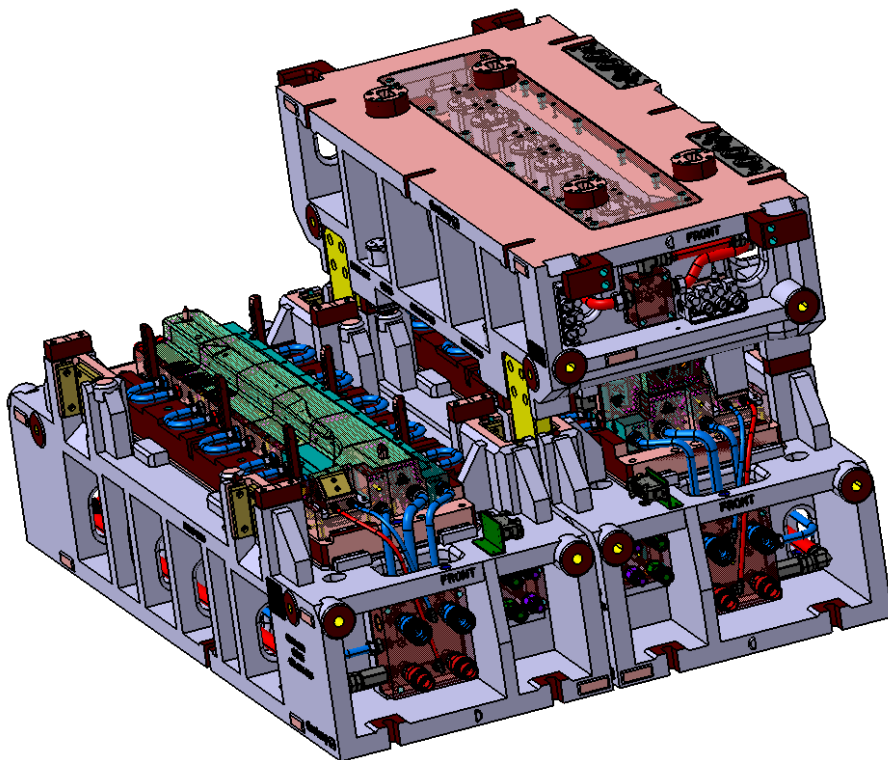




MASTER AMAIERAKO LANA

Beroko estanzazio trokelentzako egoera termiko eta konformaketa simulazio softwareen alderaketa



Asier Cuesta Ruedas

Industria Ingeniaritza Unibertsitate Masterra

Zuzendaria

Naiara Ortega Rodríguez

Ikasturtea 2016-2017

INGENIARITZA MEKANIKOA SAILA

AURKIBIDEA

AURKIBIDEA	1
1. LABURPENA.....	3
2. IRUDI, TAULA ETA AKRONIMO ZERRENDA	4
3. MEMORIA.....	9
3.1. Testuingurua.....	9
3.1.1. Batz S. Koop	9
3.1.2. Autogintza sektorearen egoera	10
3.1.2.1. Nazioarteko egoera	10
3.1.2.2. Espainiako egoera	12
3.1.3. Bero konformaketa	14
3.2. Aztertuko diren piezak.....	16
3.3. Lanaren helburua eta irispena.....	19
3.4. Lanaren abantailak	20
3.4.1. Abantaila teknikoak	20
3.4.2. Abantaila ekonomikoak	21
3.4.3. Abantaila sozialak	21
3.5. Alternatiben analisia.....	22
3.5.1. Softwareak.....	22
3.5.1.1. Autoform®	23
3.5.1.2. PAM-Stamp®	24
3.5.2. Beroketa sistema ezberdinak.....	25
3.5.3. Formatuaren material ezberdinak.....	30
3.5.4. Erreminten material ezberdinak.....	32
3.6. Arriskuen analisia	33
4. METODOLOGIA	36
4.1. Jarraitu diren pausoak	36

4.1.1.	Piezaren prestaketa	36
4.1.2.	Enbutizioaren simulazioa Autoform-en	43
4.1.3.	Enbutizioaren simulazio Pam Stamp-en	52
4.2.	Aztertuko diren piezak.....	59
4.2.1.	Barneko langa 16510	59
4.2.2.	16525 Tunela	65
4.2.2.1.	Tailored Rolled Blank.....	71
4.3.	Kontrol saila. Neurketak	73
4.4.	Temperaturaren neurketa	77
4.5.	Hasierako parametroak	78
5.	ATAZEN DESKRIBAPENA.GANTT	79
5.1.	Atazak	79
5.2.	Kronograma	85
6.	EMAITZAK.....	88
6.1.	Autoform R6/R7 alderaketa	88
6.1.1.	16510	88
6.1.2.	16525	102
6.2.	Autoform / Pam Stamp alderaketa	114
7.	GASTUEN ANALISIA.....	141
8.	ONDORIOAK.....	145
9.	BIBLIOGRAFIA.....	147
I.	ERANSKINA: ARAUTEGI APLIKAGARRIA.....	149

1. LABURPENA

The main objective of this project is to compare the two most popular software for the simulation of the process of hot forming in two real parts used in the automotive industry. Then these data are compared with the experimental measurements obtained in the workshop and will quantify the accuracy of each software. The two latest versions of Autoform R6/R7 and Pam Stamp 2017 have been used for the simulation. First, CAD software Catia has been used to define the tools during the process from the final geometry of the part. This document describes the steps to follow to obtain the various tools and simulation programming. On the other hand, describes the current situation of the international and national automotive industry, emphasizing the situation and advantages of hot stamping.

Proiektu honen helburua beroko enbutizio prozesuaren simulazioa egiteko erabiltzen diren bi software garrantzitsuenen arteko alderaketa egitea da, ondoren tailerlean neurtutako datu esperimentalekin konparatuz software bakoitzaren zehaztasun maila definitzen da. Konparaketa egiteko Autoform softwarearen azkeneko bi bertsioak (R6/R7) eta Pam Stamp 2017 softwarea erabili dira autogintza sektoreko bi piezen simulazioa burutzeko. Simulazioa aurrera eramateko lehenik eta behin Catia CAD diseinu programa erabiliz, amaierako piezatik abiatuz beharrezkoak diren erreminta ezberdinak diseinatu behar dira. Txosten honetan zapaltzailea, matrizea eta puntzoia sortzeko eta ondoren egiten den simulazioa programatzeko jarraitu den metodologia pausoz pauso azaltzen da. Bestalde, gaur egun autogintzaren nazioarteko eta estatu mailako egoera azaltzen da beroko enbutizioaren egoera eta abantailak albo batera utzi gabe.

El principal objetivo de este proyecto es comparar los dos software más populares para la simulación del proceso de embutición en caliente en dos piezas reales del sector del automóvil. Después estos datos se compararan con los datos experimentales obtenidos en el taller y se cuantificará la precisión de cada software. Para la simulación se han empleado las dos últimas versiones de Autoform R6/R7 y Pam Stamp 2017. En primer lugar se ha utilizado el programa de diseño CAD Catia para definir a partir de la geometría final de la pieza las herramientas necesarias durante el proceso. En este documento se describe los pasos a seguir para la obtención de la distintas herramientas y programación de la simulación. Por otro parte, se describe la situación actual del sector del automóvil internacional y a nivel nacional, haciendo hincapié en la situación y ventajas de la embutición en caliente.

2. IRUDI, TAULA ETA AKRONIMO ZERRENDA

Irudiak

Irudia 1 Munduko Auto produkzioaren eboluzioa	11
Irudia 2 Espainian fabrikatzen diren auto modeloak eta plantak	13
Irudia 3 Bero konformaketaren bitartez sortutako autoaren pieza ezberdinak	14
Irudia 4 Konfomaketa zuzena eta ez-zuzenaren arteko alderaketa	15
Irudia 5 Egitura martensitikoa lortzeko jarraitu beharreko pausuak	15
Irudia 6 16510 barneko langa	16
Irudia 7 Barneko langaren adibide grafikoa	16
Irudia 8 16525 tunelaren adibide grafikoa	17
Irudia 9 16525 tunela	18
Irudia 10 22MnB5-ren mikroegitura eta portaeraren grafikoa	26
Irudia 11 Arraboldun labe jarraia	27
Irudia 12 Kondukzio bidezko beroketa	28
Irudia 13 Indukzio bidezko beroketa printzipioaren azalpen grafikoa	28
Irudia 14 Usibor® eta Ductibor® 500 materialen erabilera	31
Irudia 15 Bezeroak bidaltzen duen piezaren itxura	36
Irudia 16 Piezak dituen zuloen ixtea	37
Irudia 17 Piezaren gainazal ezberdinen aukeraketa eta Untrim komandoa	38
Irudia 18 Erradioen biribiltzea	38
Irudia 19 Matrizearen diseinua egiteko jarraitu diren pauso ezberdinak	39
Irudia 20 Piezak dituen tolesturak	40
Irudia 21 Tolesturak dituen gainazal primarioen sorkuntza	40
Irudia 22 Matrizearen amaierako itxura	41
Irudia 23 Matrizeak dituen erreferentzia sistema ezberdinak	41
Irudia 24 Matrizearen amaierako itxura	42
Irudia 25 Materialaren ezaugarriak	43
Irudia 26 Prozesuaren definizioa	43
Irudia 27 Formatuaren definizioa	44
Irudia 28 Erremintaren tenperatura zehaztapena eta Offset-aren definizioa	45
Irudia 29 Hasierako tenperatura eta garraio denbora	45
Irudia 30 Zapaltzaileak egiten duen indarraren eboluzioa	46
Irudia 31 Zapaltzailearen eta formatu euskarriaren definizioa	47
Irudia 32 Gida moduan erabiltzen diren pilotoak	47
Irudia 33 <i>Quenching</i> prozesuaren definizioa	48

Irudia 34 Quenching atalean presioa aukeratzeko gomendioa	49
Irudia 35 Piezaren perimetroa.....	49
Irudia 36 Piezaren proiektzioa eta azaleraren kalkulua.....	50
Irudia 37 Presio eta bero transmisio koefizientearen arteko menpekotasuna	51
Irudia 38 Prentsaren ezaugarriak	51
Irudia 39 Proiektu mota eta erreminten inportazioa	53
Irudia 40 Prozesu motaren definizioa	54
Irudia 41 Erreminta ezberdinen definizioa.....	54
Irudia 42 Pam Stamp-en formatuaren definizioa.....	55
Irudia 43 Fase ezberdinen definizioa.....	55
Irudia 44 Gomendatzen den sarearen tamaina	56
Irudia 45 Pam Stamp programak eskaintzen dituen material ezberdinak.....	56
Irudia 46 Pam Stamp programan prozesuan parte hartzen duten erremintak	57
Irudia 47 Zapaltzaileak egin beharreko indar aldakorra	58
Irudia 48 16510 pieza	59
Irudia 49 Barneko langen kokapena	59
Irudia 50 Prozesuan parte hartzen duten erreminten laburpen grafikoa.....	61
Irudia 51 Prentsaren beheko trokelaren CAD diseinua.....	61
Irudia 52 Erreferentzia sistema	62
Irudia 53 Simulazio prozesuan erabiliko den matrizea	62
Irudia 54 Zapaltzailea.....	63
Irudia 55 Puntzoia.....	63
Irudia 56 Amaierako piezaren garapena	64
Irudia 57 Lepo tolesgailuak.....	64
Irudia 58 Formatu euskarriak	65
Irudia 59 16525 Pieza	65
Irudia 60 Auto batean tunelaren kokapena	66
Irudia 61 Tunelaren kokapena auto batean	66
Irudia 62 Piezaren proiektzioa eta azaleraren kalkulua.....	67
Irudia 63 Prozesuan parte hartzen duten erreminta ezberdinak.....	68
Irudia 64 Autoform programan erabiliko den <i>Tipping point</i>	68
Irudia 65 16525 piezaren matrizea.....	69
Irudia 66 16525 piezaren puntzoia.....	70
Irudia 67 16525 piezaren garapena.....	70
Irudia 68 16525 Trokelaren argazkiak	71
Irudia 69 Autoform-en diseinatutako <i>tailored blank</i>	72
Irudia 70 Pam Stamp-en diseinatutako <i>tailored blank</i>	73
Irudia 71 Lodierak neurtzeko kalibrea.....	74

Irudia 72 Erradioak konprobatzeko txantiloia	75
Irudia 73 FLIR A320 (9 Hz) kamera termografikoa	77
Irudia 74 16510 piezaren amaierako lodiera.....	89
Irudia 75 Kontrol departamentuak 16510 piezan neurtutako lodierak mm-tan	90
Irudia 76 16510 piezaren lodiera.....	90
Irudia 77 Indarren diagrama R6.....	92
Irudia 78 Indarraren diagrama R7	92
Irudia 79 16510 prozesuan erreminta ezberdinen erreakzioak	93
Irudia 80 16510 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R6	94
Irudia 81 16510 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R7	94
Irudia 82 16510 piezaren quenching etaparen bukaerako kontaktu presioa	95
Irudia 83 16510 piezaren bukaerako martensita kopurua %-tan	96
Irudia 84 Quenching ondoren tenperaturaren alderaketa	97
Irudia 85 Quenching ondoren piezaren tenperatura	97
Irudia 86 16510 piezaren analisi termografikoa.....	98
Irudia 87 16510 piezaren quenching amaierako tenperatura	99
Irudia 88 Autoform eta errealitatea konparatzen dituen adierazpen grafikoa	100
Irudia 89 16510 piezaren zimurduren agerpena	101
Irudia 90 Autoform-en zimurduren analisia	101
Irudia 91 16510 piezaren springback efektua	102
Irudia 92 16525 piezaren amaierako lodiera.....	103
Irudia 93 Autoform R6 eta R7 bertsioetan lortutako lodieraren balioak.....	104
Irudia 94 Errealitatean neurtutako lodieraren balioak mm-tan	104
Irudia 95 Zapaltzaileak egin beharreko indar minimoa.....	106
Irudia 96 16525 piezaren esfortzu diagrama R6	106
Irudia 97 16525 piezaren esfortzu diagrama R7	107
Irudia 98 16525 prozesuan parte hartzen duten erreminten esfortzuak	108
Irudia 99 16525 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R6	108
Irudia 100 16525 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R7	109
Irudia 101 16525 piezaren quenching etaparen bukaerako kontaktu presioa	109
Irudia 102 16525 piezaren bukaerako martensita kopurua %-tan	110
Irudia 103 Quenching etaparen bukaerako tenperatura R6.....	111
Irudia 104 Quenching etaparen bukaerako tenperatura R7	111
Irudia 105 Quenching etaparen bukaerako tenperatura °C-tan	111
Irudia 106 16525 piezaren zimurduren agerpena	112
Irudia 107 16525 piezaren springback efektua	113
Irudia 108 16510 piezaren simulazioa Pam Stamp-en	114
Irudia 109 16510 piezaren simulazioa Autoform-en.....	115

Irudia 110 Pam Stamp-ek simulatutako 16510 piezaren lodiera	116
Irudia 111 Autoform-en simulazioa (goian) eta kontrol sailaren neurketak mm-tan..	116
Irudia 112 16510 piezan Pam Stamp-en neurtutako matrizearen indarra	118
Irudia 113 16510 piezan Pam Stamp-en neurtutako puntzoiaren indarra	119
Irudia 114 16510 Piezan Pam Stamp erabilita tenperaturaren simulazioa.....	121
Irudia 115 16510 piezan Autoform erabilita tenperaturaren simulazioa	121
Irudia 116 Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C)	122
Irudia 117 16510 piezan Pam Stamp bidezko tenperaturaren simulazioa	122
Irudia 118 Pam Stamp/Autoformen 16510 piezaren tenperatura	123
Irudia 119 Quenching etaparen bukaerako tenperatura.	123
Irudia 120 Presio kontaktua quenching aurretik Pam Stamp/Autoform	126
Irudia 121 16510 piezaren quenching bukaerako kontaktu presioa	127
Irudia 122 16525 piezaren lodieraren konparaketa mm-tan.....	129
Irudia 123 16525 piezan Pam Stamp bidez kalkulaturako matrizearen indarrak	131
Irudia 124 16525 piezan Pam Stamp bidez kalkulaturako puntzoiaren indarrak	132
Irudia 125 16525 piezaren tenperaturaren konparaketa Autoform/Pam Stamp.....	134
Irudia 126 Quenching etaparen bukaerako tenperatura	135
Irudia 127 Quenching etaparen hasierako presioa (behean MPa, goian GPa).....	135
Irudia 128 16525 piezaren kontaktu presioa quenching amaieran	136
Irudia 129 16525 piezaren tenperaturaren analisia quenching etapan (°C).....	138
Irudia 130 16525 Piezaren martensita frakzioa quenching etapan	139
Irudia 131 Gastu analisiaren grafikoa	144

Taulak

Taula 1 Software ezberdinen ponderazio taula	25
Taula 2 Beroketa sistemen ponderazio taula	29
Taula 3 Autogintzan erabiltzen diren boroa duten altzairuak	30
Taula 4 CR7-VL altzairuaren osagaiak.....	32
Taula 5 Orvar Supreme altzairuaren osagaiak.....	33
Taula 6 Arriskuen analisi taula.....	35
Taula 7 Zapaltzailearen indar aldakorra	57
Taula 8 Simulazio aldagaien laburpena	60
Taula 9 16525 piezaren simulazioan erabili beharreko parametroen laburpen taula... 67	

Taula 10	16510 piezaren hasierako aldagaiak.....	78
Taula 11	16525 piezaren hasierako aldagaiak.....	78
Taula 12	16510 piezaren lodiera aldaketa	88
Taula 13	16510 piezaren lodiera errealak eta simulazioak	91
Taula 14	Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa	91
Taula 15	Lodiera teorikoa eta datu esperimentalen arteko alderaketa (%)	91
Taula 16	16510 piezaren esfortzuak.....	93
Taula 17	Quenching etapan zehar dagoen kontaktu presioa	94
Taula 18	Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C).....	96
Taula 19	16510 piezaren quenching etaparen bukaerako tenperatura	99
Taula 20	16525 piezaren lodiera aldaketa	103
Taula 21	Puntuaren lodiera simulatua eta esperimental	105
Taula 22	Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa	105
Taula 23	16525 piezaren esfortzuak.....	107
Taula 24	Quenching etapan zehar dagoen kontaktu presioa	108
Taula 25	Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C).....	110
Taula 26	16510 piezaren lodieraren alderaketa.....	115
Taula 27	16510 piezaren lodiera	117
Taula 28	16510 piezan simulazio eta errealitatearen arteko alderaketa	117
Taula 29	16510 piezan simulazio eta lodiera teorikoaren arteko alderaketa.....	117
Taula 30	16510 piezaren erremintetan kalkulaturako indarrak	120
Taula 31	16510 piezan quenching etaparen bukaerako tenperatura.....	121
Taula 32	Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C).....	123
Taula 33	16510 piezaren kontaktu presioa <i>quenching</i> etapan	127
Taula 34	Piezaren lodiera eta datu esperimentalekin alderaketa	130
Taula 35	16525 piezaren indarren alderaketa	133
Taula 36	16525 piezaren <i>quenching</i> etaparen bukaerako tenperatura.....	134
Taula 37	16525 piezaren quenching etapan kontaktu presioa	136

3. MEMORIA

Atal honetan Batz enpresa eta autogintza sektorearen egoeraren deskribapena egingo da, ondoren beroko enbutzioaren simulazioa egiteko bi software ezberdinak aurkeztu eta arriskuen analisia egingo da.

