

ВОССТАНОВЛЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БАЗОВЫХ ДЕТАЛЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРЕССОВ

Сурков И.А., к.т.н., ООО «Надежность плюс», г.Москва

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 кованых базовых деталей,ляемых 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 Заводоизготовителя, 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.

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 изложе-

ния на рис. 1 показана модель ковочного пресса силой 60 МН конструкции УЗТМ, получившего широкое распространение на отечественных заводах и за рубежом.

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. Масса цилиндра 52 т. Восстановление цилиндра ручной сваркой по обычной технологии требовало предварительного подогрева до 250–300°C с разделкой трещины и выполнением сварочных работ с внешней стороны цилиндра. В связи с весьма большим объемом сварочных работ, вызванных разделкой трещины, цилиндр признан не подлежащим восстановлению.

На рис.3 показаны схема расположения и размер трещины в днище цилиндра пресса 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.

Так же как и в предыдущем случае, для ручной сварки по обычной технологии необходимы предварительный подогрев материала до температуры не менее 250° С, 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. 4 показан рабочий момент заварки трещины в галтели днища. Хорошо видно, что 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 нагрузений полной силой. Новая трещина усталости на-

чалась не в зоне сварки, а на противоположной стороне окружности галтели днища.

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.

2. Поперечины

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

Станина колонного типа (рис.1), в которой замыкается сила пресса, 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 пресса. В процессе длительной эксплуатации сила затяжки ослабевает или полностью исчезает, поэтому при рабочем нагружении пресса стыки раскрываются, и возникают зазоры между поперечинами и внутренними гайками колонн. При работе пресса 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 пресса 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.

После монтажа пресса 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. Привод фрезы и перемещение каретки в двух взаимно перпендикулярных направлениях осуществляются гидромоторами.

Рабочий момент обработки мобильным фрезерным станком нижнего пояса архитрава поперечины ковочного пресса 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.

2.2 Восстановление сваркой полностью разрушенной подвижной поперечины

Ковочный пресс силой 32 МН конструкции ПО «Уралмаш» в эксплуатации с 1970 г. В июле 2008 г. в подвижной поперечине пресса были обнаружены трещины большой протяженности. 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. Стrela клинового изменения в центре нижней контактной поверхности поперечины достигает 10 мм, что и стало одной из причин возникновения весьма высоких напряжений, которые привели к возникновению трещин.

Восстановление поперечины осуществлено сваркой на месте без демонтажа пресса. Разделка трещины под сварку показана рис. 8. Разрабо-

танская 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.

Еще раз отметим, что в процессе проведения восстановительных работ были сохранены базовые размеры поперечины, определяющие условия ее взаимодействия с колоннами пресса. Сразу после планировки нижнего пояса подвижной поперечины и восстановления в этом поясе пазов для крепления штампового набора пресс был запущен в эксплуатацию (рис. 9). 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 пресса не имеет прецедентов в отечественной и мировой практике.

По аналогичному сценарию происходило возникновение и развитие усталостных трещин на ковочном прессе силой 60 МН конструкции ПО «Уралмаш» в 1985 г. В процессе длительной эксплуатации произошло формоизменение поверхности подвижной поперечины в зоне контакта со штамповой плитой. Максимальная величина зазора составила $\Delta \approx 3$ мм (рис. 10). В результате этого формоизменения сила прессования от подвижной поперечины к штамповой плате передавалась по ограниченной площади вблизи плоскости симметрии. Изменение схемы нагружения по сравнению с проектной схемой вызвало увеличение напряжений в ребрах и привело к возникновению протяженных трещин на контурах технологических отверстий. Кроме того, формоизменение контактной поверхности подвижной поперечины существенно уменьшило технологические возможности пресса.

Предупреждение аварийной ситуации и восстановление проектных режимов эксплуатации пресса осуществлено разработкой и внедрением специального технического решения. На первом этапе были заварены трещины и восстановлена поверхность подвижной поперечины в зоне контакта со штамповой плитой. Планировка контактной поверхности подвижной поперечины выполнена на месте без демонтажа пресса. На втором этапе с помощью специального стяжного устройства (рис. 11) проведено упрочнение контактных поверхностей поперечины и плит штампового набора микрочастицами высокой твердости, что увеличило их сопротивление поверхностному формоизменению и обеспечило совместную работу штамповой плиты и подвижной поперечины. Модернизированная подвижная поперечина находится в эксплуатации до настоящего времени, претензий к ее работе нет.

