штатного режима работы цилиндров и колонн необходимо в сжатые сроки восстановить поверхность поперечины в зоне контакта с фланцами цилиндров и гайками колонн. Восстановление поверхностей контакта осуществляется мобильным фрезерным станком, позволяющим с одной установки обрабатывать поверхности размером до 4000×2000 мм. Перемещение каретки в двух взаимно перпендикулярных направлениях и привод фрезы осуществляются гидромоторами.

Рабочий момент обработки мобильным фрезерным станком нижнего пояса архитрава поперечины ковочного прессы силой 60 МН показан на рис. 6, а.

Архитрав с восстановленными контактными поверхностями под гайки колонн и фланцы цилиндров показан на рис. 6, б. Точность обработки находилась в пределах 0, 1 мм/м, что соответствовало точности, получаемой на стационарных станках.



а)



б)

Рис. 6. Восстановление поверхностей архитрава пресса силой 60 МН в зонах контакта с гайками колонн и фланцами рабочих цилиндров: а – рабочий момент обработки контактной поверхности под фланец среднего цилиндра; б – архитрав с восстановленными контактными поверхностями под гайки колонн и фланцы цилиндров

1.2.2. Восстановление сваркой полностью разрушенной подвижной поперечины

Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса силой 32 МН показано на рис. 7. Трещины по обеим внешним стенкам проходят от центра верхнего пояса (вблизи вертикального ребра) до пазов в нижнем поясе поперечины. Стрела клинового формоизменения в центре нижней контактной поверхности поперечины достигает 10 мм. Следует отметить, что значительная выработка материала в центре нижнего пояса поперечины стала одной из причин возникновения весьма высоких напряжений, которые привели к возникновению трещин.

