

М 163758

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

Н. П. АЛЕШИН

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И
СРЕДСТВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ
ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ

(05.167 — Машины и технология сварочного производства)

Диссертация написана на русском языке

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель — к. т. н., доцент Волченко В. Н.,

Официальные оппоненты:

д. т. н., профессор Румянцев С. В., к. т. н. Щербинский В. Г.

Ведущее предприятие — завод крупных стеновых блоков № 21, г. Москва.

Автореферат разослан « » 1972 г.

Защита диссертации состоится « » 1972 г.
на заседании Совета факультета «Автоматизации и механизации производства» МВТУ им. Н. Э. Баумана по адресу:
Москва, 107005,

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ.

Ваши отзывы и предложения прошу направлять по адресу: Москва, 107005, по адресу: печатью, просим пе-

Ученый секретарь ТУ.
к. т. н., доц. ЮВ

4163758



1163758

Алешин Н.П. Исследование

Е. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В связи с большими масштабами производства сборных железо - бетонных конструкций и, в первую очередь, закладных деталей обеспечение их высокого качества и надежности является одной из важнейших задач строительной индустрии. Решение этой задачи обеспечивается, главным образом, путем совершенствования технологии сварки и методов контроля. Например, за последние 10 лет внедрены в производство такие прогрессивные способы сварки закладных деталей, как сварка под флюсом, сварка глубоким проплавлением и др.

Однако, как в СССР, так и за рубежом отсутствуют неразрушающие методы контроля закладных деталей взамен имеющихся дорого - стоящих разрушающих испытаний. Это подтверждает патентный поиск, проведенный по различным странам (США, ФРГ, Япония, Франция, ГДР, СССР).

Необходимость проведения настоящей работы обуславливается следующими факторами: большими затратами на разрушающий контроль, малой достоверностью разрушающих методов из-за недостаточного объема выборки; невозможностью контроля разрушающими методами ряда конструкций.

Поэтому целью исследования являлось повышение производительности и достоверности контроля путем замены разрушающих испытаний неразрушающими. Для достижения поставленной цели был исследован ряд вопросов, а именно:

1. Проведение статистического анализа дефектности сварных соединений и разработка норм допустимых дефектов по результатам разрушающих испытаний.

2. Теоретическое и экспериментальное исследование оптимальных параметров акустического тракта раздельно-совмещенного (РС)-искателя.

3. Исследование и разработка методики и средств ультразвукового контроля тавровых соединений стержневых конструкций.

4. Определение достоверности ультразвуковой дефектоскопии при амплитудной оценке величины дефектов.

Глава I. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СПОСОБОВ КОНТРОЛЯ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЕННЫХ СВАРКОЙ ПОД ФЛЮСОМ

Закладные детали представляют собой, как правило, пластины

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ

М В У
И. И. З. БУ
БИБЛИОТЕ

или уголки с приваренными к ним отрезками стержней. Они применяются в различных промышленных и гражданских сооружениях и в большинстве своем работают при статическом нагружении.

Стержни присоединяются к пластине сваркой тавр или внахлестку. В качестве основных способов сварки данных изделий применяются сварка под флюсом, ручная дуговая, контактная и сварка глубоким проплавлением.

Сварка под флюсом обеспечивает более стабильное качество, высокую производительность и позволяет изготавливать детали любого типоразмера. Максимальная доля брака при данном способе сварки составляет 10–15%, в то время как при ручной сварке она может достигать нескольких десятков процентов.

Детали таврового типа, изготовленные сваркой под флюсом, занимают наибольший удельный вес в общем объеме изготовления и потребность в их контроле максимальна. Поэтому эти соединения явились основным объектом исследования.