3.1. Testuingurua

Testuinguruan gaur egun autogintza sektorearen nazioarteko eta estatu mailako egoera deskribatuko da, bestalde Batz enpresari buruzko informazio nabarmenena, bero enbutzioa aurrera eramateko beharrezkoak diren elementu ezberdinak eta prozesuaren abantailak azalduko dira.

3.1.1. Batz S. Koop

Batz S. Koop, 1963. urtean Igorren (Bizkaia) sortu eta Mondragon kooperatiba barruan kokatzen den enpresa da, munduko industria talde kooperatiborik handiena. Ingeniaritza inguruan daukaten ezagutza, ahalmena eta bezeroekin elkarlana sustatuz trokelak eta sistemak fabrikatzen dituzte. Beti ere bezeroen arrakasta bermatuz eta urteetan zehar izan duten hazkunde eramangarrian gogobetetze maila altua lortuz.

Batz taldeak sortzen dituen produktuen barruan jarraian agertzen den sailkapena egin daiteke:

- Trokelgintza: Batz enpresaren sorreratik bezeroekin elkarlan estuan autogintzarako trokelak diseinatu, fabrikatu, probatu eta mantentze lanak egiten dituzte. Teknologia berrikuntzan egiten den etengabeko hobekuntza eta sektorean duten esperientzia handiari esker ezagutzan oinarritutako aktibitatean arrakasta handia lortu dute.

- Autogintza sistemak: 1982. urtean Batz enpresak produktuen serieko fabrikazioari zuzendutako jarduerarekin hasi zen. Gaur egun mundu osoan irtenbide lehiakorak eskaintzen dituzten ingeniaritza eta ekoizpen plantak mundu osotik banatuta dauzka. Hasiere batean sistema arin eta fidakorrak ekoizten zituzten baina etengabeko hobekuntzaren ondorioz material berriak erabiltzen hasi ziren, produktuen pisua eta ondorioz CO_2 isurketa murriztuz.

- Energia: 2005. urtean Batz Energia sortu zen. Proiektu honen bidez autogintzaren lan eremua zabaldu eta energia berriztagarrien munduan sartzea erabaki zuten, hasiera batean eguzkitik energia lortzeko erabiltzen diren ispiluen euskarriak egiten hasi ziren baina beti ere etengabeko ikerkuntza alde batera utzi gabe.

- Batz Aerospace: 2009. urtean Batz enpresak *Hot Forming* bultzatzen hasi zen

batez ere aleazio aurreratuak bultzatzeko asmoz. Lortutako ezagutzak aprobetxatuz 2015. urtean Batz Aerospace sortu zen aeronautika sektoreak beharrezkoak diren piezak egiteko.

Gaur egun, Batz enpresak 1.500 langile dauzka mundu osotik dituen 15 planta ezberdinetan bananduta, azken datuen arabera aurreko urteko fakturazioa 230 milioi eurokoa izan da. Autogintza sektorean existitzen diren ekoizle gehienekin harreman estua dauka eta Batz enpresak dituen ezagutza handien ondorioz sektore ezberdinek dituzten arazoak konpontzeko irtenbideak bilatzen ditu. [1]

3.1.2. Autogintza sektorearen egoera

Zortzi urte pasa dira azkenengo krisi ekonomiko bortitzetik, eta oraindik krisiaren efektuak eta ondorioak pairatzen ari dira herrialde askotan. Gaur egun ekonomia globalaren hazkuntza ekonomikoa arriskuan jartzen dituzten zenbait faktore existitzen dira, hala nola herrialde ezberdinen hazkuntza ekonomiko motela eta haien desoreka, garapen bidean dauden herrialdeen ekonomia hazkuntza motela eta petrolio eta lehengai prezioaren jaitsiera egonkorra.

3.1.2.1. Nazioarteko egoera

Nazioarteko moneta funtsaren (FMI) arabera 2017. urtean mundu ekonomiak %3,5 egingo du gora. Aurreikuspen positiboa hauen ondorioz, autogintza sektorea mundu mailan funtsezko sektorea izango da. Alde batetik pisu industrialaren ondorioz, eta bestetik langile kopuruaren ondorioz (lanpostu zuzenenen kopurua 15 milioi langile dira). 2015. urtean mundu mailan ekoiztutako auto kopurua 90,6 milioi unitate izatera heldu zen. Honek aurreko urtearekin konparatuz %1 –ko igoera suposatzen du.

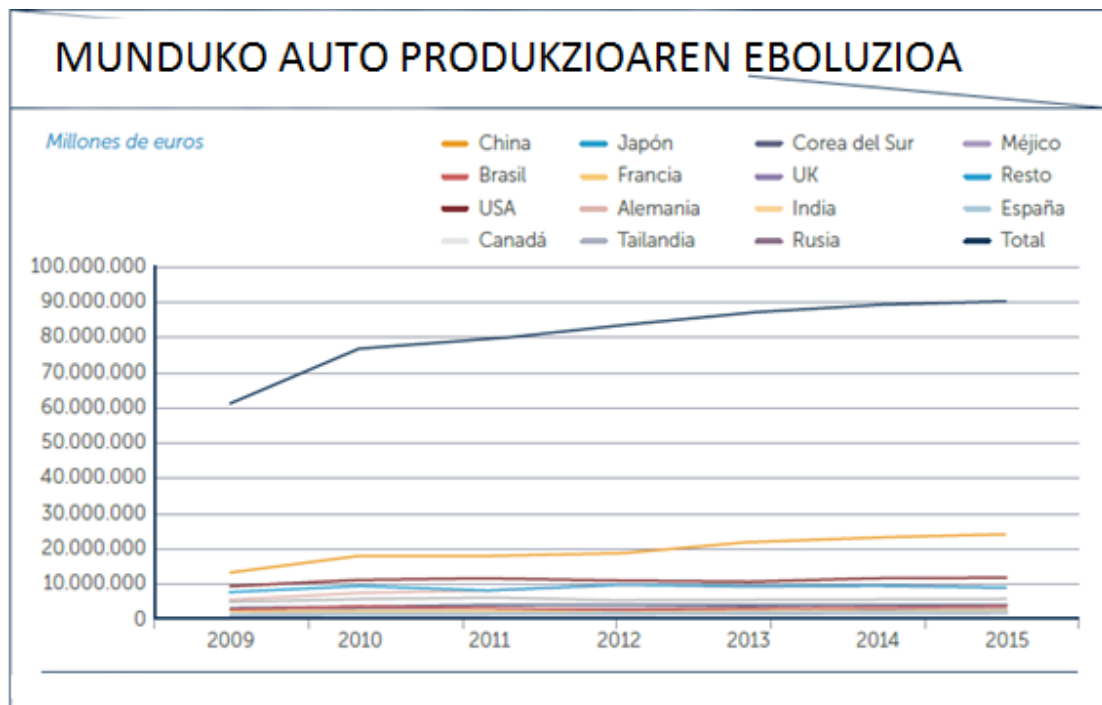
Bestalde, sektorean nabaria den kezka Txinaren hazkuntza ekonomikoaren moteltzea da, azken datuen arabera haien ekonomia %6,9 hasi zen, azkeneko 25 urteetan baliorik txikiena. Dena den, Txinak auto ekoizleak diren herrialdeen *ranking*aren liderra da, 2015. urtean 24,5 milioi auto fabrikatu zituen, hau da, aurreko urtearekin konparatuz %3,3-ko hazkundera. Mundu mailan ekoizten diren auto kopuru totaletik %27 Txinak fabrikatzen ditu, baina bere barne merkatuaren jaitsiera posible batek arazoak ekar ditzake.

Amerikako Estatu Batuak munduko ekoizle *ranking*aren bigarren postua lortzen du, 12,1 milioi unitateekin (munduko produkzioaren %13,3). Bertan dauden interes tipo baxuek kredituak lortzeko erraztasuna handitzen dute eta hazkunde ekonomikoarekin

batera aurreikuspen onak izatera bultzatzen dute.

Bide berdinean, 27 herrialdeen Europar Batasuna kokatzen da, 2015.urtean 18,1 milioi unitateekin (munduko produkzioaren %20), aurreko urtearekin konparatuz %6,1-eko gorakada izan zuen.

Alemaniak europar produkzioaren liderra izan arren, nabarmentzekoak dira Espainiaren datuak, 2015. urtean 2,7 milioi unitate ekoiztu zituen, aurreko urtearekin konparatuz %13,7-eko gorakada izan zuen. Honek auto ekoizle *ranking*ean Espainiak zortzigarren postura igotzea ekarri zuen. Jarraian, Espainiak duen hazkuntza maila antzekoarekin Frantzia dago.



Irudia 1 Munduko Auto produkzioaren eboluzioa

Kontrako aldean Errusia, Brasil eta Tailandia daude. Errusiaren kasuan gogor kolpatu du petrolioaren prezio murrizketak eta Brasilen eta Tailandian bertan dagoen mesfidantzak ondorio negatiboak izan ditu ekoiztutako unitate kopuruetan.

Auto ekoizleei erreparatuz, 2015. urteko irailean ezagutu zen Volkswagen eskandaluaren ondorioz salmentek %2-ko jaitsi ziren 2014. urtearekin konparatuz. Eskandalu horren ondorioz 2015.urtean Toyotak auto ekoizleen *ranking*ean lehenengo postua kendu zion marka Alemaniarrari.

Mundu mailan egiten diren matrikulazio kopuruari erreparatuz 2015. urtean 89,6 milioi

egin ziren aurreko urtean baino %1,72 gehiago. Mundu mailan herrialde gehienetan matrikulazioek gora egin dute. Errusian, aldiz, matrikulazio kopuruek %44,53-ko beherakada izan zuten.

Autogintza sektorea lanpostu kopuru handia duen sektorea da, Europa mailan lanpostu zuzen eta ez zuzenen artean 12,1 milioi langile izatera heldu da, langile kopuru totalaren %5,6. Autogintza sektoreari esker Europak (15 herrialde) biltzen dituen zerga kopurua 396 bilioi euro izan ziren. Gainera lanpostu gaituak bultzatzen dituen sektorea da, eta I+G+b-ri erreparatuz 41,5 bilioi euro inbertitu zituzten.

Europar auto ekoizpen kopurua malda positiboa izatea espero da, Europako Banku Zentralak izan duen jarrera espansionistak, petrolioaren prezioaren beherakadak eta ekonomiaren hazkuntza egonkorraren ondorioz joera positiboa hurrengo urteetan mantentzea espero da.

3.1.2.2. Espainiako egoera

2012. urtean hondoa jo ondoren autogintza sektore nazioanalak 2013. urtean gora egin eta 2014. urtean %11,1-ko hazkuntza izan zuen. 2015. urtean sektorearen egoera ona baieztatu zen urtea 2.733.201 auto ekoiztu ondoren, aurreikuspen guztiak apurtuz.

Maila makroekonomikoa aztertuz, autogintza sektorea Espainiako ekonomiaren motorra dela argi dago, Espainiako barne produktu gordinaren %10 baita. Esportazioei erreparatuz, 45.000 milioi euroko balioa duten auto eta pieza esportatu dira, honek %8,6-ko goraka suposatu du. Betidanik Espainiako autogintza sektoreak atzerrira esportatu du ekoiztutako zatitik handiena, eta horren ondorioz ekoiztutako autoen %80 atzerrira bidaltzen dituzte. Hori dela eta, barne krisi ekonomiko baten aurrean nolabait babestuta dagoen sektorea da. Auto gehienak Europar Batasunean saltzen dira, gehien bat Frantzia, Alemanian, Erresuma Batuan eta Italian. Nabarmentzekoa da 2015. urtean Espainian fabrikatutako autoek Asia helmuga zuten esportazioen gorakada. Bertan, espainiar auto eskaerak %58 igo zen (68.875 unitate).

Gaur egun Espainian 43 auto modelo ezberdin fabrikatzen dira, horietatik 20 Espainian ekoizteko mundu mailako eskusibotasuna dute. Autogintza sektorean lanpostu zuzen eta ez-zuzenen kopurua bi milioi inguruan dago eta orokorrean lanpostu egonkorrak eta gaituak izaten dira. Fabrikazio kostuak Europarekin alderatuta baxuagoak dira, eta horrek enpresentzat erakargarria den produktibitate handia eta inbertsore berriak ekartzen dituzte. Ondorioz, Ford enpresak Almussafes-en duen plantan aurretik Belgikan ekoizten ziren autoak fabrikatzea erabaki du. Hori dela eta, Valentziako plantak Mondeo, Galaxy eta S-Max modeloak fabrikatzeko agindua jaso du.

Renault-ek Valladolid-en duen plantan beste auto bat fabrikatzeko plan industrial

garatu du baina beti ere lehiakortasuna eta malgutasun alderdietan adostasuna lortzen bada.

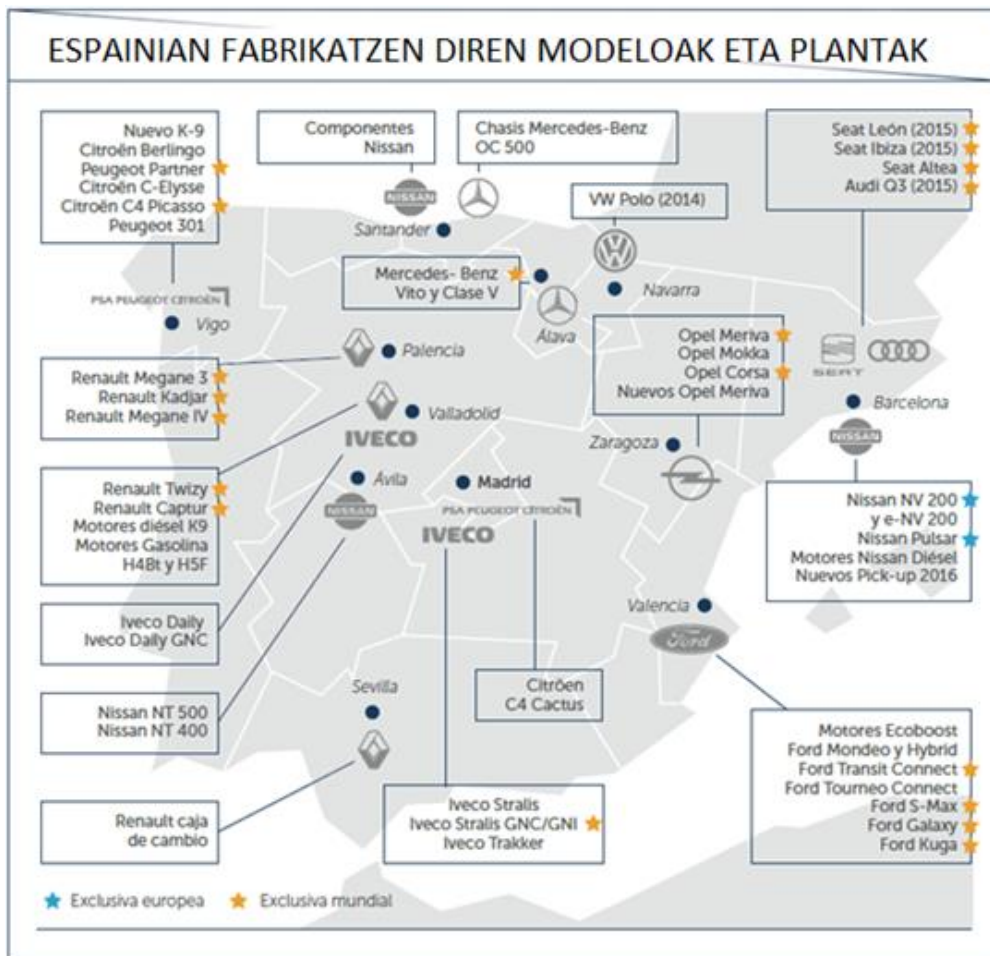
Gasteizen kokatzen den Mercedes-en plantak portaera ona izan du European egon diren matrikulazioei erreparatuz. Clase V eta Vito auto modelook egiteko enpresak 190 milioi euroko inbertsioa egin du eta urtean 125.000 auto egiteko gaitasuna lortu du.

Langile kopuruari erreparatuz bertan 3.500 langile ari dira lanean eta Mercedes-ek duen egutegi estuaren ondorioz kopuru hau gora egin du.

2015. urtean 99.400 auto ekoiztu dituzte eta hurrengo urteetan 100.000 unitate gainditzea espero da.

Espanian gehien saldutako markak hauek izan dira: Volkswagen, Seat eta Renault.

Jarraian Espanian ekoizten diren auto ezberdinen datuak agertzen dira, fabrikatzen diren planten arabera. [2]



Irudia 2 Espanian fabrikatzen diren auto modelook eta plantak

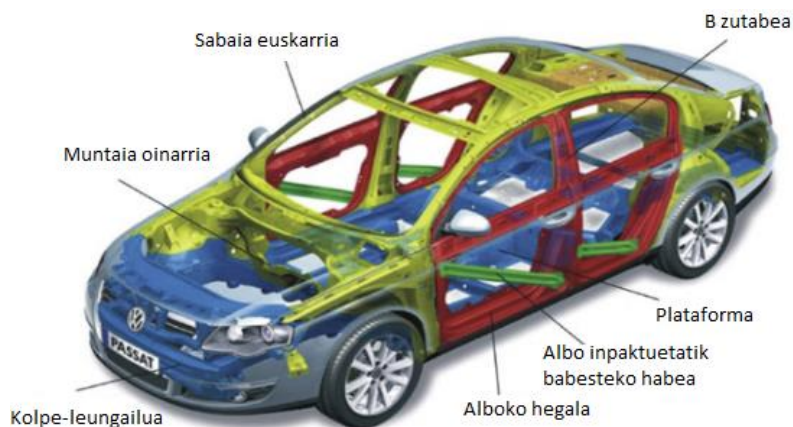
3.1.3. Bero konformaketa

Beroan egiten den estanzazioa edota *hot forming* autogintzan interes handiko prozesua da. Autogintza sektorean autoaren pisua arintzeko, segurtasuna eta materialen erresistentzia mekanikoa hobetzeko erabiltzen den estanzazio era da. Berotze prozesuak muga elastikoa eta berreskurapen elastikoa edo *springback* murriztu eta harikortasuna handitzen du. Ondoren azalduko den bezala, argi geratzen da autoen egitura fabrikatzeko erabiltzen den erresistentzia altuko altzairuari (UHSS) forma eta dagokion propietate mekanikoak emateko prozedurarik hoberena dela. [3]

Estanzazioa beroan Suediako Plannja enpresak 1977. urtean garatu eta patentatu zuen. Hasiera batean belarra mozteko zerrak egiteko erabiltzen zuten baina momentu horretan prozesuak zituen abantaila ezberdinak antzeman zituzten.