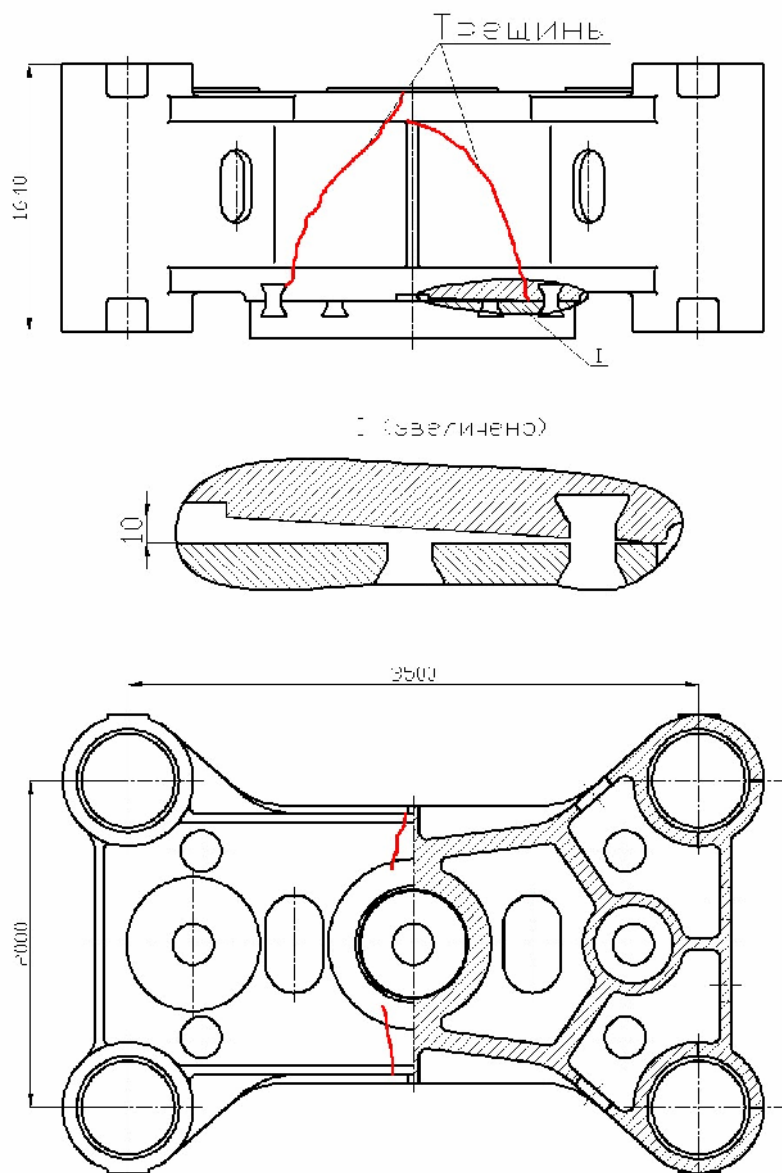


Рис. 7. Расположение трещин в подвижной поперечины ковочного пресса силой 32 МН и формоизменение контактной поверхности поперечины

Восстановление поперечины осуществлено сваркой на месте без демонтажа прессы. Разделка трещины под сварку показана рис. 8. Разработанная технология сварки включала в себя специальные конструктивно-технологические решения, осуществление которых позволило сохранить геометрию поперечины и взаиморасположение колонных стаканов после окончания сварочных работ. После сварки проведена планировка контактной поверхности поперечины переносным мобильным фрезерным станком. Фотография восстановленной поперечины показана на рис. 9.