В настоящее время единственным методом контроля сварных закладных деталей таврового типа являются механические испытания на растяжение, которые проводятся согласно ГОСТ 10922–64. О качестве продукции судят по результатам испытаний 3-х сварных образцов, отобранных из партии готовых изделий. Продукция считается годной, если при испытаниях сварные образцы выдерживают контрольную нагрузку, соответствующую браковочному минимуму предела прочности стержня на растяжение. В противном случае проводят повторные испытания. Анализ показывает, что применяемый в настоящее время разрушающий контроль при существующих объемах является дорогим, малопроизводительным и мало достоверным. Поэтому возникла необходимость разработки неразрушающего метода контроля этих изделий.

При выборе метода неразрушающего контроля необходимо знать виды встречающихся дефектов, их расположение в сварном шве, ориентацию и т.д.

В результате статистического анализа данных механических испытаний более 1000 образцов сварных соединений реальных конструкций нами было установлено, что основными дефектами являются: шлаковые включения (67%), шлаковые затеки (13%), несплавления (11%) и поры (9%). При этом дефекты, как правило, расположены в месте стыка пластины со стержнем и ориентированы параллельно поверхности пластины.

Статистическим анализом было установлено, что вероятность

появления дефектов разного размера в исследуемых соединениях хорошо описывается кривыми, близкими к экспоненте:

$$f_p(x) = \omega e^{-\omega x} \quad (I)$$

где ω - параметр распределения. ($\omega = 0,07$ для деталей с $d_p = 10-16$ мм) Наряду с этим было также замечено, что кривая изменения брака с увеличением диаметра стержней уменьшается также, примерно, по экспоненте.

Таким образом, анализ видов встречающихся дефектов, их ориентации и расположения в сварном шве показывает, что принципиально возможными методами контроля закладных деталей являются просвечивание и ультразвуковая дефектоскопия. С целью исследования возможностей радиационной дефектоскопии закладных деталей проводилось их просвечивание на пленки РТ-1 и РТ-5 рентгеновским аппаратом РУП-150/300 и изотопом $Jr-192$. Эксперименты показали, что при просвечивании этих изделий не наблюдается резкой контрастности при переходе от бездефектного места к дефектному. Контрастность по периметру дефекта различна, а проекция дефекта на пленке больше его истинного размера. Кроме того не выявляются дефекты с малой величиной раскрытия (несплавления) и в ряде случаев не обнаруживаются шлаковые включения.

Проведенные исследования показали, что просвечивание не позволяет надежно выявлять дефекты в указанных соединениях. Поэтому в работе исследовалась, главным образом, ультразвуковая дефектоскопия по следующим схемам:

а) прямым искателем;

б) сдвоенным призматическим искателем с отдельным включением;

в) раздельно-совмещенным (РС) искателем.

Исследования показали, что применение прямых искателей связано с определенными трудностями, главная из которых состоит в том, что мертвая зона этих искателей больше глубины залегания дефектов в деталях массового производства. Кроме того прямые искатели имеют большую величину ближней зоны, что может привести к ошибкам в определении размеров дефектов, залегающих на глубине до 30 мм.

Для устранения отмеченных недостатков были использованы прямые искатели с акустическими задержками. Однако их применение не дало положительных результатов.

При контроле сдвоенным искателем появляются помехи от венчика стыка. Причем в ряде случаев сигнал помехи может совпадать по

времени и по амплитуде с эхо-сигналом от дефекта, что может привести к ложному забракованию. За счет большой площади контактирующей поверхности наблюдается большая нестабильность акустического контакта. Данная схема не может быть применена для деталей отдельных типоразмеров в связи с ограниченным доступом к месту контроля.

Исследованиями было установлено, что наиболее приемлемой является схема с применением раздельно-совмещенного (РС) искателя. Эта схема лишена недостатков первых двух. Она была взята за основу при разработке методики ультразвукового контроля закладных деталей. Однако данная схема, как и две предыдущие, имеет существенный недостаток: не обеспечивается крутовозрастающая амплитудная зависимость между эхо-сигналом и площадью дефектов, что необходимо для точной оценки величины дефектов размером $2a > 4\text{ мм}$ и расположенных на глубине от 6 до 20 мм.