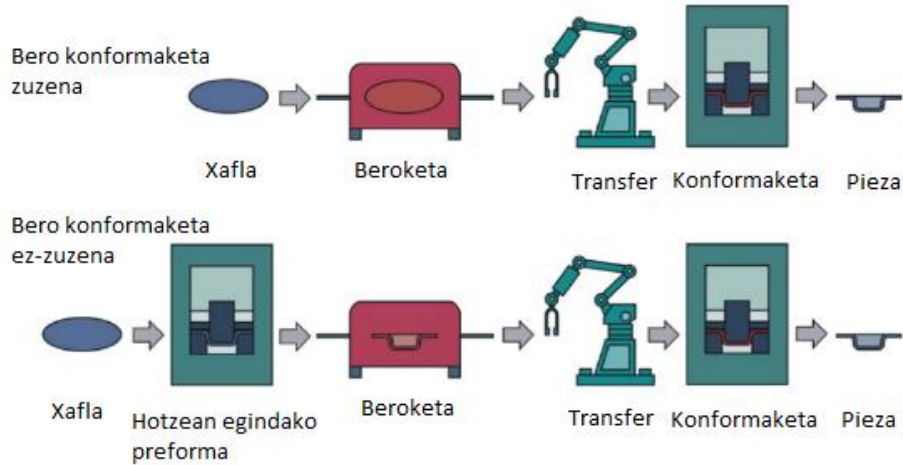
1987. urtean Saab Automobile AB enpresak autogintza sektorean estanzazioa beroan erabili zuen lehenengo erakundea izan zen. Saab 9000 autoaren egitura sortzen zuen altzairu aleazioari forma emateko erabili zuten. Momentu horretatik aurrera metodo honekin gauzatzen ziren piezen kopurua gora egin eta 1987. urtean egiten zituzten 3 milioi unitateetatik 1997. urtean 8 milioi unitatera iritsi ziren.

Konformaketa beroan gero eta gehiago erabiltzen den teknika da eta urteko produkzioa 110 milioi unitate/urte inguruan dago. Autogintza sektorean batez ere xaxisa osatzen duten piezak egiteko erabiltzen da, hala nola, A zutabea, B zutabea, kolpe-leungailua eta sabaia euskarria.



Irudia 3 Bero konformaketaren bitartez sortutako autoaren pieza ezberdinak

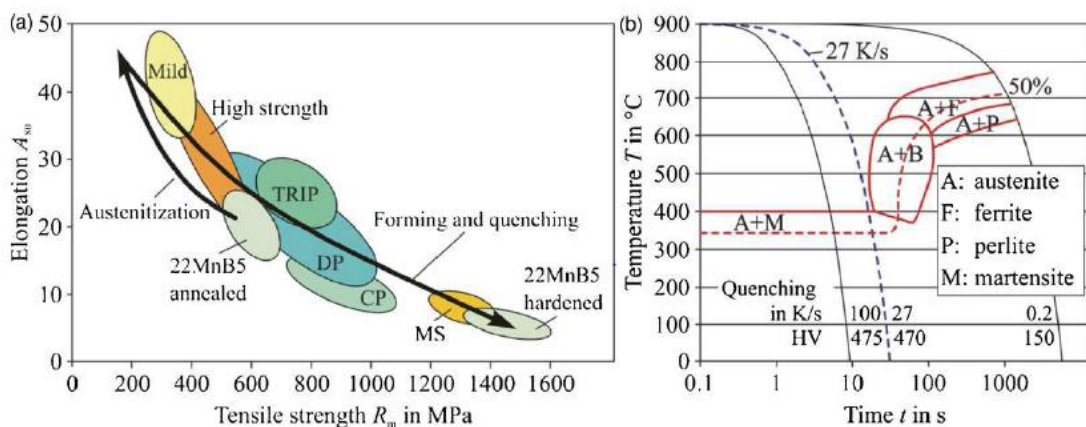
Bero konformaketa prozesua bi erakoa izan daiteke, metodo zuzena eta ez-zuzena edo zeharkakoa. Lehenengo metodoan hasierako xafla berotu eta zuzenean transfer makina baten bidez prentsan sartu eta nahi den forma ematen zaio. Bestalde, zeharkako metodoan berotu aurretik aurre-forma baten bidez hotzean konformatzen da.



Irudia 4 Konfomaketa zuzena eta ez-zuzenaren arteko alderaketa

Beroan egiten den konformazio prozesuari hasiera emateko xafla austenizazio temperaturara berotu behar da. Materialaren ezaugarri mekanikoak bermatzeko funtsezkoa da austenizazio temperaturan egongo den denbora zehaztea. Denbora hauetan xaflaren lodiera garrantzia handiko aldagaia da. 22MnB5 altzairuan esate baterako, argi ikusten da austenizazio temperaturak eta xaflaren lodierak denboran duen menpekotasuna. BATZ enpresak duen esperientzian oinarrituz mikroegitura eraldatzeko behar duen denbora 300-500 segundokoa da.

Hoztu ondoren, materialaren mikroegitura martensitikoa bilakatu dela esan daiteke eta gogortasuna 470 HV izatera heldu daiteke.



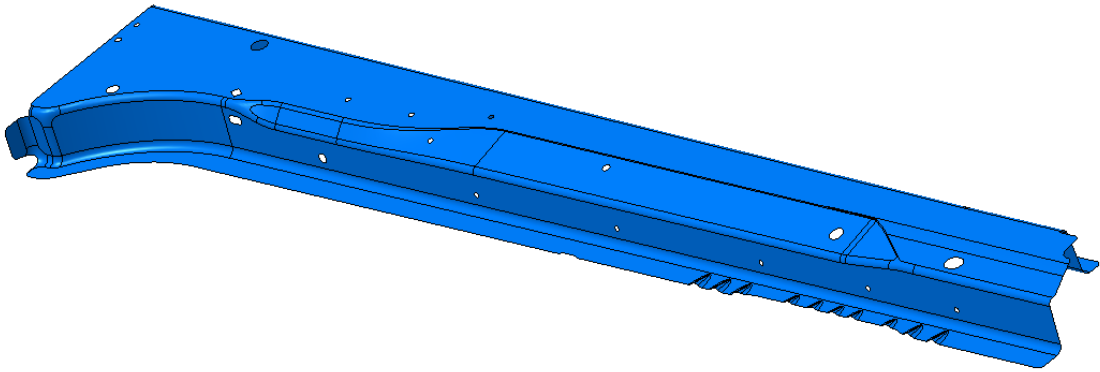
Irudia 5 Egitura martensitikoa lortzeko jarraitu beharreko pausak

Aurreko grafikoetan ikus daitekeen bezala, egitura martensitikoa lortzeko 27°C/s-ko hozte abiadura izan behar du, hala ere hozte abiadura austenizazio tenperatura eta pairatutako deformazioen menpekoa da.

3.2. Aztertuko diren piezak

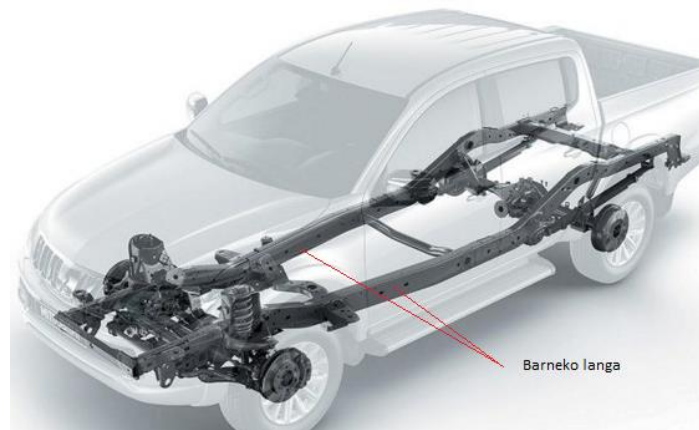
Barneko langa 16510

Proiektu honetan simulazio softwareak konparatzeko orduan 16510 pieza aukeratu da alderaketa egiteko. Aipatutako pieza Gestamp enpresak bidalitakoa da prentsan erabiliko den trokela diseinatzeko.



Irudia 6 16510 barneko langa

Aipatutako pieza Audi autoen egitura egiteko alboetan kokatzen den pieza da. Barneko langak kolpe baten aurrean energia xurgatu behar duenez garrantzia handiko pieza da. Jarraian agertzen den irudian merkatuan aurkitu daitekeen auto batean barneko langaren posizioa adierazten da.



Irudia 7 Barneko langaren adibide grafikoa

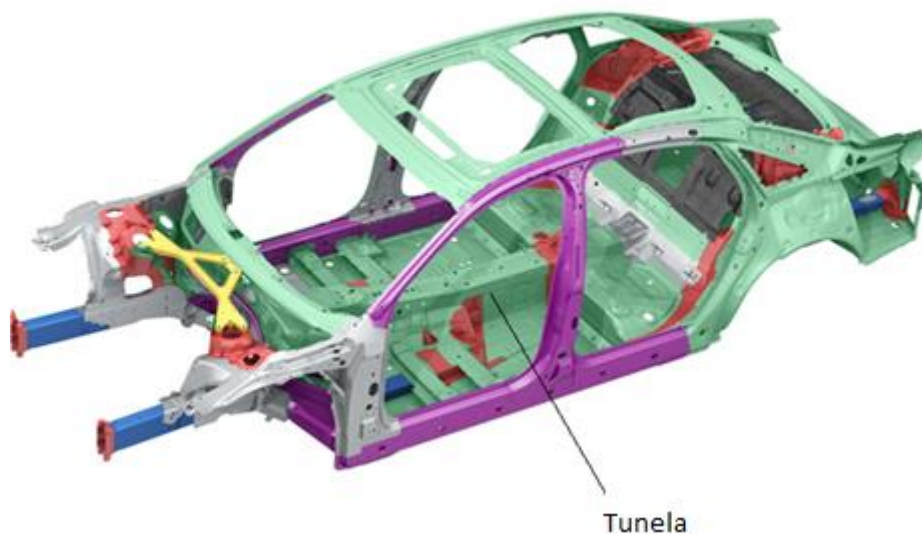
Bezeroak trokela diseinatu nahi duenean lortu nahi duen pieza bidaltzen du, Batz-en jarraitu behar diren operazioak plano metodoan zehaztu ondoren beharrezkoak diren erremintak definitzen dira.

Piezaren erabilera analizatu ondoren bezeroak piezaren materiala USIBOR 1500 P (ArcelorMittalen 22MnB5) eta 1,5 mm-ko lodiera izango duela erabaki ondoren enbutizioa burutzeko beharrezkoak diren erremintak diseinatzen dira. Pieza honek erabiltzailearen segurtasuna bermatzeko gogortasun altua izan behar du, horregatik beroan egitea erabaki da.

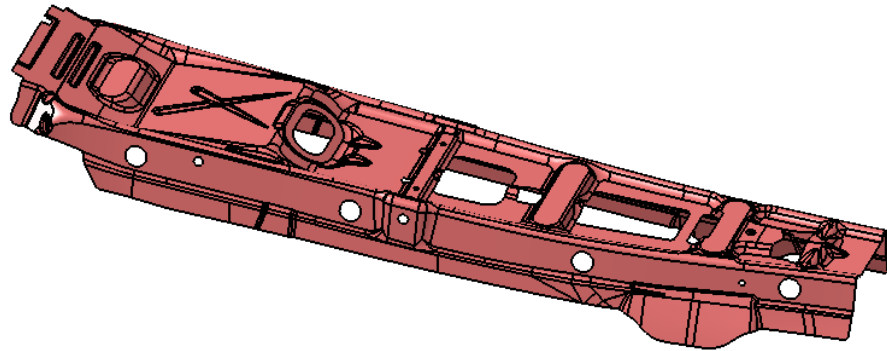
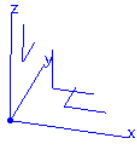
Behin jarraitu behar diren pausoak argi daudenean erreminta ezberdinak diseinatu behar dira. Ondoren, proiektu honen helburua software ezberdinak konparatzea denez programa ezberdinekin simulatu ondoren emaitzak analizatuko dira.

16525 Tunela

Proiektu honetan aztertuko den hurrengo pieza Kirchhoff bezeroak bidalitako agindua da. Kirchhoff enpresak Daimler auto ekoizlearentzat ekoiztuko ditu hainbat pieza. Aipatu den pieza autoaren erdialdean kokatzen da eta tunela deritzo. Autoaren egitura diseinatzeko orduan luzera handienetarikoa da, ondoren ikus daitekeen irudian piezaren kokapena agertzen da. Enpresan ezarrita dagoen akordioa jarraituz pieza bakoitza autoan kokaturik dagoen erreferentziarekin lotuta egon behar da. Y ardatza autoaren aurreko gurpilen ardatzarekin bat egiten du eta X ardatza berriz, zeharkako ardatza da.



Irudia 8 16525 tunelaren adibide grafikoa



Irudia 9 16525 tunela

Askotan auto ekoizleek piezaren gune konkritu batean nahi dituzten propietate mekaniko egokiak lortzeko eta xahutzen den materiala eta kostuak murrizteko aukera aproposa da lodiera ezberdineko formatuak erabiltzea. Ingelesez *Tailored blank* izenez ezagutzen da, *Tailored Welded blank* kasuan lodiera ezberdina duten txapa ezberdinak soldatuz lortzen da eta *Tailored Rolled blank* kasuan berriz, laminazioan zuzenean lodiera ezberdineko txapa lortzen da.

Aztertuko den simulazioa honetan, bezeroak nahi dituen propietate mekanikoak lortzeko formatua hiru lodiera ezberdinetan bananduko da (1,15 mm, 1,45 mm, 1,65 mm), lodiera ezberdin horiek jarraian ez daudenez trantsiziozko guneak sortuko dira, hau da lodiera ezberdina duten guneak.

Autoform softwarean hasiera batean formatuaren perimetroa eta izango dituen zuloak sartu behar dira. Ondoren, lodiera ezberdinak adierazteko puntu ezberdinen bidez egiten da jarraian ikusten den irudian antzeman daitekeen bezala.

Autoform-en trantsiziozko gunea automatikoki egiten du lodiera ezberdinak dituen guneak elkartzeko lodiera aldakorreko zonaldeak sortzen ditu.

Pam Stamp softwarean berriz, formatuaren perimetroa eta zuloak sartu ondoren lodiera ezberdinak mugatzen dituen zuzenak inportatu behar dira. Ondoren sortzen diren zonalde ezberdinen lodiera adierazi behar da. Kasu honetan, trantsiziozko guneak hartuko duen lodiera adierazi behar da eta bi lodiera ezberdinen erdiko balio hartuko duela adostu da. Horrela benetan izango duen portaera ahalik eta hoberen simulatuko du.

3.3. Lanaren helburua eta irispena

Lanaren helburu nagusia Autoform eta PAM-Stamp arteko alderaketa egitea da, horrela konformaketaren eta analisi termikoaren simulazioak zein softwaretan diren zehatzagoak frogatu daiteke, beti ere bero konformaketan. Autoform R7 bertsioaren kaleratzearen ondorioz azken bertsioaren eta aurrekoaren alderaketa egitea erabaki da, egon daitezkeen aldaketak antzemateko.

Nahiz eta prozesu honetan jarraitzen den prozedura errepikakorra izan geometriaren arabera aldaketak egin behar dira simulazioa era optimoan egiteko. Ondorioz lan honen emaitzak erabilgarriak eta fidagarriak lortzeko ezinezkoa da pieza bakarraren simulazioa analizatzea. Horregatik bero konformaketan oinarritutako proiektu honetan ondorioak ateratzeko bi piezen analisia gauzatuko da.

Batz enpresak duen esperientzia zabala eta proiektu honekin lortu nahi dituzten ezagutzen ondorioz, bero konformaketa simulazioan funtsezkoak diren aldagaiak neurtuko dira.

Bi softwareekin konformaketa simulazioa egin ondoren benetan fabrikatutako piezarekin datuak alderatzea oso interesgarria izan daitekeela ikusi da, hori lortzeko trokelen doiketa egitean lortutako piezak neurtuko dira ondoren simulazioan lortutako datuekin konparatzeko. Datu horiekin emaitza zehatzagoak ematen dituen softwarea aukeratu eta etorkizunean enpresan izan dezakeen ezarpena ikasiko da.

Lehen mailako helburua zein emaitzarik zehatzenak ematen dituen softwarea aukeratzea da, baina horretarako beste helburu partzialak burutu beharko dira.

- Analisia burutzeko aproposak diren geometrien aukeraketa.
- Analisia egiteko irteera aldagaien aukeraketa.
- Autoform eta PAM-Stamp bidez simulazioak egin eta datu esperimentalekin alboratu.
- Prestakuntza eta simulazio denborak azterketa bi software ezberdinetan.

3.4. Lanaren abantailak

Pam Stamp programak estanzazioa egiteko beharrezkoa den matrizearen gainazala sortzeko aukera ematen du, baita ere ondoren egiten den konformaketa metalikoaren prozesuan parte hartzen duten elementuen diseinua. Ingeniariek, ordenagailuaren bidez konformaketa prozesua diseina, optimiza eta egiazta dezakete.

Proiektuaren helburua prototipo birtual bat sortzea da eta ondoren fabrikazio zein muntaketa prozesuetan piezak izan behar dituen zehaztapenak betetzen dituela bermatzen du, gainera, denbora eta aurrekontuaren barruan dagoela ziurtatzeko aukera ematen du.

Programaren abantailak hiru multzo nagusietan sailkatu daitezke, teknikoak, ekonomikoak eta sozialak.[4]

3.4.1. Abantaila teknikoak

Ordenagailuan piezaren simulazioa egiteko beharrezkoa den lehenengo pausoa pieza erabiltzeko aproposa dela ziurtatzea da, ingeniariak piezaren topologia konprobatu eta piezaren diseinuaren garbiketa egin behar dute matrizearen sorkuntzarekin hasi aurretik. Ondoren bezeroak esandako piezaren materiala, txaparen lodiera, quenching eta garraio denbora konprobatzen dira. Simulazioa softwareek gainazala edota modelo solidoak inportatzeko aukera ematen du, eta behin hori eginda programari goi eta azpiko gainazalak zeintzuk diren esan behar zaio, gainera piezen simetria badago pieza erdia diseinatzea ahalbidetzen du.

Bestalde “springback” efektua, hau da, behin deformatuta txapak bere hasierako egoera berrekuratzeko duen joera kalkulatu daiteke, horrela prozesuaren bitartean trokelak konpentsatzeko aukera emateaz gain tailerrean bezala piezaren gainean egiten dituen akatsak ikus daitezke.

Simulazio programak erabiltzean CATIA-k duen datu basea erabiltzen dute, horrela material ezberdinen portaera aurreikusteko kapaza da. PAM-Stamp programarekin matrizearen gainazala modu azkarrean kalkulatu daiteke B-Spline geometria erabiltzen dutelako.

Tentsio egoera edozein momentutan kalkulatzeko gai dira eta horren ondorioz diseinua optimizatzeko orduan erraztasunak eskaintzen ditu. Tentsioa ezagutzen denez, txaparen lodiera murriztu eta ondoren derrigorrezko lodiera minimoa aukeratu daiteke prozesuan erabiltzeko, prezioa minimizatuz.

3.4.2. Abantaila ekonomikoak

Programa honen bidez materialak dituen propietateak diseinu optimo bat lortzeko erabiltzen dira, hau da, materialaren tentsio egoera momentu oro ezagutzen da, horrela gehiegizko gain-dimentsionaketa ekidituz eta errentagarritasuna bermatuz. Lodiera minimoko txapak erabiliz, prentsak energia gutxiago erabili eta beraz, enpresak energia gutxiago kontsumituko du. Baina beti ere, lodiera bezeroak onartu behar duen parametroa da.

