

# СТАНОВИЩЕ

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

област на висше образование – 5. *Техничски науки*  
професионално направление – 5.1. *Машинно инженерство*  
научна специалност – *Технология на машиностроенето*

Автор: *маг. инж. Милка Григорова Атанасова*

Тема: *Технология за довършващо обработване на отвори, реализираща метода „Сферично дорноване“*

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

### 1. Тема и актуалност на дисертационния труд

Скрепителните и конструктивни отвори са едни от най-разпространените естествени концентратори на напрежения и деформации в носещите метални конструкционни елементи. В случаите на динамично приложено натоварване якостният им ресурс и сигурността при експлоатация се определят от процеса на възникване и развитие на уморни пукнатини в зоните около отворите. Този процес се лимитира от състоянието на материала около самите отвори, определено от комплекс характеристики, известни като Surface Integrity (SI) (грапавост, уякчаване, точност, остатъчни напрежения). В най-голяма степен SI зависи от вида на довършващото обработване. В този смисъл всяка технологична разработка за обработване на отвори, целяща повишаване на SI на повърхностните слоеве в условията на намалени материални и енергийни разходи, е полезна за науката и практиката. Дисертационният труд е посветен на разработване на нова уякчаваша технология за довършващо обработване на отвори в жилаво-пластични материали чрез пластично деформиране в студено състояние, т.е. без генериране на отпадъчни продукти. Технологията реализира патентования метод Сферично дорноване (СД), отличаващ се със специфична кинематика. По отношение на неподвижна заготовка инструментът (със сферичен деформиращ елемент) извършва сложно движение – суперпозиция от сферично движение (движение с една неподвижна точка) и праволинейна трансляция по направление на оста на обработвания отвор. Тази специфика в кинематика на метода, както и непрекъснатият контакт в напречно сечение между деформиращия елемент и повърхнината на отвора, позволяват да се комбинират полезните ефекти от обемното и повърхностно пластично деформиране (ППД) в условията на конвенционално машиностроително оборудване.

### 2. Обзор на цитираната литература

Цитираната литература обхваща 98 заглавия – статии, доклади и книги, от които 76 на латиница. Значителна част от последните са публикувани в списания на Elsevier. Поради смятам, че дисертантът познава задълбочено изследванията, свързани с довършващо обработване на отвори чрез пластично деформиране.

### 3. Методика на изследване

За провеждане на изследванията в дисертацията са използвани основни постановки от механика на твърдото деформируемо тяло, механика на материалите, статистически методи за регресионен анализ и оптимизация, както и метод на крайните елементи. От тази гледна точка дисертацията има полидисциплинарен характер. Спецификата на метода СД, технологичната насоченост на дисертацията, както и обхвата на обработваните материали (два вида стомани и три вида цветни сплави) предопределят теоретико-експерименталния подход като доминиращ подход за провеждане на изследванията. В основата му са аналитични модели на необходимите за реализиране на процеса осова сила и въртящ момент, получени след редуциране на технологичните съпротивления към екватора на инструмента. Това позволява сложният деформационен процес - следствие на сферичното движение на инструмента, да се разложи на два последователни във времето деформационни процеси, при които деформиращата сфера се движи транслационно по оста на отвора. При първия преход повърхностните слоеве претърпяват еласто-пластични деформации, а при втория - само еластични. На тази основа изследването на големините на енерго-силовите параметри на процеса в лабораторни условия е сведено до експериментално определяне на осреднените интензивности на технологичните съпротивления за двата прехода за всичките пет вида материали. Експерименталният подход е без алтернатива при решаване на задачата за избор на подходяща смазка за всеки от изследваните материали.

При наличие на техническо обезпечаване на метода и избрана смазка, за даден материал, разработването на уякчаващата технология се свежда до конкретизиране на технологичните и геометричните параметри на процеса, за които се постига оптимално съчетание на получените характеристики на обработените отвори и необходимите енерго-силови параметри на процеса. За целта е проведен планиран експеримент в производствени условия с три управляващи фактора: честота на въртене, подаване за оборот и номинална стегнатост. На основа на двуцелева оптимизация, базирана върху получени регресионни модели на осовата сила и получената грапавост, са определени оптималните стойности на технологични параметри. Отчитайки корелацията между окръжната линейна деформация, номиналната стегнатост и диаметъра на отвора, оптималната стегнатост за всеки от изследваните материали е дефинирана във функция от номиналния диаметър на отворите. На база на същия експериментален план са получени регресионни модели на отклоненията от кръглост по входната и изходна страна на заготовките. Предвид същността на процеса, степента на уякчаване е моделирана във функция от стегнатостта.

