

Autori magistr töö ülesanne oli luua kirjeldus, simulatsioon, algoritm ettevõttes töötavatele konstruktoritele sileloikestantsi konstrueerimisel. Selleks tuli rakendada erinevaid meetodikaid. Kõigepealt tuli välja selgitada milliste võimalustega on üldse võimalik kirjeldada sileloikestantsimisel tekkivaid deformatsioone ning pinge olukordi. Esimeseks meetodiks oli söövitada spetsiaalse maski abil stantsitavale lehele võrgustik. Selleks kasutati Östling Modulmati söövitusemasinat, kus koostati vooluahel, millel katoodiks on grafiidist elektrood ning anoodiks stantsitav leht. Seejärel määratakse söövitusaeg ning pinge. Kõige parema tulemuse andis söövituseaja 5 sekundit ja pinge 20 V kasutamine. Järgmiseks etapiks oli lindi skaneerimine 3D skanneriga ARGUS. Nagu selgus söövitatud lindi skaneerimisel, eeldab hea tulemus korraliku võrgu olemasolu. Materjali skaneerimisel selgus, et mingisugune parameeter oli paigast ära. Seetõttu ei õnnestunud luua skaneerimistarkvaraga võrgustiku mõõdetava materjali pinnale. Esines palju ebatäpsusi, mistõttu, kui oleks isegi suudetud genereerida võrgustik, oleks sellega edasine töö põhjendanud vigaseid tulemusi. Eeldusel, et oleks suudetud genereerida stantsitavale lindile korralik võrgustik, oleks edasine töö näinud ette, et teostatakse metallindile tööstuslik katse ning pärast katset skaneeritakse stantsitud lint uuesti arvutisse. Selle tulemusena oleks saanud võrrelda kahte linti omavahel ning hinnata deformatsioonide asukohta ning suurust. Söövituskatse ebaõnnestumise tõttu tuli valida alternatiivseks meetodiks juba stantsi alt läbikäinud lindi kontuuride mõõtmine. Selleks mõõdeti kontuurid AS Norma mõõtelaboris arvutisse ning konstrueeriti terviklik stantsimis skeem. Kuna varasemalt oli konstruktori poolt projekteeritud teoreetiline stantsimis skeem juba arvutis olemas, sai võrrelda mõõtemasina tulemust teoreetilise skeemiga. Skeemi laienemist sai lisaks mõõdetud ka mikromeetriga, täpsusega 0,002 µm. Tulemuseks oli, et stantsitud materjali skeem laieneb võrreldes teoreetilise skeemiga keskmiselt 0,05 - 0,2 mm. See on päris suur deformatsioon ning annab aimu sellest kui suured pinged stantsimisel tekivad. Paraku ei anna selline kontuuride võrdlus täpset infot deformatsiooni suuruse kohta. Palju täpsem oleks olnud kasutada söövituse meetodit, kus arvestatakse igat punkti pinnal, mitte ainult kontuuril valitud punkte. Kahe mõõtmise tulemused ei andnud piisavalt infot deformatsiooni kohta materjalis. Selleks, et tuua esile deformatsioonid mis leiavad aset stantsimisel, tuleb simuleerida stantsimist. Seetõttu tuli sooritada stantsi lõplike elementide dünaamiline analüüs. Dünaamilisel analüüsil kasutatakse purunemistähtsustega materjalide mudeleid ning ajas muutuvat koormusolukorda.