Erabiltzaileek erabiliko den materialaren kostua aurreikusteko eta trokelaren diseinu optimoa izateko programak hainbat aukera eskaintzen ditu, hala nola “nesting” optimoa eta piezaren ingurunea zehazteko aukerak. Diseinu fase honetan diseinatzen duten pertsonak B-Spline geometria erabiliz gainazalak modela ditzakete. Horrela, programak zimurdura eta apurketa gabeko estanpazio prozesua sortzeko aukera eskaintzen du. Gainera tolesketak, mozketak eta ebaketa lerroak egiteko aukera ematen du.

Aurretik esan den bezala, programa honek zuzenean matrizea diseinatzen du eta ez da behin eta berriro prentsan probak egin behar diseinu optimoa lortzeko. Prentsak prozesu bakoitzean behar duen energia kontuan izanda eta beharrezkoak diren langileen soldata kontuan izanda, birtualki simulatu ordez errealtatean frogatzen bada, hau da, parametroak aldatuz prentsa hidraulikoak erabiliz prozesua behin eta berriro erabiliz eta materiala xahutuz enpresa handi batean egunean 2500 € aurreztu daitezke simulazio programak erabiliz.

Bestalde, erreminta honekin denbora asko aurrezten da, ordu batean pieza baten enbutizioa simulatu daitekeelako. Errealtatean egin ezker bi eguneko lana suposatu dezake, prentsan erreminta ezberdinak muntatu, indarrak zehaztu, makinaren mantenu lanak, beraz denbora hori produzitzeko erabili daiteke errentagarritasuna handituz.

3.4.3. Abantaila sozialak

Proiektu honetan proposatzen den programa erabiliz lan zama handia murrizten da. Langileek ordenagailuaren bidez simulatu dezakete aurretik prentsa hidraulikoaren bidez egiten zituzten saiakuntzak. Horren ondorioz, tailerrean egiten zen lana murriztu eta emaitzetan zehaztasuna handitzen da. Horren ondorioz, langileen lan baldintzak asko hobetzen dira ordenagailuaren bidez burutzen diren lanak direlako.

Gainera, gaur egun oso garrantzitsuak diren informatika ezagutzak langileen artean

zabaltzen dira, hauen konfiantza eta baliagarritasuna handituz. Proposatzen den programa erabiltzeko hasierako formakuntza lana egin behar da langileen artean oinarrizko informazioa emateko, ikastaro hauek etengabeko ikasketa eta talde lana bultzatzen dute eta honen ondorioz produktibitatearen igoera ekar dezake.

Bestalde, azken urteetan ingurumenean eragina duten prozesuak murrizten hasi dira. Enbutizioa prozesua lantzen duten enpresetan normalean proben ondorioak diren material kantitate handiak xahutzen dira, material hauek birziklatzeko energia kantitate handiak behar dira beraz, ingurumenean eragina duen aktibitatea da.

Zarata enpresa hauetan berezko ezaugarria da eta arazo hau ez du langileengan bakarrik eragina izaten enpresaren inguruan bizi diren bizilagunengan ere arazo larriak sor ditzake. Horretarako simulazio softwareek matrizearen eta beharrezkoak diren erreminten diseinuak egitean sortzen diren zaratak eta material xahuketak guztiz eliminatzen ditu, bizilagun eta enpresaren arteko erlazioa hobetuz eta askoz ere erosoagoa den giroa sortuz.

3.5. Alternatiben analisia

Azken urteetan autogintza sektoreak produktibitatearen hobekuntza jasan du. Alde batetik, fabrikatze denbora murrizketa eta bestetik kostuen murrizketen ondorioz. Fabrikatzaileek eta hornitzaileek estanzak erreminten bizitza erabilgarria luzatzeko asmoz etengabeko ikerketa bultzatzen ari dira. Helburua produkzio efiziente eta fidagarria lortzea da. Gaur egun produktu eta erreminta hoberenen diseinu garapena ikertzen ari dira eta hori lortzeko funtsezkoak dira estanzak prozesua simulatzen duten softwareak, material egokien erabilera eta beroketa sistema ezberdinak. Erroka berriak estanzak teknologia berriak eta material berrien erabilera dira, aluminioa edota ultra erresistentzia altuko altzairua esate baterako.

3.5.1. Softwareak

Matrizegintzan trokelaren diseinua egiteko orduan garrantzia handiko aurrerapausoa izan da simulazioa softwareen agerpena. Ondoren gaur egun estanzak simulazioak egiteko erabiltzen diren software ezberdinak agertzen dira.

3.5.1.1. Autoform®

Autoform Engineering GmbH enpresa suitzarraren produktu nagusia Autoform da, matrizegintzan eta xafla konformaketan oinarritzen da. Softwarea bera bakarrik edota modulu ezberdinetan Catia edo NX programetan aurkitu daiteke. Piezaren egokitzapena, materialaren kostua, tresna ezberdinen diseinua eta konformaketa prozesuaren optimizazioa gauzatzeko erabiltzen da.

Autogintza sektorean estanzazio simulazioa egiteko gehien erabiltzen den softwarea da, BMW, Audi, Ford, VW, Jaguar edo Volvo-k dagoeneko softwarea hau erabiltzen dute. Estanzazio metalikoaren prozesua osoan erabiltzen da, prentsan xaflaren sarrera, zapaltzea, enbutizioa, mozketa, konformaketa, hegalen tolesketa, eta springback efektua kontrolatzeko aukera ematen du.

Software hau estanzazio erreminten diseinuan eta prozesuaren planifikazioan jarduten dutenentzat zuzenduta dago. Modu arin eta eraginkorrean, estanzazio prozesu osoa definitzeko eta arazoan aurrean aldatu beharreko parametroak aldatzeko aukera ematen du.

Erreminta honek estanzazio geometria osoa definitzeko aukera ematen du eta CAD sistema eta Autoform softwarearen arteko elkarrekintza errazten du.

Bezeroek eskakizuna ez da bakarrik amaierako piezaren kalitatea bermatzea, softwarearen etengabeko hobekuntza eta berrikuntza ere bilatzen dute.

Autoform softwarearen abantailak jarraian agertzen direnak dira:

- Prozesuaren layout-a eta konformaketa operazioen 3D simulazioa modu azkarrean lortzeko aukera ematen du.
- Edozein momentuan diseinatutako layout-a aldatzeko aukera ematen du, horrela aldaketa azkarrak baimentzen ditu.
- Enbutizio sakona, tolesketa, konformaketa, eta mozketa simulazio zehatza ahalbidetzen du.
- Amaierako piezaren gainazalaren kalitatea eta erremintaren higadura kontrolatzen ditu.
- *Springback* efektuaren simulazio zehatza eta bere konpentsazioa errazten du.
- Autoform eta CAD sistemaren arteko elkarrekintza perfektua eta bidirekzionala.[5]

3.5.1.2. PAM-Stamp®

ESI Group enpresa frantsesak prozesuaren errendimendua, errealitatea, integrazioa eta inguru birtualak garatzen dituen softwareak diseinatzen ditu eta PAM-Stamp enpresaren bidez xafla konformaketaren simulazioa modelizatzen ditu. Software honek xafla konformazioa diseinatu, optimizatu eta prozesuen egiaztapena egiteko aukera ematen du. Software honen berezitasuna *hot stamping* prozesuetan hozketa sistemaren efizientzia kontrolatzeko gaitasuna da.

PAM-Stamp programak txapa, tutu metaliko eta estrusioz fabrikatutako perfilen konformaketa hotzean eta beroan simulatzeko aukera ematen du. Industrian sektore ezberdinetan erabiltzen da, autogintzan, aeroespazial eta elektronika industrian batez ere.

Programa OEM Renault, Opel edo MAN enpresetan erabiltzen da eta enpresaren lan egiteko moduaren ondorioz hainbat aliantza osatu dituzte.

PamStamp programak *Die Face Desing* deitutako erreminta du. Erreminta hau prozesu osoan bezeroak jarraitzen dituen pauso guztiekin bateragarria da, hasierako sorkundetik eraginkortasun prozesutik amaierako balioztatzera. Matrizea sortzeko erreminta honek B-Spline geometrian oinarritzen da, emaitza azkarra, ahalsua eta malgua lortuz. Matrizearen gainazalak oso zehatzak izan behar dira, kontaktu gainazalen portaera eta emaitzak zehatzak izateko.

PamStamp programarekin piezaren geometria izanda hasierako diseinua eta ebaluaketa egiten du, arrakalak eta zimurduren presentzia aurreikusiz. Normalean hasierako simulazioan akats ugari agertzen dira eta horiek konpontzeko programak jarraian agertzen diren erremintak eskaintzen ditu:

- Piezaren aldaketa partziala edo erabatekoa.
- Zimurdurak kentzeko addendum-aren aldaketa geometrikoak.
- Prozesuen aldaketak zimurdurak eta arrakalak ez agertzeko.
- Kostua murrizteko txaparen dimentsioak murrizteko aukera ematen du.

CAD programekin konparatuz, matrizea sortzeko beharrezko denbora asko murrizten du programak dituen erreminta berezi eta datuak erabiliz. Gainera, momentu guztian laguntza eskaintzen duten erremintak ditu eta beraz modu azkar batean matrizearen diseinua egitea posible egiten du. [6]

Hurrengo ponderazioa taulan aldagai ezberdinak 1etik 5era puntuatu dira, 5 zenbakia puntuazioa hoberena eta egokiena izanik.

Taula 1 Software ezberdinen ponderazio taula

	Malgutasuna %30	Denbora %25	Temperatura analisi %20	Kostua %25	Guztira
Autoform®	4	4	4	3	3,75
PAM-Stamp®	2	2	4	3	2,65

Malgutasuna konparatzen badugu, Autoform-ek erabiltzaileari aldaketak egiteko aukera ematen dio, behin prozesuko erremintak diseinatuta daudenean hauek aldatzeko aukera ematen du.

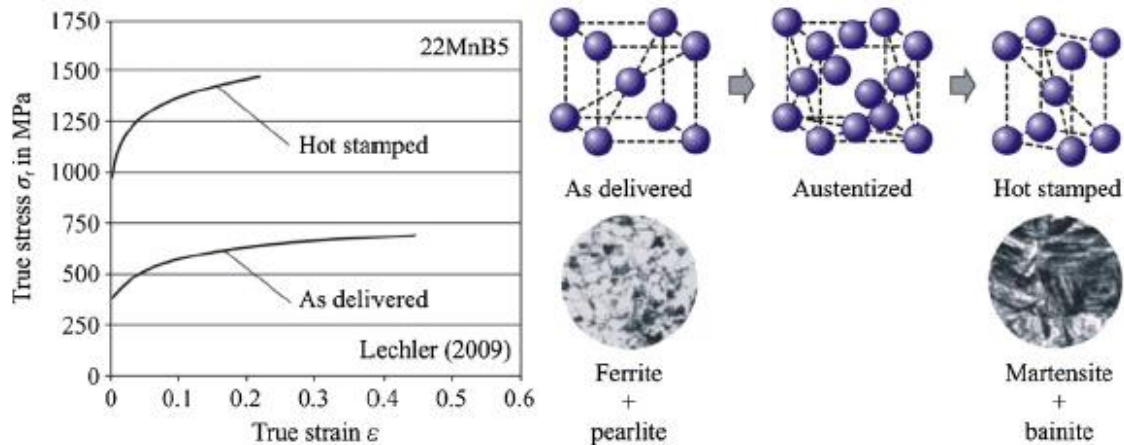
Denbora kontuan izaten badugu, nahiz eta PAM-Stamp softwarearen 2017-ko bertsioan denboraren murrizketan aurrerapen handia egon den oraindik ere Autoform baino motelagoa da. Autoformen eta Pam Stamp softwareetan pieza berdinen simulazioa egiterakoan lehenengo softwareak 38 minutu behar izan ditu eta Pam Stamp-ek berriz sei orduko iraupena izan du.

Bestalde, temperaturaren analisisa egiterakoan PAM-Stamp programak aukera gehiago eskaintzen ditu, azkenengo bertsioan Autoform-ek analisi termikoak egiteko aukera ematen du, baina bere lehiakideak duen esperientzia handiaren ondorioz temperatura analisiaren inguruan Autoform-ek abantaila handiagoak ditu.

3.5.2. Beroketa sistema ezberdinak

BATZ enpresak diseinatzen dituen konformaketa tresnak bero konformaketa zuzena egiteko pentsatuta daude, horregatik proiektu honetan aztertuko diren kasuak metodo honentzat bideratuta egongo dira. *Hot stamping* prozesuan altzairuzko xafla 920 °C-950 °C-tara berotzen da prentsan forma eman aurretik. Normalean altzairu hipoeutektoidea erabiltzen da.

Berotzen den denbora horretan materialaren hasierako ferritiko-perlitiko egitura %100 austenitiko batera aldatzen da.



Irudia 10 22MnB5-ren mikroegitura eta portaeraren grafikoa

Jarraian, beroketa prozesua egiteko jarraitu daitezkeen hiru prozesu ezberdin azalduko dira.

Arraboldun labe jarraiak

Industrian gaur egun ikusi daitezkeen metodoa da, baina bere tamaina eta kostu altuaren ondorioz gero eta gehiago deuseztatzen da. Labe honetan normalean luzera handiko pieza erregaiz edo elektrizitatearen bidez berotzen den labe batera sartzen dira. Labe barruko atmosfera piezaren gainazala ez kaltetzeko kontrolatuta egoten da.

Labe honen abantaila nagusia luzera ezberdineko pieza berotzeko aukera ematen duela da, gainera produkzioa jarraia izatea baimentzen du.

Labe honen diseinu aurreratuak produktuaren kalitatea eta produkzio ratio altua mantentzea ahalbidetzen du. Labe barruko atmosfera uneoro kontrolatuta dago kontrol begizta itxi baten bidez. Gainera fabrikazioa metodo honen bidez piezak guztiek jasotzen duten beroa uniformea da eta ondorioz pieza guztien ezaugarri mekanikoak berdinak izango dira.

Bestalde, makina honen instalatzeko erraztasuna nabarmena da eta behar den momentuan bloke ezberdinak instalatzea edo kentzea baimentzen du. Arrabolak kanpotik eraginda daudenez eta haien tenperatura konstantea denez ez da neke termikoa eragina kontuan hartu behar. Beraz, arrabolen bizitza luzea izateko diseinatuta daude.

Makina arrabol ezberdinek abiadura ezberdina izan dezakete eta horrek beharrezko denbora berdina izanik aldi berean makinaren dimentsioak murrizteko aukera ematen du.

Mota honetako labeak momentu bakoitzean dugun produkziora egokitzeko aukera eskaintzen du, beraz labe normalekin alderatuz abantailak jarraian agertzen direnak dira:

- Labeek etengabe gradiente termiko handiak izaten dituzte. Honek energia xahutu eta materialean tentsioen handitzea eragiten du.
- Labeetan *pick and place* mugimenduen automatizazioa egitea zaila da.
- Energiaren berreskurapena eta honen kostua txikiagoa da sistema jarraietan.
- Arrabolezko labe jarraien dimentsioak labe normalen erdia izan daiteke.
- Arrabolezko labe jarraien bizitza erabilgarria luzeagoa da. [7]



Irudia 11 Arraboldun labe jarraia

Kondukzio bidezko beroketa

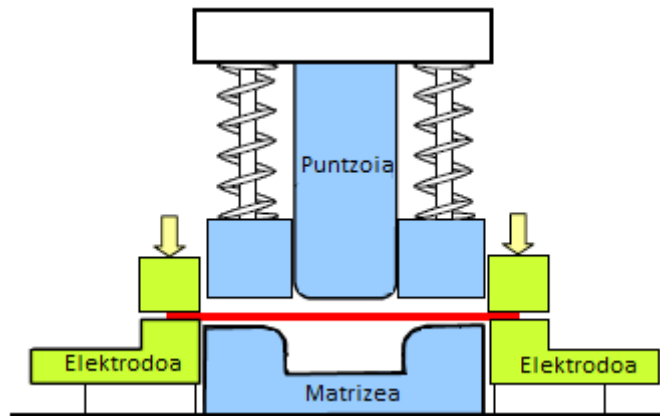
Kondukzio bidezko beroketa bero konformaketan erabiltzen den beste metodo bat da, kasu honetan berotu nahi den xafla bi elektrodoen artean kokatzen da. Korrontea xafla zeharkatzen duenean materiala berotu eta austenizazio tenperatura lortu arte berotzen da. Beroketa prozesu hau zirkuituan dagoen potentziarekiko proportzionala da. Elektrodoen kontaktu txarrak eta materialean aurki daitezkeen ezpurutasunak materialaren erresistentzia handitu dezake materialetik igarotzen den korrontea murriztuz. Beraz, kontaktu hauen diseinua funtsezkoa da materialaren homogeneotasuna bermatzeko.

Metodo hau erabiltzearen arrazoirik nagusia efizientzia da. Efizientzia kasu honetan materialaren erresistentziarekin dago lotuta. Beraz, kasu honetan luzera/diametro erlazioa garrantzia handikoa da erresistentzia horren menpekoa delako.

Bestalde, desabantailarik nabarmenenak pieza luzeetan luzeran zehar agertzen diren

gradiente termiko handiak eta pieza konplexuak homogeneouski berotzeko zailtasuna dira.

Kondukzio bidezko beroketaren beste aldaera bat xaflaren berotzea eta konformaketa leku berdinean egitea da. Horrela, xaflaren garraioan galtzen den beroa aurreztu eta efizientzia handitzen da. Horretako bi elektrodoek xaflarekin kontaktua bermatzeko 7,4 MPa-eko presioa sortzen dute. Bero galera murrizteko helburuarekin beroketa amaitzen denetik konformaketa hasi arte 0,2 s-ko tartea egoten da. [8][9]

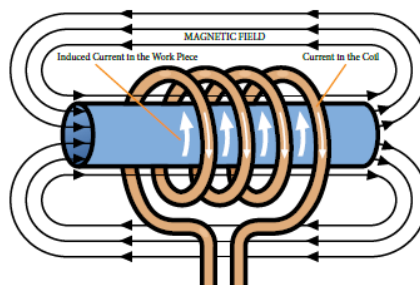


Irudia 12 Kondukzio bidezko beroketa

Indukzio bidezko beroketa

Azkenengo beroketa sistema indukzio bidezkoa da, metodo hau material eroale eta erdi eroaleak berotzeko erabiltzen da. Induktorearen geometria pieza eta eragingailu magnetikoaren arteko distantzia erlatiboa zehazten du. Xaflaren eta induktorearen arteko distantzia beroketa efizientzian du eragina. Distantzia hori txikia izateak kalte larriak eragiteko aukerak handitzen ditu. Arrabolen bidezko labeekin konparatuz indukzio bidezko beroketaren efizientzia bikoitza izatera heldu daiteke arrabolen bidez energia kantitate handiak xahutzen direlako.

Indukzioaren abantaila nagusiak berotze denbora laburra, doitasun handia, efizientzia altua, segurtasuna eta zehaztapen maila altuaren ondorioz berotzen den materialaren bizitza erabilgarriaren luzatzea dira.