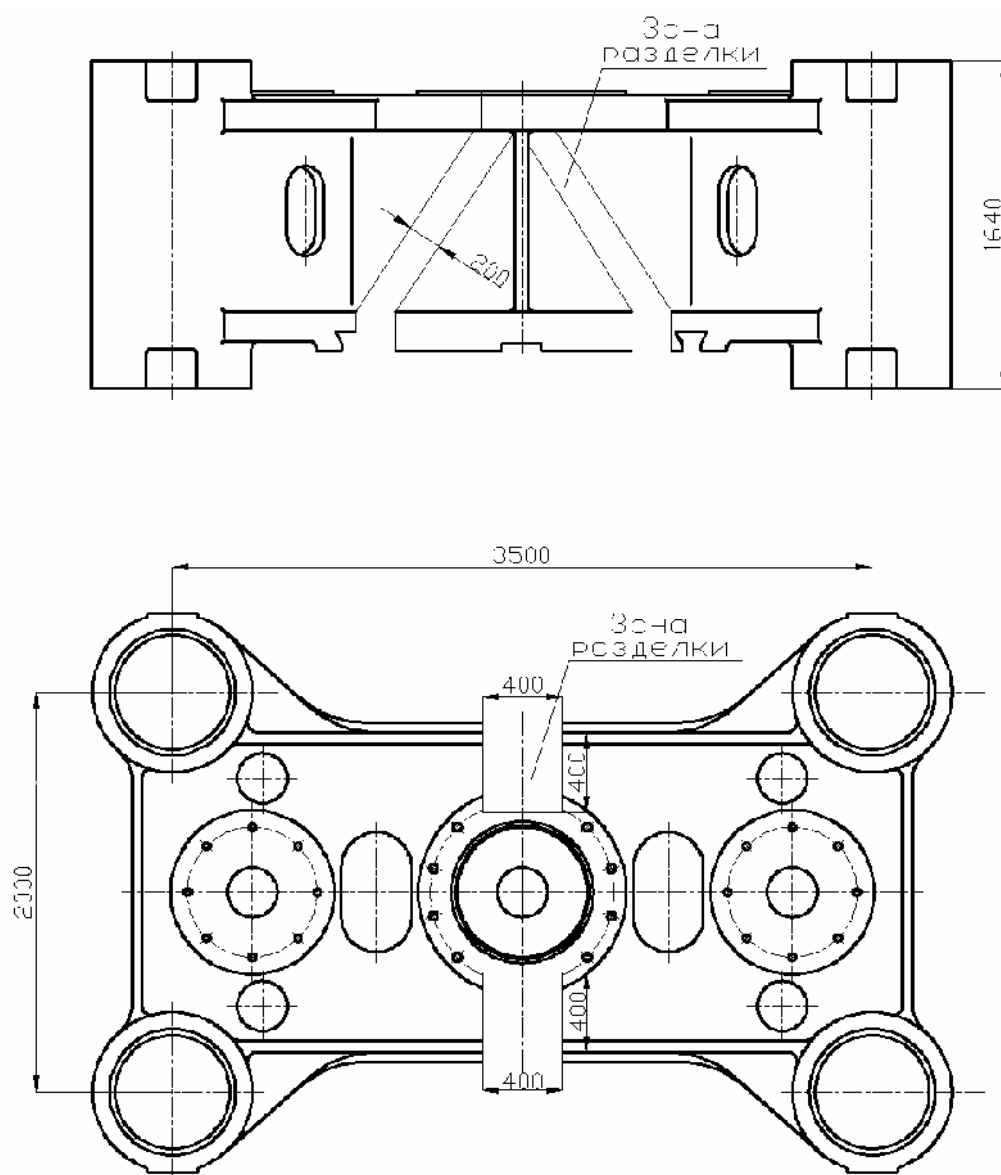


Рис. 8. Разделка под сварку боковых стенок, верхнего и нижнего поясов подвижной поперечины ковочного прессы силой 32 МН

