

СТАНОВИЩЕ

на дисертационен труд
за придобиване на образователната и научна степен "Доктор" в

област на висше образование – 5. Технически науки
професионално направление – 5.1. Машинно инженерство
научна специалност – Машинознание и машинни елементи

Автор: маг. инж. Мариета Димитрова Иванова

Тема: Повишаване на уморната дълготрайност на метални конструкционни елементи с некръгли отвори

Член на научното жури: проф. д-р инж. Галя Великова Дунчева

1. Тема и актуалност на дисертационния труд

В съвременните пазарни условия проектирането на метални конструкции е свързано с удовлетворяване на две противоречиви изисквания: от една страна – по-голяма товароносимост, по-дълъг срок и повишена сигурност при експлоатация, а от друга страна е необходимо конструкциите да бъдат икономични. За удовлетворяване на изискването за икономичност, е необходимо да се минимизират габаритните размери, респ. масата на конструкционните елементи. В този аспект особено перспективни са заварените носещи конструкции, изградени от основна плоча, усилена посредством надлъжно разположени Т-образни греди, съдържащи некръгли отвори, през които преминават напречно разположени укрепващи стифнери. Този тип конструкции осигуряват значителна коравина на огъване в двете главни инерционни равнини в комбинация с минимална металоемкост, поради което намират широко приложение в корабостроенето, строежа на леки яхти, в самолетостроенето, за изграждане на отговорни метални конструкции, офшорни структури и др. Предвид динамичния характер на натоварване, товароносимостта, срокът на експлоатация и сигурността на конструкциите се лимитира от процеса на възникване и развитие на уморни пукнатини от първи тип (пукнатини на разкъсване) в зоните около концентраторите. Основен подход за превенция срещу възникване и развитие на този вид уморни пукнатини е въвеждането на полезни остатъчни нормални напрежения на натиск около концентраторите, реализиращ концепцията "cold working" – пластично деформиране на значителна дълбочина в метала. На тази основа дисертацията е насочена към разработване на подход за повишаване на уморната дълготрайност на посочения тип конструкция, като фокусът е поставен върху механично въздействие чрез пластично деформиране на критичното място в конструкцията – зоните около закръгленията на некръглите отвори в Т-образните греди. Изследванията са проведени върху два вида стомани – S355 и S235, подходящи за заваръчни конструкции. Отчитайки предимствата, функционалното предназначение и широкото приложение на посочения тип заварени стоманени носещи конструкции, считам, че изследванията за повишаване на якостния ресурс и сигурността им при експлоатация са полезни и актуални.

2. Обзор на цитираната литература

Цитираната литература обхваща 141 научни статии, книги и патенти. От тях 123 заглавия са на латиница, голяма част от които са публикувани в списания на Elsevier. Затова смятам, че дисертантът познава в дълбочина изследвания проблем.

3. Методика на изследване

Геометрията на компонентите в изследваната конструкция, методът на изграждането ѝ (чрез заваряване) и поставената цел предопределят интердисциплинарния характер на дисертацията. Поради това за провеждане на изследванията и методите за анализ освен основни постановки от механика на твърдото деформируемо тяло са използвани такива от механика на разрушението, механика на материалите, топлопренасяне, статистически методи за регресионен анализ и оптимизация и метод на крайните елементи.

