

На правах рукописи

Фам Ван Тоан
Гражданин Вьетнама

УДК 621.791.025.539 902.001

**РАСЧЕТНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ
ТОЧНОСТИ НАПЛАВЛЯЕМЫХ ЛЕЗВИЙНЫХ ДЕТАЛЕЙ**

05.03.06 —

технология и оборудование для сварки и
родственных процессов.

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев 1995

Дисертація являє

Робота виконана в національному т

" Київський політехні



00778337 (Z)

Научний керівитель : канд. техн. наук,
професор Жданов І. М.

Офіційні опиненти : докт. техн. наук
Миходуй Л. І.
канд. техн. наук
Мосенкіс Ю. Г.

Ведущая організація : УкрІСП, г. Київ.

Захита состоится " 19 " Февраль 1996 г. в 15 часов
на засіданні спеціалізованого ученого совета Д 01.02.10 в
Національному технічному університеті України "Київський
політехнічний інститут", корпус 23, аудиторія 323.

С дисертацією можна ознайомитися в научно-технічній бібліотеці
університету.

Отзыв на автореферат (1 екземляр, завернений печаттю) просьба
направлять по адресу : 252056, Київ-56, проспект Перемоги, 37, КПІ-
213.

Автореферат розослан " 10 " Январь 1996 г.

Учений секретар спеціалізованого
ученого совета

Коршенко Е.А.

АВ-33.9.76

- 1 -

Общая характеристика работы

Актуальность темы : При ремонте машин значительное количество лезвийных деталей с протяженной режущей кромкой (ножи, противорежущие пластины и др.) подвергаются восстановительной наплавке. Возникающее напряженно-деформированное состояние (НДС) проявляется в искажении проектных размеров и формы деталей, что влечет за собой увеличение объемов механической обработки и потерь наплавленного металла.

Общую характеристику НДС пластины с наплавленной кромкой и метод расчета можно получить из многочисленных литературных источников. Однако такие особенности НДС как взаимодействие зон активных и реактивных напряжений, суммирование напряжений в активной пластической зоне, замена действия внутренних усилий системой внешних сил в расчетных схемах изучены и обоснованы недостаточно, что не позволяет с необходимой точностью оценивать НДС при ремонте лезвийных деталей. Кроме того, экспериментальные данные о деформациях пластин с наплавленным на кромку валиком в литературе ограничены, что также сдерживает создание теоретической базы для анализа поведения лезвийных деталей при восстановительной наплавке. В связи с этим проведение систематических экспериментальных исследований и разработка на их основе метода расчета остаточных деформаций и напряжений в пластине с наплавленной кромкой является актуальной задачей.

Цель работы : Исследование НДС лезвийных деталей при электродуговой наплавке режущих кромок, создание расчетного метода оценки и разработка на этой основе конструктивно-технологических мероприятий по обеспечению размерной точности лезвийных деталей.

Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи :

1. Провести сравнительный анализ различных расчетных методов применительно к оценке НДС пластин с наплавленной кромкой и выбрать продуктивные подходы для разработки метода расчета.

2. Разработать новую методику исследования деформаций и напряжений при наплавке продольных кромок пластин, основанную на применении метода физической дискретизации связей.

3. Провести экспериментальные исследования характера распределения и величин продольных и поперечных деформаций

Л. В. Стефанюк
Д. М. Українці

пластинах с наплавленной кромкой с использованием разработанной методики.

4. Создать расчетную модель определения остаточных напряжений и деформаций в пластине с наплавленной кромкой и провести экспериментальную проверку расчетной модели.

5. Обосновать и разработать конструкторско-технологические мероприятия по повышению точности лезвийных деталей.

Методы исследования : В работе использованы современные методы компьютерного моделирования расчетных зависимостей и обработки экспериментальных данных, экспериментальное исследование временных и остаточных деформаций производили с использованием деформометров конструкции КПИ типа ДРГ-15 на базах 25, 32,5, 50 мм, измерение прогибов при наплавке пластин осуществляли с использованием специально разработанной конструкции прогибомера, для точной фиксации показаний индикаторов часового типа использовали видеосъемку с последующей обработкой результатов.

Научная новизна :

Экспериментально доказано, что для пластин с наплавленной продольной кромкой при анализе НДС справедливо применение принципа Сен-Венана и гипотезы плоских сечений. Показано, что при длине пластины l и ширине h постоянно уровня продольных напряжений от изгиба достигается в сечениях, отстоящих на расстоянии h от концов пластины, а плоская форма сечений сохраняется на среднем участке пластины протяженностью $l-2h$.