Irudia 13 Indukzio bidezko beroketa printzipioaren azalpen grafikoa

Behin egitura aldaketa eginda dagoenean beroketa egin den gailutik prentsara ahalik eta arinen eraman behar da, energia xahuketa minimizatzeko. Egoera horretan austenitak konformagarritasun altua du, beraz horri esker pieza konplexuak kolpe bakarrez egiteko aukera ematen du. Konformaketa prozesua egin ondoren tenplaketa bermatzeko asmoz, konformaketa tresneria eta pieza itxita mantentzen dira bero transmisioa eta ondorioz egitura martensitikoa eratzeko. Prozesu hori *quenching* deritza, 22MnB5 materialean egitura martensitikoa lortzeko hasierako grafikoan ikus daitezkeen bezala hozte erlazioa 27 °C/s izan behar da. Egitura austenitiko (fcc) batetik martensitiko (bcc) batera aldatzen denean bolumena handitzen da eta horrek prozesu honetan dauden barne tentsioetan eragina du. Materialaren ezaugarri morfologikoak ezberdinak dira eta ondorioz propietate mekaniko ezberdinak izatea eragiten du. Ondorioz, aurretik azaldu den bezala oso garrantzitsua da prozesu honetan materialaren beroketa homogeneoa izatea. [10]

Hurrengo ponderazioa taulan aldagai ezberdinak 1etik 5era puntuatu dira, 5 zenbakia puntuazioa hoberena eta egokiena izanik.

Taula 2 Beroketa sistemen ponderazio taula

	Efizientzia %25	Kostua %20	Segurtasuna %15	Bero banaketa homogeneoa %15	Denbora %25	Guztira
Arraboldun labe jarraiak	3	4	4	3	2	3,1
Kondukzio bidezko beroketa	2	3	4	2	2	2,5
Indukzio bidezko beroketa	4	2	4	4	4	3,6

Efizientzia kontuan izaten badugu indukzioa da metodorik hoberena, indukzio bidezko beroketan piezaren egon daitezkeen ezpurutasunak edota zikinkeria piezaren erresistentzia handitu dezakete bertatik igarotzen den korrantea murriztuz. Arraboldun labe jarraien errendimendua ez da bikaina eta ondorioz lortutako energia guztia ez da piezan islatzen.

Kostuari erreparatur, indukzio bidezko beroketak enpresan bertan azpieztasio elektriko baten beharra du, eta beraz inbertsioa oso handia beharrezkoa da. Arraboldun labe jarraiak luzera handikoak izan arren zatika behar izanen arabera eros

daitezke eta beraz labearen beharra aztertzeko aukera handiagoa ematen du.

Segurtasunaren arabera, hiru metodoak langileen segurtasuna bermatzen dute, bai material eroaleak bakarrik berotzen dutelako eta beroketa ingurunea babestuta dagoelako.

Materialek lortzen duten banaketa uniformeak konparatzen badugu, kondukzioa erabiltzen den metodoan ez dira propietate mekaniko uniformeak lortzen. Hiru sistemen artean indukzioan berotzen da arinen, eta beraz modu orokor batean eta aldagai horiek aztertuz, indukzio bidezkoa da abantaila gehien dituen metodoa.

3.5.3. Formatuaren material ezberdinak

Bero konformaketa egiteko erabiltzen den altzairu ezagunenak 22MnB5 eta ArcelorMittalen Usibor 1500P® dira. Azkeneko hau gainazalean aluminiozko geruza duen 22MnB5 motako altzairua da.

ArcelorMittal enpresa gainazalean aluminiozko geruza duten altzairuen garapenean aitzindaria da. Jarraian bero konformaketan erabiltzen diren altzairu ezberdinak agertzen dira. Nabarmentzekoa da 37MnB4 altzairuak duen hozte tasa baxua eta erresistentzia mekanikoa (2040 MPa) baina bestalde, 22MnB5 altzairuak baino soldagarritasun txarragoa du.

Taula 3 Autogintzan erabiltzen diren boroa duten altzairuak

Steel	Al	B	C	Cr	Mn	N	Ni	Si	Ti
20MnB5	0.04	0.001	0.16	0.23	1.05	-	0.01	0.40	0.034
22MnB5	0.03	0.002	0.23	0.16	1.18	0.005	0.12	0.22	0.040
8MnCrB3	0.05	0.002	0.07	0.37	0.75	0.006	0.01	0.21	0.048
27MnCrB5	0.03	0.002	0.25	0.34	1.24	0.004	0.01	0.21	0.042
37MnB4	0.03	0.001	0.33	0.19	0.81	0.006	0.02	0.31	0.046

Steel	Martensite start temperature in °C	Critical cooling rate in K/s	Yield stress in MPa		Tensile strength in MPa	
			As delivered	Hot stamped	As delivered	Hot stamped
20MnB5	450	30	505	967	637	1354
22MnB5	410	27	457	1010	608	1478
8MnCrB3	-	-	447	751	520	882
27MnCrB5	400	20	478	1097	638	1611
37MnB4	350	14	580	1378	810	2040

Gaur egun autogintza sektorean erabiltzen diren materialen artean 22MnB5 da gehien erabiltzen dena. Batz enpresan ArcelorMittal-en Usibor® erabiltzen dute beroko konformaketa egiteko. Aurretik azaldu den bezala, Usibor® eta 22MnB5 oso antzekoak dira eta duten haustura erresistentzia altua eta arintasunagatik autoen egitura eta segurtasunerako funtsezkoak diren elementuak egiteko aproposak dira.

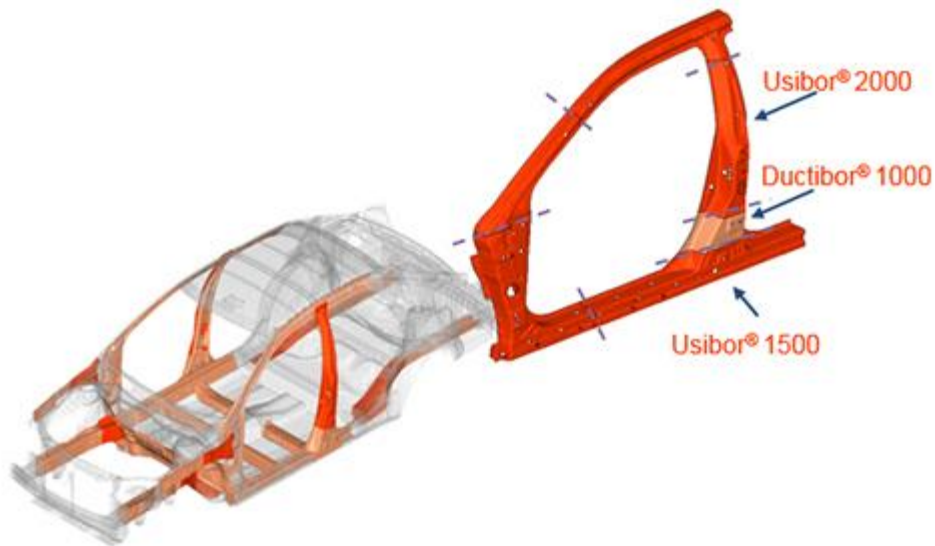
Aplikazio erabilienak A eta B zutabeak, kolpe-leungailua, barneko langak eta sabaiaren oinarria dira.

Azken piezak dituen propietate mekaniko berdinak lortzeko hotzeko konformaketan

egin nahi bada piezaren pisua %30-50 inguruan handituko litzateke.

Bestalde, material honek beroan duen forma emateko erraztasunak pieza konplexuak egiteko aukera ematen du. *Springback* efektua asko murrizten du eta azken piezaren propietate mekaniko homogeneoa eskaintzen ditu.

Merkatuan aurkitu daitekeen beste material bat Ductibor® 500 da, material hau zonalde batean harikortasuna hobetu nahi denean erabiltzen da, laser bidez soldatzen da formatua propietate ezberdinak dituen txapa bat sortuz. Adibidez, kolpe baten aurrean energia xurgatu behar duen pieza bat egiteko gune kritikoenak Ductibor® 500 materiala erabiliz egiten da. Ondoren agertzen den irudian benetako kasu bat agertzen da, bertan ikusi daiteke material ezberdinen erabilera. [11]



Irudia 14 Usibor® eta Ductibor® 500 materialen erabilera

3.5.4. Erreminten material ezberdinak

Beroan egiten den enbutizio prozesuan erreminta ezberdinen material egokia aukeratzea oso garrantzitsua da. Simulazioa egitean enpresak egin dituen ikerketa ezberdinen ondorioz erreminten temperatura prozesuan zehar 70 °C –tan egonkor mantendu daitekeela adierazi dute. Beraz, material hornitzaileek materialaren portaera egokia bermatzen dute adostu diren kolpe kantitaterako. Jarraian erremintak egiteko erabil daitezkeen material ezberdinak agertzen dira. Erreminten eta formatuaren materiala bezeroak zehazten duen aldagaia da eta beraz hauek dira enpresak eskaintzen dituen aukera ezberdinak.

CR7-VL

Cr eduki altuko altzairu berezia da, Mo eta V atxikimenduarekin. Nabarmenezkoa da higaduraren aurrean duen erresistentzia eta baita ere hotzean zein beroan eskaintzen duen erresistentzia termiko altua eta temperatura aldaketa bortitzen aurrean mantentzen duen egonkortasuna.

Aplikazio ezberdinak:

Hotzean

- Puntzoiak eta zizailaketa erremintak.

Beroan

- Forja prentsetan erabiltzen diren puntzoiak eta altzairuaren estrusioan erabiltzen diren matrizeak.
- Zizailaketa erremintak.

Taula 4 CR7-VL altzairuaren osagaiak

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
%	0,42	0,50	0,40	6,5	1,3	0,8

ORVAR SUPREME

Uddehoolm Orvar Supreme Cr-Mo-V altzairu aleatua da. Jarraian agertzen diren ezaugarriak ditu.

- Aldaketa termiko eta horien ondorioz materialek pairatzen duten neke termikoaren aurrean erresistentzia altua.
- Tenperatura altuetan erresistentzia mekaniko altua.
- Norabide guztietan zailtasun eta harikortasun ona.
- Mekanizazio ona.

- Tenplaketan dimentsioen egonkortasuna.

Taula 5 Orvar Supreme altzairuaren osagaiak

	C	Si	Mn	Cr	Mo	V
%	0,39	1	0,40	5,2	1,4	0,9

DIEVAR

Uddeholm Dievar bero konformaketan lan egiteko Cr-Mo-V errendimendu altuko altzairua da. Haustura, higadura eta deformazio plastikoaren aurrean erresistentzia altua eskaintzen du. Jarraian agertzen diren ezaugarriak ditu: [12]

- Norabide guztietan zailtasun eta harikortasun ona.
- Iraoketaren aurrean portaera egokia.
- Tenplaketarako aproposa.
- Tenperatura altuetan erresistentzia handia.
- Tratamendu termikoen aurrean dimentsioen egonkortasuna.

3.6. Arriskuen analisia

Arriskuen identifikazioa eta ondoren egiten den arriskuen analisia egiteko normalean jarraitzen den metodologia hutsegite eta ondorioen analisi modala da AMFE bezala ezagutzen dena. Lehenik eta behin prozesuan edota produktu finalean egon daitezkeen hutsegiteen identifikazioa egiten da. Ondoren ponderazio egin behar da bakoitzaren garrantzia maila ezagutzeko eta azkenik hutsegiteen aurrean nola jokatu behar den adierazi behar da.

AMFE metodologia lau pauso ezberdinetan banatzen da:

1. Arriskuen identifikazioa

Normalean arriskuak identifikatzeko esperientzia handiko langileen artean bilera bat egiten da, bertan egon daitezkeen hutsegite ezberdinak azaltzen dira.

2. Arriskuen ebaluazioa

Arrisku bakoitzaren garrantzia ezagutu behar da, horretarako ebaluazioa burutzea derrigorrezkoa da. Bertan hutsegitea gertatzeko aukerak handitu, larritasun maila aldatu eta hutsegiteak detektatzeko aukera handitzen dituzten elementu batzuen existentzia antzeman daitezke.

3. Arriskuen sailkapena

Sailkapen kopuru handia existitzen dira, baina normalean sailkapena interesdunarentzat hutsegiteak onargarriak edo onargarriezinak diren araberakoa izango da.

4. Irtenbidea lortzeko jokaera

Behin arriskuak identifikatu direnean irtenbidea lortzeko jokaera zein izan daitekeen pentsatu daiteke. Arrisku baten aurrean hiru dira jarraitu daitezkeen prozedurak, hutsegitea murriztu, guztiz ezabatu eta ezer ez egin. Azkeneko aukera hutsegitea gertatzeko probabilitatea oso txikia eta konponbidea erraza denean aukeratzen da.

Jarraian proiektuan zehar egon daitezkeen arriskuen analisi taula agertzen da, bertan AMFE metodologia jarraituz lau pauso ezberdinak jarraitzen dira.

Taula 6 Arriskuen analisi taula

Arriskuen identifikazioa	Une konkretu batean Pam Stamp eta Autoform softwareen lizentzia nahiko ez izatea	Proiektuaren iraupenean atzerapena egotea	Autoform bertsio ezberdinak erabiltzea (R6/R7)	Amaierako piezaren benetako konformazioa prest egotea	Aztertuko diren bi simulazio softwareen emaitzak oso ezberdinak izatea
Arriskuen ebaluazioa	Altua	Altua	Baxua	Ertaina	Altua
Arriskuen sailkapena	Onargarriezina	Onargarriezina	Onargarria	Onargarriezina	Onargarriezina
Konponbidea	Informatika departamenduarekin lizentzia ezberdinen erabilgarritasuna konprobatu	Enpresako arduradunarekin proiektuaren mugarrak eta kontrola zehaztu	Simulazioa egitean sortu den dokumentuan erabili den bertsio mota jarriko da.	Tailerreko arduradunari jakinaraziko zaio kontuan izateko eta pieza epe barruan prest egoteko	Enpresan egin diren beste simulazioetan erabili diren parametro ezberdinak erabili (marruskadura koefizientea, sarearen tamaina, bero trukaketa koefizienteak,...)

4. METODOLOGIA

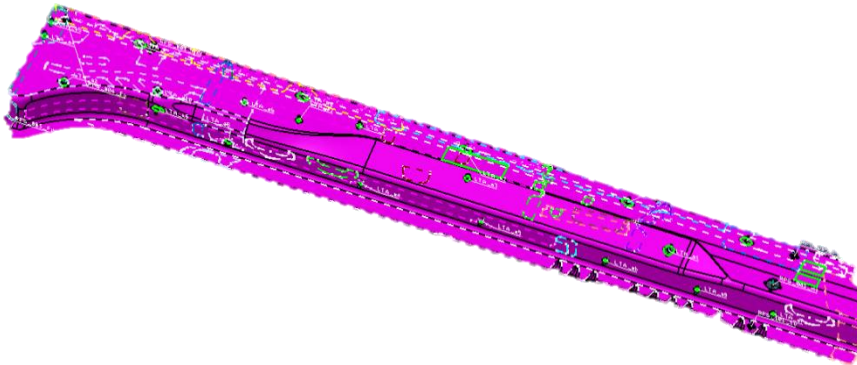
Metodologian proiektua burutzeko jarraitu diren pauso ezberdinak azaltzen dira eta baita ere lodiera eta tenperatura neurketak egiteko jarraitu diren pauso ezberdinak.

4.1. Jarraitu diren pausoak

Atal honetan prozesuan erabiliko diren erremintak sortzeko jarraitu diren pauso ezberdinak agertzen dira, baita simulazio softwareetan jarraitu behar diren pauso ezberdinak.

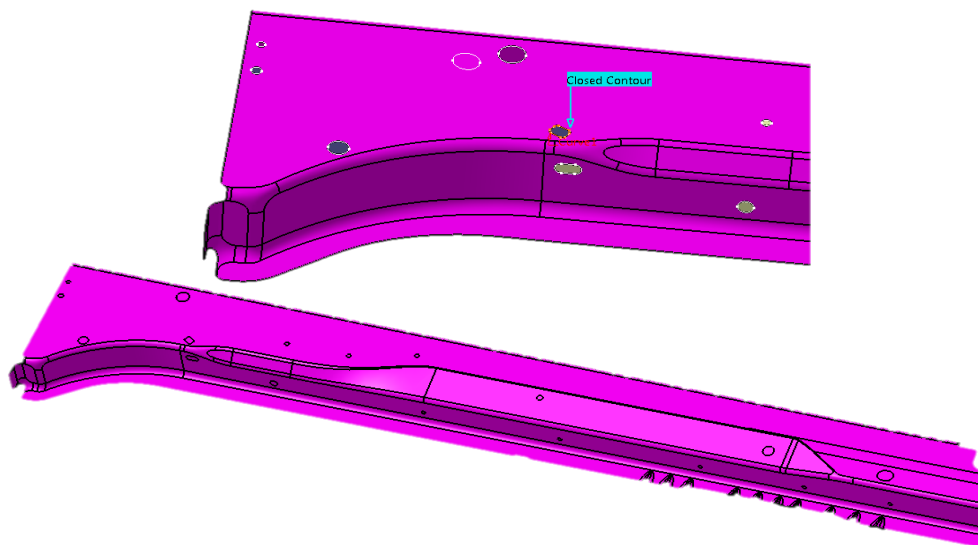
4.1.1. Piezaren prestaketa

Batz enpresak autogintzan lan egiten duten enpresa gehienek bezala Catia programa erabiltzen du bere piezak diseinatzeko. Jarraian ikus daitekeen irudia bezeroak Batz enpresara bidaltzen duen pieza da. Bertan ikus daitekeen bezala oharrez eta espezifikazioz beteta dago. Behin pieza jasotzen denean pieza analizatu eta matrizea sortzeko jarraitu behar diren pausoak pentsatu behar dira.



Irudia 15 Bezeroak bidaltzen duen piezaren itxura

Hurrengo pausoa enbutizio prozesuan garrantzirik ez duten atalak ezabatu behar dira, horretarako, hasierako piezak dituen zuloak itxiz. Proiektu honetan enbutizioa egin ondoren burutu beharreko zuloak egiteko jarraitu behar den prozesua ez da kontuan izango. Zuloak ixteko lehenik eta behin *extract* komandoarekin zuloaren perimetroa aukeratu eta ondoren zuloa itxi behar da.

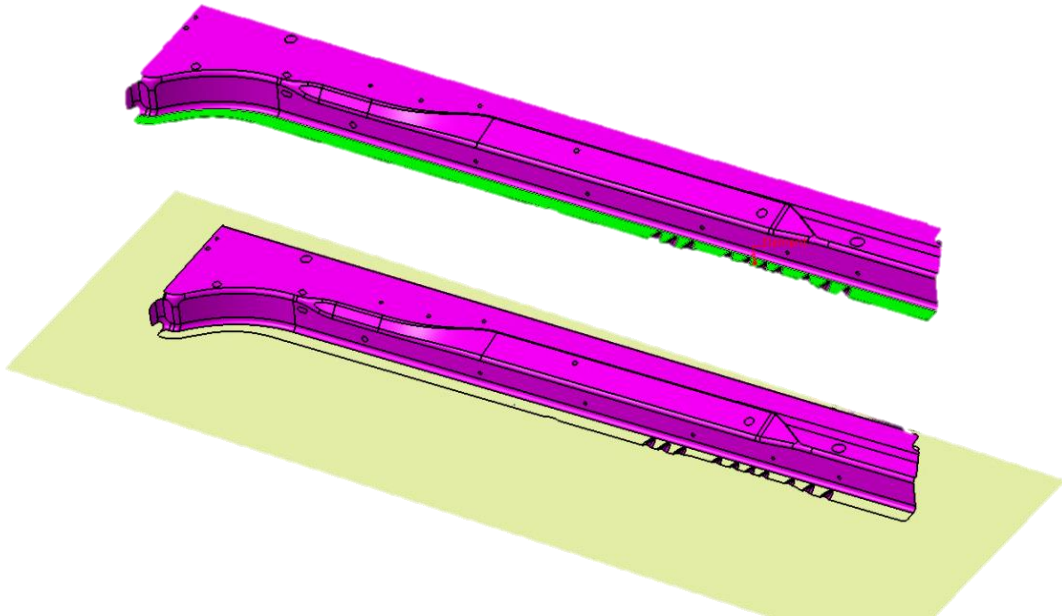


Irudia 16 Piezak dituen zuloen ixtea

Atal honen helburu nagusia matrizea sortzea da, bero eta hotzeko matrizeak erabat ezberdinak dira, hotzeko enbutizioa egiteko zenbait etapetan egitea beharrezkoa da, beroan berriz, pausu bakarrean behin behineko pieza lortu daiteke.

