МИНИСТЕРСТВО СТРОИТЕЛЬНОГО, ДОРОЖНОГО
И КОММУНАЛЬНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

НОРМАТИВНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПРЯЖЕНИЙ И ИЗМЕНЕНИЯ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В СВАРНЫХ УЗЛАХ

РД 2201-8-80

Москва 1980 г.

gost.e-ecolog.ru

УТВЕРЖДЕН: Генеральным директором ВНИИстройдормаш -
проф.,д-р тех.наук В.А.Бауманом 4 апреля 1980г.

ИСПОЛНИТЕЛИ: ЦНИП - филиал ВНИИстройдормаш -
канд.тех.наук Г.Н.Мошкарев (руководитель темы),
В.Т.Золотарский, Ф.К.Клашанов,
МИСИ им.В.В.Куйбышева -
канд.тех.наук В.А.Рябин,
ВНИИстройдормаш -
А.Б.Вогау, А.В.Седельников, В.М.Галетин,
Костромской экскаваторный завод -
Е.Д.Сафронов.

Группа Г02

РУКОВОДЯЩИЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ

Машины строительные и дорожные. Нормативные значения коэффициентов концентрации напряжений и изменения остаточных напряжений в сварных узлах	РД 2201-8-80 Введен впервые

Срок действия установлен с 1.01.1981 г.

Настоящий руководящий документ (РД) распространяется на сварные узлы строительных и дорожных машин, изготовленные из малоуглеродистых, низколегированных сталей и сталей повышенной прочности по ГОСТ 380-71, ГОСТ 19282-73 и ГОСТ 19281-73 и устанавливает нормативные значения коэффициентов концентрации и способы повышения усталостной прочности сварных соединений технологическими способами.

Предназначается для использования при расчетах сварных узлов строительных и дорожных машин на выносливость, а также при выборе способов упрочняющей технологической обработки и контроля качества сварных узлов.

Настоящий РД дополняет РД 2201-3-79 по коэффициентам концентрации напряжений, влиянию технологических упрочняющих способов обработки на изменение коэффициентов концентрации напряжений и начальных остаточных напряжений сварных узлов, а РД 2201-6-79 по пределу выносливости сварных узлов.

При разработке РД использованы материалы исследований ВНИИстройдормаш, МИСИ им.В.В.Куйбышева, ИЭС им.Е.О.Патона, МВТУ им.Н.Э.Баумана, ЦНИИТМАШ, других организаций и авторов.

1. Общие положения

1.1. При расчетах сварных узлов строительных и дорожных машин на выносливость используются теоретические и эффективные коэффициенты концентрации напряжений. Приведенные в разделе коэффициенты концен-

трации установлены на основании результатов статистических замеров и геометрических измерений сварных соединений, узлов, серийно выпускаемых заводами отрасли.

За нормативные коэффициенты концентрации приняты усредненные по заводам отрасли значения. Параллельно с нормативными приведены значения коэффициентов концентрации по передовым заводам отрасли, которые следует принимать за ориентир при повышении качества сварных соединений.

С целью более широкого использования вероятностных методов расчета сварных узлов на выносливость в таблицах приведены значения коэффициентов концентрации напряжений при вероятностях P=0,5 и P=0,95, а также указаны коэффициенты вариации. Закон распределения коэффициентов концентрации нормальный.

Математические ожидания коэффициентов концентрации напряжений подсчитаны с погрешностью менее 5% при доверительной вероятности 0,95, а среднеквадратические отклонения - с погрешностью до 10%.

1.2. Упрочняющие технологические способы обработки повышают усталостную прочность в первую очередь за счет изменения остаточных напряжений и коэффициентов концентрации напряжений. Влияние различных технологических способов обработки сварных узлов на остаточные напряжения и коэффициенты концентрации даны в разделах 5 и 6 в виде соответствующих коэффициентов.

1.3. Уровень снижения коэффициентов концентрации и остаточных напряжений, а также повышения пределов выносливости при различных способах упрочняющей обработки установлен по результатам экспериментальных исследований натурных конструкций строительных машин и моделей сварных узлов.