Предложены новые уточненные расчетные зависимости для определения параметров изгиба при электродуговой наплавке лезвийных деталей, дающие в отличие от известных существенно меньшую погрешность.

Установлено, что существует зависимость между отношением ширины активной зоны к ширине пластины и характером напряженно-деформированного состояния в материале реактивной зоны. При значении этого отношения до 0.17 в реактивной зоне развиваются упругие деформации, при отношении 0.17...0.25 - пластические деформации в сжатой зоне, а при отношении более 0.25 пластические деформации имеют место как в сжатой, так и в растянутой области реактивной зоны.

На защиту выносятся следующие основные положения :

1. Метод дискретизации связей в экспериментальном изучении и прогнозировании силового взаимодействия в сварных образцах посредством выполнения прерывистых сквозных прорезей между зонами собственных активных и реактивных напряжений.

2. Вывод о применимости принципа Сен-венана и гипотезы плоских сечений к анализу плоского изгиба пластин с наплавленной кромкой, свободных от действия внешних нагрузок, получивших пластические деформации при сварочном нагреве и изгиб под действием собственных напряжений.

3. Представление расчетной схемы деформирования пластины с наплавленной кромкой в виде модели изгиба выделенной реактивной зоны, нагруженной со стороны зоны активных напряжений и определяющей деформации цельной пластины.

4. Обоснование конструкторско-технологических рекомендаций по модернизации режущих узлов перерабатывающих машин с целью применения лезвийных деталей повышенной точности с двумя наплавленными кромками.

Практическая ценность :

Разработана методика исследования деформаций и напряжений в пластине с наплавленной кромкой, основанная на физической дискретизации связей в материале, которая может быть распространена в практике решения подобных задач для других деталей и схем наплавки.

Полученные зависимости по определению изгибающих моментов, напряжений от изгиба и прогибов в средней части пластин с наплавленной продольной кромкой могут быть использованы при инженерных расчетах, а также в учебном процессе для студентов.

Разработанные конструкторско-технологические рекомендации позволяют повысить точность лезвийных деталей при их восстановлении электродуговой наплавкой.

Апробация работы :

Основные материалы и результаты диссертационной работы докладывались на научном семинаре кафедры сварочного производства КПИ и международной конференции " Сварные конструкции " г. Киев, 1995 г.

Публикации : По материалам и результатам диссертации опубликовано 2 печатные работы.

Структура и объем диссертации : Диссертация состоит из вступления, четырех разделов, выводов по разделам, общих выводов, списка использованной литературы. Текстовая часть работы содержит 136 страниц машинописного текста, 39 рисунков и 6 таблиц.

Во вступлении обоснована актуальность разработки расчетных методов определения напряжений и деформаций в деталях лезвийного типа.

В первом разделе сделан обзор существующих представлений на формирование НДС в деталях с наплавленной кромкой, рассмотрены особенности расчетных методик, поставлены цель и задачи работы.

Во втором разделе приведены материалы по методикам исследования, описаны экспериментальные образцы, оборудование и приборная техника.

В третьем разделе приведены экспериментальные данные и рассмотрены закономерности развития напряжений и деформаций в пластинах с наплавленной кромкой и обоснована расчетная модель их оценки.

В четвертом разделе приведено обобщение результатов исследований, обоснованы и предложены конструктивно-технологические рекомендации по повышению точности лезвийных деталей при восстановительной наплавке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В настоящее время в промышленности и в сельском хозяйстве применяется множество деталей, имеющих плоскую форму и боковую рабочую грань. Это, например, ножи различных измельчителей, перемешивателей, накладные пластины на ковшах бульдозеров, детали в обрабатывающих машинах в строительстве. Условия эксплуатации лезвийных деталей таковы, что их рабочая грань подвергается интенсивному износу в то время как остальная часть детали практически сохраняет свои первоначальные характеристики. При проведении восстановительной наплавки и в процессе остывания деталь может изменить свои размеры вследствие возникающих в процессе нагрева и остывания деформаций и напряжений. Такие изменения геометрических размеров делают деталь непригодной для дальнейшей эксплуатации, например, если произошло смещение крепежных отверстий.