Акцентирайки върху значението на остатъчните окръжни напрежения за уморната дълготрайност, за изследването на разпределението им в качествен и количествен аспект е разработен обобщен псевдо 2D крайно-елементен модел на процеса СД. В основата му е идеята за апроксимиране на реалния процес чрез два последователни процеса на деформиране само с транслационно движение. Адекватността на модела се базира върху: изграждане на конститутивния модел на материала на основата на натурни експерименти на едномерен опън и нелинейно-кинематично уякчаване, разработен теоретико-експериментален подход за дефиниране на коефициента на триене между инструмента и обработвания материал, използване на подходяща топология и съпоставяне на крайно-елементните резултати за предсказаната от 2D модела осова

сила с осовата сила, получена при провеждане на натурни експерименти в лабораторни условия. Тази стратегия осигурява провеждане на серия числени симулации при минимизиране на изчислителното време, а крайно-елементните резултати позволяват да се синтезират регресионни модели на осовата сила, остатъчните радиални премествания и остатъчните окръжни нормални напрежения при относително по-широки граници на вариране на управляващите фактори. Последните захранват част от изчислителната процедура в разработения Специализиран технологичен софтуер – Електронен справочник за потребителите на новата уякчаваща технология. В съответствие с разработения алгоритъм, Специализираният софтуер генерира информация за диаметъра и допусковото поле на отвора, които трябва да бъдат осигурени преди СД, остатъчните окръжни нормални напрежения в средната равнина на детайла, отклонението от цилиндричност на обработения отвор, максималната стойност на необходимата осова сила, диаметъра на екватора на деформацията елемент, предсказаната грапавост в зависимост от обработвания материал, конфигурацията на заготовката с отвор (отвори), номиналния диаметър и допусковото поле на отвора (отворите). Разработеният Електронен справочник позволява бързо и лесно внедряване на новата технология в практиката.

#### **4. Приноси на дисертационния труд**

Приемам представената класификация на приносите, като най-важните са:

##### Научно-приложни приноси

- Систематизиране на методите за довършващо обработване на отвори чрез ППД посредством прилагане на диференциално-морфологичния метод;
- Теоретико-експериментални модели на осовата сила за пет вида материала, изведени на основа на регресионни модели на осреднените технологични съпротивления, получени при апроксимация на реалния процес в лабораторни условия;
- Експериментална установка за измерване и визуализиране на осовата сила на процеса СД в реално време;
- Дефинирани оптимални технологични параметри и оптимална стегнатост на процеса СД за пет вида материали на основа на формулирана и решена двучелева оптимизационна задача;
- Регресионни модели на осовата сила на процеса СД и получената грапавост за пет вида материали, получени на основа на планиран експеримент в производствени условия;
- Регресионни модели за оценка на отклоненията от кръглост на обработените отвори след СД за пет вида материали, получени на основа на планиран експеримент в производствени условия;
- Регресионни модели на степента на уякчаване по входната и изходната страна на обработените отвори за пет вида материали, получени на основа на планиран експеримент в производствени условия;
- Обобщен „псевдо” 2D крайно-елементен модел на процеса СД;
- Комбиниран подход за определяне на коефициента на триене между деформиращата сфера и отвора, базиран върху натурни експерименти и КЕ симулации;

- Регресионни модели на осовата сила на процеса СД за пет вида материали, получени на основа на планиран числен експеримент;
- Регресионни модели на остатъчните премествания и отклонението от идеална цилиндричност на обработените отвори за пет вида материали, получени на основа на планиран числен експеримент;
- Разработен Специализиран технологичен софтуер (Електронен справочник) за потребителите на новата уякчаваща технология.

#### Приложни приноси

- База данни са изменението в реално време на осовата сила на процеса СД за пет вида материали, получени при апроксимацията му с два последователни процеса на деформиране само с транслационно движение;
- База данни за изменението на микротвърдостта след СД по челните повърхнини на заготовки от пет вида материали;
- Избрани оптимални смазки за пет вида материали на основа на апроксимация на процеса СД в лабораторни условия;
- Експериментални зависимости  $\sigma - \epsilon$  на пет вида материали, получени на основа на експериментален тест на едномерен опън.

#### **5. Публикации и цитирания на публикации по дисертационния труд**

Публикувани са шест научни статии, представящи отделни етапи от дисертацията. Четири от тях са представени на научни конференции в страната и впоследствие публикувани в съответните научни списания. 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**

В качеството ми на първи научен ръководител имам преки впечатления от работата на докторанта маг. инж. Милка Григорова Атанасова. Работейки отговорно и със старание, тя постигна качествено ново ниво на познание при систематизиране на изследванията в областта на изследвания проблем, доказателство за което е самостоятелната ѝ публикация. Същевременно, тя повиши квалификацията си в областта на механика на материалите, статистическите методи за управление на качеството, компютърните симулации в областта на нелинейната статика.

#### **7. Автореферат и авторска справка**

Авторефератът е разработен в обем от 43 стр. и включва: Обща характеристика на дисертационния труд, Кратко изложение на дисертационния труд по глави, Класификация на приносите и Публикации по дисертацията. Авторефератът отразява найважното: основни постановки, методи на изследване и постигнати резултати.

#### **8. Забележки по дисертационния труд**

Нямам съществени забележки по дисертационния труд и автореферата.

## 9. Заключение

Като имам предвид широкото разпространение на отговорните метални конструкционни елементи с отвори в машиностроенето и индустрията, използваните постановки и постигнатите резултати, считам, че дисертационен труд е едно завършено и полезно 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. Милка Григорова Атанасова в област на висше образование – 5. Технически науки, професионално направление – 5.1. Машинно инженерство, специалност – Технология на машиностроенето.

09.03.2016 г.

Подпис:

Заличено обстоятелство, на основание чл.2 от ЗЗЛД
--

/проф. д-р инж. Галя В. Дунчева/