Учитывая, что в расчетах на выносливость влияние технологических методов обработки часто учитывается корректировкой пределов выносливости с помощью коэффициентов, в разделе 7 приведены значения этих коэффициентов.

1.4. В разделе 7 приведен метод сравнительной оценки эффективности способа технологической обработки сварного узла применительно к конкретным условиям его изготовления на одном предприятии.

2. Принятые обозначения

$\sigma_т$ – предел текучести свариваемой стали;

$\sigma_{-1к}$ – предел выносливости сварного соединения при ассиметричном цикле без технологической упрочняющей обработки;

$\sigma_{-1обр.}$ – предел выносливости сварного соединения при ассиметричном цикле после технологической обработки;

$\sigma_{ос}$ – остаточные напряжения в сварном шве и околошовной зоне без технологической упрочняющей обработки;

$\sigma_{ос.,обр.}$ – остаточные напряжения в сварном шве и околошовной зоне после технологической обработки;

r – коэффициент ассиметрии цикла нагружения;

α_σ – теоретический коэффициент концентрации напряжений;

$\alpha_{\sigma,P(i)}$ – то же с вероятностью $P(i)$, что коэффициент концентрации не превысит указанного значения;

K_σ – эффективный коэффициент концентрации напряжений без учета влияния остаточных напряжений;

$K_{\sigma,P(i)}$ – то же с вероятностью $P(i)$, что эффективный коэффициент концентрации не превысит указанного значения;

v_α, v_K – коэффициенты вариации статистических распределений соответственно коэффициентам α_σ и K_σ;

q – высота наплавленного валика стыкового сварного соединения;

ρ – радиус перехода от сварного шва к основному металлу;

ω – угол раскрытия концентратора с радиусом ;

$\delta; \delta'$ – толщины свариваемых элементов в нахлесточных и тавровых сварных соединениях;

ρ' – константа материала, зависящая от предела прочности;

$\eta_{ос.}$ – коэффициент снижения остаточных напряжений после упрочняющей технологической обработки;

$n_{обр.(r=-1)}$, $n_{обр.(r=0)}$ - коэффициент увеличения предела выносливости сварного соединения после упрочняющей технологической обработки при коэффициенте асимметрии цикла соответственно $r = -1$ и $r = 0$;

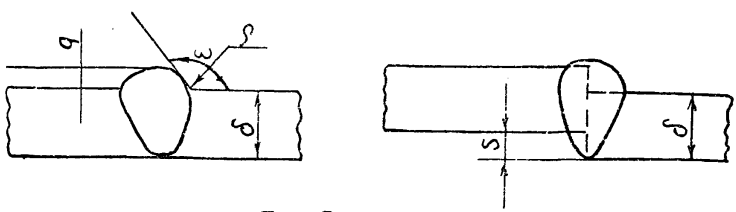
T, $T_{обр.}$ - трудоемкость изготовления сварного узла соответственно без упрочняющей технологической обработки и с упрочняющей технологической обработкой;

C, $C_{обр.}$ - стоимость изготовления сварного узла соответственно без упрочняющей технологической обработки и с упрочняющей технологической обработкой.

3. Расчетное определение коэффициентов концентрации

3.1. Теоретический коэффициент концентрации напряжений (α_σ) - отношение максимального напряжения в зоне концентратора к номинальному напряжению детали при упругой деформации в предположении, что материал отвечает условию сплошной однородной среды.

Эффективный коэффициент концентрации напряжений (K_σ) - отношение амплитуд пределов выносливости детали без концентратора напряжений и с концентратором напряжений при отсутствии остаточных напряжений.



Черт. I

3.2. Теоретический коэффициент концентрации напряжений для стыковых сварных соединений (черт. I) с полным проваром рекомендуется определять по формуле Ю.А. Шиманского

$$\alpha_G = 1 + \sqrt{\frac{q}{\rho}}\sin\omega$$

При наличии смещения кромок S коэффициент концентрации умножается на величину $1 + \frac{3S}{\delta}$.