В качестве примера на рис 1. приведены ремонтные чертежи ножа и противорежущей пластины, используемых в кормоуборочном комбайне КСК-100. Особенностью эксплуатации этих деталей является интенсивный износ рабочей кромки при сохранении их формы, размеров и механических характеристик. Вследствие абразивного износа размер режущих кромок может уменьшаться до 3мм. Несмотря на использование высокоуглеродистых сталей коэффициент повторяемости дефекта от общего числа деталей, поступающих на дефектацию, достаточно высок и составляет 0.5...0.9.

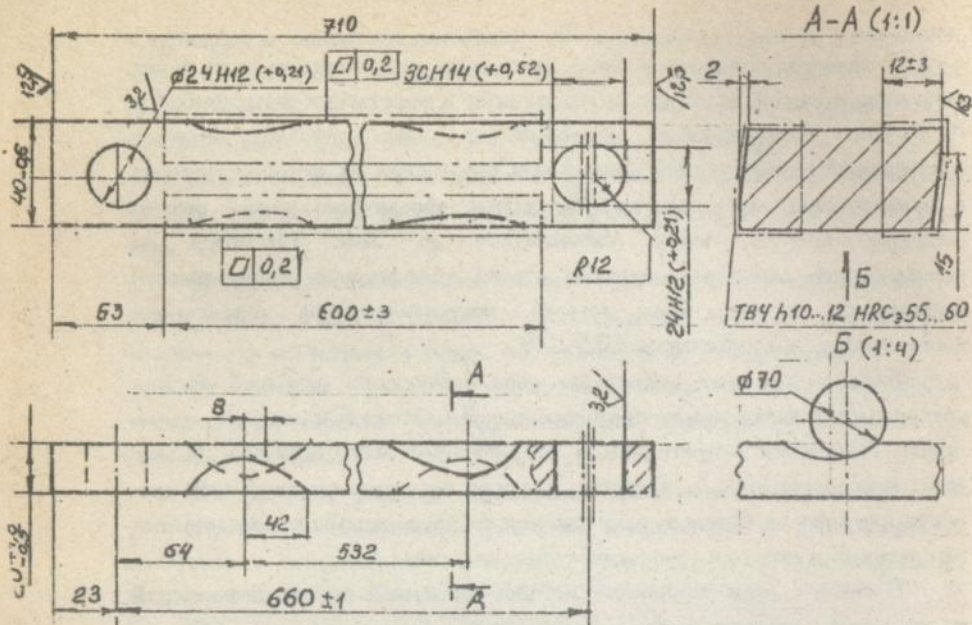
Когда в процессе работы за счет разрушения режущей кромки увеличивается зазор между противорежущей пластиной и лезвием ножа, деталь становится непригодной к дальнейшему использованию. Кроме того, непосредственно в процессе и после восстановительной наплавки могут нарушиться базовые размеры между крепежными и посадочными отверстиями в ножах и противорежущих пластинах.

В связи с этим разработка методов численной оценки деформаций и на этой основе выбор конструктивно-технологических мер по повышению точности лезвийных деталей является актуальной задачей.

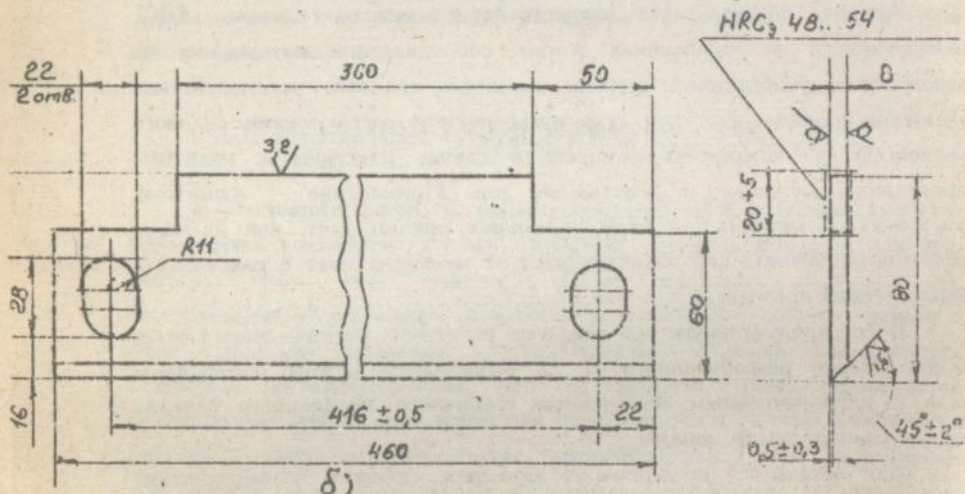
Анализ показал, что существующие методы оценки НДС, базирующиеся на положениях теории сопротивления материалов, не отражают в необходимой степени характера силового взаимодействия активной и реактивной зон при традиционном рассмотрении силового равновесия в поперечных сечениях в случае пластины с наличием продольных активных и реактивных зон. Применение известных расчетных методик в силу указанных причин дает, как правило, результаты, значительно отличающиеся от имеющих мест о пластинах с наплавленной кромкой.