Глава П. РАЗРАБОТКА НОРМ ДОПУСТИМЫХ ДЕФЕКТОВ В ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЯХ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РАЗ- РУШАЮЩИХ ИСПЫТАНИЙ

При применении неразрушающих методов контроля сварных соединений для оценки их годности к эксплуатации необходимо знать площадь допустимых дефектов в зависимости от характера нагрузки и их местоположения в сварном шве.

Вопрос об изучении степени влияния дефектов на работоспособность конструкций различного типа (мостовые, трубопроводы, стыки арматуры и т.д.) рассматривался в работах Кедрова А.И., Румянцева С.В., Макарова И.И., Назарова С.Т., Орленкова Е.К., Михайлова С.И. и др.

В настоящее время нормы допустимых дефектов в закладных деталях отсутствуют. Это не дает возможности разработать научно обоснованную методику ультразвукового контроля. Поэтому в первую очередь необходимо было решить задачу по обоснованию этих норм.

В работах Румянцева С.В., Назарова С.Т. и Волченко В.Н. предлагается при оценке величины дефектов учитывать не только протяженность дефектов вдоль шва, а также относительное ослабление сечения (Q), вызванное этими дефектами. В исследованиях Волченко В.Н. разработаны количественные показатели оценки качества сварных соединений с учетом критерия Q . Эти положения были использованы при разработке норм допустимых дефектов в закладных деталях. При этом основными исходными предпосылками являются

ся то, что исследуемые соединения работают при статических нагрузках, а за браковочный критерий принимается предел прочности стержня на растяжение.

При разрушающих испытаниях натуральных соединений (более 1000 штук) определялось условное напряжение отрыва (откладываемое по оси ординат) в зависимости от относительной площади дефектов Q (ось абсцисс). В результате была получена кривая условного напряжения отрыва, пересечение которой с прямой параллельной оси абсцисс ($\sigma_{\text{в гост}} = \text{const}$), дает примерный недопустимый размер дефекта.

Было установлено, что для закладных деталей с диаметром стержней 10-25 мм недопустимая площадь дефектов, независимо от их местоположения составляет 15% от площади стержня. Для соединений с диаметром стержней более 28 мм недопустимая площадь внутреннего дефекта равна 15% от расчетного сечения стержня, а периферийного (выходящего наружу) около 8-12%. Причем эти нормы в данном случае справедливы как для шлаковых включений, так и несплавлений. Полученные результаты были подтверждены приближенным теоретическим расчетом.

Эти данные позволили научно-обоснованно подойти к разработке оптимальной методики УЗ.-контроля закладных деталей.

Глава III. ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ АКУСТИЧЕСКОГО ТРАКТА РС-ИСКАТЕЛЯ

При разработке методики ультразвукового контроля сварных соединений одной из важнейших задач является выбор способа оценки величины дефектов.

В практике применяются два основных способа:

- а) по условной протяженности;
- б) по амплитуде отраженного эхо-сигнала.

Измерение величины дефектов по первому способу применяется для протяженных дефектов и достаточно подробно исследован в работах Ермолова И.Н., Гурвича А.К., Шербинского В.Г. и др.

Первые теоретические предпосылки по амплитудному методу были сделаны Шрайбером Д.С. Позднее эта задача была более строго решена в ЦНИИТМАШе. Большую ценность представляют также исследования Туккаева А.А., Ланге Ю.Б., Гребенника В.С., Пророкова Т.В. и др. За границей подобные исследования проводились Крауткремем И., Образом Я. и др.

Учитывая конструктивные особенности закладных деталей, характер, форму, ориентацию, недопустимые размеры дефектов, выбранную схему прозвучивания (РС-искатель), можно сделать вывод, что наиболее оптимальным способом оценки величины дефектов является амплитудный.