3.3. Теоретический коэффициент концентрации напряжений для нахлесточных и тавровых соединений рекомендуется определять по формуле Н.Н.Афанасьева

$$\alpha = 1{,}6 - 0{,}2a + \frac{1}{7\sqrt{a}\left(1 + \frac{1}{\varphi}\right) + 0{,}4\sqrt[3]{a}} \quad ; \qquad (2)$$

где $a = \frac{2\rho}{\delta}$; $\varphi = \frac{2\delta'}{\delta}$;

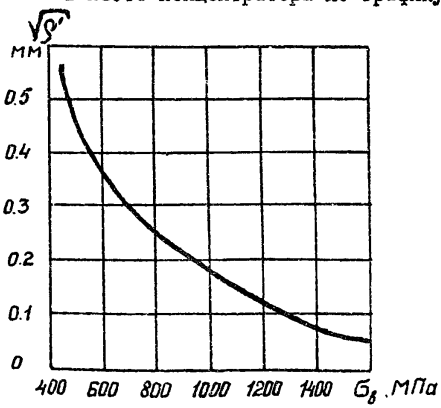
3.4. Эффективный коэффициент концентрации напряжений для стыковых, нахлесточных и тавровых соединений без учета остаточных напряжений необработанного сварного соединения рекомендуется определять по формуле Г.Нейбера

$$K_G = 1 + \frac{\alpha_G - 1}{1 + \frac{\pi}{\pi - \omega}\sqrt{\frac{\rho'}{\delta}}} \quad ; \qquad (3)$$

рассчитывается по формулам (1) и (2).

Для стыковых соединений $\pi/(\pi - \omega)$ принимается равным 1.

Константа материала ρ' определяется в зависимости от предела прочности материала в месте концентратора по графику, изображенному на черт.2



Черт.2

4. Нормативные значения коэффициентов концентрации напряжений.

4.1. Коэффициенты концентрации определены по замерам геометрических параметров сварных соединений с использованием зависимостей (1), (2), (3).

4.2. Нормативные и достигнутые значения теоретических коэффициентов концентрации напряжений α_σ после сварки конструкции (без учета последующей обработки сварных соединений) при двух значениях вероятностей: P = 0,5 и P = 0,95 приведены в табл.1.

4.3. Для других вероятностей P (в пределах 0,15-0,98) нормативный коэффициент концентрации $\alpha_{\sigma,p(i)}$ вычисляют по зависимости

$$\alpha_{\sigma,p(i)} = \alpha_{\sigma,p=0,5} (1 + U_{p(i)} \upsilon_\alpha), \qquad (4)$$

где $\alpha_{\sigma,p=0,5}$ - нормативный коэффициент концентрации при P = 0,5 (принимается по табл.1);

$U_{p(i)}$ - квантиль нормального распределения при вероятности $p(i)$;

υ_α - принимается по табл.1.

4.4. Нормативные и достигнутые на передовых заводах отрасли эффективные коэффициенты концентрации напряжений без учета влияния остаточных напряжений при вероятностях P = 0,5 и P = 0,95 приведены в табл.2.

4.5. Для других вероятностей P (в пределах 0,15-0,98) нормативное значение $K_{\sigma,p(i)}$ вычисляют по зависимости (4). При этом вместо коэффициента вариации υ_α вводится коэффициент вариации υ_K, значения которого принимаются по табл.2.

5. Влияние технологических способов обработки сварных соединений на эффективный коэффициент концентрации напряжений.

5.1. Технологическая обработка сварных соединений наждачным кругом, проковкой, оплавлением изменяет геометрические параметры соединения, и, следовательно, уменьшает коэффициент концентрации напряжений на 30-60%.

5.2. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений для трех видов технологической обработки: зачистка наждачным кругом; проковка (проколачивание) шва и околошовной зоны; оплавление сварного шва неплавящимся электродом в среде инертных газов приведены в табл.3. Указанные виды технологической обработки оказывают наиболее существенное влияние на изменение геометрических параметров сварного соединения, и, следовательно, на коэффициент концентрации напряжений. Приведенные в табл.3 эффективные коэффициенты концентрации напряжений не учитывают влияние остаточных напряжений.