Более продуктивным при создании расчетных методик может быть использование разработанного В. В. Абрамовым метода расчленения тела с дополнительным выделением граничного продольного сечения между разнородными зонами.

Для детального исследования характера силового взаимодействия активной и реактивной зон в работе применен метод физической дискретизации связей, предусматривающий выполнение прерывистых прорезей по продольному сечению на границе между активной и реактивной зонами, причем, перемычки, разделяющие прорези, представляют собой дискретные (распределенные) связи, включенные в



а)



б)

Рис. 1 Типовые лезвийные детали.
а. пластина противорежущая, б. нож.

силовое взаимодействие взамен непрерывных связей, которые имеют место в монолитной пластине.

Для реализации метода физической дискретизации на практике была разработана конструкция экспериментальных образцов, в которых непрерывные связи заменены прерывистыми (рис.2).

Образцы были изготовлены из стали Ст3 толщиной 5 мм, шириной 100 мм и длиной 505 мм. В пластинах выполнены сквозные прерывистые прорезы шириной 5 мм и длиной 5, 10, 15, 20 мм с радиальными закруглениями на концах. Преремычки между прорезями расположены с шагом 25 мм и имеют в сечении размеры 5x5 мм. Ширина зоны активных напряжений задана положением кромок прорезей и составляет 25 мм, ось дискретизирующих прорезей (ОДП) расположена на расстоянии 27,5 мм от наплавляемой кромки пластины. Контрольный образец представляет собой цельную пластину, не имеющую прорезей. На образцах в концевых участках и на середине были подготовлены базовые углубления для непосредственного измерения деформаций. Расстояния между волокнами, на которых выполняли измерения деформаций, составляли 10 и 12,5 мм на ширине пластины. Закрепление пластины производилось в срединном поперечном сечении.

Прогибы пластин в процессе наплавки и остывания измеряли индикаторами часового типа с ценой деления 0.01 мм. Остаточные деформации измеряли рычажными деформометрами ДРГ-15/50 на базе 50 мм.

По результатам выполненных на основе разработанной методики экспериментальных исследований были установлены основные закономерности развития деформаций в различных сечениях по длине пластин и силового взаимодействия между активной и реактивной зонами.

Непосредственно у торцевых кромок пластин на базах $l_{KA}=50$ мм (от 0 до 50 мм и от 450 до 500 мм) деформации пластин 1 и 2 мало отличаются, имеют небольшие значения и нелинейно распределены по ширине пластин h , а отражающие их кривые 1_{KA} и 2_{KA} (рис.3) характеризуются выраженным изгибом. На участках от 50 до 100 мм и от 400 до 450 мм, деформации 1_{KB} и 2_{KB} в реактивной зоне также мало различаются между собой, отражают характер изгиба пластин и имеют значения в 2 с лишним раза большую, чем в участках l_{KA} . В

пластине 2 устанавливается линейный характер распределения деформаций по всей ширине пластины h , включающей реактивную и активную зоны (Кривая 2_{KB} на рис. 3), а в пластине 1 наблюдается неравномерное распределение деформаций (кривая 1_{KB}). Такое распределение продольных деформаций объясняется малым сопротивлением сдвигу у концевых перемычек по оси дискретизирующих прорезей у пластины 1.

При удалении от концевых участков к середине пластин распределение деформаций приобретает линейный характер, о чем свидетельствуют результаты измерения деформаций на базах I_C (рис.4, кривые I_C и 2_C).

Остаточные продольные деформации в средней части в образце с прорезями приблизительно в 2 раза превышают деформации монолитной пластины 2 (рис.4), что связано с более высокими максимальными температурами нагрева активной зоны из-за уменьшения теплоотвода в результате нарушения металлических связей между активной и реактивной зонами в пластине с прорезями.