Предвид геометрията и сложността на обекта на изследване, практическата реализация на уморни тестове за оценка на уморната дълготрайност е практически невъзможна. Поради това в дисертацията е приета идеята за индиректна оценка на уморната дълготрайност – чрез оценяване в качествен и количествен аспект на разпределението и преразпределението на остатъчните окръжни нормални напрежения около концентраторите. Този подход е целесъобразен и от гледна точка на приложния аспект на изследвания подход, базиран върху следния технологичен цикъл: стресиране на предварително пробитите отвори в местата със закръгления; изрязване на излишния метал за формиране на конфигурацията на некръглия отвор; заваряване на Т-образната греда с некръгъл отвор към основната плоча. От тази гледна точка, приложният подход – комбинация от натурни експерименти и числени симулации на основата на метода на крайните елементи, е целесъобразен и ефективен. За експериментално изследване на остатъчните окръжни нормални напрежения в образци с некръгли отвори е използван авангардният безразрушителен метод – X ray diffraction. За обезпечаване на X ray diffraction анализа в отделните етапи, изследването е проведено в следната последователност: стресиране чрез метода mandrel cold working (чрез преминаващ дорн с цилиндрична работна част и конусни краища) на предварително пробити отвори в местата със закръгления в образци тип планка по две работни схеми – едноръчна и разноръчна; изрязване на контура на некръглия отвор; заваряване към основна плоча и изрязване на планката от плочата с оглед на възможност за X ray diffraction анализ. Първите две стъпки за всяка от двете работни схеми са изследвани и чрез 3D крайно-елементни симулации, което позволява да се оцени разпределението и преразпределението на остатъчните напрежения в целия обем на образците и количествено да се оцени ефекта на интерференция. На база на разработения 3D крайно-елементен модел на патентования метод controlled symmetric cold expansion (контролирано симетрично студено разширение) е направено сравнение между полето на остатъчните окръжни напрежения, генерирани посредством метода mandrel cold working и иновативния метод. Доказано е, че методът controlled symmetric cold expansion елиминира основния недостатък на всички методи, реализирани чрез преминаващ в осово направление през отвора инструмент – значителен осов градиент на генерираните окръжни остатъчни напрежения.

Отчитайки характера на натоварването на изследваната носеща конструкция при експлоатация, е разработен крайно-елементен подход за оценяване на товароносимостта ѝ при огъване. За симулиране на взаимодействието между планката с некръгъл отвор и основната плоча, е приложено кинематично въздействие по предварително

обоснован линеен закон. Сравнителният анализ между процесите mandrel cold working и процеса controlled symmetric cold expansion, на база крайно-елементни резултати след натоварване от огъване, потвърждават наличието на практически симетрична зона с полезни остатъчни напрежения на натиск във втория случай. По този начин е доказана ефективността на подхода „чисто студено разширение“, при който въздействието върху повърхнината на отвора се прилага в радиално направление, елиминирайки преминаващия през детайла осов силов поток.

За идентифициране на оптималната стойност на стегнатостта при реализиране на процеса mandrel cold working и последователността на заваряване, е поставена и решена многоцелева оптимизационна задача. За тази цел е приложен крайно-елементен подход, базиран върху свързан термо-механичен анализ. Той включва последователно проведени анализ на топлопренасяне (heat transfer analysis) за симулиране на процеса заваряване и нелинеен статичен анализ. Нелинейният статичен анализ включва симулиране на пълния технологичен цикъл, като в третата му стъпка – заваряване (welding), резултатите получени от анализа на топлопренасяне, са приложени като активен товар. Управляващи фактори са стегнатостта и последователността на заваряване на T-образната греда с некръгъл отвор към основната плоча, а векторният оптимизационен критерий включва множество функции, количествено определящи интензивността и хомогенността на зоната с остатъчни напрежения около концентратора. По такъв начин оптимизацията е базирана върху провеждане на планиран числен експеримент на основата на разработен обобщен 3D крайно-елементен модел за симулиране на пълния технологичен цикъл. За обезпечаване на адекватност на конститутивните модели на изследваните стомани S235 и S355, същите са изградени на основа на моделиране на механичните им характеристики във функция от температурата. За техническа реализация на съответните експерименти, е разработено устройство за високочестотно нагряване. В резултат от оптимизацията са определени оптималните стойности на стегнатостта за стресиране на предварително пробитите отвори около закръгленията и подходящата последователност за изпълнение на ъгловите заварки. От съществено значение е, че намерените оптималните стойности на степента на студено разширение за двете стомани са около 2%, т.е. процесът стресиране е оптимизиран и от гледна точка на минимизиране на необходимия енерго-силов разход. По този начин са конкретизирани всички параметри за реализиране на технологичния цикъл за двете стомани, т.е. методът за повишаване на уморната дълготрайност е трансформиран в технология, която може практически да се използва.