5.3. Эффективные коэффициенты концентрации напряжений приведены при двух значениях вероятностей P = 0,5 и P = 0,95. Для определения эффективных коэффициентов концентрации напряжений при других вероятностях (в пределах 0,15-0,98) используют зависимость (4). Значения коэффициентов вариации υ_K принимаются по табл.3.

5.4. Отступление от указанных в табл.3 режимов технологической обработки и применяемого при этом инструмента (оборудования) может привести как к увеличению, так и снижению приведенных в табл. значений K_σ и υ_K .

6. Снижение остаточных напряжений при различных способах упрочняющей обработки.

6.1. Начальные остаточные напряжения в сварном соединении в продольном и поперечном направлениях по отношению к шву достигают $(0,6\text{-}1)\,\sigma_T$.

6.2. Снижение остаточных растягивающих напряжений с помощью технологических способов обработки сварных узлов повышает сопротивление узла усталостному разрушению, табл.5.

6.3. Коэффициенты снижения остаточных напряжений n_{oc} в сварных швах и околошовной зоне при различных способах технологической упрочняющей обработки приведены в табл.4.

Таблица I

Нормативные и достигнутые значения теоретических коэффициентов концентрации напряжений α_σ

Вид сварного соединения	Нормативные значения α_σ			Достигнутые значения α_σ		
	Значение (не более)		Коэффициент вариации U_α	Значение		Коэффициент вариации U_α
	P=0,5	P=0,95		P=0,5	P=0,95	
Стыковое *	I,55	2,I0	0,22	I,20	I,70	0,25
Нахлесточное	2,65	3,95	0,30	2,0	3,25	0,38
Тавровое	2,85	3,95	0,23	2,25	3,20	0,26

* При полном проваре и отсутствии смещения свариваемых кромок.

Таблица 2

Нормативные и достигнутые значения эффективных коэффициентов концентрации K_G /без учета остаточных напряжений/

Вид сварного соединения	Предел прочности свариваемой стали $G_в$, МПа	Нормативное значение K_G*			Достигнутое значение K_G		
		Значение (не более)		Коэффициент вариации υ_K	Значение		Коэффициент вариации υ_K
		P = 0,5	P = 0,95		P = 0,5	P = 0,95	
Стыковое **	400	1,20	1,40	0,10	1,05	1,25	0,16
	600	1,25	1,50	0,12	1,1	1,30	0,11
	800	1,30	1,60	0,14	1,15	1,40	0,13
Нахлесточное	400	1,55	1,85	0,12	1,35	1,7	0,11
	600	1,70	2,05	0,125	1,45	1,9	0,19
	800	1,85	2,35	0,16	1,55	2,1	0,22
Тавровое	400	1,6	1,85	0,1	1,45	1,7	0,105
	600	1,75	2,05	0,1	1,55	1,9	0,14
	800	1,90	2,35	0,14	1,65	2,1	0,17

* нормативные значения K_G для сталей с другим пределом прочности определяются интерполяцией;

** при полном провяре и отсутствии смещения свариваемых кромок.

Рекомендации по режимам технологических способов упрочнений даны в приложении 1.

6.4. Остаточное напряжение после соответствующей технологической обработки сварного соединения определяется по зависимости

$$\sigma_{ос.,обр.} = \sigma_{ос} \cdot n_{ос.}$$

6.5. Коэффициенты увеличения пределов выносливости сварных соединений после соответствующей технологической обработки при одноосном нагружении изменяются: их величины приведены в табл.5.

В виду того, что асимметрия цикла оказывает влияние на величину относительного изменения предела выносливости при технологической обработке в табл.4, коэффициенты увеличения пределов выносливости даны для двух коэффициентов асимметрии $r = -1$ и $r = 0$, $n_{обр.}$ ($r = -1$) и $n_{обр.}$ ($r = 0$).