Анализ напряжений в средней части пластин показал, что реактивная зона в общем случае является не упругой, а упруго-пластической. В сжатой области реактивной зоны продольные напряжения, как правило, находятся на уровне предела текучести. При параметрах нагружения, соответствующих эпюре I_C на уровне σ_T находятся также напряжения растяжения в области свободной продольной кромки.

По результатам измерения деформаций в направлениях под 45° к ОДП было установлено, что максимальные деформации сдвига наблюдаются в концевых участках. В средней части пластин сдвиговые деформации и, следовательно, касательные напряжения не превышают 10-15% от максимальных значений что позволяет сделать вывод о силовом взаимодействии между активной и реактивной зонами, сосредоточенном в основном в концевых участках пластины. При этом, в пластинах длиной l и шириной h постоянство уровня продольных напряжений от изгиба достигается в сечениях, отстоящих на расстоянии h от концов пластины, а плоская форма сечений сохраняется на среднем участке пластины протяженностью $l-2h$, что доказывает справедливость применения принципа Сен-Венана и гипотезы плоских сечений к анализу плоского изгиба пластин, свободных от внешних нагрузок, получивших

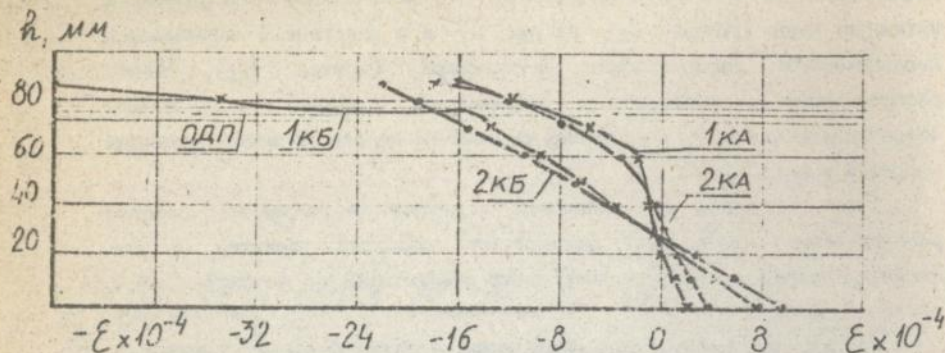


Рис.3. Относительные продольные деформации в пластинах 1 (с дискретизирующими прорезями) и 2 (сплошной) после наплавки валигов на продольные кромки :

- 1КА и 2КА - на расстоянии 0...50мм от торцевых кромок.
- 1КБ и 2КБ - на расстоянии 50...100мм от торцевых кромок.

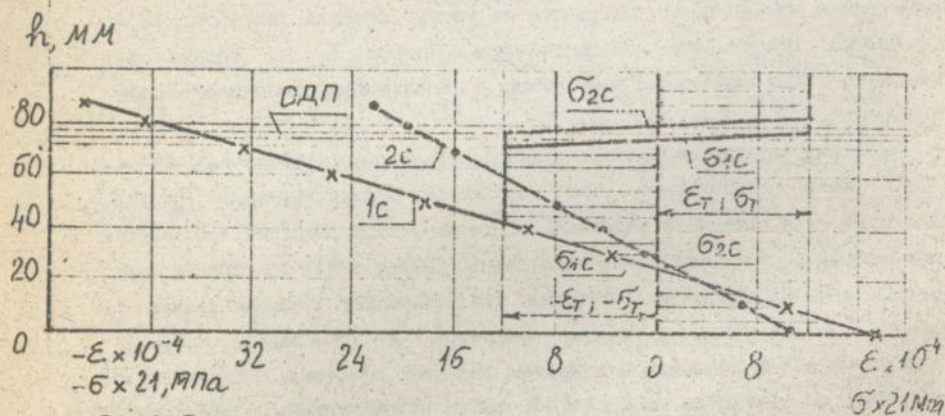


Рис.4. Относительные продольные деформации и продольные напряжения в пластинах 1 (с дискретизирующими прорезями) и 2 (сплошной) в сечениях средней части пластин.

пластические деформации при сварочном нагреве и изгиб под действием собственных напряжений.

Установленные закономерности распределения деформаций и силового взаимодействия активной и реактивной зон позволили представить следующую расчетную модель для определения остаточных напряжений и деформаций в пластине с наглавленной кромкой.