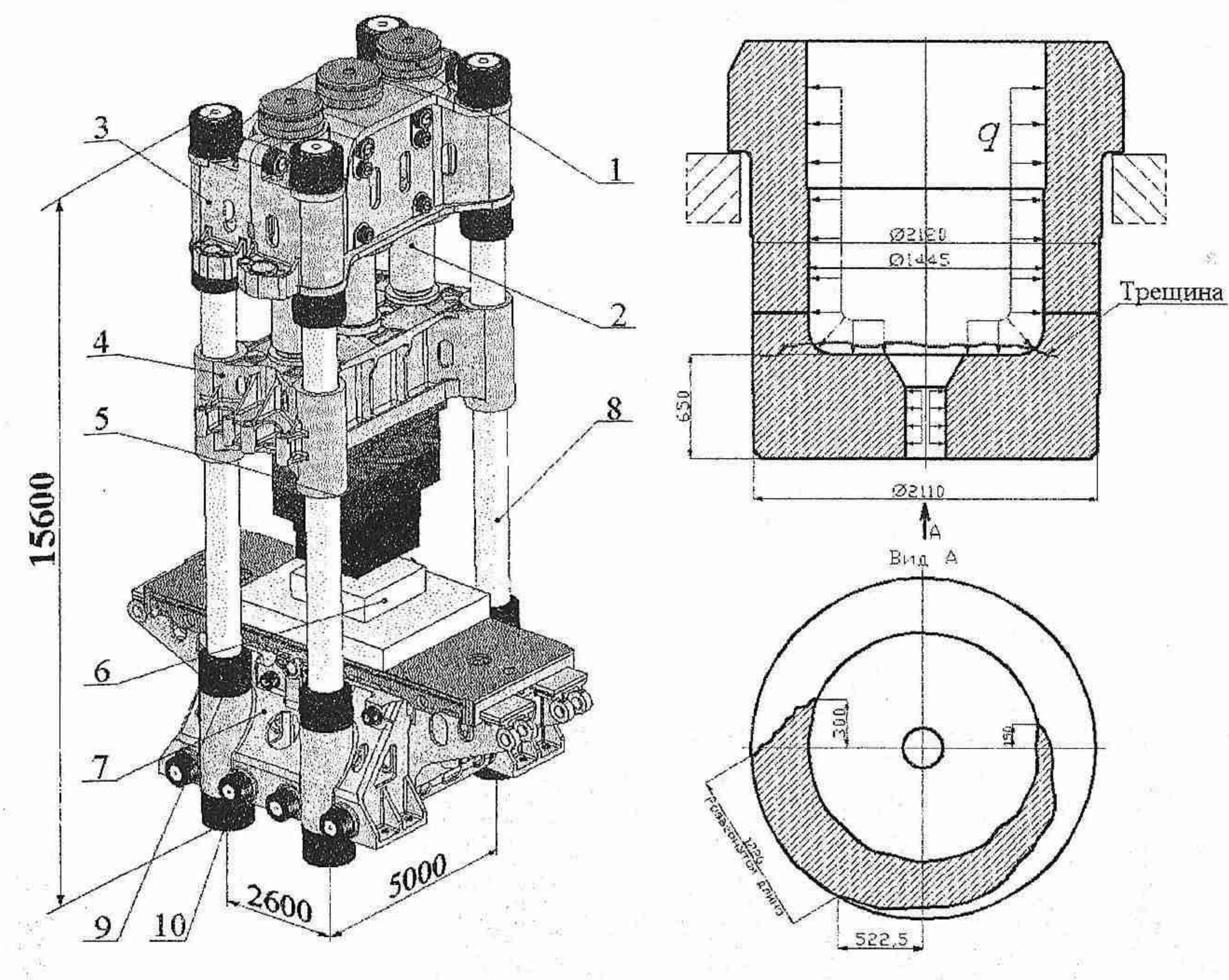


Рис. 1. Гидравлический пресс конструкции УЗТМ силой 60 МН
1 – гидроцилиндр;
2 – плунжер; 3 – поперечина верхняя; 4 - подвижная поперечина;
5 - плиты верхнего штампового набора; 6 – плиты нижнего штампового набора; 7 – нижняя поперечина; 8 – колонна; 9 – гайка внутренняя; 10 – гайка внешняя

