

ПРИМЉЕНО 24.5.2012.			
Орг. јед.	Фрм.	Приста.	Вредност
	750		

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
Технички факултет Чачак

НАСТАВНО НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Извештај Комисије о прегледу и оцени докторске дисертације кандидата мр Марка Поповића, дипл.маш.инж.

Одлуком Наставно-научног већа Техничког факултета у Чачку, бр. 96-73/11 од 18.1.2012.год. именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата мр Марка Поповића, дипл.маш.инж., под насловом „Интегрисани приступ конструисања у функцији развоја нове генерације резних елемената за багере континуалног дејства“.

На основу прегледа докторске дисертације Наставно-научном већу подносимо следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у области конструисања резних елемената за багере континуалног дејства

У оквиру докторске дисертације разматрана је проблематика увођења системског процеса конструисања резних елемената, кроз концепт интегрисаног развоја производа. Овакав приступ представља алтернативу постојећем стању процеса развоја резних елемената, који се на релативно једноставан начин може инкорпорирати и применити у производном процесу. Циљ примене интегрисаног приступа конструисања је у томе да пре саме израде резног елемента постоји јасна представа о томе како ће производ изгледати, како и на који начин ће усвојена технологија производње утицати на крајњи квалитет, како ће се понашати у радним условима и др. Такође, обезбеђује се предност која се огледа у смањењу трошкова, самим тим што се у већем делу анализе током конструисања користе *CAD/CAE/CAM* алати, чиме се значајно смањује време потребно за тестирања у лабораторији или експлоатационим условима. Са друге стране, смањује се време од тренутка постављања захтева за производом до његовог доласка на тржиште, јер се смањује број развојних циклуса, аутоматским одбацивањем незадовољавајућих решења конструкције. Тежиште оваквог приступа се преноси на концептуално пројектовање и прелиминарно конструисање, чиме се утиче на касније смањење броја конструкционих измена и измена у

производном процесу. Оваквим приступом се обезбеђују основни услови и реализује тежња ка уникатној производњи резних елемената, посебно прилагођених специфичним условима радне средине, багеру, ведрици, итд.

2. Оцена оргиналности научног рада кандидата

Комисија констатује да је докторска дисертација резултат оргиналног научног рада кандидата у области процеса конструисања резних елемената за багере континуалног дејства.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у оквиру докторске дисертације

Докторска дисертација кандидата мр Марка Поповића, написана је на 149 страни, и обухвата увод, пет поглавља, закључак, литературу и прилог. У оквиру литературе, наведено је 159 библиографских јединица укључујући и радове аутора.

У уводу је дефинисан проблем који се разматра у оквиру докторске дисертације, и постављене су основне хипотезе и циљ дисертације, као и примењена методологија решавања проблема.

У оквиру поглавља 2., разматрана је теорија разарања ископаног материјала. Обзиром да у току процеса интеракције стенског материјала и резног елемента, највећи утицај на оптерећење има процес продирања и процес резања, то су они детаљно анализирани. Циљ анализе био је утврђивање доминантних чинилаца, који представљају основ за дефинисање модела оптерећења. У оквиру овог поглавља дефинисане су основне карактеристике напона и различити критеријуми разарања стенског материјала, обзиром да се на основу тога усваја одговарајући модел оптерећења и дефинише његово подручје примене.

Анализа и опис процеса интеракције резног елемента и стенског материјала приказана је у оквиру поглавља 3. Проблематика приказана у овом поглављу битна је са аспекта дефинисања свих чинилаца који имају утицај на оптерећење резног елемента. Процес конструисања у општем случају у први план ставља познавање радног оптерећења, односно познавање правца, смера и интензитета спољашњих сила и момената, али и њиховог утицаја на попречне пресеке резних елемената који се конструишу. Силе генерисане током интеракције са стенским материјалом, током процеса продирања и процеса резања, представљају доминирајуће величине оптерећења. Дефинисање модела за израчунавање спољашњег оптерећења резних елемената, као основа у процесу конструисања, могуће је извршити на више начина. Дефинисањем емпиријских израза, на бази експлоатационих и лабораторијских испитивања, дефинисањем аналитичких израза из теоријских разматрања и развојем симулационог окружења на бази примене рачунара и одговарајућих нумеричких метода. У оквиру овог поглавља дат је критички осврта за сваку од наведених метода у погледу могућности њихове примене за израчунавање оптерећења резних елемената.