В пластине, имеющей толщину δ , ширину h и длину l_n (рис.5), расчленяют поперечными сечениями 1-1 и 2-2 и продольным сечением 3-3 характерные зоны: активную зону Az реактивную зону Rz , концевые участки l_K , средний участок l . Ширину активной зоны b определяют расчетом по методу И.П. Трочуна. Протяженность концевых участков l_K определяют в соответствии с принципом Сен-Венана $l_K \approx h$. В концевых участках в направлении от торцевых кромок к середине, касательные напряжения τ по продольному сечению 3-3 снижаются от максимальной величины до нуля в сечениях 1-1 и 2-2, а нормальные продольные напряжения σ в поперечных сечениях активной зоны возрастают от нуля до величины σ_T . Во всех поперечных сечениях активной зоны на длине l между сечениями 1-1 и 2-2 напряжения σ находятся на уровне предела текучести σ_T и сохраняют эту величину при изгибе реактивной зоны и всей пластины. В этих же сечениях действуют сосредоточенные силы $P = \sigma_T \cdot \delta \cdot b$, приложенные в центре тяжести активной зоны Az и представляющие сумму нормальных продольных напряжений σ_T в сечениях активной зоны.

В соответствии с методом расчленения тела, учитывая распределение нормальных и касательных напряжений и временно пренебрегая поперечными напряжениями между активной и реактивной зонами, получаем модель пластины с выделенной активной зоной Az длиной l и усилиями P , приложенными по оси активной зоны в сечениях 1-1 и 2-2. Эти усилия P , действуя через концевые участки, подвергают зону Rz внецентренному сжатию. Предложенная схема пластины с наглавленной кромкой может быть заменена эквивалентной расчетной схемой осевого сжатия силами P и изгиба моментами M , пластины шириной $h \cdot b$, представляющей реактивную зону. Согласно предложенной модели, активная зона Az в сопротивлении сжатию и изгибу не участвует, так как металл в этой зоне находится в состоянии текучести. Ситуация, в которой активная зона создает сжатие и изгиб и одновременно препятствует им не может считаться логичной и