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

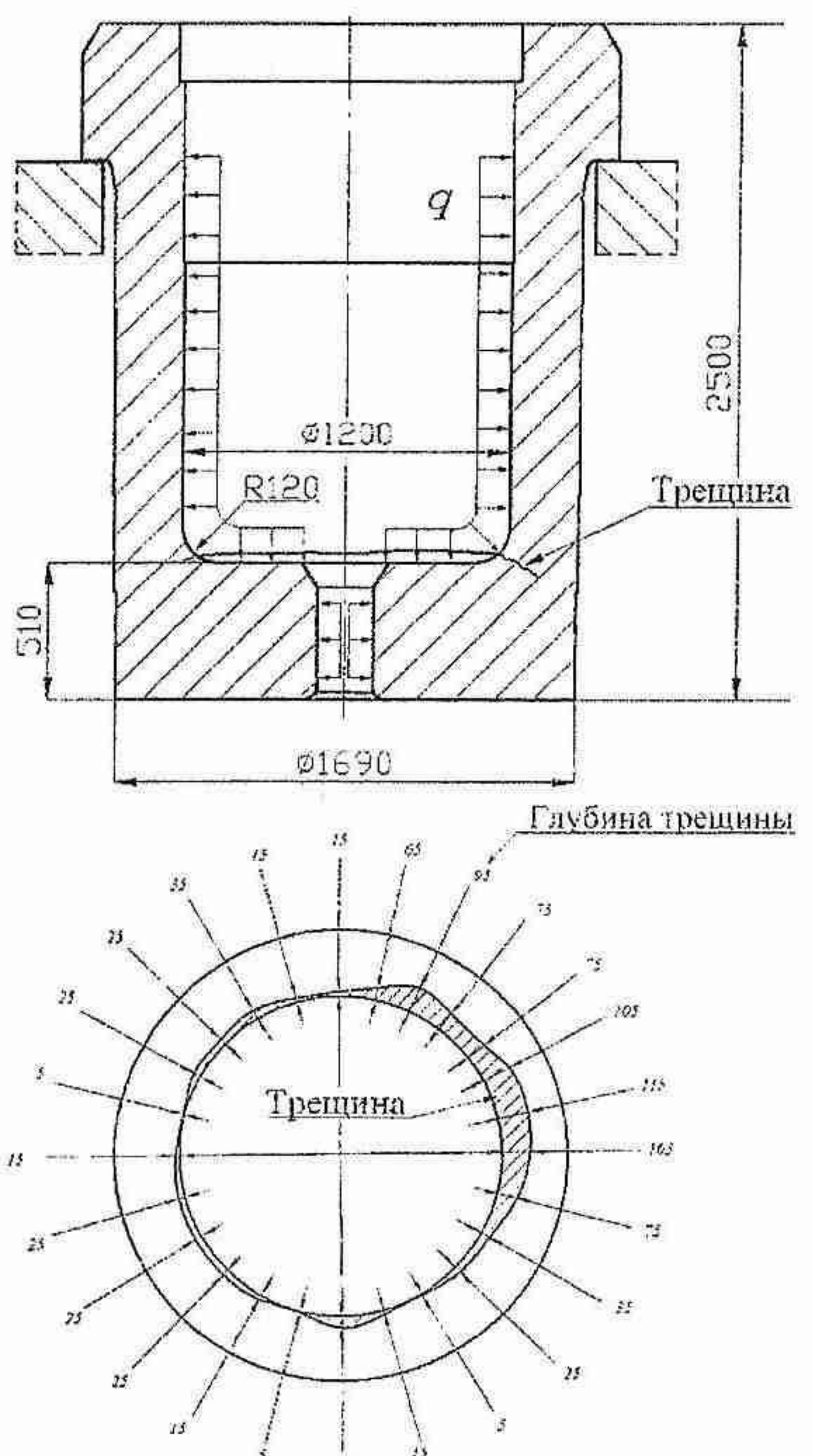


Рис. 3. Схема расположения и размер трещины