

KOKKUVÕTE

Antud bakalaureusetöö ülesandeks oli parendada autoelektronikat arendava ettevõtte, Stoneridge Electronics AS, toote keevisliite tõmbejõudu kontrollivat mõõtemetodi. Katse teostatakse ettevõtte ühe edukaima toote keevisliite tõmbejõu kontrolliks. Probleemiks oli katse tulemuste hajuvus. Töö käigus suudeti töö alguses olev $Cpk = 0,99$ tõsta $Cpk = 1,08$ peale tehes 3.1 peatükis olevaid uuendusi. Eelnevalt mainitud statistika stabiilsemaks muutmiseks on hea viis arendada või luua võimalikult lihtne ning täpne mõõtemetod. Täpse mõõtemetodi abil on lihtsam keevisliite tõmbejõudu mõjutavate tegurite reaalselt mõju hinnata kuna mõõtmistulemused on täpsed.

Esiialgu uuriti, kuidas toote keevitusprotsess toimib liinil ning millised võivad olla koostamisel tõmbejõu tulemusi mõjutavad tegurid. Seejärel uuriti ettevõttes oleva mõõtmisüsteemi ja mõõtemetodi. Mõõtemetod ja mõõtmisüsteem olid tehtud kiireloomuliselt. Kolmandaks pandi kirja ettevõtte ja kliendi nõuded mõõtmisüsteemile ning asuti uurima ettevõttes kui ka mujal olevaid kontrollmeetodeid ning mõõtmisüsteeme, mis keskendusid tõmbejõu katsetele. Mõõtmisüsteemide uurimisel selgus, et enamus tõmbejõu katseid tehakse automaatstendiga. Antud uurimisega selgus, et mootoriga juhitava stendi eest peab välja käima ~3900 eurot ning raha saaks kokku hoida praegu olemasolevate haaratsite ja dünamomeetri pealt.

Olemasolevate tulemuste lahendusi teades liiguti edasi kriitiliste tegurite mõju hindamisele. Püstitati viis erinevat tegurit, mis autori arvates mõjutavad keevisliite tõmbejõu tulemusi kõige enam. Kriitiliste tegurite hindamiseks loodi kolm erinevat katse viisi. Katsetel lähtuti kahest kategooriast, millest esimene oli katse tulemused koos vigadega ning teine ilma vigadeta. Kõikide katsete tulemustel on võetud vigaste ja veatute tulemuste keskmine. Vigaste ja veatute tulemuste keskmist kasutatakse tegurite 1 ja 2 hindamiseks. Veatud katse tulemused on need, kus katsetamise käigus traate ei kahjustatud. Vigased katse tulemused on need, kus katsetamise käigus traate vigastati. Esimeses katses tõmmati detaili traate, mida ei ole veel protsessi käigus töödeldud. Katse mõte oli selgitada välja, kas traatide tõmbejõu tulemused vastavad ettevõtte nõuetele ning millised on tõmbejõu tulemused enne detaili töötlemist. Katsete tulemused näitasid, et tõmbejõu tulemused vastavad ettevõtte nõuetele ning on nimimõõtest 4,56 N suuremad, mis on positiivne. Teises katses tõmmati keevitusprotsessi läbinud koostu traate selgitamiseks välja, kas tulemused on sarnased esimese katsega võrreldes. Tulemused näitasid, et protsessi mitte läbinud detaili traatide tõmbejõu tulemused olid 3,12 N ehk 12,7 % suuremad kui keevitusprotsessi läbinud koostul. Järelikult protsessi käigus väheneb traatide tõmbejõud. Kolmandas

katses uuriti, kas koostu traatide tõmbamisel suurendatud kiirusega tulemused erinevad. Tulemused näitasid, et kiiruse tõstmine mõjutab tulemust 0,08 N ehk 0,38 %. Seejärel analüüsiti katsete tulemusi. Võrdluse näitamiseks tuuakse kõik tegurid välja. Esimeseks teguriks oli traatide korruga lõikamine detaili küljest erikauguselt ja erineva nurga alt. Teiseks teguriks oli katsetamise järjekorras olevad traadid tõmmatakse katsetamisel olevast traadist eemale erineva jõuga. Mõlemal viisil osad traadid võivad saada rohkem eelkoormust ning defekte. Esimene ja teine tegur võetakse ühiseks kuna neid ei saadud eraldi hinnata. Mõlemad tegurid mõjutavad kokku 0,39 N ehk 1,74%. Kolmandaks teguriks oli koostu traatide kiiremini tõmbamine. Kiiremini tõmbamisel venib materjal vähem. Antud tegur mõjutas katse tulemusi 0,08 N ehk 0,38%. Neljandaks teguriks oli erinevalt kaugustelt katsekehade tõmbamine. Katsekeha lähemalt tõmmates eiratakse kaugemal olevaid defekte. Antud tegur mõjutas katse tulemusi 2,70 N ehk 13,85 %. Viidendaks teguriks oli traatide tõmbamine liigse eelkoormusega toote valmistamisel. Traatide liigse koormusega tõmbamisel tekitatakse defekte ja pragusid. Antud tegur mõjutas katse tulemusi 4,77 N ehk 19,70 %. Antud tegurite parandamine aitab ära hoida 35,67 % tulemuste erinevusest ning hinnanguliselt tõstaks $C_{pk} = 1,2$ -le.