Однако исследования серийных РС-искателей показали, что они не обеспечивают крутовозрастающей монотонной зависимости между амплитудой эхо-сигнала (A) и отражающей площадью дефектов (S_d), когда размеры последних эквивалентны плоскостным отражателям $2a = 4-16$ мм, залегающим на глубине от 6 до 20 мм.

Оптимальные параметры акустического тракта искателей, которые обеспечивают это требование, могут быть получены из уравнения акустического тракта при определенных граничных условиях.

Для решения данной задачи были использованы обобщенные уравнения акустического тракта прямого искателя полученные Ермоловым И.Н. и результаты работы Роговского А.Я. Рассмотрены два случая, когда $2a > 2b$ и $2a < 2b$, где $2a$ и $2b$ соответственно поперечные размеры пьезоэлемента и дефекта. Если $2a > 2b$, то уравнение акустического тракта для дефекта, находящегося на оси искателя, имеет вид:

$$\frac{T}{T_0} = 4 \frac{\gamma}{\varepsilon} e^{-2\gamma z} \sin^2 \frac{\gamma}{2} \times \sqrt{1 - \gamma \delta + \dots} \quad (2)$$

где

$$\gamma = \frac{\pi a^2}{\lambda z} \quad (3);$$

$$\varepsilon = \frac{\pi b^2}{\lambda z} \quad (4)$$

z – расстояние между дефектом и пьезоэлементом;

λ – длина волны в металле;

γ – коэффициент затухания.

В работе Крауткремера И. показано, что хорошее согласие теории с экспериментом достигается, когда в выражениях (3) и (4) "π" заменяется $g \geq 1,5$. В дальнейших расчетах принимаем $g = 2$.

Функция (2) периодическая. Для практики необходимо использовать возрастающий участок этой функции. Решив выражение (2) с учетом принятых условий, можно получить оптимальные параметры акустического тракта для случая $2a > 2b$, при которых имеет место монотонно-возрастающий характер функции $A = \varphi(S)$:

$$z \geq \frac{4g b^2}{\lambda} \quad (5);$$

$$a \leq \sqrt{\frac{1,55 \lambda z}{g}} \quad (6)$$

Для случая $2a < 2b$ выражение акустического тракта записывается:

$$\frac{T}{T_0} = \gamma e^{-2\gamma z} \left| \sin \epsilon \right| \times \sqrt{1 - \gamma \epsilon + \dots} \quad (7)$$

Рассуждая аналогичным образом, получим оптимальные параметры и для этого случая:

$$z \geq \frac{g b^2}{\lambda} \quad (8);$$

$$\alpha \leq \sqrt{\frac{0,4 \lambda z}{g}} \quad (9)$$

Исследования показали, что для оценки величины дефектов размером $2b > 4$ мм и расположенных на глубине 6–20 мм целесообразнее использовать формулы (8) и (9). На основе полученных зависимостей (8) и (9) были созданы специальные РС-искатели и экспериментально проверены на моделях дефектов типа плоскостонных и боковых сверлений в стальных образцах. Эксперименты показали, что разработанные искатели обеспечивают крутовозрастающую зависимость ($I8_{дб}$) при увеличении диаметра отражателя от 2 до 16 мм, тогда как серийные дают незначительное возрастание амплитуды (всего 6 дБ), причем только в диапазоне изменения диаметра отражателя от 2 до 6 мм; далее амплитуда остается постоянной независимо от увеличения размера отражателя.

Для проверки чувствительности разработанных искателей были построены АРД-диаграммы от боковых сверлений и плоскостонных отражателей. За счет того, что отношение $\frac{2a}{\lambda}$ для разработанных искателей меньше, чем у серийных, область их максимальной чувствительности выражена более полого, что обеспечивает более равномерную чувствительность для большего диапазона толщин.

Глава IV. РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ

Так как при контроле закладных деталей в качестве способа оценки величины дефектов принят амплитудный, то необходимо знать влияние основных факторов на амплитуду эхо-сигнала.