в днище цилиндра силой 35 МН

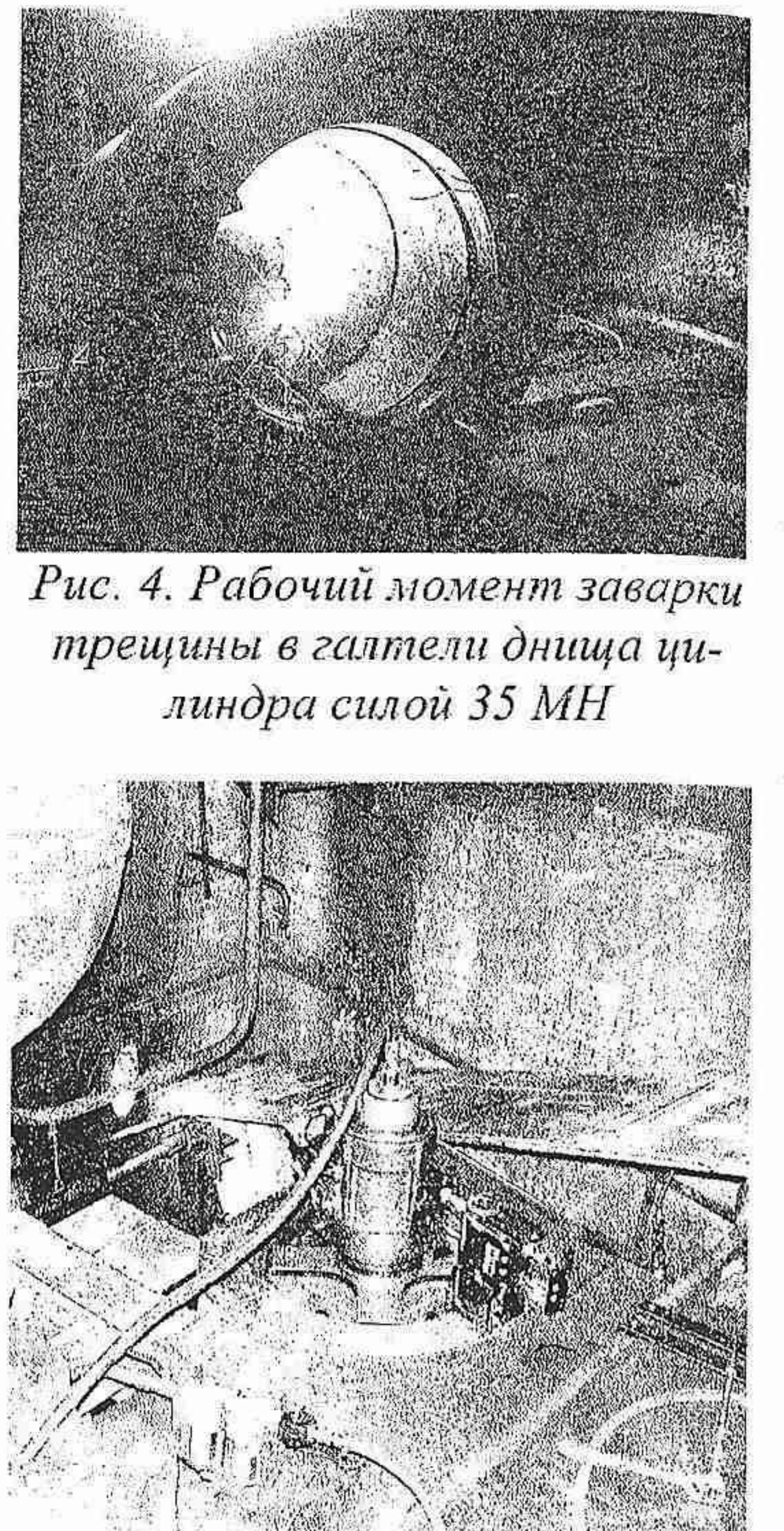


Рис. 4. Рабочий момент заварки трещины в галтели днища цилиндра силой 35 МН