6.6. Пределы выносливости сварных соединений после их соответствующей технологической обработки определяются по зависимостям:

$$\sigma_{-1к,обр.} = \sigma_{-1к} \cdot n_{обр.(r=-1)}$$

$$\sigma_{ок.,обр.} = \sigma_{ок.} \cdot n_{обр.(r=0)}$$

Таблица 3

Эффективные коэффициенты концентрации напряжений K_σ

после технологической обработки /без учета остаточных напряжений/

Способ технологической обработки сварного соединения	Предел прочн. свариваемой стали $\sigma_в$ МПа	Вид сварного соединения: Стыковое * Значение K_σ P=0,5	Стыковое * Значение K_σ P=0,95	Стыковое * Коэф. вариации υ_K	Нахлесточное с угловыми швами Значение K_σ P=0,5	Нахлесточное с угловыми швами Значение K_σ P=0,95	Нахлесточное с угловыми швами Коэф. вариации υ_K	Тавровое с угловыми швами Значение K_σ P=0,5	Тавровое с угловыми швами Значение K_σ P=0,95	Тавровое с угловыми швами Коэф. вариации υ_K	Примечание (применяемый инструмент, режим обработки, качество обработки)
Зачистка наждачным кругом	400	1,0	1,0	0	1,50	1,60	0,40	1,45	1,55	0,02	Диаметр наждачного круга ϕ 150мм. Для стыковых соединений полное снятие усилений с двух сторон; для нахлесточных и тавровых - обеспечение плавного перехода от шва к основному металлу.
	600	1,0	1,0	0	1,65	1,75	0,035	1,55	1,65	0,04	
	800	1,0	1,0	0	1,75	1,95	0,070	1,65	1,85	0,024	
					1,80	2,00					
Проковка (прокалачивание) шва и околошовной зоны	400	1,10	1,15	0,028	1,55	1,60	0,2	1,45	1,65	0,084	Для стыковых соединений -проковка с двух сторон; молоток модели Р-2. Рабочий орган--пучок проволоки марки 60С2; диаметр проволоки 1,6-2,5мм; длина свободного конца проволоки 100-150мм; энергия удара - 6-15 Дж.
	600	1,10	1,20	0,055	1,70	1,75	0,02	1,55	1,80	0,1	
	800	1,10	1,25	0,083	1,85	1,90	0,015	1,70	2,01	0,1	

Продолжение табл.3

Способ технологической обработки сварного соединения	Предел прочн. свариваемой стали $\sigma_в$ МПа	Вид сварного соединения: Стыковое * — Значение K_σ P=0,5	Стыковое * — Значение K_σ P=0,95	Стыковое * — Коэф. вариации υ_K	Нахлесточное с угловыми швами — Значение K_σ P=0,5	Нахлесточное с угловыми швами — Значение K_σ P=0,95	Нахлесточное с угловыми швами — Коэф. вариации υ_K	Тавровое с угловыми швами — Значение K_σ P=0,5	Тавровое с угловыми швами — Значение K_σ P=0,95	Тавровое с угловыми швами — Коэф. вариации υ_K	Примечание (применяемый инструмент, режим обработки, качество обработки)
Оплавление шва неплавящимся электродом в среде инертных газов	400	1,1	1,25	0,083	1,20	1,50	0,15	1,35	1,50	0,067	Оплавление вольфрамовым электродом в среде аргона. Для стыковых соединений - оплавление с 2-х сторон. Оплавление до плавного перехода от шва к основному металлу. Вольфрамовый электрод ø 2мм; горелка типа АР-9. Расход аргона 6000л на 100-120м шва. Скорость оплавления 20 м/час.
	600	1,15	1,30	0,08	1,30	1,60	0,14	1,45	1,65	0,084	
	800	1,20	1,35	0,08	1,35	1,80	0,2	1,55	1,80	0,1	

* при полном проваре и отсутствии смещения свариваемых кромок.

Таблица 4

Коэффициенты снижения начальных остаточных напряжений $\eta_{ос}$ в сварных швах и околошовных зонах после упрочняющей технологической обработки

Способ технологической обработки	Коэффициент снижения начального остаточного напряжения $\eta_{ос}$
Термообработка (высокий отпуск)	0 ÷ 0,2
Статическая перегрузка	0
Прокатка роликами	0,3 ÷ 0,5
Проковка (прокалачивание)	0,1 ÷ 0,2
Виброрезонансная обработка	0,1 ÷ 0,4
Ультразвуковая обработка	0 ÷ 0,2
Обработка взрывом	0 ÷ 0,5