Связь между размерами дефектов и параметрами эхо-сигнала обстоятельно рассмотрены в работах Ермолова И.Н., Шрайбера Д.С., Крауткремера И. и др. в данной главе показан систематизированный анализ этих исследований. Приведены также некоторые исследования автора в этом направлении.

В частности, показано, что реальные дефекты типа пор и шлаковых включений обладают меньшей обратной направленностью чем плоскостонные отражатели и большей направленностью по сравнению с боковыми сверлениями. При этом отражатели имели одинаковую площадь поперечника и залегали на одинаковой глубине. Многочис-

ленными экспериментами было установлено, что, если ось разрабoтанного РС-искателя будет смещена на величину ± 3 мм относительно центра дефекта, то ошибка измерения их размеров будет незначительна. Для серийных РС-искателей величина смещения не должна быть более $\pm 1,5$ мм. Эти результаты были получены при измерении размеров дефектов типа пор и шлаковых включений, площадь которых лежит в интервале от 15 до 90 мм².

Определить вид дефекта при ультразвуковом контроле оказывается пока достаточно сложно. В данном случае это не имеет решающего значения, так как недопустимые размеры шлаковых включений и несплавов одинаковы.

Экспериментальным путем было также определено, что коэффициенты выявляемости в интервале $S_g = 15-90$ мм² одинаковы для шлаковых включений и несплавов и примерно равны $K_g = 0,15-0,75$.

Это объясняется тем, что несплавления за счет лучшей ориентации к ультразвуковому лучу, должны давать большую амплитуду, чем шлаковые включения той же площади и на той же глубине. Однако, как показал микроанализ, поверхность несплавов более шероховатая, чем шлаковых включений, что приводит к значительному диффузионному рассеянию, а, следовательно, к уменьшению амплитуды отраженного сигнала.

При контроле в контактном варианте большое влияние на амплитуду эхо-сигнала оказывает шероховатость поверхности контролируемого изделия. Крауткремер И. в своих исследованиях показал, что периодическая шероховатость при отношении критической высоты неровностей (R_k) к длине волны в металле (λ) равном $\frac{R_k}{\lambda} = 1$, ведет себя как оптически точная решетка.

Нашими исследованиями было установлено, что для одного и того же материала, изготовленного прокаткой, акустический контакт не одинаков для листов разной толщины. Например, для пластин толщиной от 6 до 20 мм средняя потеря чувствительности может изменяться от I до 7 дБ. При этом среднеквадратические отклонения амплитуд сигналов от средних значений составляет от 0,5 до 1,5 дБ в зависимости от частоты ультразвука.

Нами была разработана методика расчета оптимальных параметров РС-искателей и выведена формула оптимального угла наклона пьезопластины (α).

Длина акустической задержки (Z_1) равна

$$Z_1 = Z_2 \frac{C_w}{C_p} \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \quad (10)$$

$$z_2 = z - z_M$$

(11)

где β - угол ввода;

z_2 - расстояние от точки ввода до мнимого источника;

z_M - расстояние в металле от точки ввода до центра дефекта;

z - расстояние от пьезопластины до дефекта, определяемое по формулам (5) или (8).

Расчет материала задержки производился по формуле, полученной из работ Ермолова И.Н.

$$\frac{U}{U_0} = K \frac{\tilde{S}}{z_1 + z_0} \cdot \frac{1}{2\lambda(z_0 + \Delta z_0)} e^{-2(\gamma_1 z_1 + \gamma_0 z_0)} \quad (12)$$

где K - коэффициент, зависящий от материала пьезоэлемента и электрических контуров дефектоскопа;

U - амплитуда на входе генератора;

U_0 - амплитуда зондирующего импульса;

$\tilde{S}$ - коэффициент прозрачности по энергии;

z_1 и z_0 - соответственно акустические сопротивления задержки и демпфера;

z_1 и z_0 - соответственно длина задержки и толщина изделия;

γ_1 и γ_0 - соответственно коэффициенты затухания в задержке и изделии.