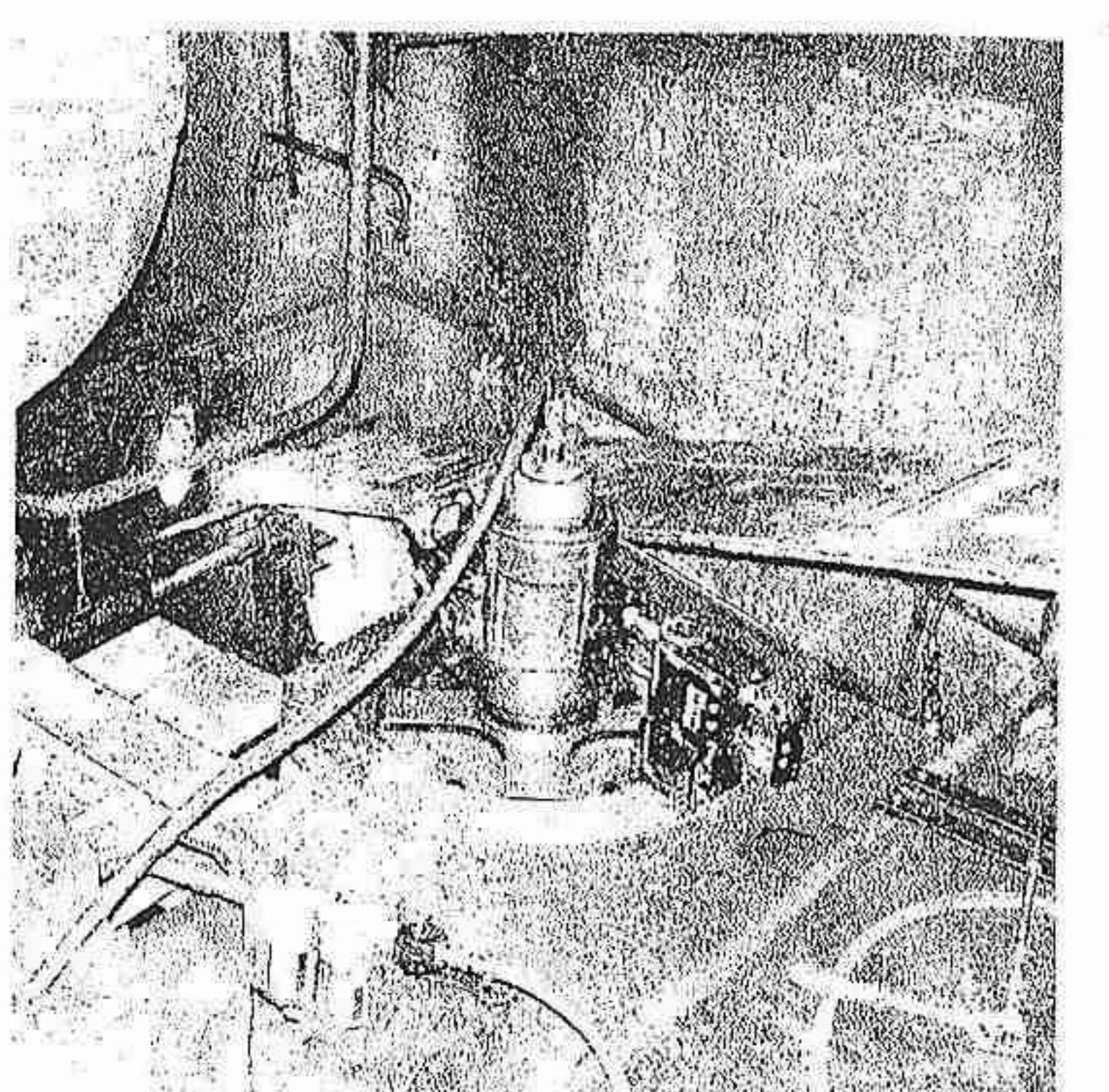
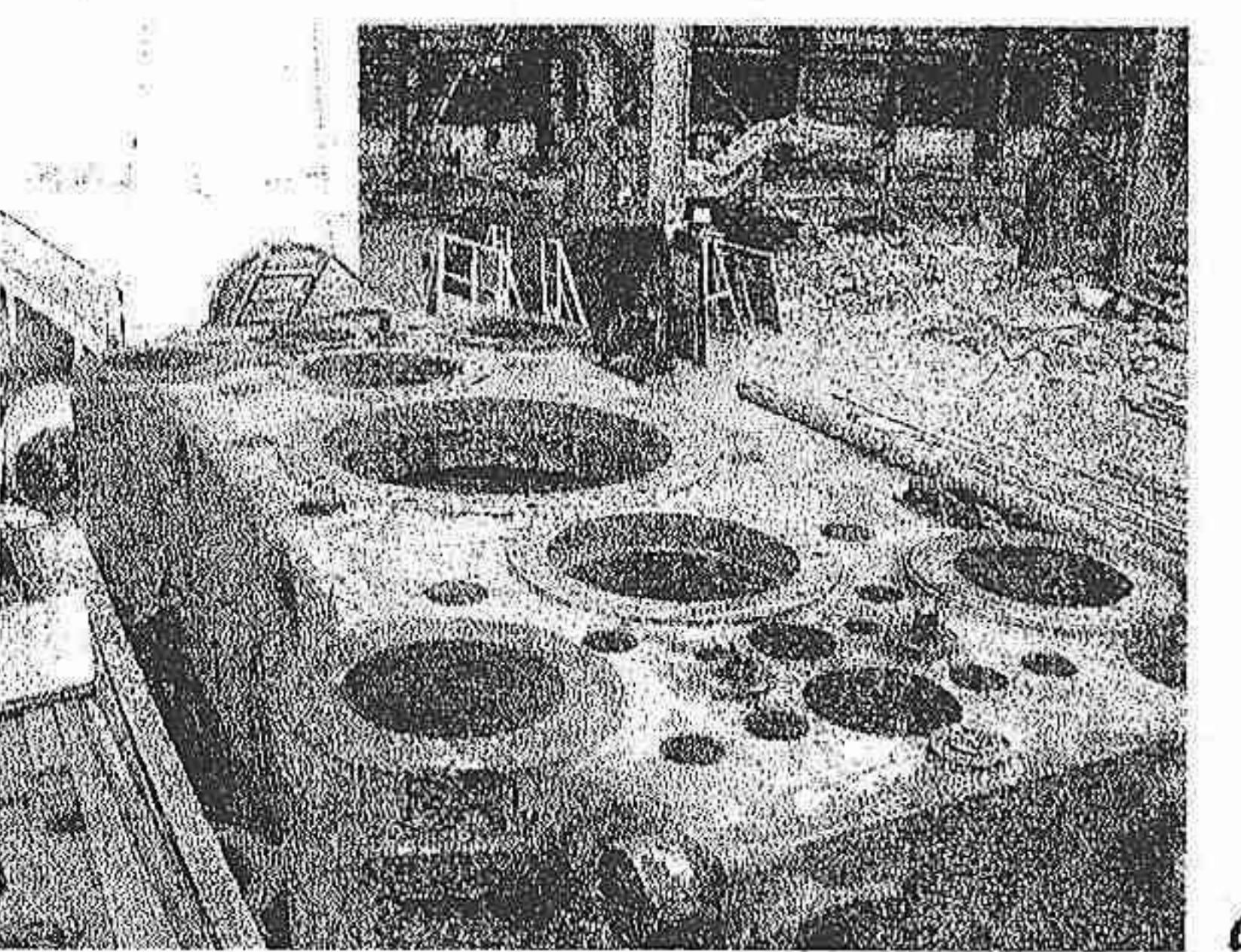
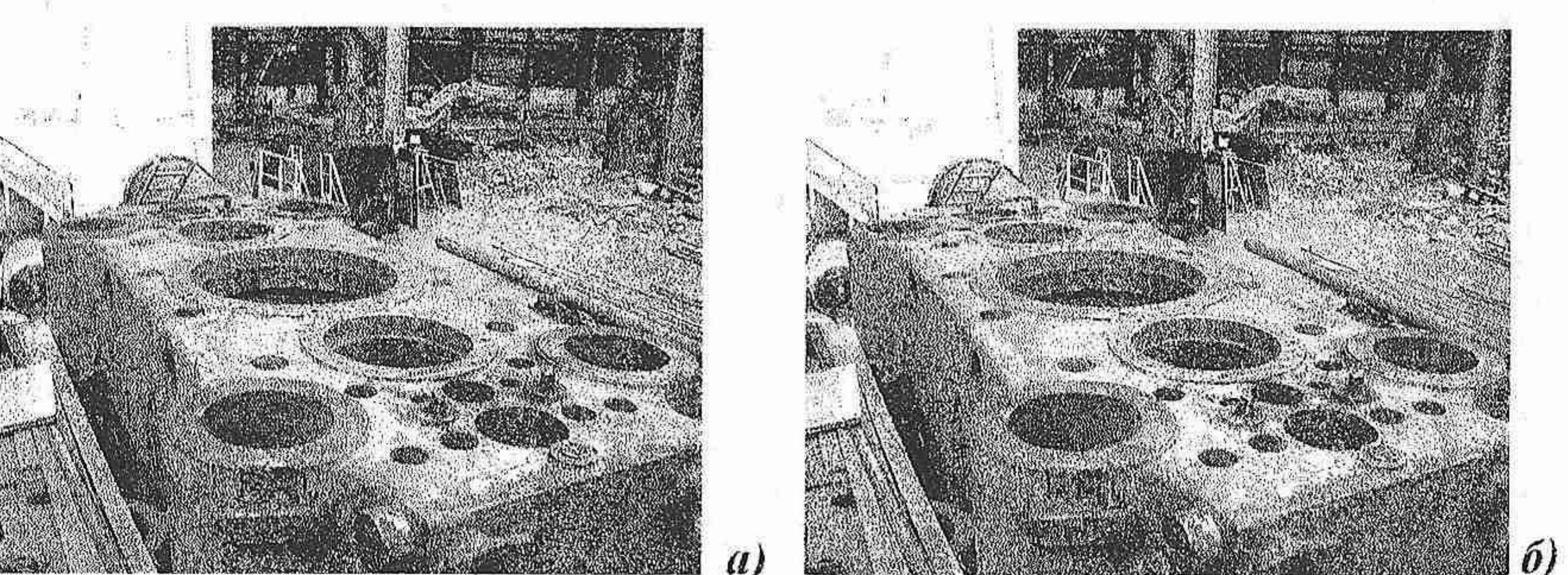