Таблица 5

Коэффициенты увеличения пределов выносливости $n_{обр.(r=-1)}$ и $n_{обр.(r=0)}$ сварных узлов при технологических упрочняющих обработках

Вид технологической упрочняющей обработки	Тип сварного соединения							
	Стыковые соединения		Нахлесточные и тавровые соединения				Прикрепление конструктивных и связующих элементов	
			С лобовыми швами		С фланговыми швами			
	$r = -1$	$r = 0$	$r = -1$	$r = 0$	$r = -1$	$r = 0$	$r = -1$	$r = 0$
Зачистка швов (механическая)	1,6-1,9	1,2-1,95	1,2	1,05-1,25	-	1,0-1,1	-	1,0-1,3
Оплавление швов в среде инертных газов	1,35-1,9	1,35-3,8	-	1,3	-	-	1,6-1,8	1,1-1,2
Термообработка (высокий отпуск)	1,3-1,7	1,0	-	1,0	1,3	1,0	1,9-3,6	1,6
Статическая перегрузка: а) напряжениями, равными пределу текучести материала;	-	-	-	1,3	-	-	2,35	1,65
б) предельными допускаемыми напряжениями	1,5	-	-	-	-	1,45	-	1,4
Проковка пневматическим молотком с многобойковым устройством	1,8-2,05	1,35-1,55	1,4-2,0	1,6	1,2-1,4	1,25	3,55	1,25-1,75
Точечный и местный нагрев	-	-	-	-	-	1,8-2,05	1,65	1,45-3,0
Точечное и линейное пластическое обжатие	1,4	1,3	-	-	-	1,7-1,9	2,1	-
Обработка взрывом	1,25	-	-	-	2,2	2,25	1,75-2,2	1,45-2,25

Примечание. Прочерк означает отсутствие данных.

7. Сравнительная оценка эффективности способа технологической обработки сварного соединения.

7.1. Сравнительная оценка эффективности способов технологической упрочняющей обработки сварных соединений производится по двум коэффициентам K_1 и K_2.

K_1 - коэффициент эффективности по трудоемкости,

K_2 - коэффициент эффективности по стоимости изготовления.

$$K_1 = \frac{\sigma_{гк.обр} \cdot T}{\sigma_{гк} \cdot T_{обр.}} \quad ; \quad K_2 = \frac{\sigma_{гк.обр} \cdot C}{\sigma_{гк} \cdot C_{обр.}} \qquad (5)$$

7.2. Большее значение коэффициентов K_1 и K_2 соответствует большей эффективности способа упрочнения.

В приложении 2 дан пример оценки способов технологической обработки.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

Рекомендуемое

Таблица I

Рекомендуемые режимы технологических упрочняющих обработок сварных узлов

Способ технологической обработки	Режим обработки
Термообработка (высокий отпуск)	Температура – 600–650°С. Время отпуска должно устанавливаться по релаксационным кривым, которые определяются экспериментально для каждого конкретного сварного узла
Статическая перегрузка	Наибольшее повышение выносливости наблюдается после статической перегрузки, равной пределу текучести основного металла, 30 сек
Прокатка роликами	Для полного устранения остаточных напряжений в сварных узлах рекомендуется давление на ролик определять по выражению $P = B\sqrt{\frac{10{,}1 \cdot d \cdot \delta \cdot \sigma_т}{E}}$ B – ширина рабочего пояса ролика ; d – диаметр ролика ; δ – толщина листа ; E – модуль упругости основного материала
Проковка (проколачивание)	Обработка производится пневматическим упрочнителем (пневмомолотком) с бойком в виде пучка проволоки (диаметром 1,6–2,5 мм и длиной 100–150 мм) из стали 60С2. Энергия удара 6–15 Дж. Давление сжатого воздуха 0,4–0,5 МПа. Производительность 15–25 м/час
Оплавление сварных швов	Оплавление осуществляется аргонодуговой сваркой. В качестве источников питания рекомендуется генератор ПСО-300 или выпрямитель ВС-300. При оплавлении должен применяться аргон марок А, Б и В по ГОСТ 10157-62 и вольфрамовые прутки ВЛ-10. Производительность 20–40 м/час