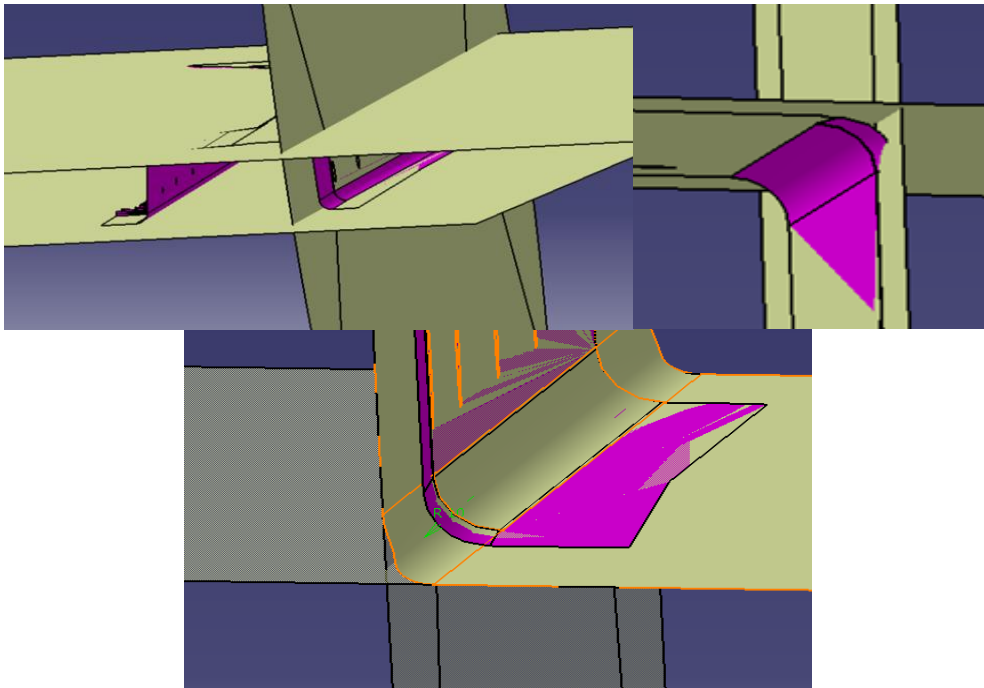
Beroko matrizeak hotzekoak baino sinpleagoak dira eta askotan piezaren alboak luzatzearekin nahikoa da, besteetan berriz, ondoren azalduko den kasuan bezala, alboak konplexuagoak izaten dira eta matrizearen forma diseinatu beharra dago.

Matrizea diseinatzeko orduan ertzak luzatzea da helbururik nagusia, horretarako alboetan dauden azalera aukeratu eta *Untrim* erreminta erabiliz dagoen gainazala egiteko erabili den azalera primarioa agertarazten du, gainazal primario horretan benetako gainazala dago eta *extrapolate* komandoa erabiliz gainazala luzatzen da.



Irudia 17 Piezaren gainazal ezberdinen aukeraketa eta Untrim komandoa

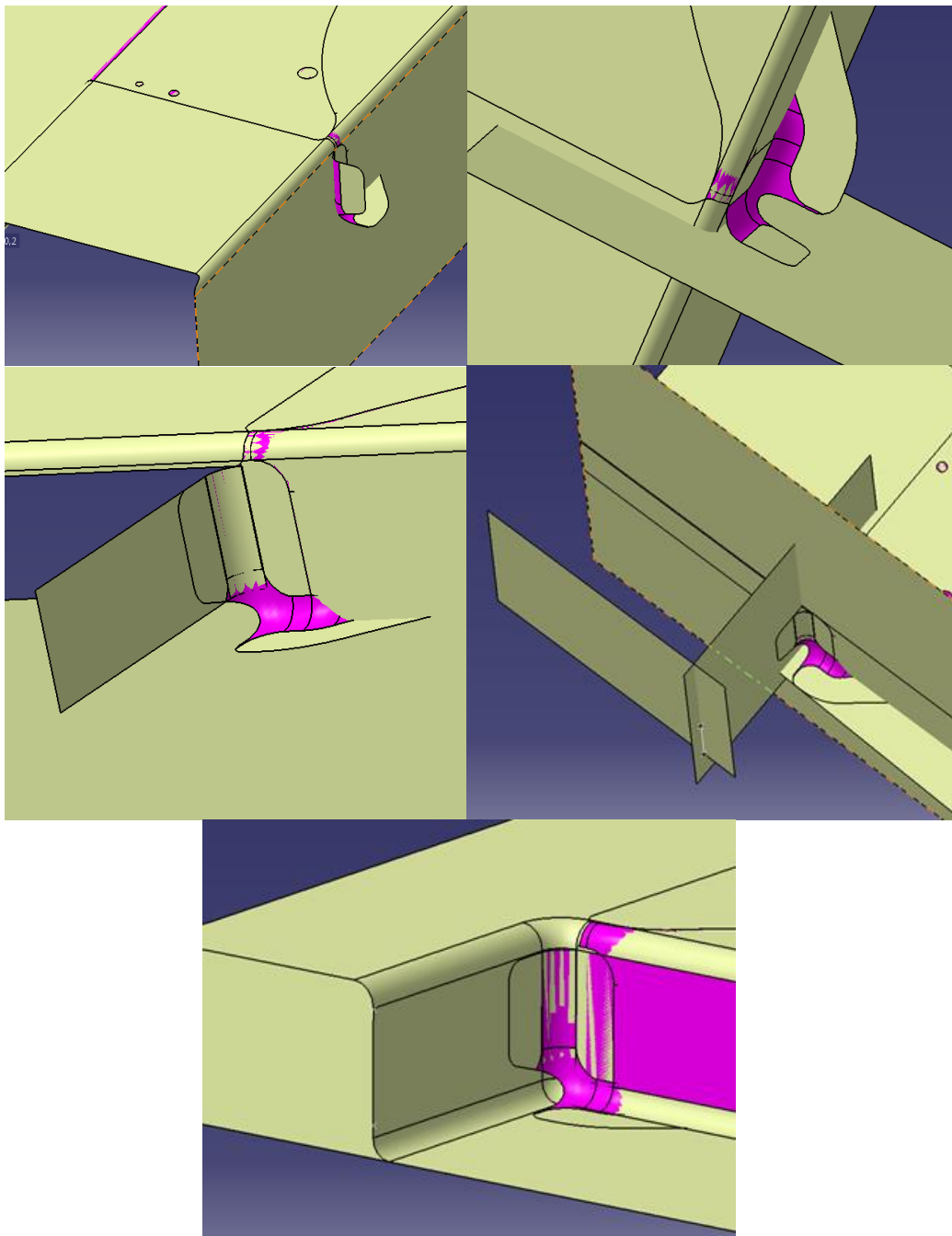
Erradioak egin behar direnean ondoz ondoko gainazal ezberdinak luzatu eta ondoren erradioa aukeratuz eta *fillet* komandoa sakatuz biribiltzea lortzen da. Matrizegintzan garrantzia handikoa da erredioen dimentsionaketa haustura posibleak ekiditeko.



Irudia 18 Erradioen biribiltzea

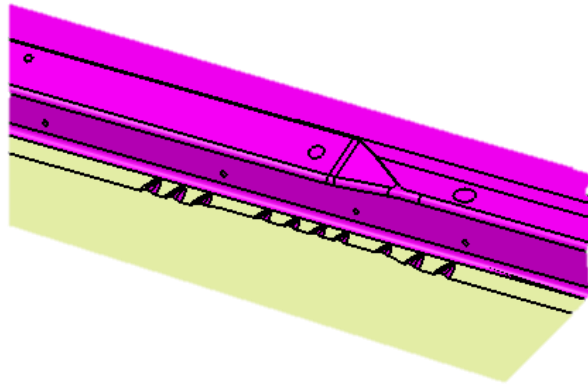
Aurretik azaldu den bezala, pieza honen albo batean tolesketa bat dago, tolesketa horren ondorioz ezinezkoa da pieza zuzenean luzatzea. Arazo horri irtenbidea emateko tolesketa hori osatzen duten bi planoak luzatu eta haien arteko biribiltzea egitea proposatu da, leku horretan piezak duen erradioa mantenduz.

Enbutizioa gertatu ondoren txapak leku gehiago izateko pieza baino luzeagoa den matrizea egingo da. Hori egiteko hasieran sortutako plano bati paralelo den plano berri bat sortu da.



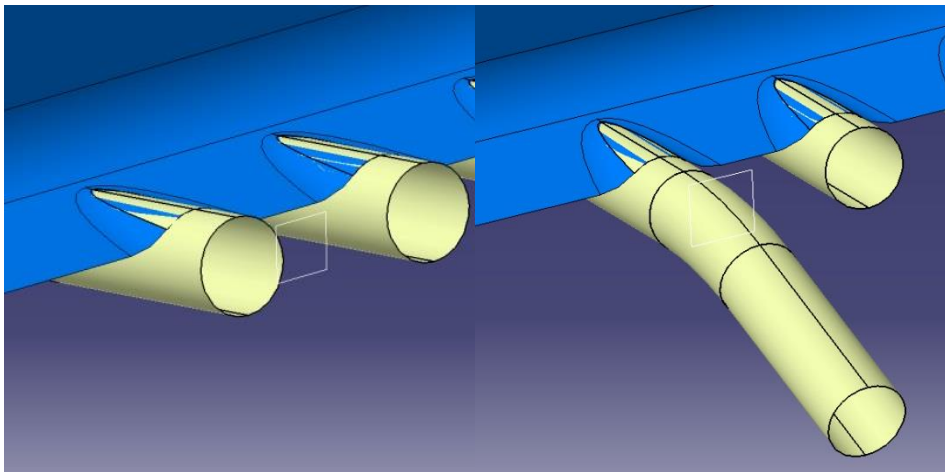
Irudia 19 Matrizearen diseinua egiteko jarraitu diren pauso ezberdinak

Aurreko irudian pieza honen matrizea egiteko proposatzen den matrizea agertzen da, hasierako piezaren gainazalak oinarri gisa hartzen direnez matrizearen egokitzapena bermatzen da.



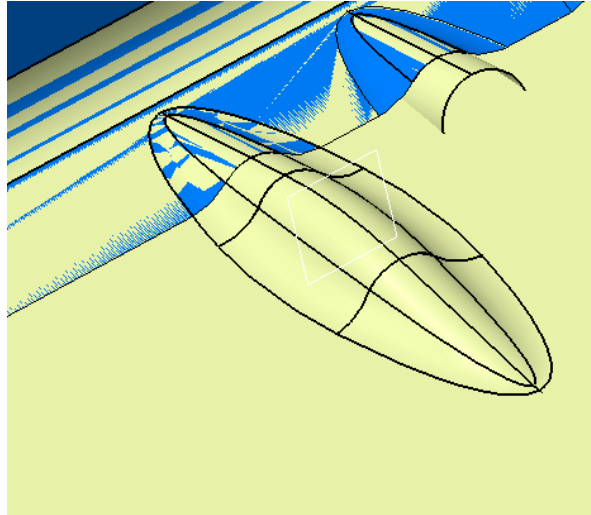
Irudia 20 Piezak dituen tolesturak

Irudian agertzen diren tolesketak egiteko lehenengo piezaren gainazala osatzen duten gainazal primarioak atera behar dira, tolesketa horiek egiteko tutu formako gainazala erabili izan da. Matrizean tolesketak horiek islatzeko piezak duen forma luzatu behar da, horretarako gainazal primarioa osatzen duten tutuei simetria aplikatu zaie. Simetria planoaren amaieratik distantzia batera kokatuta dago (ezkerreko irudia) eta ondorioz simetria egin ondoren ez daude elkartuta. *Blend* komandoa erabiliz bi zirkunferentziak elkartzen dituen gainazala sortzen da (eskuineko irudia).



Irudia 21 Tolesturak dituen gainazal primarioen sorkuntza

Amaitzeko *Fillet* erreminta erabiliz, nahi den biribiltze erradioa sartuz eta oinarri bezala erabiliko diren kurba eta gainazal ezberdinak identifikatuz amaierako forma lortzen da. Tolesketak ezberdinak direnez jarraitu diren pausoak errepikatu behar dira tolesketa guztiak sortzeko.



Irudia 22 Matrizearen amaierako itxura

Matrizegintzan erabiltzen diren matrizeek ez dute pieza bat izaten, normalean bi edo kasu batzuetan lau pieza izaten dituzte. Ondorioz, pieza bakoitzaren posizioa zein den ondo definituta egon behar da eta horretarako erreferentzia sistemak definitu behar dira.

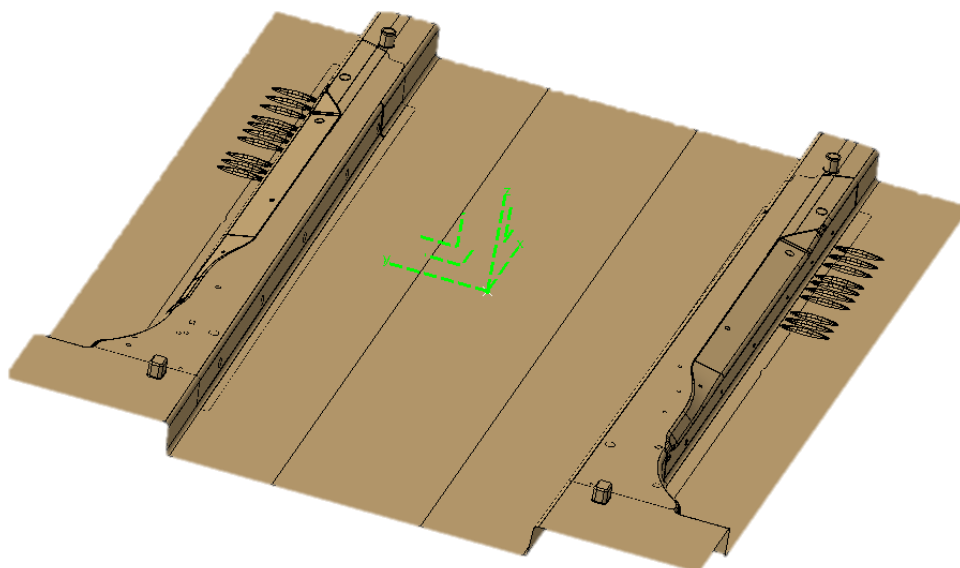
Matrizegintzan garrantzia handikoa da erreferentzia sistema ezberdinak izatea, piezak bakoitzak duen erreferentzia sistema bakoitzetik aparte matrizearen erdigunea adierazten duen erreferentzia sistema ageri da. Gainera, trokelaren grabitate zentroa definitzen duen erreferentzia sistema jartzen da erreminten posizioa momentu guztietan kontrolatuta izateko.



Irudia 23 Matrizeak dituen erreferentzia sistema ezberdinak

Gaur egun industrian nahi den piezaren garapena egiten duten software ezberdinak existitzen dira, prozesu honetan hasierako txaparen austenizazio tenperatura baino altuagoa den tenperaturan berotzen denez diseinua egiterako orduan materialak pairatzen dituen dilatazioak kontuan hartu behar dira.

Piezaren garapena izanda, txapa garapen hori erabilita moztu behar da formatua deritzon xafla sortuz. Formatua puntzoian era egokian jartzeko desplazamendu linealak eta biraketak saihesten dituen konponbidea diseinatu behar da. Horretarako transfer makinak labetik formatuak ateratzen dituenean puntzoian kokatzeko posizionamendu gidak diseinatu dira.



Irudia 24 Matrizearen amaierako itxura

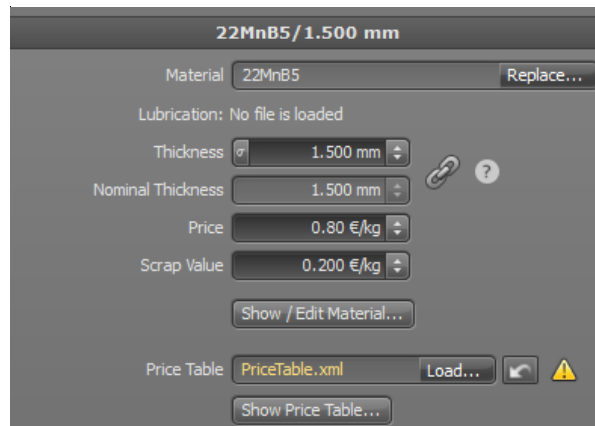
Hurrengo pausoa enbutizioan parte hartzen duten erreminta ezberdinen definizioa burutzea da. Proiektu honetan nahiz eta Autoform eta PAM-Stamp programek bukaerako piezatik abiatuz erremintak bakoitza definitzeko aukera ematen duten, Catia programan definituko dira eta erreminta bakoitza aparteko iges artxibo batean gordeko da. Horrela, programa ezberdinak erabiltzean era azkar batean erreminta ezberdinak prest egongo dira.

Jarraian azalduko den prozesuan formatua puntzoia gainean jarriko da eta ondoren zapaltzailea jaitsiko da piezaren erdialdeko gainazala konformaketa egokia bermatzeko, hurrengo pausoa matrizearen desplazamendu beherakorra da, horrela formatuaren alboak tolesteko ditu puntzoia forma lortu arte.

4.1.2. Enbutizioaren simulazioa Autoform-en

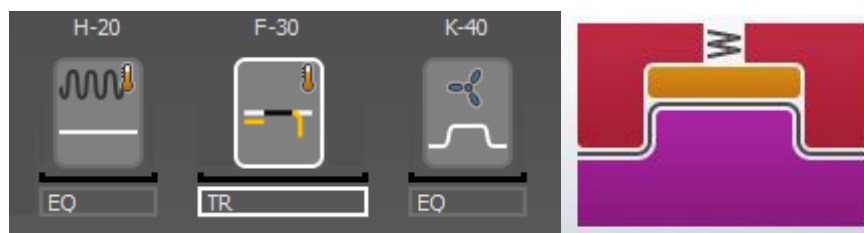
Atal honetan simulazioa Autoform programan egiteko jarraitu diren pauso garrantzitsuenak azalduko dira. Lehenengo eta behin Catian sortutako erremintak inportatuko dira, aurretik esan den bezala erreminta bakoitza igs formatuan dago alde batetik lana aurrezteko eta bestetik, bi softwareetan inportatzen diren erremintak berdinak izateko.