Рис. 5. Рабочий момент планировки контактной поверхности под гайку колонны на основании пресса силой 40 МН



a)



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

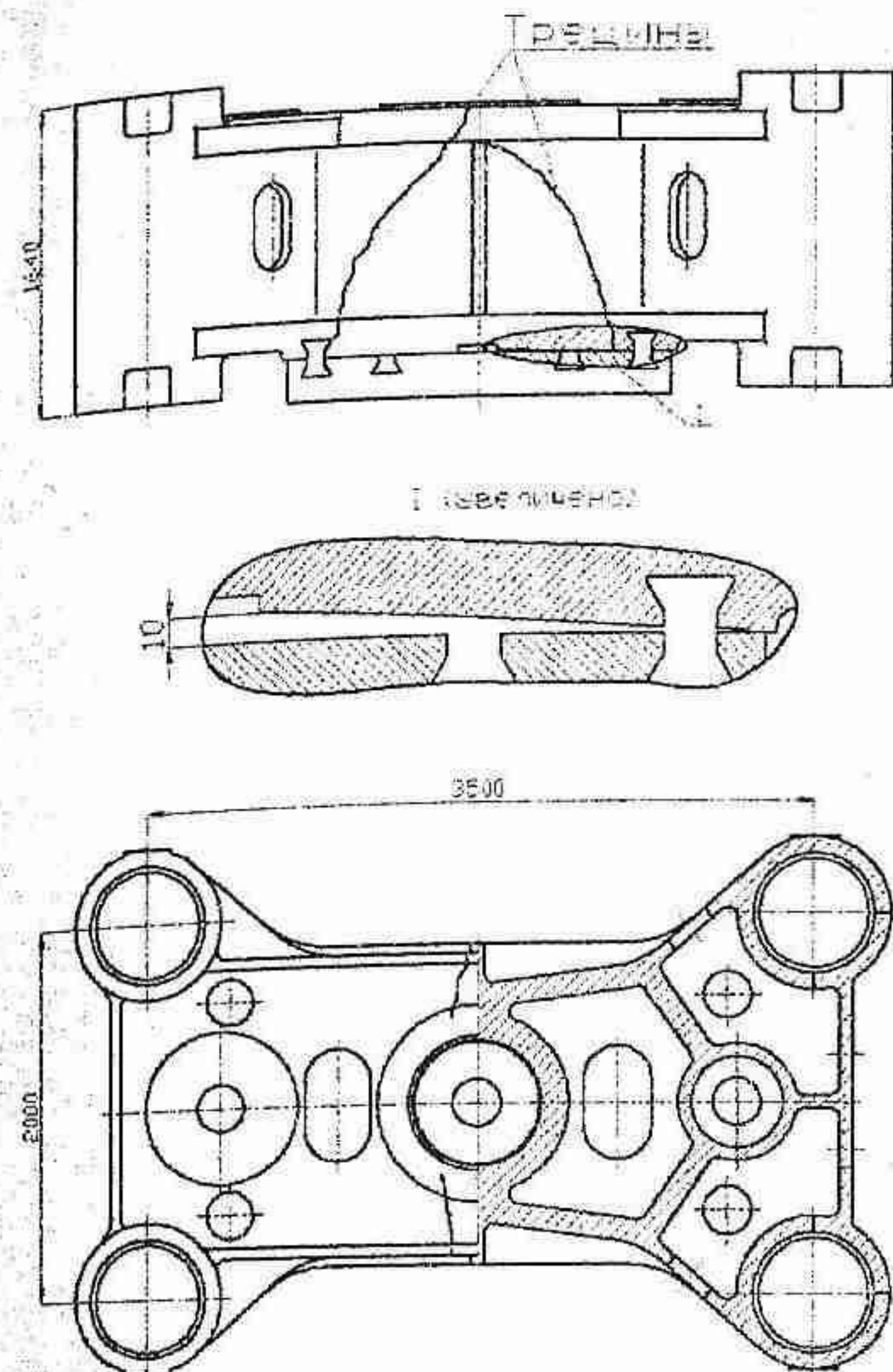


Рис. 7. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса силой 32 МН и формоизменение контактной поверхности поперечины

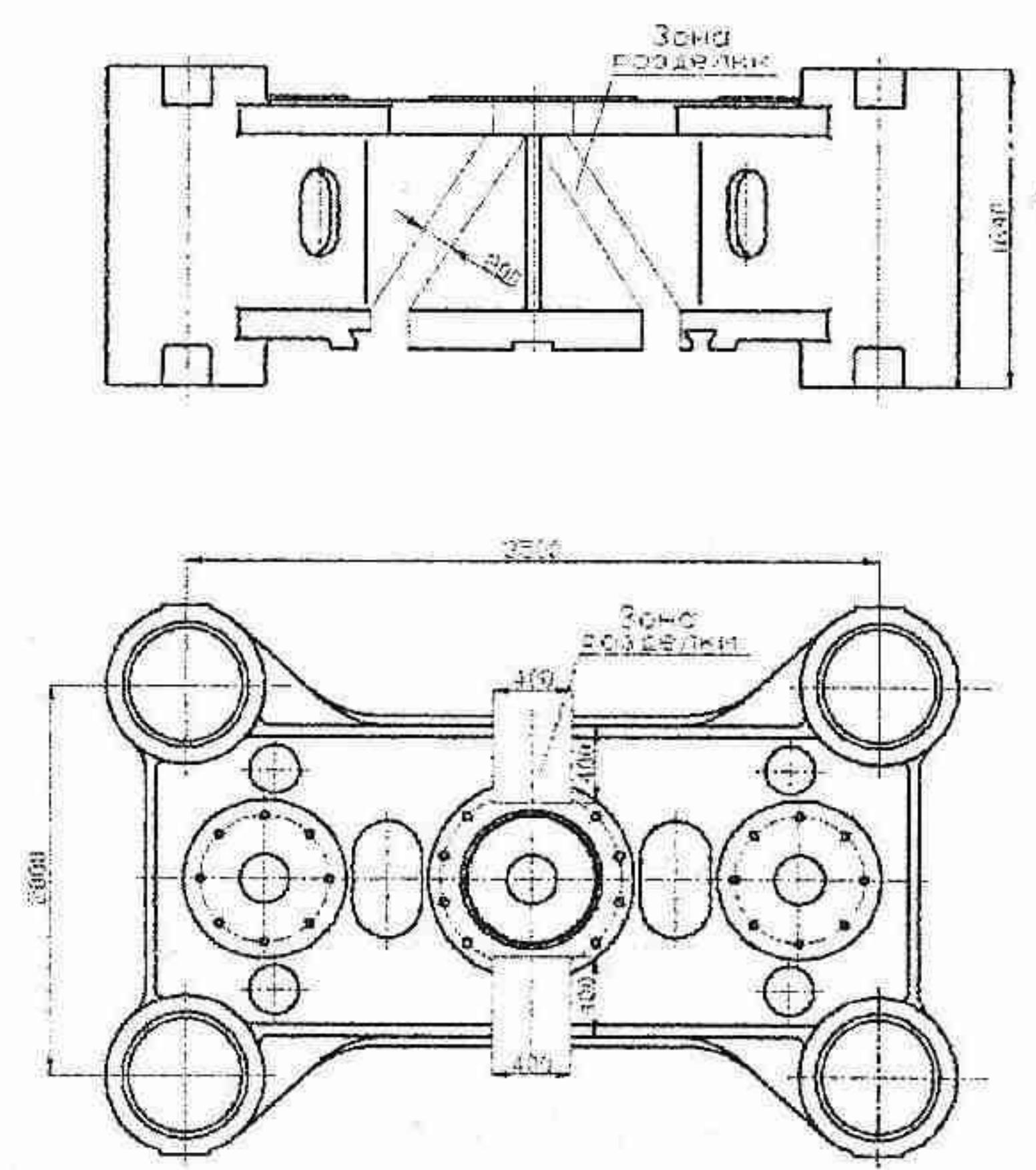


Рис. 8. Разделка под сварку боковых стенок, верхнего и нижнего поясов подвижной поперечины ковочного пресса силой 32 МН