Viimaseks pakuti välja, kuidas arendada mõõtemetodi, mõõtmisüsteemi, protsessi ja disaini. Kokkuvõtlikult mõõtemetodis tuleks peamiselt järgida vooskeemi ja juhendeid ning koolitada välja kõik mõõtmisüsteemi kasutavad inimesed. Mõõtmisüsteem peaks vastama CE nõuetele. Ühtlasi tuleks mõõtmisüsteemile osta automaatne stand kuna see määraks alati õige haaratsite vahelise kauguse. Hetkel olevad alumised haaratsid peaks asendama liini masinas oleva pesaga tagamaks ühtlase kauguse katsekeha mõõtmisel. Disainis tuleks luua koost, mida robot oleks võimeline iseseisvalt koostama ilma traate tõmbamata.

Edasi tuleks katsetada esialgu loodud mõõtemetodi ning vaadata kas tulemused on paremaks läinud. Paremate tulemuste puhul tuleks projekteerida mõõtmisüsteem, mis vastab töös mainitud autori, ettevõtte ja kliendi kriteeriumitele. Mõõtmisüsteemi projekteerimise lõpuks tuleks katsetada, kas peale mõõtmisüsteemi loomist tulemused on paremad.

Kokkuvõtteks võib valminud tööga rahule jääda. Töö käigus leiti ülesse katse tulemusi suuresti mõjutavad tegurid, arendati mõõtemetodi paremuse poole ja pakuti välja edasised lahendused, mille tulemusel peaks tulemuste hajuvus väiksem olema.

SUMMARY

The Aim of current paper was to develop autoelectronic developing company's, Stoneridge Electronics AS, products welded joint tensile force measurement method. Product welded joint tensile force is being tested with the company's one of the most successful product. The Company had a problem with unstable results. In the beginning $Cpk = 0,99$, which was increased to $Cpk = 1,08$ by doing upgrades mentioned in paragraph 3.1. Developing simple and accurate measurement method is good way to make above mentioned statistics stable. It is easier to evaluate welded joint tensile force factors using accurate measurement method.

The first thing studied was how product welding process works in production line and which factors could affect tensile force results. The Company's measurement method and system was were studied next. The Measurement system and method was were made urgently. Thirdly, customers specifications for measurement system were written down and examined tensile force measurement systems and methods from other companies. Study showed that tensile force is usually tested using automatic measuring bench. Although automatic measuring benches cost 3900 € on average, already owned force dynamometer and grippers can be used to save money.

After above mentioned studies, critical factors were evaluated. The Author wrote down five different welded joint tensile force results affecting factors. In order to evaluate above mentioned critical factors three experiments were made. The Experiment results were categorized into flawless and faulty results. The Faulty and flawless results are summarized using average. Flawless and faulty average results are used to evaluate the first and second factors. Flawless test results are results where during experiments product wires were not damaged. Faulty test results are results where during experiment product wires were damaged. In the first experiment unprocessed detail wires were pulled. The Aim of the first experiment was to figure out if unprocessed wire tensile force results are according to specification. Experiment results showed that wire tensile force is as stated and 4,56 N higher than nominal dimension which is great. In the second experiment welded wires were pulled in order to see if tensile force results are same as unprocessed wire tensile force results. The Study showed that unprocessed wire tensile force results were 3,12 N which is 12,7 % better than processed wire results. The Aim of the third experiment was to figure out if increasing pulling speed of processed wires changes the results. Study showed that increasing processed wire pulling speed changes results 0,08 N which is 0,38 %. Test results were analyzed after testing. All factor results are shown to show comparison. First factor was cutting off all detail wires

together from different angles and distances. Second factor was wires waiting for pulling are pulled away from wire, that is being tested, using different force. Wires could get more preload and defects on both factors. The First and second factor were merged because they are not evaluable separately. Both factors affected results 0,39 N which is 1,74 %. Third factor was increasing processed wire pulling speed. Material stretches less if it is pulled faster. The Third factor affected results 0,08 N which is 0,38 %. Fourth factor was pulling wires from different distance. Pulling testing piece from smaller distance ignores further being defects. The Fourth factor affected results 2,70 N which is 13,85 %. Fifth factor was wire pulling with excessive preload in the process of making product. Pulling wires with excessive preload causes defects and cracks. The Fifth factor affected results 4,77 N which is 19,70%. Fixing those factors helps to avoid 35,67 % of welded joint tensile force differences in results results difference and could estimate increase Cpk to 1,2.

Lastly, the author wrote out ideas on how to develop measurement method, measurement system, process and design. In conclusion, in measurement method flowchart and instructions must be followed and everyone using the measurement system must be trained. The measurement system must be according to CE standards. Automatic measurement bench must be bought so there would always be same pulling distance and speed. Currently in use lower gripper must be replaced with socket that's used in process line ensuring same measuring distance. The Product development team should design composition that machine could make it on its own without pulling wires.

Afterwards new measurement method should be tested to see if it increases Cpk. After it being successful new measurement system should be designed, which is according to the author's, the company's and client's specifications. After designing new measurement system it should also be tested to see if it has increased Cpk.

In conclusion, completed work is satisfying. During work welded joint tensile force tremendously affecting factors were found out, measurement method was developed and further solutions, which should increase Cpk, were written down.