Продолжение табл.1

Способ технологической обработки	Режим обработки
Виброрезонансная обработка	Мощность вибратора 1-1,5 кВт. Время вибрирования 10-15 мин.
Ультразвуковая обработка	Амплитуда 30-40 мк. Частота 20 кГц. Время обработки 20-30 сек.
Обработка взрывом	Цилиндрический заряд взрывчатого вещества (гексоген) в полихлорвиниловых трубках с внутренним диаметром 4мм располагается над линией сплавления сварного шва на пластелиновой подложке толщиной 2мм.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Справочное

Пример сравнительной оценки эффективности технологических способов обработки.

Подобрать наиболее эффективные способы упрочняющей технологической обработки для стрелы прямой лопаты экскаватора Э-10011Е из числа: проковка швов и околошовной зоны, зачистка швов и околошовной зоны, термообработка, оплавление швов. Наиболее напряженным участком стрелы является зона напорного вала. Поэтому обработка способами проковки и зачистки осуществляется в этой зоне (длина сварных швов в этой зоне составляет 25м).

Исходные данные:

материал стрелы - сталь 09Г2С.

Коэффициент асимметрии цикла (соответствующий среднему режиму эксплуатации), $r = -0,2$.

Соответствующие пределы выносливости: до обработки $\sigma_{-1к} = \sigma_{0к}$, после обработки $\sigma_{-1к.обр.} = \sigma_{0к.обр.}$

Трудоемкость изготовления стрелы T=55 час.

Стоимость изготовления стрелы C=33,3 руб.

Дополнительная трудоемкость и стоимость изготовления приведена в табл.1.

Таблица 2

Способ технологической сбработки	Производительность способа	Дополнительная трудоемкость, T, час	Дополнительная стоимость C, руб./час
Проковка (прокалачивание)	20 м/час	1,2	0,5
Зачистка наждачным кругом	20 м/час	1,0	0,5
Термообработка	21час для всей конструкции	9,66	4,7
Оплавление швов вольфрамовым электродом в среде аргона	40 м/час	0,41	0,6

Коэффициенты эффективности определяются по формулам (5) :

$$K_I = \frac{\sigma_{ок,\ обр.}}{\sigma_{ок.}} \cdot \frac{T}{T_{обр.}} = \frac{\sigma_{ок.}\, n_{обр.(\tau=0)}}{\sigma_{ок.}} = \frac{T}{T_{обр.}} = n_{обр(\tau=0)} \frac{T}{T+\Delta T}$$

$$K_2 = \frac{\sigma_{ок.,\ обр}}{\sigma_{ок.}} \cdot \frac{C}{C_{обр.}} = n_{обр.\ (\tau=0)} \cdot \frac{C}{C+\Delta C}$$

$n_{обр.\ (\tau=0)}$ принимаем в соответсвии с табл. 5 для узлов с "прикрепленными конструктивными и связующими элементами".

Результаты расчета сравнительной эффективности технологических способов обработки для сварной стрелы сведены в табл. 3.

Таблица 3

Вид технологической упрочняющей обработки	$n_{обр.(\tau=0)}$ по табл. 5	$\frac{T}{T+\Delta T}$	$\frac{C}{C+\Delta C}$	K_I	K_2
Проковка швов и околошовной зоны	I,5	0,978	0,985	I,467	I,477
Зачистка швов	I,I5	I	0,985	I,I5	I,I32
Термообработка (высокий отпуск)	I,6	0,85	0,868	I,36	I,388
Оплавление швов в среде инертных газов	I,I5	0,99	0,98	I,I5	I,I2

Наиболее существенное повышение усталостной прочности дает термообработка и проковка ($n_{обр.(\tau=0)}$ соответственно I,6 и I,5). Из этих двух способов следует отдать предпочтение проковке, т.к. коэффициенты по трудоемкости (K_I) и стоимости изготовления (K_2) при проковке выше.

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
СТРОИТЕЛЬНОГО И ДОРОЖНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
ВНИИСТРОЙДОРМАШ

Подписано к печати 28.07.80 г. заказ 268, тираж 1000 экз.

gost.e-ecolog.ru