Behin erremintak Autoform programan sartuta daudenean lehendabizi erreferentzia sistema egokia aukeratu behar da. Aurreko atalean azaldu den bezala, erreferentzia sistema ere Catian sortzen da eta beraz simulazio programara ere inportatu beharra dago. Hurrengo pausoa formatuaren materiala eta lodiera aukeratzea da. Autogintzan gehien erabiltzen den materiala 22MnB5 da eta 1,5 mm-ko lodiera izango du.



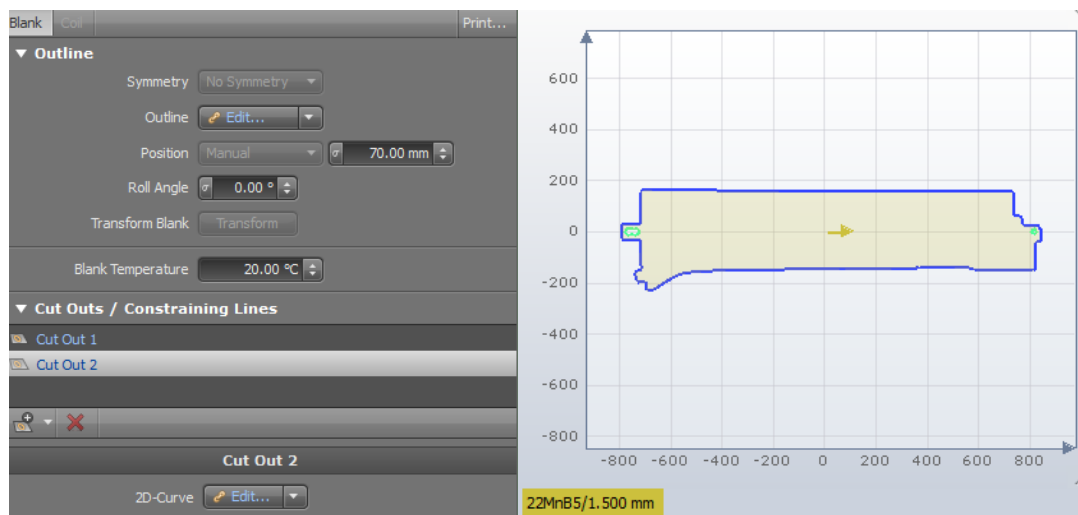
Irudia 25 Materialaren ezaugarriak

Askotan igs artxiboa inportatzean gainazala ez da behar bezala mantentzen eta askotan aldaketak egin behar dira. Adibidez, zuloak itxi, gainazala moztu, erradioak sortu edota tolesketak egin behar direnean software honek bertan egiteko aukera ematen du. Geometria guztiak inportatu direnean prozesua definitu behar da, horretarako beroketa (H-20), konformaketa (F-30) eta hozketa (K-40) prozesuak aukeratu behar dira, ondoren guztiz definitzeko.



Irudia 26 Prozesuaren definizioa

Hurrengo pausoa formatua definitzea da, horretarako Catian definitutako kurba erabili behar da. Formatuaren perimetroaz aparte gida moduan erabiliko diren zuloak ere identifikatu behar dira. Irudian ikus daitekeen bezala, formatuaren kurba eta *cut out* atalean barneko zuloak definitu behar dira.



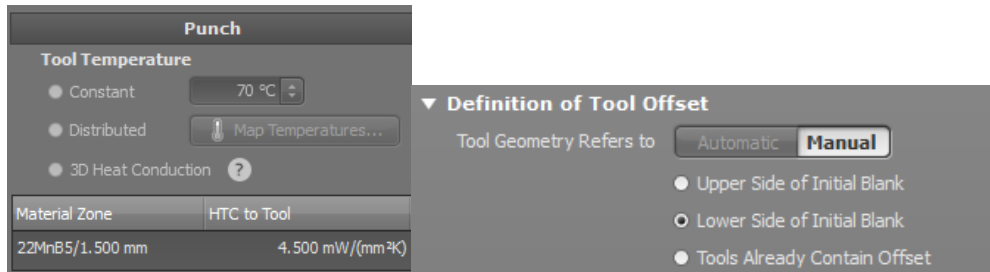
Irudia 27 Formatuaren definizioa

Bero estanzazio prozesuan erreminten temperatura analizatzea funtsezkoa da egon daitezkeen kalteak aurreikusteko. Erreminten kasuan gradiente termiko handiak pairatzen dituzte eta beraz, hozte-bero prozesua eta presio altuek erremintak kaltetu ditzakete. Batz enpresan simulazioa egitean ez da kontuan hartzen erreminten egoera termikoa. Esperientzia handia eta aurretik egindako azterketa sakonen ondorioz prozesuan zehar erreminten temperatura 70 °C-tan egonkor mantenduz emaitza zehatzak lortzen direla ziurtatu daiteke. Erremintak egiteko erabiltzen duten materialaren ekoizleek ziurtatzen dute prozesuan zehar materialaren propietate mekaniko eta ezaugarrien ongizatea.

Sarearen tamainari dagokionez kasu honetan Autoformek 20 mm-ko tamaina duen sarea erabiltzen du, hau da, Pam Stamp-ek erabiltzen duena baino handiagoa.

Irudi honetan piezak duen temperatura egonkorra sartu eta materialaren propietateak definitu behar dira.

Offset-a definitzeko modu automatikoa edo eskuzko metodoa jarraituz definitu daiteke eta formatuaren azpiko edo gaineko gainazala zehaztu daiteke.

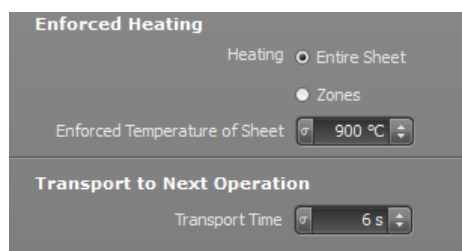


Irudia 28 Erremintaren temperatura zehaztapena eta Offset-aren definizioa

Atal honetan marruskadura definitu behar da. Beroan egiten den prozesua denez marruskadura koefizientea 0,45 da. Enpresan Autoform programan bero konformaketa simulatzerakoan koefiziente hori erabiltzeko akordiora heldu dira.

Jarraian formatuaren hasierako temperatura eta garraioak irauten duen denbora sartu behar da egindako kalkuluak ahalik eta zehatzenak izateko.

Hasierako temperatura, austenitikoa baino altuagoa izan behar denez 900 °C –tara berotzen da eta garraio denbora 6 s –koa izaten da. Enbutizio egokia izateko formatua enbutitzen hasten denean materialaren temperatura 700 °C izan behar da gutxienez. Temperatura txikiagoa bada, amaierako propietate mekanikoetan aldaketak egon daitezke.



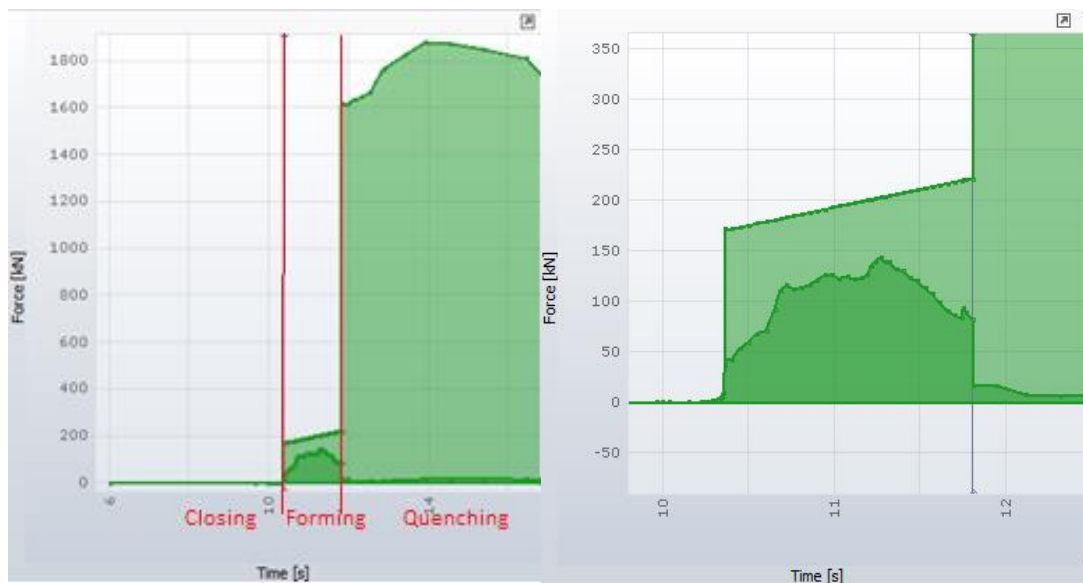
Irudia 29 Hasierako temperatura eta garraio denbora

Hurrengo pausoa erreminten definizioa da, horretarako geometria aukeratu, formatuaren gaineko edo azpiko gainazalaren kontra egongo den eta zurruntasun mota erabaki behar da.

Simulazio honetan zapaltzailea eta matrizea formatuaren goiko gainazalarekin kontaktua duela, zapaltzaileak 70 mm-ko ibiltartea eta 170 kN-eko hasierako indarra

egiten duela adierazi behar da. Zapaltzaileak egiten duen indarra ibiltartearen arabera aldatzea posible da, kasu honetan *Variable Force* metodoa aukeratuz zapaltzaileak egiten duen indarra zehaztuko du. Batz-en erabiltzen dituzten prentsa ezberdinetan muntatzen diren zilindroek hasierako eta bukaerako indarra erlazionatzen duen koefizientea 1,3 -koa da, hau da, hasieran 170 kN aplikatzen bada zilindroak $170 \cdot 1,3 = 221$ kN aplikatzeko gai dira, ibiltartea 70 mm-koa denez hasieran, hau da guztiz ixteko 70 mm falta direnean, 170 kN aplikatuko dira eta guztiz ixten denean 221 kN aplikatuko dira.

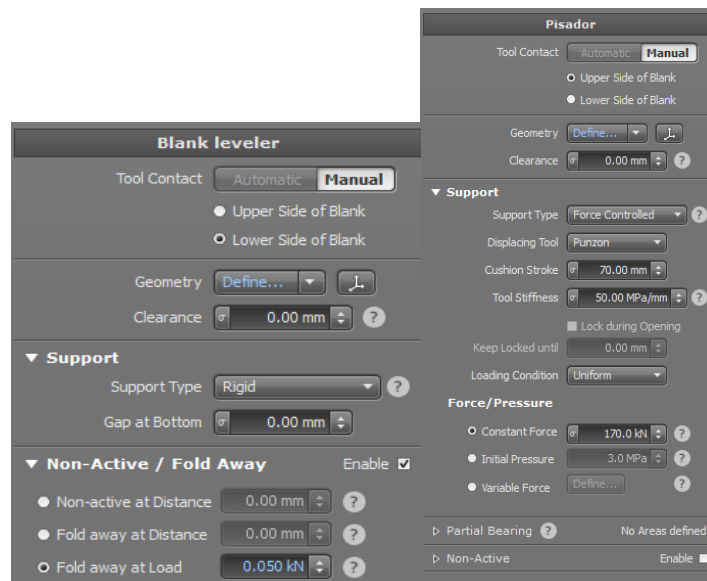
Zapaltzailearen indarra definitzeko hasierako pausoa zenbateko indarra egin behar duen zehaztea da, horretarako hasierako simulazioa batean zapaltzaileak egiten duen indarra zehazteko orduan *Forced controlled* aukeratu behar da, horrela beharrezkoa den indarra egingo du eta hurrengo simulazioetarako balio hori erabiliko da datu bezala.



Irudia 30 Zapaltzaileak egiten duen indarraren eboluzioa

Aurreko argazkian zapaltzaileak egiten duen indarraren eboluzioa agertzen da era grafiko batean. Aurretik azaldu den bezala zapaltzaileak 170 kN-eko indarra egin behar du estanzio etaparen hasieran eta ondoren ibiltartearekin batera egin beharreko indarra handitzen da 221 kN lortu arte. Pam Stamp programan zapaltzailearen indar aldakorra zehazteko egon diren arazoaren ondorioz indarra 170 kN-tan egonkor mantentzea erabaki da.

Ondoren quenching edo tenplaketa etapan prentsak egin beharreko indarra asko handitzen da bukaerako piezaren erresistentzia eta hozketa egokia bermatzeko.

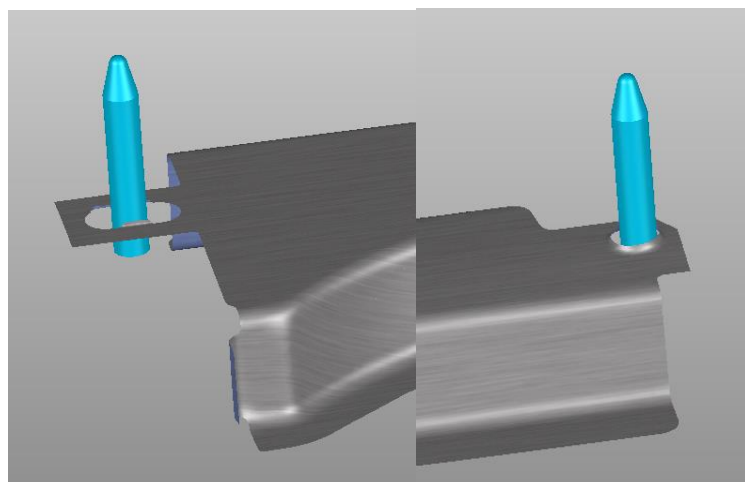


Irudia 31 Zapaltzailearen eta formatu euskarriaren definizioa

Puntzoia eta formatu euskarriek xaflaren azpiko gainazalarekin kontaktuan daude eta azkeneko hauek xaflaren pisua eusteko 50 N –eko indarra egiten dute.

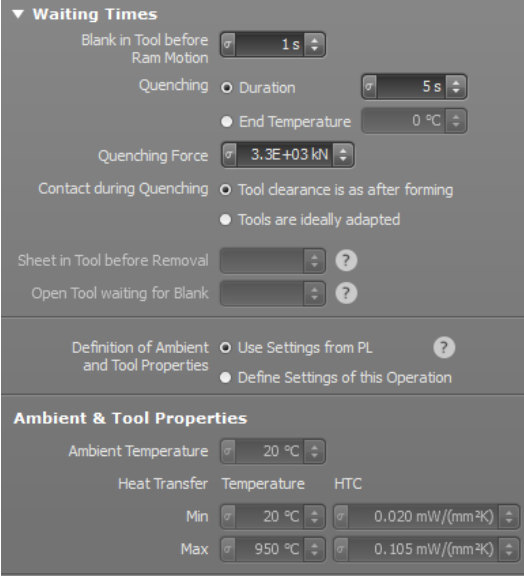
Amaitzeko lepo tolesgailuek 30 mm-ko ibiltartea dute eta xaflaren azpitik sartzen dira.

Bestalde, pilotoak gida bezala lan egiten duten erremintak dira, kasu honetan 20 mm-ko diametroa eta 100 mm-ko altuera dute.



Irudia 32 Gida moduan erabiltzen diren pilotoak

Quenching edo tenplaketa prozesua guztiz kontrolatuta izateko formatuak erremintaren gainean egoten den itzarote denbora, tenplaketaren iraupena eta tarte horretan egin beharreko indarraren balioak sartu behar dira.



▼ Waiting Times

Blank in Tool before Ram Motion: 1 s

Quenching:

- Duration: 5 s
- End Temperature: 0 °C

Quenching Force: 3.3E+03 kN

Contact during Quenching:

- Tool clearance is as after forming
- Tools are ideally adapted

Sheet in Tool before Removal: ?

Open Tool waiting for Blank: ?

Definition of Ambient and Tool Properties

Use Settings from PL ?

Define Settings of this Operation

Ambient & Tool Properties

Ambient Temperature: 20 °C

Heat Transfer	Temperature	HTC
Min	20 °C	0.020 mW/(mm ² K)
Max	950 °C	0.105 mW/(mm ² K)

Irudia 33 Quenching prozesuaren definizioa

Quenching atalean zehar aplikatzen den indarra zein den kalkulatzeko jarraian agertzen diren formulak aplikatzen dira.

Aipatu behar da quenching atalean aplikatzen den indarra azterna bakoitzarentzat dela, hau da, errealitatean prentsan zenbait azterna egin ezkerko kopuru horregatik bidertu beharko da indarra. Simulazioak egitean azterna bakarra analizatzen da.

Quenching ataleko indarra kalkulatzeko orduan presio eta azaleraren arteko biderkadura egin behar da, kasu honetan presioaren balioa piezaren konplexutasunaren eta enpresak duen esperientziaren araberakoa da.

- Prozesuaren enbutizio erreminta eta formatuaren kontaktua egokia denean, adibidez pieza lauak direnean, presioaren balioa 15 MPa-koa izaten da.
- Enbutizio erreminta eta formatuaren kontaktua uniforme ez denean, adibidez gainazal inklinatuak egitean, presioaren balioa 4 MPa-koa izaten da.

Batz enpresan orokorrean piezaren konplexutasun maila ertaina denean 12 MPa erabiltzen da indarra kalkulatzeko.

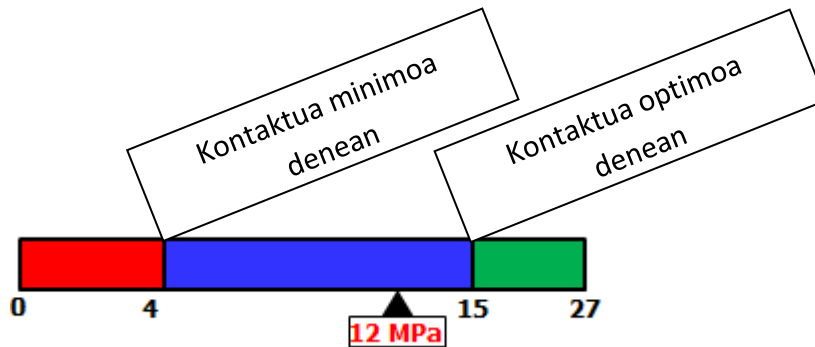
Azalera kalkulatzeko jarraian agertzen diren pausoak jarraitu behar dira.

1. Dagoeneko simulatuta dagoen piezaren perimetroa lortu behar da.
2. Perimetroa prentsaren norabideari elkarzuta den planoan proiektatu behar

da.