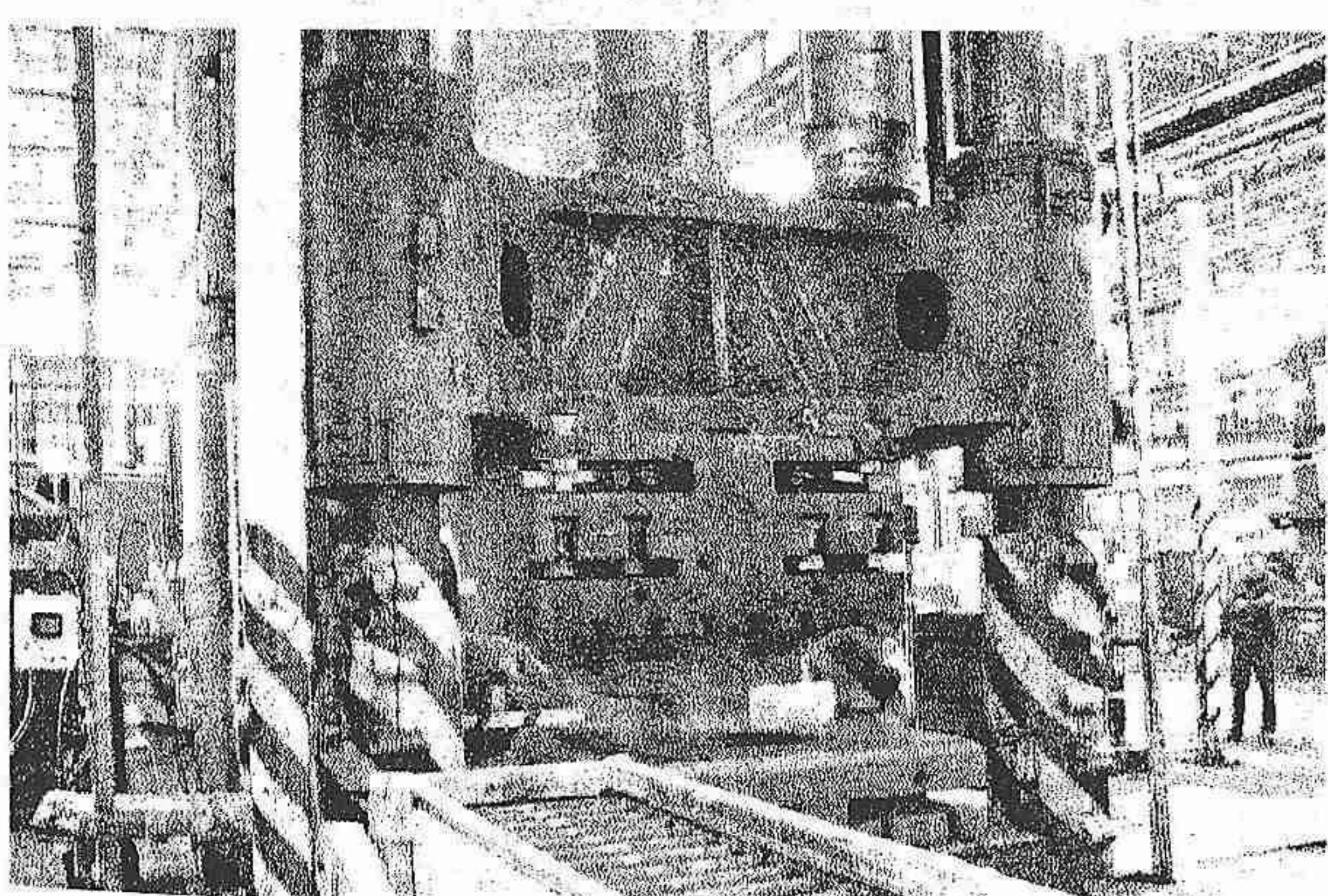


Рис. 9. Ковочный пресс силой 32 МН с восстановленной подвижной поперечиной в работе

Выходы

1. Длительный срок службы гидравлических прессов 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 концентратов напряжений.

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

3. 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. С. 468 - 474.