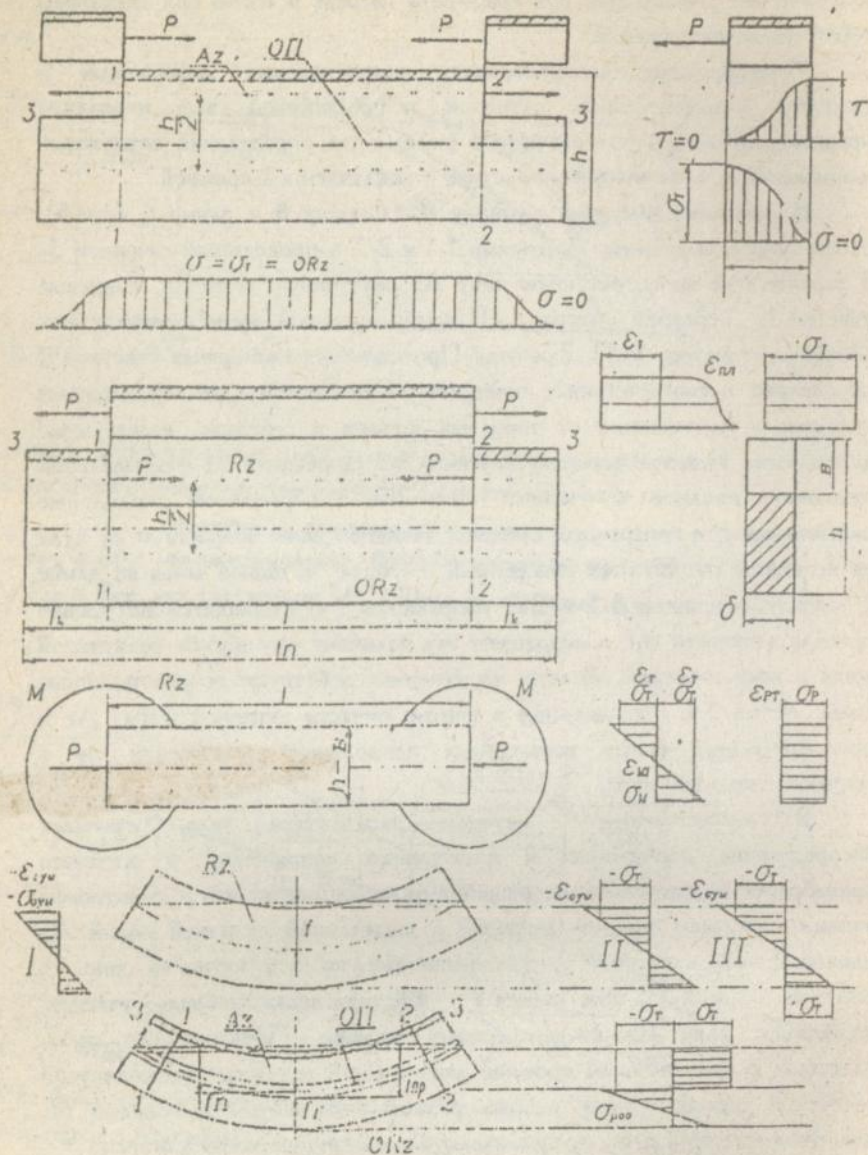


Рис.5. Модель для расчета деформаций и напряжений по внецентренному сжатию реактивной зоны.

перспективной. В активной зоне в процессе отставания и развития деформаций пластическая деформация растяжения ϵ_{n1} , в несколько раз превышает значения ϵ_T , поэтому нормальные продольные напряжения в этой зоне не могут быть ниже σ_T .

Изгибающие моменты M , возникающие в результате внецентренного приложения активного внутреннего усилия $P = \sigma_T \cdot \delta \cdot b$, определяются относительно оси ORz из выражения :

$$M = \frac{P \cdot h}{2} = \frac{\sigma_T \cdot \delta \cdot b \cdot h}{2} \quad (1)$$

Моменты M вызывают в пластине Rz деформации ϵ_M и напряжения σ_M изгиба, который может быть упругим или упругопластическим. Осевое сжатие реактивной зоны Rz силами P вызывает деформации ϵ_p и напряжения σ_p . Реактивные напряжения σ_p вычисляются по выражению :

$$\sigma_p = \frac{P}{\delta(h-b)} = \frac{\sigma_T \cdot b}{h-b} \quad (2)$$

Совместное действие изгиба и осевого сжатия приводит к образованию трех видов эпюр деформаций $\epsilon_{y_{um}}$ и напряжений $\sigma_{y_{um}}$.

Предложенный метод позволяет определить прогиб нейтральной оси Oz реактивной зоны. Для более полной характеристики изгиба цельной пластины следует оценивать полный прогиб f_n по нейтральной оси пластины ОП. Учитывая неопределенность деформирования оси ОП в концевых участках, колебание в высоте наплавленного слоя и связанную с этим неточность выражения ширины активной зоны b , для технологических расчетов можно приближенно принять $f_n = f_{np}$, где f_{np} - расчетный прогиб по оси Oz реактивной зоны для полной длины пластины l_n :

$$f = \frac{3\sigma_T \cdot b \cdot h \cdot l_n^2}{(h-b)^3} \quad (3)$$

С использованием полученных расчетных зависимостей определены основные закономерности изменения НДС в материале реактивной зоны в зависимости от соотношения ширины активной зоны к ширине пластины. Установлено, что при отношении до 0.17 в реактивной зоне развиваются упругие деформации, при отношении 0.17...0.25 - пластические деформации в сжатой зоне, а при отношении более 0.25 пластические деформации наблюдаются как в сжатой так и растянутой области реактивной зоны.

Сопоставительный анализ показал, что значения прогиба пластины, как главного расчетного параметра, оцененного по разработанному методу более точно отвечают экспериментальным данным по сравнению с другими методами. Составлены компьютерные программы и банк данных, позволяющих оценить прогибы от типоразмеров пластин и условий наплавки.

Предложенные конструктивно-технологические рекомендации по повышению точности лезвийных деталей включают в себя применение многослойной наплавки, выполнение противоположных валиков, предварительную обработку кромки по вычисленному прогибу и другие.

Общие выводы

1. Восстановление кромок лезвийных деталей наплавкой сопровождается образованием прогибов и нарушениями проектных размеров, что требует разработки инженерных методов прогнозирования и учета прогибов при восстановительной наплавке.

2. При разработке инженерных методик расчета, более полный учет особенностей силового взаимодействия активной и реактивной зон в пластинах с наплавляемой кромкой достигается применением метода расчленения тела с выделением дополнительного продольного сечения между указанными зонами.