Теоретическим и экспериментальным путем было определено, что, если в РС-искателях вместо плексигласовых задержек применить дюр-алюминиевые, то чувствительность этих искателей возрастает на 9-12 дБ, однако наблюдается большая нестабильность акустического контакта. В результате теоретических и экспериментальных исследований были установлены оптимальные параметры РС-искателей при оценке величины дефектов размером более $2\sqrt{a} > 4$ мм и залегающих на глубине 6-20 мм.

Отличительной особенностью разработанных искателей в сравнении с серийными является большая величина задержки (от 7 до 20 мм) и уменьшенный размер излучателя (от 3 до 8 мм). Эти искатели обладают несколько меньшей чувствительностью чем серийные. Для повышения чувствительности РС-искателей весьма эффективным является выполнение призмы со стенками параллельными УЗ-лучу. В такой призме наблюдается снижение реверберационных шумов, за счет чего чувствительность увеличивается до 6 дБ.

Нашими исследованиями было установлено, что в закладных деталях с диаметром стержней более 28 мм недопустимые размеры внутренних и наружных дефектов различны. Для отдельной оценки этих дефектов в МЗТУ им.Баумана был предложен и экспериментально про-

верен способ дифференциальной оценки качества сварных закладных деталей. Он реализуется с помощью искателя с мозаичными пьезоэлементами.

На основе проведенных исследований разработана и внедрена методика ультразвукового контроля закладных деталей с использованием серийного дефектоскопа УДМ-3.

Для ориентации искателя относительно зоны контроля было разработано механическое приспособление, которое повышает производительность и точность контроля. Настройка чувствительности контролирующей системы производится по безэталонному методу.

Глава V. ИССЛЕДОВАНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ ЗАКЛАДНЫХ ДЕТАЛЕЙ

При дефектоскопии изделий решающее значение имеет достоверность ее результатов. До сих пор имеется ограниченное количество работ по определению достоверности УЗ-контроля с использованием теории вероятности и математической статистики. В этой главе дается краткий анализ наиболее известных работ по данному направлению. К ним относятся работы Шрайбера Д.С., Гурвича А.К., Волченко В.В., Шербинского В.Г., Чегоринского В.А., Николаевой Л.А., Бруснецовой Р.М. и др.

Наиболее приемлемой методикой оценки достоверности УЗ-контроля данных соединений является методика разработанная в МВТУ им. Н.Э.Баумана.

Поэтому при определении достоверности ультразвукового контроля закладных деталей были учтены основные положения отмеченной методики. Оценка величины выявленных дефектов производится по амплитуде эхо-сигнала. Амплитуда отраженного импульса формируется путем суперпозиции множества отдельных сигналов и распределяется по определенному вероятностному закону с плотностью вероятности $\varphi_x(A)$.

Экспериментальная обработка результатов ультразвукового и разрушающего контроля этих изделий показала, что амплитуда эхо-сигнала (A) от дефекта размером X распределяется по нормальному закону с плотностью вероятности $\varphi_x(A)$:

$$\varphi_x(A) = \frac{1}{\lambda_A \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(A - M_A)^2}{2\lambda_A^2}} \quad (13)$$

где λ_A — среднеквадратическое отклонение амплитуды эхо-сигнала;

A — настраиваемая амплитуда.

Установлено также, что в интервале $S_g = 10-60 \text{ мм}^2$ приближенно имеет место линейная регрессионная связь математического ожидания амплитуды эхо-сигнала от площади дефектов

Появление дефектов в изделиях рассматривается как случайное событие, которое может быть описано статистическими законами с функцией плотности вероятности $[f_p(x)]$ (см. гл. I).