4. Приноси на дисертационния труд

Приемам направената класификация на приносите, като най-важните от тях са:

Научно-приложни приноси

- Класификация и синтез на методи за повишаване на уморната дълготрайност на метални конструкционни елементи с некръгли отвори чрез прилагане на диференциално-морфологичния метод;
- Експериментални резултати за разпределението на остатъчните окръжни нормални напрежения около некръгли отвори в образци от стомана S355, получени чрез X-ray diffraction анализ в съответствие с технологичния цикъл: пластично деформиране чрез Mandrel Cold Working, изрязване контура на некръглия отвор и заваряване;
- 3D крайно-елементни модели за моделиране на полето на остатъчните напрежения след предварително стресиране и последващо формиране контура на некръглия отвор в образци тип „планка“;

- Крайно-елементен подход за изследване на товароносимостта при огъване на планка с некръгли отвори, подложена предварително на стресиране и последващо формиране контура на некръглия отвор;
- Обобщен 3D крайно-елементен модел за нелинеен термо-механичен анализ на заварена носеща конструкция с некръгли отвори, подложена на технологичния цикъл: пластично деформиране чрез Mandrel Cold Working, формиране контура на некръглия отвор и заваряване;
- Крайно-елементен подход за многоцелева оптимизация за повишаване на уморната дълготрайност на заварена носеща конструкция с некръгли отвори;
- Крайно-елементни резултати за разпределението и преразпределението на остатъчните окръжни нормални напрежения около некръгли отвори, получени след пластично деформиране чрез Mandrel Cold Working, формиране контура на некръглия отвор и заваряване.

Приложни приноси

- Разработено устройство за високочестотно нагряване за изследване на механичните характеристики на плоски образци в зависимост от температурата;
- База данни за изменението на механичните характеристики в еластичната и пластичната области в зависимост от температурата на стомани S355 и S235;
- Намерени оптимални стойности на номиналната стегнатост за реализиране на процеса Mandrel Cold Working и подходящата последователност на заваряване в носеща конструкция с некръгли отвори от стомани S355 и S235.

5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд

Публикациите по дисертацията представят отделни етапи от нея и включват 1 научен доклад на Международна научна конференция и 6 научни статии, публикувани в научни списания в страната. Една от статиите е самостоятелна. Броят на научните публикации и нивото им удовлетворява Правилника за придобиване на научни степени и заемане на академични длъжности в Технически университет – Габрово.

6. Авторство на получените резултати

Като научен ръководител имам преки впечатления от работата на маг. инж. Мариета Иванова Димитрова и знам, че тя работи с чувство на отговорност и старание. Разработвайки дисертацията си в една специфична област, каквато е умората на материала и по-специално – глобалния проблем за превенция срещу разрушението от умора, тя значително повиши квалификацията си в механиката на разрушението, компютърните симулации, базирани върху МКЕ, провеждане на натурни експерименти, съвременни експериментални методи за измерване на остатъчните напрежения и др. Същевременно повиши значително езиковата си култура в областта на научния проблем. Обобщавайки, тя направи необходимото, което се изисква от един редовен докторант.

7. Автореферат и авторска справка

Авторефератът е разработен на основа на следната структура: Обща характеристика на дисертационния труд; Основни акценти и резултати от съдържанието на

четирите глави; Класификация на приносите; Списък на публикациите. Авторефератът отразява най-важното: основни постановки, методи на изследване и постигнати резултати.

8. Забележки по дисертационния труд

Безспорно, липсата на номерация на страниците в автореферата е пропуск.

9. Заключение

Като имам предвид актуалността на научния проблем, съдържанието и постигнатите резултати считам, че дисертационен труд е едно завършено научно изследване и **отговаря** на изискванията на Закона за развитие на академичния състав в Република България. Това ми дава основание **да предложи** на научното жури да бъде придобита образователната и научна степен „Доктор” от маг. инж. Мариета Димитрова Иванова в област на висше образование - 5.Технически науки, професионално направление – 5.1. Машинно инженерство, научна специалност – Машинознание и машинни елементи.

01.03.2015 г.

Подпис:

/проф. д-р инж. Галя В. Дунчева/