У поглављу 4. дефинисани су модели за израчунавање оптерећења, који се могу применити на резне зубе код багера континуалног дејства. Закључци изведени из опште теорије дате у предходна два поглавља примењени су у анализи проблема интеракције стенског материјала и резног зуба. На бази тога, дефинисан је општи механички модел оптерећења резног зуба у захвату код делимично напуњене ведрице. Да би се поједноставила проблематика дефинисања укупног оптерећења са једне стране, а у исто време обухватили основни утицајни параметри чврстоће стенског материјала и геометријски параметри резног зуба, са друге стране, дефинисан је и усвојен једноставан механички модел, базиран на *Evans*-овој интерпретацији сила који се може применити код багера континуалног дејства. Међутим, оптерећење израчунато

на овај начин представља само номинално оптерећење. Да би се израчунало укупно оптерећење, потребно је у обзир узети и утицај динамичких ефеката багера, формирање призме стенског материјала, утицај хабања резног зуба и др.

У оквиру поглавља 5. дефинисана је методологија интегрисаног развоја резних елемената код багера континуалног дејства. Приказана методологија повезује све битне чиниоце у животном циклусу резних елемената, од дефинисања техничког задатка, па до повлачења, односно рециклаже. Такође, у оквиру овог поглавља дефинисана су три битна елемента на које се мора обратити посебна пажња, при увођењу интегрисаног приступа. Први елемент представља дефинисање листе захтева, као полазне основе у процесу конструисања. Други елемент се односи на процес испитивања прототипа као последњег чиниоца у развоју конструкције, док је као трећи елемент дефинисана информатичка *CAD/CAE/CAM* основа на бази које се повезују сви процеси у оквиру интегрисаног приступа конструисања. На основу дефинисане методологије у овом поглављу, приказана је практична реализација развоја модуларног резног зуба за багер ведричар *ERS 1000/20*.

Посматрајући развој резних зуба кроз примену концепта интегрисаног процеса конструисања, у поглављу 6. су приказани задаци и проблеми који се помоћу *CAD/CAE/CAM* алата, системски решавају. Наведена су четири важна поља процеса конструисања, у оквиру којих треба да се разматра и усвоји оптимално решење резног зуба. То су: напонска анализа конструкције резног зуба, допунски критеријуми за дефинисање димензија и облика, испитивање усвојеног решења применом функционалног виртуелног прототипа и технолоичност облика и усвајање параметара ливења. У поглављу је детаљно приказана напонска анализа и анализа технолоичности облика за усвојено решење модуларног резног зуба *TF14038* за багер ведричар *ERS1000/20*. Такође, реализован је и функционални виртуелни прототип, који се користи за анализу носивости резног зуба. У оквиру овог поглавља извршена је верификација усвојеног модела за напонску анализу резних зуба, као и верификација усвојеног модела за симулацију и подешавање технолошких параметара ливења.

4. Оцена испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација, у потпуности испуњава обим и квалитет у односу на пријављену тему, обзиром да су достигнути постављени циљеви и доказане полазне хипотезе истраживања.

5. Научни резултат докторске дисертације

Научни резултат докторске дисертације, у области конструисања резних елемената код багера континуалног дејства, може се посматрати кроз следеће чиниоце:

- a) Како би се обезбедила основа за прорачун носивости резних зуба, извршена је анализа процеса који се јављају током интеракције резних елемената и стенског материјала. На тај начин су дефинисана оптерећења којима су изложени резни елементи у захвату. Обзиром да постоје различити приступи у моделирању овог оптерећења, пажња је усмерена на моделе који се у инжењерској пракси могу применити за решавање проблема код багера континуалног дејства. Због тога, посебно је анализирана могућност и адекватност њихове примене у процесу конструисања нове генерације резних зуба.
- b) У циљу увођења систематизованог развоја резних елемената код багера континуалног дејства на бази примене савремених рачунарских система, дефинисана је методологија интегрисаног приступа конструисања. Потврда

усвојене методологије добијена је развојем модуларног резног зуба за багер ведричар *ERS1000*.