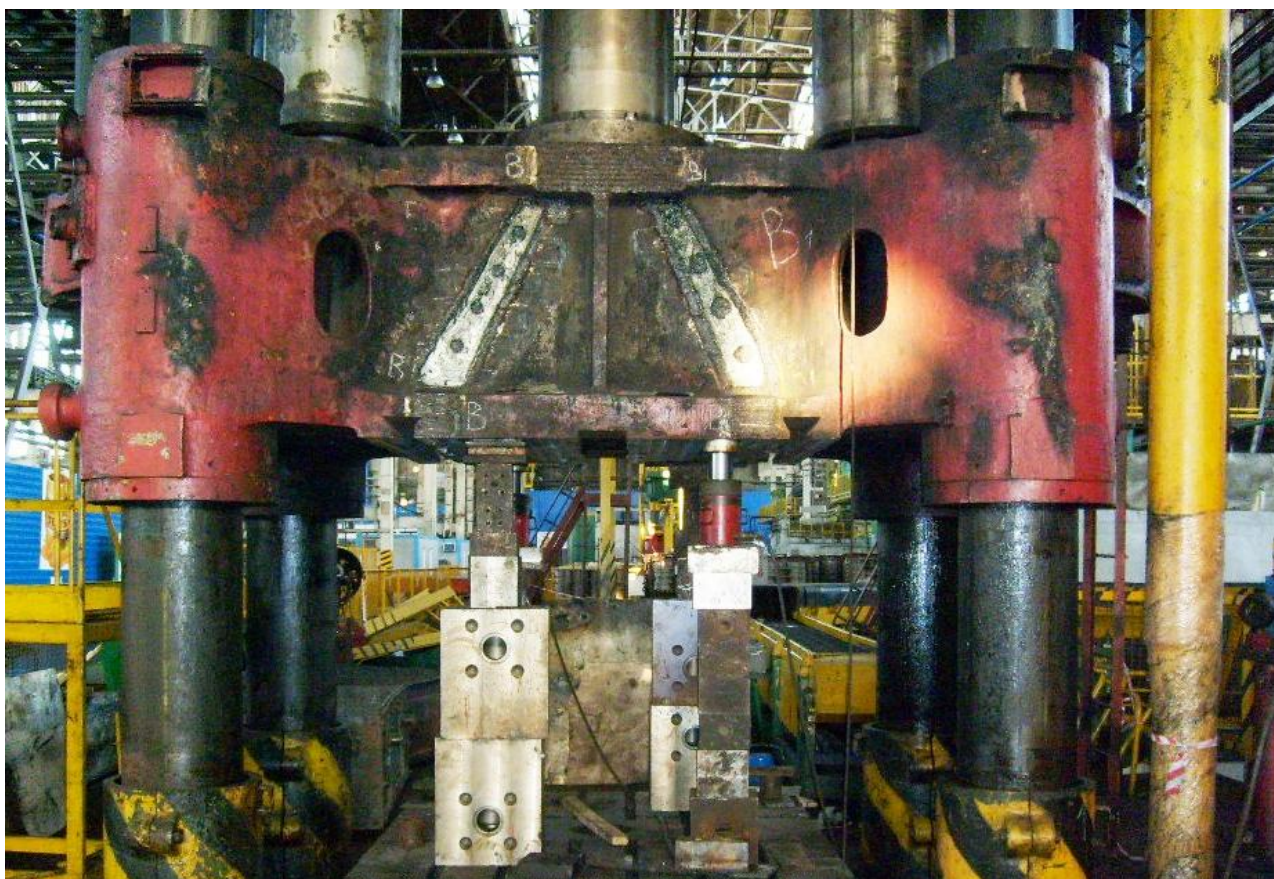


Рис. 9. Восстановленная подвижная поперечина ковочного прессы силой 32 МН

Еще раз отметим, что в процессе проведения восстановительных работ были сохранены базовые размеры поперечины, определяющие условия ее взаимодействия с колоннами прессы. Сразу после планировки нижнего пояса подвижной поперечины и восстановления в этом поясе пазов для крепления штампового набора пресс был запущен в эксплуатацию (рис. 10). Ремонт поперечины, включавший в себя подготовительные работы, разделку трещин, сварку и механическую обработку, был проведен в течение 22 суток. Столь короткий срок восстановления на месте полностью разрушенной поперечины мощного гидравлического прессы не имеет прецедентов в отечественной и мировой практике.



Рис. 10. Ковочный пресс силой 32 МН с восстановленной подвижной поперечиной в работе

2. Станины клетей прокатных станов

В результате длительной эксплуатации прокатных станов происходит износ плоских и круговых поверхностей элементов станин, работающих в условиях силового контакта с сопряженными деталями, что ухудшает качество проката. В общем случае восстановление поверхностей требует демонтажа станин и обработки изношенных поверхностей на специальных стационарных станках. Но в обычных производственных условиях на капитальный ремонт высокопроизводительных прокатных станов отводится весьма ограниченное время, поэтому восстановление изношенных поверхностей необходимо проводить без демонтажа станин.

2.1. Восстановление плоских поверхностей

Существенное влияние на качество проката оказывает состояние поверхностей проемов станин прокатных клетей в местах контакта с подушками

валков. Значительные силы на поверхностях контакта при наличии взаимных смещений станины и подушки приводят к износу контактных поверхностей станины. Восстановление поверхностей проемов с демонтажем станин требует весьма значительных временных затрат, поэтому для сокращения времени ремонта использован мобильный фрезерный станок.

На рис. 11 показан мобильный станок, установленный в проемах станин клетки 4-х клетового прокатного стана 400. Как отмечено выше, с одной установки станок позволяет обрабатывать площадь размером до 4000х2000 мм. В данном случае с одной установки фрезеруются обе поверхности проемов двух станин клетки. После планировки проводится плазменная термообработка фрезерованных поверхностей в среде аргона для увеличения твердости металла. Разница в расстояниях между обработанными противоположными плоскостями проема не превышает 0,1 мм/м. Качество восстановления рабочих поверхностей проемов станин позволяет обеспечить штатный режим работы клетки.