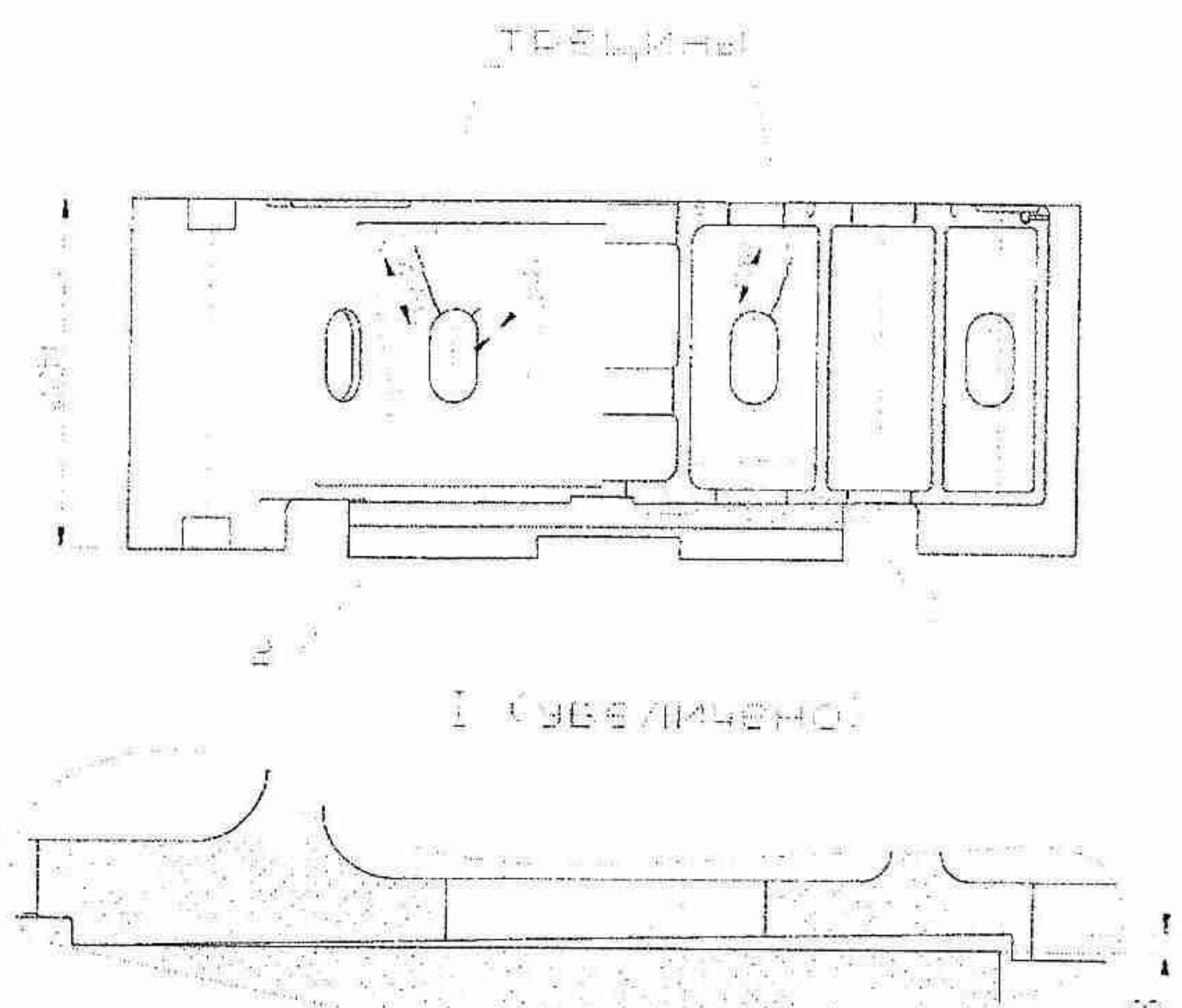


Рис. 10. Расположение трещин в подвижной поперечине ковочного пресса силой 60 МН и формоизменение поверхности поперечины в зоне контакта со штамповой плитой: 1 – подвижная поперечина; 2 – штамповая плита

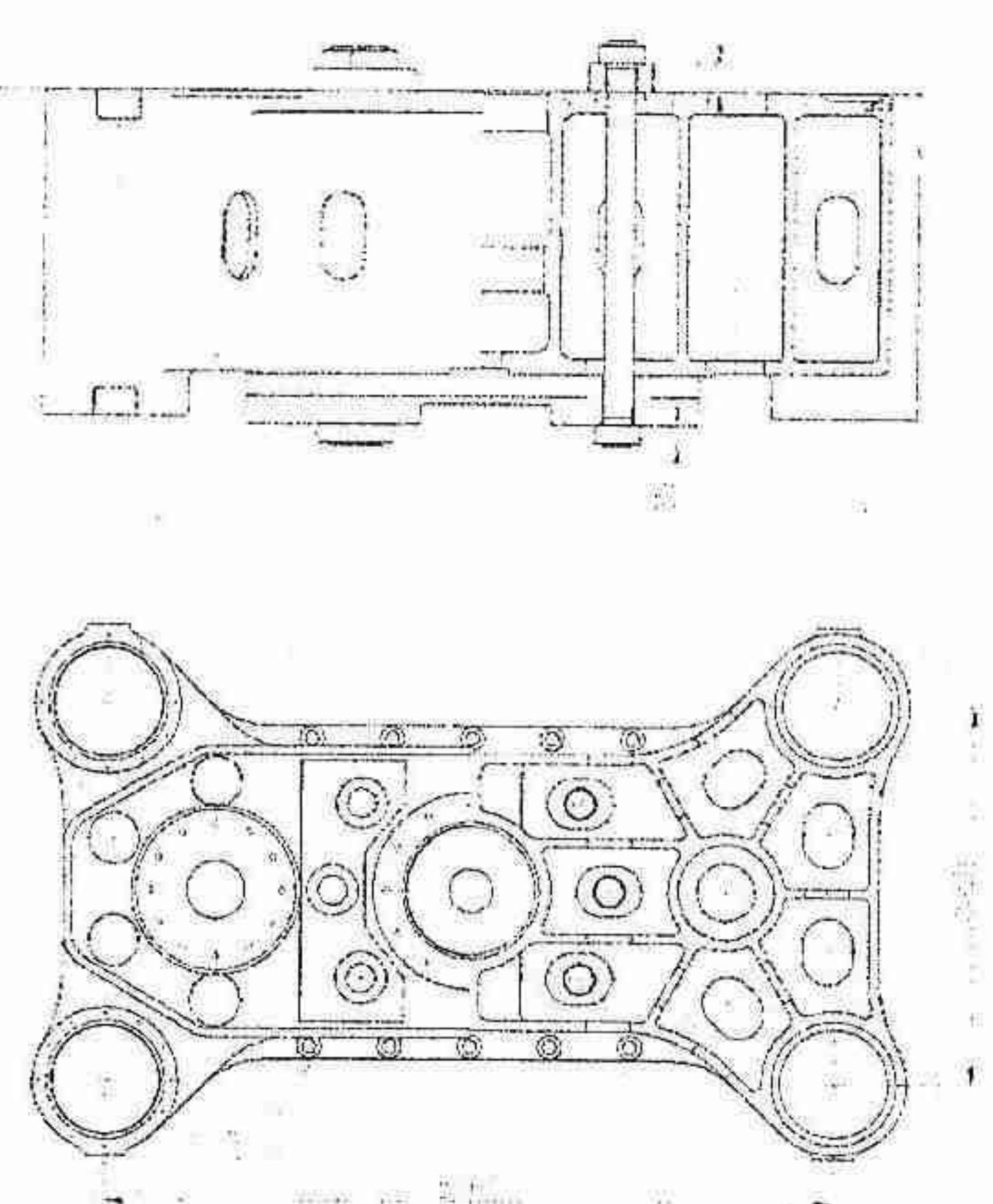


Рис. 11. Конструкция стяжного устройства подвижной поперечины и плит штампового набора ковочного пресса силой 60 МН: 1 – подвижная поперечина; 2 – штамповая плита; 3 – опорная балка; 4 – стяжные колонны с гайками