Defineeritakse tsükliäeg ning rajatingimused. Samuti genereeritakse mudelile elemendid mille suurusest sõltub simulatsiooni täpsus. Simulatsioon koostati tarkvaras ANSYS, kus lahendiks kasutati mitte-lineaarset arvutusmudelit. Koostatavaid mudeleid oli kaks. Ühel stantsitav materjal lindilaiusega 88 mm ning teine laiusega 100 mm. Teised parameetrid ning loodavad rajatingimused jäeti identseks. Stantsitavaks materjaliks valiti terase AISI 1060 alternatiiviks AISI 4340. Seda seetõttu, kuna tarkvara mitte-lineaarsete materjalimudelite kataloogis vastasid antud terase omadused ning näitajad kõige paremini reaalsuses kasutatavale. Materjali purunemisenäitajad olid Johnson-Cook'i materjalimudeliga defineeritud. Elementide suuruseks uuritaval objektil valiti 0,5 mm, kus läbi kihi paksuse oli elemente 8 tk. Elemendid defineeriti detailidel erinevalt, sest kui uuritavaks objektiks on ainult üks keha, siis teised kehad defineeritakse kui jäigad, mitte deformeeruvad ning neile väga hea tihedusega võrgustiku peale loomine kasvataks arvutusaega kordades. Rajatingimused valiti templitel ka erinevalt, sest ühed templid lõikavad kontuuri, teised vormivad ava. Rajatingimused määrati kui nihe Z-telje suunas, kus defineeriti, et tsükliaja lõpuks on templid jõudnud liikuda etteantud teepikkuse võrra. Põhiliseks lahendi tulemuseks oli kontuuride deformatsioon Y-telje sihis. See suund kirjeldab lehe laienemist stantsimisel kõige täpsemalt. Lisati tulemustesse ka pingete väärtused ning mudeli kogu deformatsioon.

Simulatsiooni arvutus kestis keskeltläbi 12 - 48 tundi, mis tulenes suurest elementide arvust. Saadud tulemuste põhjal saab väita, et olukorras, kus mudelit on lihtsustatud nii, et alles on jäetud ainult templid ning stantsitav materjal, deformeeruvad detaili lõikekontuurid 100 mm laiusel lindil võrreldes 88 mm laiuse lindiga kuni 25 % vähem. See on päris arvestatav deformatsiooni vähenemine. Samas tõusevad stantsimiskulud kuni 5 %. Siin peab arvestama sellega, et kui tellitavaid remondiosasid, ümbertegemisi oleks seeläbi vähem, siis tasuks ehk 5 % suurenenud kulu end ära. Siinkohal peab aga sooritama tööstuslikud katsed arusaamaks kas see ka tegelikkusele vastab.

Lõputöö raames sai koostatud simulatsioon mille kogu arvutusmahust suutis tarkvara ära arvutada 10-15 %. Põhjuseks oli elementide liigne välja venimine ning arvutuse mahu hüppeline kasv. Autor üritas rakendada ka elementide kustutamist teatud pinge olukorra puhul, kuid edu ei saavutanud. Selle tulemusena jõudsid templid siseneda materjali 0,8 mm ning seda ka deformeerida. Kuna võrgustik oli suhteliselt hea kvaliteediga, siis on realistlik, et tulemust saab lugeda adekvaatseks hoolimata sellest, et arvutus ei läinud lõpuni. Leidub meetodeid kuidas oleks võinud olukorda parandada. Üheks lahenduseks oleks olnud jagada mudel osadeks ning sooritada simulatsioon igal kontuuril eraldi. Seejärel koondada tulemused kokku ning teha

järeldus. Teiseks kasutada teistsuguseid elemendi tüüpe või hoopis teist tarkvara. ABAQUS ning LS-DYNA on alternatiivid.

Kokkuvõtteks läheb autori töö ettevõttes edasi. Tuleb lisaks kontuuride deformatsioonile võrrelda ka teiste positsioonide deformeermist. Saada tulemused söövituspõhises, sest sellisest katses on kergem saada õigeid tulemusi kui lõplike elementide dünaamilisest analüüsist. Tasub kindlasti proovida ka teistsugused tarkvarasid sama mudeli puhul.

Antud töö oli autorile väga heaks kogemuseks ning silmaringi avardamiseks. Sai selgemaks stantsimisel tekkivad pingeolukorrad ning mis suunas stantsitav materjal deformeeruda võib. Lisaks õpiti kasutama teistsugust tarkvara lahendit, mis lahendab materjali mitte-lineaarset deformatsiooni. Kindlasti tuleb töö kasuks ka ettevõttele, sest teoreetilised tulemused lubavad loota, et laiema stantsitava materjali deformatsioon on väiksem.