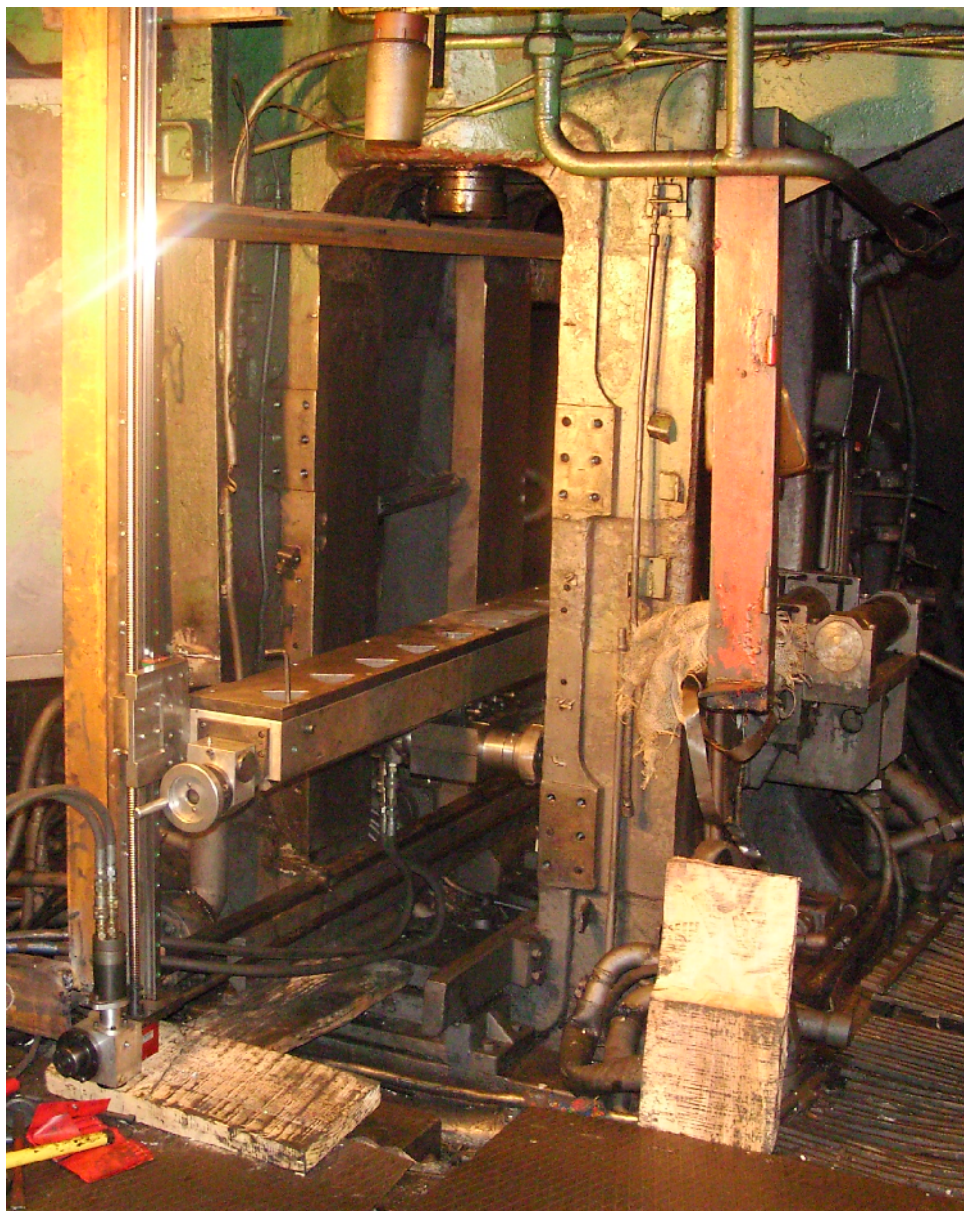


Рис. 11. Мобильный фрезерный станок, установленный в проем станины клетки прокатного стана

2.2. Восстановление цилиндрических поверхностей

В линии производства железнодорожных колес работает колесопрокатный стан, который производит раскатку обода колесной заготовки и придает элементам колеса требуемую конфигурацию. Эджерный вал нижнего валка станины с соответствующими проставочными элементами размещается в цилиндрическом отверстии диаметром 960 мм, расположенном в станине под углом 45° (рис. 12). Станина выполнена из стали 35 Л.

