

KOKKUVÕTE

Magistritöös analüüsiti kolme erinevat põkkliite liitekuju survemahuti kesta piki- ja ringõmbluste esialgse keevitamistehnoloogia valimise seisukohalt. Lähtuvalt töö eesmärgist uuriti valikukriteeriumeid, mille alusel hinnata survemahuti kesta õmblustel sobivaima liitekuju kasutamist, võrreldes kahte erinevat lisametalli rübustikaarkeevitamisel kombinatsioonis MAG-keevituse lisametalliga, mida kasutatakse põkkõmbluste juureosa keevitamisel.

Esmalt anti töö käigus ülevaade keevitusprotseduuridest ja keevitamise parameetritest. Katseplaani tehti materjalipaksusele 30 mm, mille korral oleks võimalik lõigata vajalikud katsekehad, mis töös käsitletud standarditega nõutud survemahuti tootmiseks. Põhimaterjal valiti P355NH normaliseeritud teras. Valitud katseplaatidele on keevitusjärgne termotöötlus tehtud vastavalt standarditele ISO EN 17663:2009 ja ISO EN 13445-4 (temperatuur ja kuumutamiskiirus) põhjusel, et vähendada keevisõmblustes tekkivaid pingeid.

Katseplaani koostamisel lähtuti põhiliselt tootjakatse standardist ISO EN 13445-4, milles esitatud materjali grupile ja materjali paksustele purustava kontrolli katsed ja katsekehade kogus. Kõikidel keevitatud katseplaatidel protokolliti keevitusparameetrid, milles anti hinnang lisaks soojussisestustele. Keevitamise järgselt teostati kahele katseplaadile pingetustav termotöötlus, millele lisandus hilisemal analüüsil kaks lisakatset võrdlemaks löögisitkuste väärtuseid, kui termotöötlus on tehtud induktsioon seadmega. Peale katseplaatide keevitamist ja valitud termotöötlust tehti kõikidele katseplaatidele mittepurustav kontroll (NDT) magnetpulberkatse ja ultraheliuurimisega. Purustava katsetamise käigus mõõdeti katsekehadel risti- ja pikitõmbetugevused, tinglik voolepiir keevisest ja löögisitkus -50 °C juures õmbluste põhiosast, mis keevitatud rübustikaarkeevitusel. Löögisitkus mõõdeti veel eraldi õmbluste juureosast -50 °C juures, mis keevitati MAG-keevitus protsessiga. Eraldi uuriti keeviste kvaliteeti makroanalüüsi katsetel. Mõõdetud purustavatele katsetulemustele koostati võrdlustabelid, mis kinnitasid keevise tugevust võrdluses põhimetalli mehaaniliste omadustega.

Tasuvusanalüüsi koostamiseks kasutati sihifunktsioonide paarikaupa võrdlemise meetodit, et arvestada korraga õmbluste mehaanilisi omadusi ja lisametallide ostuhindasid. Analüüsi sisendparameetritena määratleti liite kuju, lisametallid ja pingetustav termotöötlus. Optimeerimise kriteeriumitena valiti pikitõmbetugevus, tinglik voolepiir keevisest, löögisitkused rübustikaarkeevitatud ja MAG-keevitatud õmbluste osadest ning hind, mis arvutati enne optimeerimist erinevate lisametallide ja lisametalli koguste kohta kõikides keevitatud katseplaatides. Tulemuste analüüsimisel

Pareto graafikutelt selgus, et parim valik hetkel on kasutada rübustikaarkeevitamisel lisametalli Hobart V-kujuga liites, mainides aga siinkohal, et närvivõrgu mudeli välja töötamisel analüüsi omavahel kolme liitekuju ruumalaid ning õhematel materjali paksustel kui 25 mm on lisametalli kogus suurem U-kujuga liites, kuid mida paksemaks lähevad materjalid, seda kiiremini kasvab lisametalli kogus V-kujuga liites teiste liite kujudega võrreldes ning see mõjutab ka valikukriteeriumeid.

Ainult impulssvooluga keevitatud V-kujul olid tulemused optimaalsemad lisametalli kasutuse ja mehaaniliste omaduste seisukohast. Töö esimene hüpotees analüüsi käigus kinnitust ei leidnud ning leiti, et laiemad ja mõnevõrra suurema soojussisestusega V-kujuga liited ei oma olulist negatiivset mõju liite mehaanilistele omadustele. Ühtlasi soovitatakse katseplaatide ettevalmistamisel kasutada suuremat detailidevahelist nurka, kui joonistel näidatud, et arvestada keevitamisel tekkivate deformatsioonidega ühepoolisel keevitamisel. Töö teine hüpotees, et termotöötuse lisamisel sama materjalipaksuse ja võrdse soojussisestusega katseplaatidelt lõigatud katsekehade löögisitkus paraneb, ei leidnud kinnitust lisametallidel, mida kasutatakse rübustikaarkeevitamisel. Vastupidiselt MAG-keevitusel, mida kasutati õmbluse juureosa keevitamisel, lisametalliga AristoRod termotöödeldud katsekehadel löögisitkused kasvasid enamikel juhtudel, mida võib põhjendada õmbluse juureosa suurema segunemisastmega põhismetallis. Soovitusena saab lisada, et kui keevitusjärgse termotöötusega soovitakse parandada lisaks pingete maha võtmisele keevismetalli juureosa löögisitkust, siis tuleks kasutada induktsioonseadet valitud karastusahju asemel antud töö tulemuste põhjal. Lisakatsete teostamisel leiti, et keevitusjärgse termotöötuse lisamine parandab katsekehade löögisitkust termomõju tsoonist, mis osaliselt kinnitab töö kolmandat hüpoteesi, et termomõju tsoonis löögisitkus paraneb keevitusjärgse termotöötuse lisamisel. See on seotud põhismetalli suurema süsiniku sisaldusega. Suurema süsiniku sisaldusega tekib rohkem süsinikurikast tsementiit struktuuri, mida pingetustaval termotöötusel vähendatakse ja selle mõjul paranevad löögisitkuse väärtused termomõju tsoonis. Eelnevast lähtuvalt on töö eesmärgid saavutatud.

Tulevikus on oluline keevitusprotseduuri kvalifitseerimise aruannete ehk WPQR-de hindamisel katseandmete (mehaanilised omadused) lisamine närvivõrgu mudelisse, mille alusel hinnata laiemalt ettevõttes kasutatavad keevitusprotseduurid, sest keerulisemad närvivõrgud võimaldavad hinnata andmehulkasid, mis on kordades suuremad, kui antud töös käsitletud. Töös käsitletud põhimaterjali grupiga süsinikterastel on edaspidi soovitatav õmbluse juureosa keevitada ilma lühiskaare kasutamisetä, suurendades VV- ja U-kujuga liidetes faasimata servade pikkust 1..2 mm pealt 3..4 mm peale.