Общее количество забракованных изделий, при обеспечении выявляемости дефектов размером $x > x_n$ близкой к 100% (без недобраковки) будет определяться выражением:

$$m = \int_{-A_n}^{+A_n} f_p(x) \psi_x(A) dA \cdot dx \quad (I4)$$

Доля изделий правильно забракованных n составляет:

$$n = \int_{x_n}^{\infty} f_p(x) dx \quad (I5)$$

Приближенное решение уравнений (I4) и (I5) для частного случая $(A - M_A) = 6 \lambda_A$, при $x_n = \text{const} = 30 \text{ мм}^2$ и $\lambda_A = 1$ об показало, что достоверность ультразвукового контроля закладных деталей составляет 90%. Это подтверждается прямыми экспериментами при сопоставлении результатов УЗ-контроля и механических испытаний.

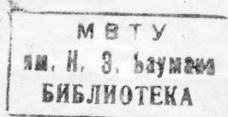
ВЫВОДЫ

1. Выполнен комплекс экспериментально-теоретических исследований с целью замены разрушающих испытаний закладных деталей не разрушающими и проведена оценка достоверности разработанного метода контроля.

2. Статистическим анализом качества изготовления закладных деталей установлены основные виды дефектов при сварке закладных деталей под флюсом (шлаковые включения и затеки 80%, несплавления 11% и поры 9%), а также получены вероятностные кривые появления дефектов разного размера. Это дает возможность научно обоснованно подходить к выбору методов и объемов контроля.

3. Механическими испытаниями натуральных соединений установлено, что для деталей с диаметром стержней 10-25 мм, недопустимая площадь внутренних и периферийных дефектов составляет около 15% от расчетной площади стержня. При этом для закладных деталей с диаметром стержней более 28 мм недопустимая площадь внутренних дефектов равна, примерно 15%, а наружных - 8-12% от расчетного сечения стержня. Это позволило научно-обоснованно подойти к разработке методики неразрушающего контроля.

4. Установлено, что наиболее целесообразным методом контроля закладных деталей является ультразвуковой с использованием



раздельно-совмещенных искателей, при этом оценке размеров дефектов должна производиться по амплитуде эхо-сигнала.

5. Выполнен теоретический анализ акустического тракта искателей с преломлением ультразвуковых лучей и проведены экспериментальные исследования отражающих свойств дефектов различного типа. Выведены аналитические формулы для расчета оптимальных параметров искателей, что позволило усовершенствовать способ измерения размеров дефектов по амплитуде эхо-сигнала и повысить достоверность оценки качества изделий.

6. На основе выполненных исследований разработаны и внедрены:

а) методика ультразвукового контроля закладных деталей с диаметром стержней 10-20 мм, позволившая заменить разрушающие испытания неразрушающими.

б) специализированные искательные головки и механическое устройство для ультразвукового контроля, которые обеспечивают высокую производительность и достоверность контроля.

7. Подготовлены и утверждены временные методические указания по УЗ-контролю закладных деталей с диаметром стержней 10-40 мм. Теоретическим и экспериментальным путем установлено, что достоверность разработанного метода оценки брака составляет 90-95%.

Годовой экономический эффект от внедрения ультразвукового метода контроля взамен разрушающих испытаний по одному заводу средней мощности составляет более 14000 руб. в год.

Результаты работы докладывались на 3-х конференциях.

Материалы по диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Волченко В.Н., Алешин Н.П., Статистика дефектов и ультразвуковой контроль сварных закладных деталей, сб. докладов "Ультразвуковые методы неразрушающего контроля", Минск, 1970.
2. Алешин Н.П. Ультразвуковой контроль сварных тавровых соединений железобетонных конструкций, материалы Всесоюзного совещания по контролю сварочных работ в строительно-монтажных организациях, Минск, 1971.
3. Алешин Н.П. Неразрушающий контроль качества сварных соединений закладных деталей, сб. докладов "Производство арматуры и закладных деталей", МДНТП, 1971.
4. Волченко В.Н., Алешин Н.П. и др. Контроль качества сварных соединений закладных деталей, ж. "Промышленность строительных материалов", Москвы, 1971, № 8.