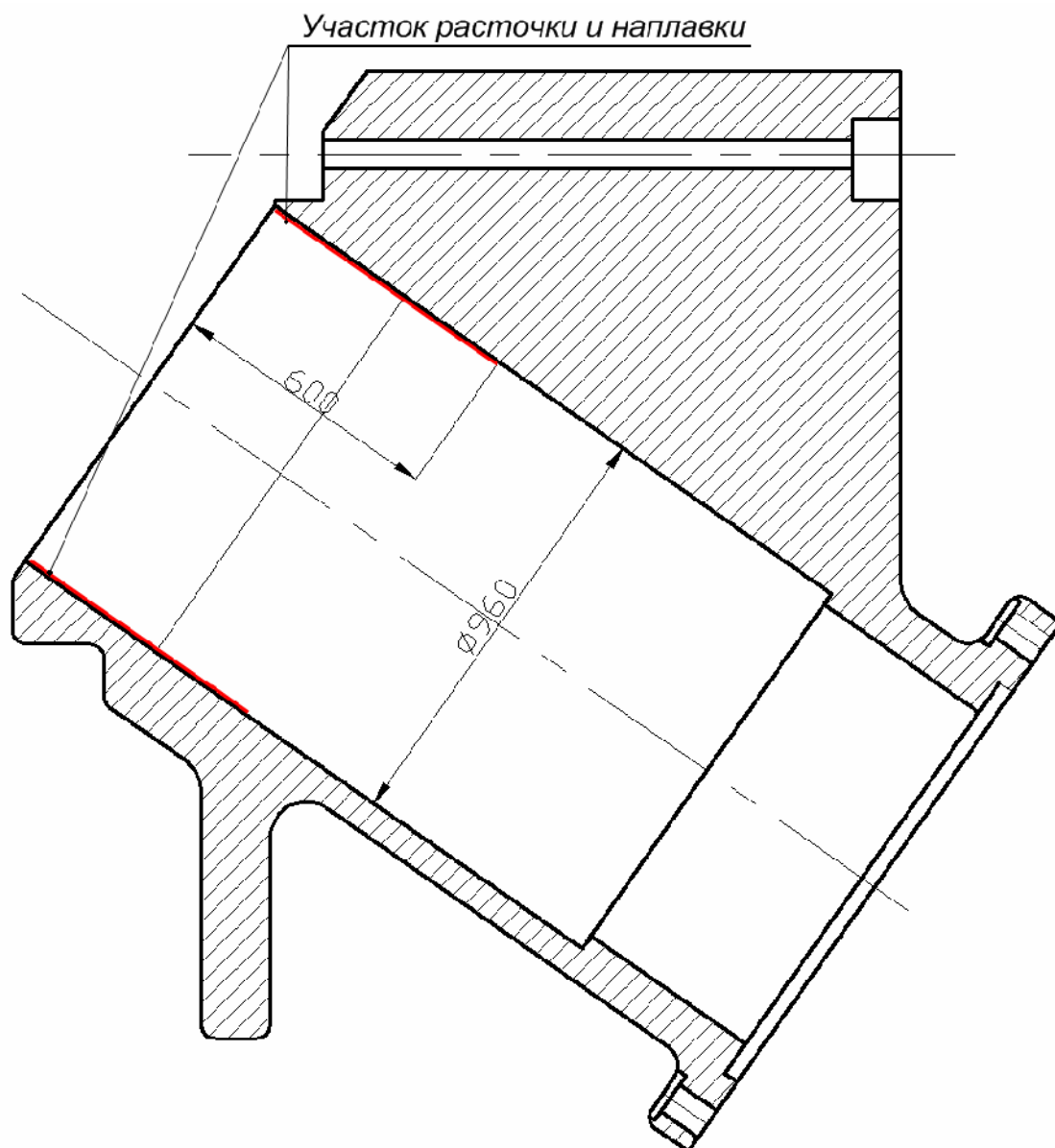


Рис. 12. Схема расположения цилиндрического отверстия с поврежденной поверхностью в станине прокатного стана

За время эксплуатации произошел износ поверхности отверстия с увеличением вертикального и горизонтального диаметров на 2 мм, что значительно превосходит размер $\text{Ø}960+0.17$, данный заводом изготовителем. Восстановление станины путем ее демонтажа и обработки цилиндрической поверхности на стационарном станке не позволяло уложиться в заданное время капитального ремонта линии производства колес.

