

KOKKUVÕTE

Lõputöö eesmärgiks oli eelkõige projekteerida Toyota GR Yaris esiosale vaakumvormitav kaitsedetail ja selle detaili tootmiseks vajalik vorm. Mõlemad eesmärgid ka saavutati ja tulemusega võib rahule jääda. Lõputöö teiseks eesmärgiks oli uurida alternatiivseid lahendusi vaakumvormi tootmiseks, mis pakuksid majanduslikult optimaalsemat lahendust, võttes arvesse tootepartii suurust. Ka see eesmärk saavutati ja majanduslike arvutuste tulemusel jõuti järeldusele, et optimaalsemad lahendused eksisteerivad, kuid seda siiski mõningate mööndustega.

Lõputöö muudab unikaalseks projekteeritud detaili ja sellega kaasneva vormi geomeetria ja sellele vastavate tootmislahenduste leidmine. Kuna iga vaakumvormitav detail vajab vormi, mis vastaks just sellele detaili kujule ja tootmisnõudmistele, on ka iga vorm unikaalne ning nõuab nii vaakumkanalite paigutuse kui üldise geomeetria ja masinasse kinnitamise seisukohast unikaalset lahendust.

Lõputöö käigus anti põhjalik ülevaade projekteeritavale detailile püstitatud nõudmistest ja piirangutest, mis mõjutasid detaili peamiselt geomeetriselt. Samuti anti ka ülevaade olemasolevatest lahendustest, analüüsisid nende positiivseid ja negatiivseid külgi, et leida parim võimalik lahendus.

Järgmiseks kajastati kaitsedetaili projekteerimist tuues välja selle erinevad etapid, mis viisid lõpptooteni. Seejuures põhjendati langetatud otsuseid detaili geomeetria, kinnitamise ja materjali osas. Samuti toodi välja aspektid, mis lisasid projektile keerukust, näiteks kaitsedetaili kuju ühildamine auto rattakoopa sisemise geomeetriaga.

Kaitsedetaili vormi projekteerimist kajastati samuti põhjalikult ja toodi välja kõik läbitud etapid: alustades vormi tüübi valikust; seejärel vormi kallete määramine; vormi ümardusraadiuste määramine; vaakumkanalite projekteerimine; viimaks vormi kinnitamine vaakumvormimis masinasse. Läbitud etappide tulemusena jõuti lõpliku vormini.

Kajastati ka erinevaid vormi valmistamiseks kasutatavaid tehnoloogiaid, pannes rõhku vormi alumiiniumist freesimisele, kuna see on kõige laialdasemalt levinud tehnoloogia sellist tüüpi vormi valmistamiseks. Määrati vormi valmistamise umbkaudne hind ja kajastati seda mõjutavaid aspekte.

Viimases peatükis anti ülevaade lõputöö autori arvates parimatest alternatiivlahendustest vaakumvormi tootmiseks. Toodi välja kaks lahendust, vaakumvormi 3D printimine ja vaakumvormi valmistamine komposiitmaterjalist. Määrati ära antud lahenduste nõrkused ja leiti nende umbkaudne hind võrdluseks alumiiniumist freesitud vormiga.

Alternatiivsete lahenduste leidmise põhiliseks motivatsiooniks oli väiksest tootmismahust tulenev soov valmistada vaakumvorm soodsamalt. Eesmärgiks oli ohverdades tootmismahtu leida viis, kuidas vormi hinda alla tuua. See eesmärk ka saavutati.

Siinkohal mainin, et tulevikus oleks asjakohane uurida põhjalikumalt leitud alternatiivide kasutamise võimalust vaakumvormimise vormi tootmiseks. See eeldaks aga testvormide valmistamist ja katsetamist, mida kahjuks antud lõputöö raames teha ei jõutud. Peamiseks ohuks leitud alternatiivide puhul on vormi lühike eluiga. Vormi eluea täpsemaks hindamiseks leitud alternatiivsete valmistamismeetodite puhul oleks vaja läbi viia katsed, mis aitaksid hinnata kasutatavate materjalide vastupidavust termovormimise tsüklilistele koormustele.

SUMMARY

The goal of this thesis project was to design an underbody protection part and vacuum thermoforming mould for said part for the Toyota GR Yaris passenger car. One of the requirements of the project was for the part to be produced using vacuum thermoforming, which requires the design of a mould specific to the application. Both of these goals were achieved within the thesis project. As a third goal it was set out to research alternative production methods for the manufacture of the vacuum thermoforming mould with the main consideration being the cost of producing the mould in relation to the size of the desired product patch. This goal was also reached within the thesis.

To start a thorough overview of the requirements set out for the vacuum thermoformed protective element was given. This included geometrical limitations set on the part by the shape of the GR Yaris' front bumper as well as an aluminium protective panel previously designed by the author which is to form a protective assembly with the vacuum formed part under the car giving protection from impacts to the engine, gearbox and front bumper of the car. An overview of previously existing solutions was also given with the positive and negative aspects of said solutions being analysed.

In the next chapter the process of designing the protective part was discussed by bringing out the different steps which lead to the final solution. Explanations were given for choices made regarding the geometry of the part, material used and attachment methods chosen. Different aspects which added complexity to the design of the part were also talked about, for instance the shape of the inner wheel well of the car and how that was addressed with the geometry of the protective part.

The design of the vacuum thermoforming mould was discussed thoroughly within the next chapter. All of the necessary steps within the design process were discussed and analysed, starting with choosing the mould type, giving the mould the necessary draft angles, choosing the needed fillets, designing the vacuum channels and finally fixing of the mould within the vacuum forming machine. A final design of the mould was reached as a result of the steps taken.

An overview of different methods normally used for producing such a mold was given, with emphasis on milling the mould from aluminium as this is the most commonly used method.

An approximate price was calculated for the mould milled from aluminium with the factors constituting to the price mentioned.

In the final chapter alternative methods for producing the mould were discussed. Two methods in particular were looked at, one being 3D printing and the second being the use of a composite material. These methods were chosen by the author as the most likely to produce the desired outcome of lowering the cost of the mould at the expense of the length of its life cycle.

A conclusion of although alternative methods do offer a considerable cost advantage, further testing of the proposed methods is required to decide whether these are applicable, was reached. Although the proposed methods did provide a clearly more cost friendly alternative when compared to milling the mould from aluminium, the life cycle of the mould when using the chosen technologies remains an unknown. In order to reach a solid conclusion in this regard further testing of moulds produced with the proposed technologies is required, unfortunately this was not possible within the context of this thesis project.