3. Разработана экспериментальная методика исследований НДС, основанная на физической дискретизации связей в материале и предусматривающая прерывистые прорезы в пластине в продольном сечении по границе между активной и реактивной зонами с перемычками, включенными в силовое взаимодействие взамен непрерывных связей.

4. Показано, что продольные деформации концевых участков сплошных пластин и пластин с прорезями практически одинаковы по величине и характеру распределения, а особенностью их изменения при удалении от концевых участков к средней части пластин является линейный характер распределения в реактивной зоне с сохранением нелинейности при переходе в активную зону только для пластин с прорезями.

5. Продольные нормальные напряжения в средних частях пластин в сечениях реактивной зоны достигают предела текучести, касательные

напряжения незначительны и концентрируются на концевых участках, что указывает на силовое взаимодействие между активной и реактивной зонами, сосредоточенное на этих участках.

6. Установлено, что при длине пластины l и ширине h постоянство уровня продольных напряжений от изгиба достигается в сечениях, отстоящих на расстоянии h от концов пластины, а плоская форма сечений сохраняется на среднем участке пластины протяженностью $l-2h$.

7. Разработан новый метод расчета напряжений и деформаций, основанный на схеме внецентренного сжатия, выделенной в пластине реактивной зоны активными усилиями, обусловленными пластическим удлинением активной зоны и действующим через концевые участки пластины, а также на допущении, что деформации реактивной зоны определяют НДС пластины в целом.

8. Полученные расчетные зависимости дают результаты с погрешностью до 10% от экспериментальных, что существенно ниже по сравнению с другими рекомендуемыми методами оценки.

9. Разработаны конструкторско-технологические мероприятия, заключающиеся в предварительной обработке кромок, изменении схем наплавки, а также компьютерные программы расчетного обоснования рекомендуемых мер, направленных на повышение точности изготовления лезвийных деталей.

Основное содержание работы отражено в публикации:

1. Жданов И.М., Фам Ван Тоан. Метод расчета остаточных деформаций и напряжений в пластине с наплавленной кромкой // Автоматическая сварка, 1995, №10, с.15-21.

2. И. М. Жданов, Фам Ван Тоан, Способ расчетного определения остаточных деформаций и напряжений в пластине с наплавленной кромкой // Сборник тезисов докладов Международной конференции "Сварные конструкции", Киев, Украина, 1995, С.25.

Личный вклад автора. В [1] выполнены экспериментальные исследования деформаций и напряжений и установлены закономерности и изменения в пластинах с наплавленной кромкой, [2] предложены конструкции экспериментальных образцов и разработаны основные положения расчетного метода.

Аннотация

Фам Ван Тоан Повышение точности лезвийных деталей при электродуговой наплавке режущих кромок, рукопись, диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.03.06 - Технология и машины для сварки и родственных процессов Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт", Киев, 1995 г. Экспериментальные и теоретические исследования деформаций и напряжений в пластинах с наплавленной кромкой. Установлены основные закономерности и разработан расчетный метод определения параметров изгиба пластин. Предложены конструктивно-технологические рекомендации по повышению точности лезвийных деталей.

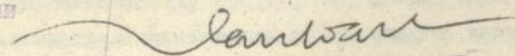
Ключевые слова : деформации, напряжения, активная и реактивная зоны, наплавка, внецентренное нагружение, прогиб пластины, лезвийные детали.

Annotation

Fam Van Toan. Raising the exactness of blade by electric arc surfacing of the longitudinal edges, manuscript, present thesis for a technical science candidate's degree - 05.03.06. Technology and machines for welding and kindred processes. The National Technical University of Ukraine "Kiev politechnical institute, Kiev, 1995. Experimental and theoretical researches of deformation and tension in plates with bound edge. Fundamental approaches and developed calculation methods for determination of curve plate's parameters are established. Constructive-technological recommendation for rising in the exactness of blade details is proposed.

Key words: deformations, tensions, active and reactive zones, surfacing, noncentra load, caving in plate, blade details.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України



Подп. в печ. 20.12.95. Формат 60x84/16. Бум. офс. № 2. Офс. печ.
Усл. печ. л. 0,93. Усл. кр.-отт. 1,16. Уч.-изд. л. 0,96. Тираж III
экз. Зак. 5-324.

ІЗС ім. Е. О. Патона. 252650 Київ 5, ГСП, ул. Горького, 69.
ПОП ІЗС ім. Е. О. Патона. 252650 Київ 5, ГСП, ул. Горького, 69.

AB 33.946

AB 33.946