Для восстановления поврежденной цилиндрической поверхности на месте использована специальная мобильная расточно-наплавочная установка. Расточка

и наплавка производятся в одних и тех же центрах, что с одной стороны повышает точность обработки, а с другой – сокращает время центровки (рис. 13). Оработка режимов расточка – наплавка была проведена на модели, специально отлитой из стали 35 Л. Внутренний диаметр и длина модели были равны диаметру и длине отверстия станины. Толщина стенки модели для обеспечения необходимой жесткости была принята равной 100 мм. Модель с углом наклона 45° была установлена на специальном стенде. Оработка режимов расточка-наплавка позволила принять следующую технологию восстановления поверхности отверстия в станине.



Рис. 13. Центровка расточно-наплавочной установки по базовой поверхности

После предварительной расточки проводится наплавка проволокой EN440 0.8G3Si1 с использованием защитной смеси газов Ar-CO_2 (состав, соответственно, 80% и 20%). Наплавка давала высоту шва 5мм при “нахлестке”

2 мм. Расточка до номинального диаметра производилась в три черновых прохода и один чистовой.

Для восстановления отверстия потребовалось 5 суток при непрерывной работе. Точность расточки составила $960+0.04$ при допуске $960+0.17$ мм. Монтаж в восстановленное отверстие станины эджерного вала с проставочным элементом не вызвал осложнений, что подтвердило высокое качество восстановленной поверхности и соосность верхней и нижней посадочной поверхностей.

3. Сталеплавильное оборудование

3.1. Цапфы сталеразливочных ковшей

В процессе эксплуатации сталеразливочных ковшей происходит интенсивный износ цапф. Эксплуатация ковша запрещается при уменьшении диаметра цапфы на 10 % от номинального размера. Обычно ремонт ковша производится путем замены цапфовой плиты, что требует значительных финансовых и временных затрат. Для сокращения этих затрат разработаны специальные технология и станок, которые позволяют производить восстановление цапф на месте без замены цапфовой плиты.

На первом этапе восстановления производится наплавка изношенных зон цапфы. Затем на цапфовую плиту устанавливается расточной станок и производится расточка цапфы в размер. На рис. 14 показан мобильный расточной станок, установленный на цапфовой плите сталеразливочного ковша емкостью 90 тонн. Весь комплекс работ по восстановлению одной цапфы проводится за 5 суток.



Рис.14. Рабочий момент обточки наплавленной цапфы ковша емкостью 90 тонн

Выводы

1. Длительный срок службы тяжелых металлургических машин порядка 30-40 и более лет не является критерием физического износа всего объема металла базовых деталей этих машин. Разрушения и повреждения базовых деталей происходят вследствие накопления усталостных повреждений в локальных зонах конструктивных концентраторов напряжений.

2. Восстановление разрушенных и поврежденных базовых деталей обеспечивает их безотказную работу на дальнейший длительный период эксплуатации.

3. В ООО «Надежность плюс» разработаны технологии и мобильные установки, позволяющие на месте или в цеховых условиях восстанавливать разрушенные и поврежденные базовые детали различных конструкций и назначения.

4. Минимальные сроки восстановления по сравнению с изготовлением и поставкой новой базовой детали предотвращают существенный экономический ущерб, вызываемый простоями машин ответственного назначения.

Литература

1. Королев С.А., Моисеев А.П., Прудников С.В., Сурков И.А. Установление причин разрушения и восстановление сваркой донной части главных цилиндров мощных гидравлических прессов. Неделя металлов в Москве, 2007 г. с. 468 - 474.