- c) Како би се смањила потреба за тестирањем физичких прототипова резних зуба, тежиште је стављено на развој функционалног виртуелног прототипа. Сходно томе, развијен је функционални виртуелни прототип за одређивање носивости резних зуба у оквиру виртуелног извођења експеримената. Верификација усвојеног виртуелног модела извршена је извођењем лабораторијског тестирања физичких прототипова резних зуба до разарања.
- d) Да би се извршило исправно димензионисање резног зуба, при чему израчунато спољашње оптерећење представља распон могућих вредности, примењена је метода коначних елемената. Овакав приступ омогућава не само брзу проверу напонског стања резних зуба, анализом екстремних вредности оптерећења и ограничења, већ и њихову оптимизацију, према критеријуму носивости.
- e) У циљу исправног пројектовања технологије израде резних зуба, дефинисана је симулација процеса ливења са подешавањем технолошких параметара. На тај начин, свака нова конструкција резног зуба се према утврђеној методологији анализира, чиме се проверава адекватност дефинисане технологије израде. Примена оваквог приступа је оправдана добијањем исправног одливка у најкраћем могућем року, при чему се без утрошка енергије и материјала за извођење пробног процеса ливења, уочавају потенцијалне грешке у одливку резног зуба.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Применљивост и корисност резултата докторске дисертације у теорији и пракси се огледа у следећем:

- Увођење системског приступ развоја резних елемената код багера континуалног дејства
- Скраћење времена и смањивање трошкова освајања нових конструкционих решења резних зуба
- Минимизирање потребе за физичким тестирањем (израда прототипа) које је скупо и дуготрајно и проузрокује застоје у производњи
- Минимизирање ризика неуспеха усвојене концепције и крајње конструкције резног елемента
- Смањење броја и боља организација понављајућих корака у конструисању и тестирању
- Повећање поузданости процеса конструисања и повећање продуктивности инжењера и технолога
- Поновљивост тестирања сличних конструкција, као и могућност проширења за тестирање осталих компоненти багера

7. Начин презентирања резултата истраживања научној јавности

Резултати докторске дисертације публиковани у последње три године, представљају научне радове на међународним конференцијама и домаћим и страним часописима (укупно девет), од којих се један налази на СЦИ листи:

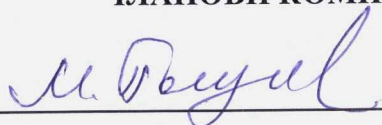
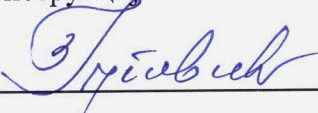
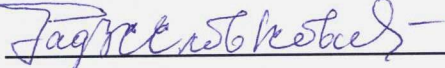
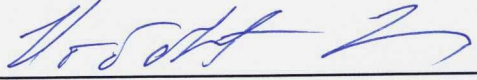

Поповић, М., Југовић, З., Славковић, Р., Драгићевић, С., Милићевић, И., *Analysis of the excavator's cutting teeth load capacity by applying functional virtual prototypes*, Metalurgia International, ISSN 1582-2214, Vol. XVII, No.3, pp.58-63, 2012.

8. Закључак и предлог Комисије

На основу анализе докторске дисертације са аспекта актуелности теме, дефинисаног проблема и циља истраживања, полазних и доказаних хипотеза истраживања, као и научног доприноса и практичне вредности добијених резултата, Комисија позитивно оцењује урађену докторску дисертацију под насловом „**Интегрисани приступ конструисања у функцији развоја нове генерације резних елемената за багере континуалног дејства**“, кандидата мр Марка Поповића, дипл.маш.инж. Због тога, Комисија предлаже Научно-наставном већу Техничког факултета у Чачку, да прихвати Извештај о прегледу и оцени докторске дисертације.

У Чачку, 16.5.2012.год.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
Проф.др Миломир Гашић, Председник
Машински факултет, Краљево
Научна област: Механизација и носеће
конструкције
2. 
Проф.др Звонимир Југовић, Ментор
Технички факултет, Чачак
Научна област: Конструкционо машинство
3. 
Проф.др Радомир Славковић, Члан
Технички факултет, Чачак
Научна област: Производно машинство
4. 
Проф.др Драган Игњатовић, Члан
Рударско-геолошки факултет, Београд
Научна област: Механизација и аутоматизација
у рударству
5. 
Проф.др Ненад Марјановић, Члан
Факултет инжењерских наука, Крагујевац
Научна област: Машинске конструкције и
механизација