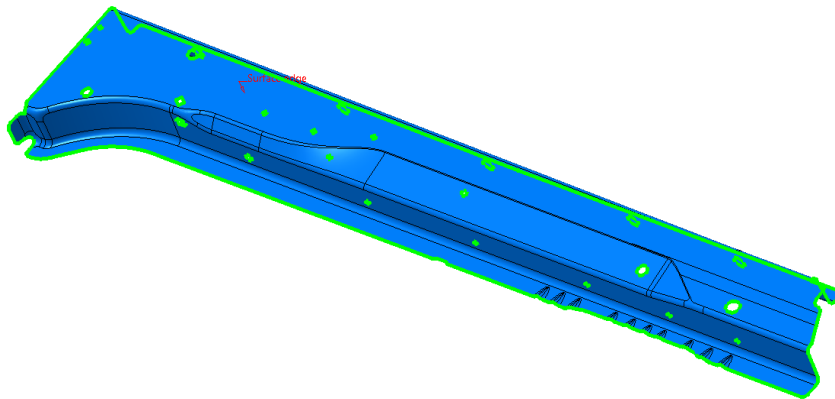
3. Proiekzioaren barneko azalera izango da formulan sartu beharreko balioa.

$$F[kN] = P[MPa] \times A[m^2] \times 10^3$$



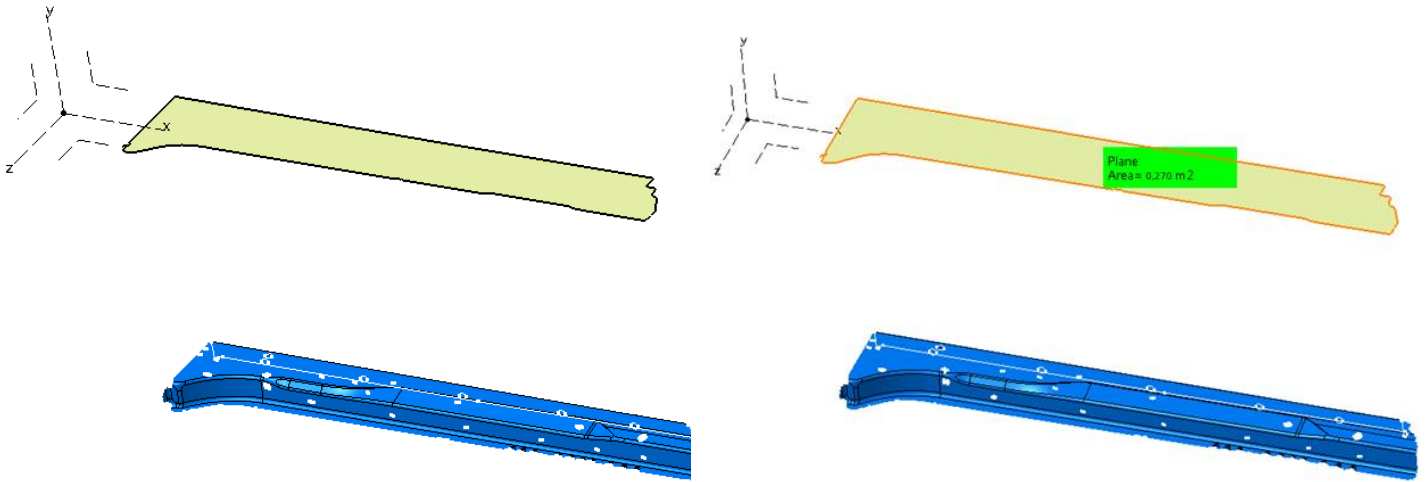
Irudia 34 Quenching atalean presioa aukeratzeko gomendioa

Aztertu nahi den kasuari erreparatuz lehenengo eta behin piezaren perimetroa lortu behar da, horretarako Catia programaren bidez egingo da.



Irudia 35 Piezaren perimetroa

Jarraian prentsaren norabideari elkarzuta den plano batean perimetroaren proiektzioa egin behar da, behin perimetroa izanda *Fill* erremintaren bidez barruko azalera beteko da. Catia programak gainazal ezberdinen azalera kalkulatzeko aukera aprobetxatuz proiektutako perimetroaren barneko azalera $0,270 m^2$ -koa dela kalkulatu da.



Irudia 36 Piezaren proiektzioa eta azaleraren kalkulua

Enpresaren esperientzia handiaren ondorioz orokorrean 12 MPa-ko presioa erabiltzen da quenching indarraren kalkulurako. Beraz, aurreko balioak formulatan sartu ondoren 3240 kN balioa lortzen da.

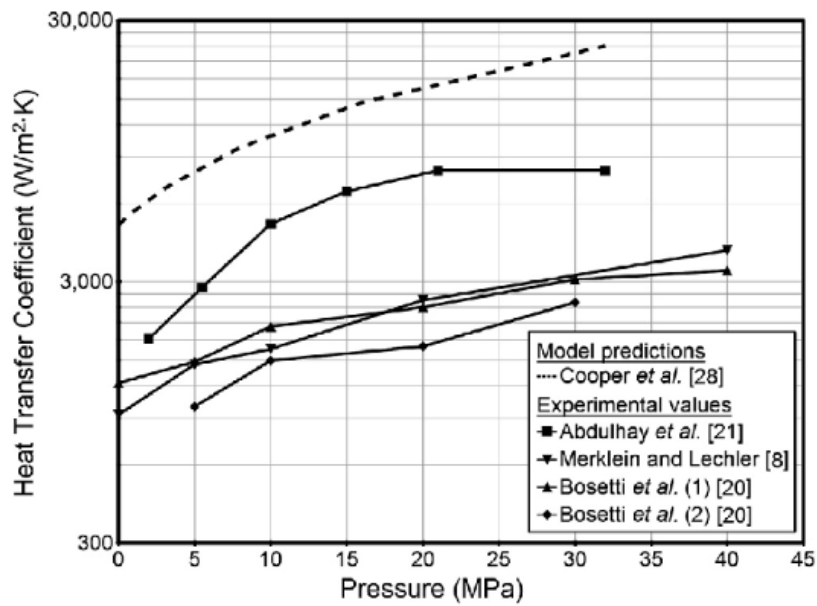
$$F[kN] = 12[MPa] \times 0,270[m^2] \times 10^3 = 3240 \text{ kN}$$

Balio hori kontuan izanda, simulazioan *quenching* etapan prentsak 3.300 kN egin behar dituela programatu da.

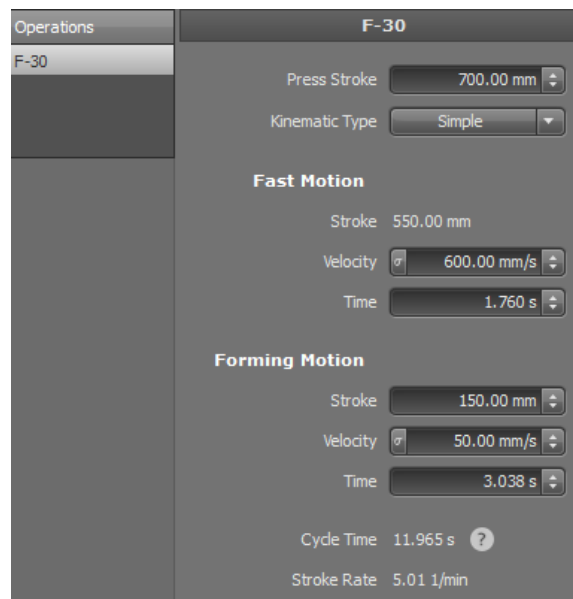
Bukatzeko Autoform programak formatuaren inguruneko temperatura (20 °C) eta amaierako temperatura (50 °C) zehazteko aukera ematen du.

Quenching etapan aplikatzen den indarra enbutizioa gertatzeko indarra baino handiagoa da alde batetik piezaren dimentsioak bermatu nahi direlako eta bestetik tenplaketa prozesuan funtsezkoa den bero transmisioan eragina duelako.

Aplikatzen den presioak eragina du bero transmisioan hurrengo grafikoak adierazten duen bezala, tenplaketa dagokion hozketa abiadura izateko grafikoan ikus daitekeen bezala presioa handituz bero transmisio koefizientea handitzen da eta beraz bero trukaketa handiagoa da. Batz enpresak eta bere lehiakideek 12 MPa-eko presioa erabiltzen dute normalean, baina beti ere piezaren konplexutasunaren arabera. Hurrengo grafikoetatik Abdulhay-rena da gehien erabiltzen den grafikoa.[13]



Irudia 37 Presio eta bero transmisio koefizientearen arteko menpekotasuna



Irudia 38 Prentsaren ezaugarriak

Irudi honek islatzen duen atalean prentsaren ezaugarriak aukeratu behar dira, zinatika mota, ibiltarte ezberdinak eta abiadurak.

Enpresak duen esperientzia handiaren ondorioz simulazioak analizatzeko orduan jarraian agertzen diren aldagaiak kontuan hartuko dira:

- Esfortzuak: Estanpazio prozesuan garrantzia handiko aldagaia da, beharrezkoa

den prentsa eta aldi berean prentsa kolpe bakarrez konformatu daitezkeen pieza kopurua zehazteko.

- Lodiera aldaketa: Hasierako txaparen lodiera %15 murrizten denean piezan gehiegizko argaltzeagatik apurketa gertatu dela onartzen da. Batz-en egiten diren piezak autoaren egitura egiteko erabiltzen direnez segurtasuna bermatzeko asmoz argaltzeak muga balioa gainditzen badu zuzenean baztertzeko dira.

- Quenching ondorengo temperatura: Aurreko ataletan aipatu den bezala bero konformazioaren abantailarik handiena piezek lortzen duten erresistentzia altua da, mikroegitura analizatzean amaieran %100 martensita lortu behar da, hori lortzeko hasierako grafikoan agertzen den bezaza, 27°C/s-ko hozketa abiadura izatea derrigorrezkoa da, motelago egin ezker mikroegitura ezberdina lortuko litzateke eta erresistentzia baxuagoa duten faseak agertuko lirateke Bainta esate baterako. Horregatik temperatura finko bat lortu arte ezin da erremintatik atera.

- Quenching prozesuan dagoen kontaktu presioa: Pieza era egokian hoztu eta tenplazten dela ziurtatzeko txapa eta erremintaren artean kontaktua bermatu behar da. Horretarako momentu horretan dagoen presioa kontrolatu behar da.

- Zimurdurak: Proiektu honetan aztertuko diren bi piezen prozesuetan zimurdurak agertzeko probabilitatea aztertuko da. Zimurduren azterketa garrantzia handiko frogara da batez ere pieza erabiltzailearen begi bistan baldin badago, adibidez autogintzan ekoizten diren kanpoaldeko gainazalak.

4.1.3. Enbutizioaren simulazio Pam Stamp-en

Pam Stamp programak zehaztasun handiarekin hotzeko eta bero konformazio prozesuen simulazioa egiteko kapaza da. Softwarean proiektu berri bat irekitzean zein prozesu mota den zehaztu behar da, aukera horren ondorioz prozesua zehazteko aukera gehiago agertzen dira.

Proiektu honetan lantzen ari den prozesua bero konformaketa denez *Stamp hot forming* aukeratuko da.

Programa honek bi aukera eskaintzen ditu:

- Feasibility
- Validation

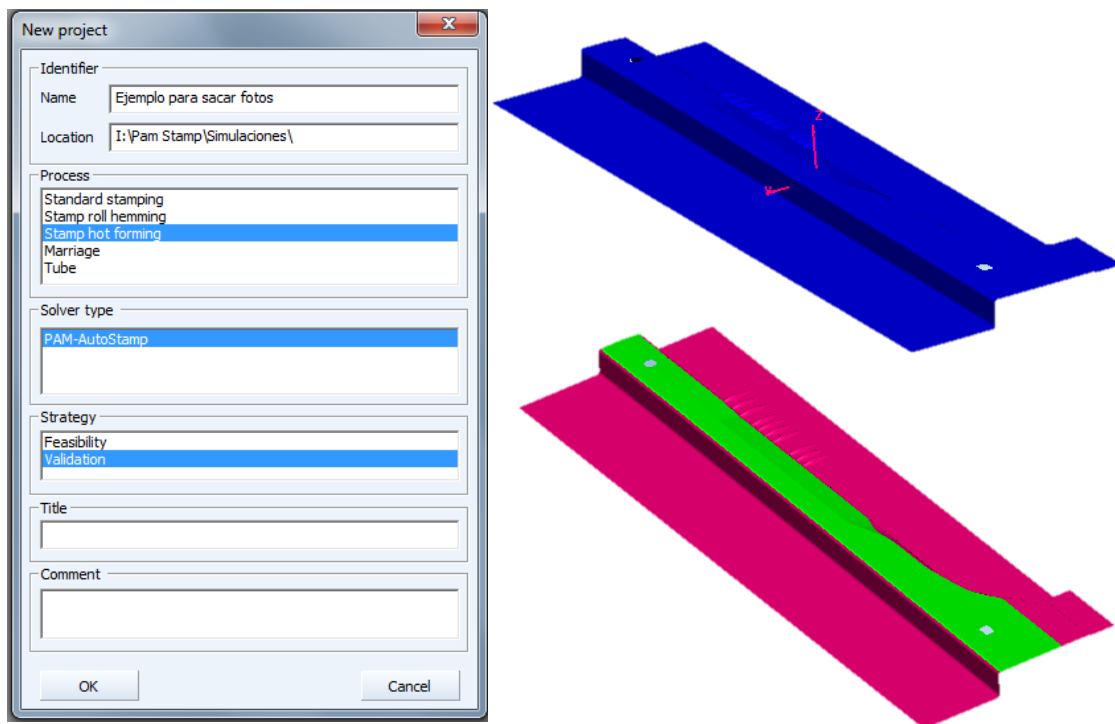
Lehenengo aukera egin beharreko proiektuan zehaztasun gehiegi ez dagoenean erabiltzen da, hau da, proiektu baten behin behineko emaitzak nahi direnean. Normalean proiektua hasierako fasean dagoenean eta simulatu nahi den piezak

diseinu aldaketak izan dezakeenean erabiltzen da, *feasibility* aukerak ez ditu erreminta ezberdinen analisi termikoak egiten.

Validation aukerak berriz, analisi sakona egiten du eta prozesuan zer gertatzen den sakontasunean ezagutu nahi denean erabiltzen da. Normalean konformazioan parte hartzen duten erreminta ezberdinen diseinu fasea amaituta dagoenean egiten da, zehaztasun handiko emaitzak eta analisiak eskaintzen ditu.

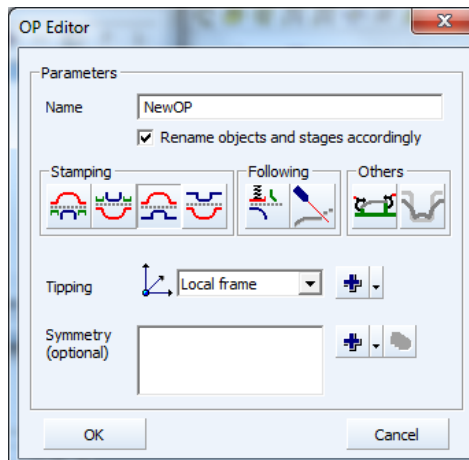
Proiektu honetan *Validation* aukera erabiliko da prozesuren ahalik eta datu gehien nahi direlako.

Behin Pam Stamp softwarea irekita dagoenean piezaren erreferentzia sistema definitu behar da eta ondoren Catian banan banan diseinatu diren erremintak inportatu behar dira. Behin erreminta guztiak inportatu direnean eta erreferentzia sistema definitu denean azpian agertzen den egoera lortzen da.



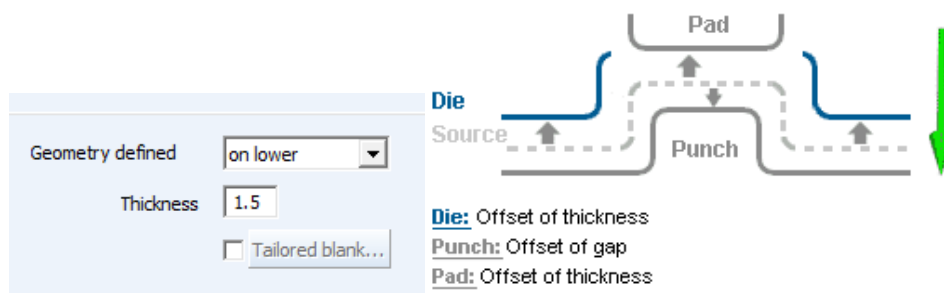
Irdia 39 Proiektu mota eta erreminten inportazioa

Jarraian, zein eratako prozesua nahi den zehaztu behar da. Kasu honetan diseinatu den bezala *Crash-form Die up* mota aukeratuko da, prozesuak jarraitu behar duen zinematika mota horrek betetzen duelako. Hurrengo pausoa erreminta bakoitzaren definizioa da.



Irudia 40 Prozesu motaren definizioa

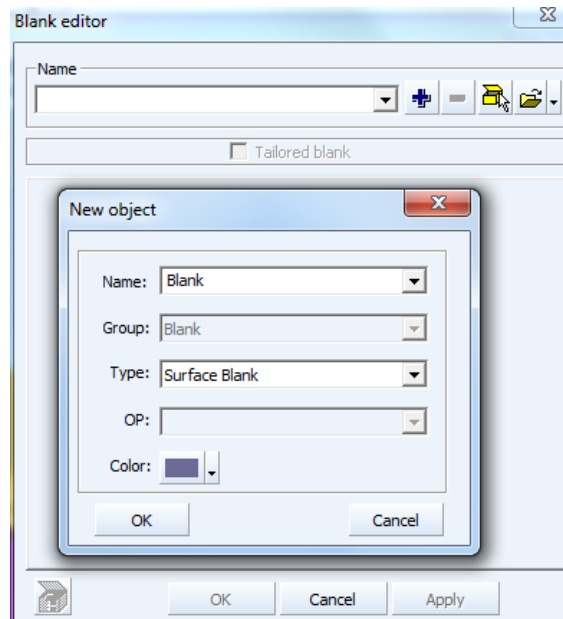
Erremintak definitzeko orduan formatuaren goiko edo azpiko gainazalarekin kontaktuan egongo zen zehaztu behar da. Aldi berean, erreminta bakoitzak izango duen *gap* kantitatea adierazi behar da.



Irudia 41 Erreminta ezberdinen definizioa

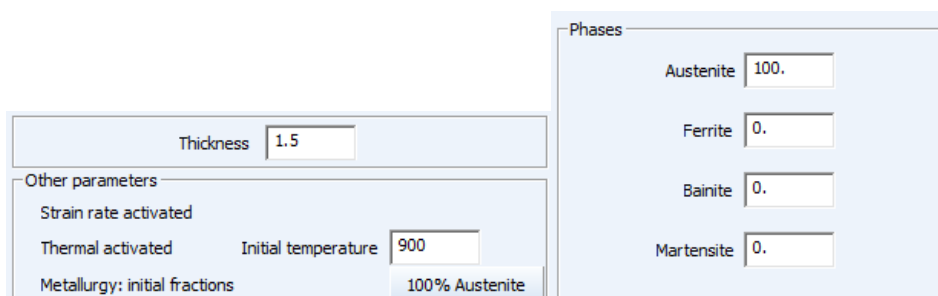
Pilotoak sortzeko *locator pin* izeneko erreminta sortu behar da, bertan erradioa, altuera eta non kokatuko den zehaztu behar da, hori egiteko zentroa adierazten duen puntua Cad programatik inportatzen da.

Programak behar dituen datu guztiak dituenean erremintak sortzen ditu, hurrengo pausoa formatua zehaztea da. Simulazio programa honetan, Autoform-en gertatzen den bezala, formatuaren kurbak dituen zuloekin inportatu daiteke, horrela ez da beharrezkoa zuloak definitzea.



Irudia 42 Pam Stamp-en formatuaren definizioa

Hurrengo pausoa formatuaren hasierako tenperatura adieraztea da, programak hasierako tenperatura horretan mikroegiturak dituen fase ezberdinak zehaztea eskatzen du. 900°C-tara berotzen denez fase bakarra dagoela onartzen da. Aurreko ataletan azaldu den bezala austenita fasetik martensita fasera bilakatu behar da bukaerako piezaren erresistentzia handitzeko eta tenplaketa era egokian egiteko.

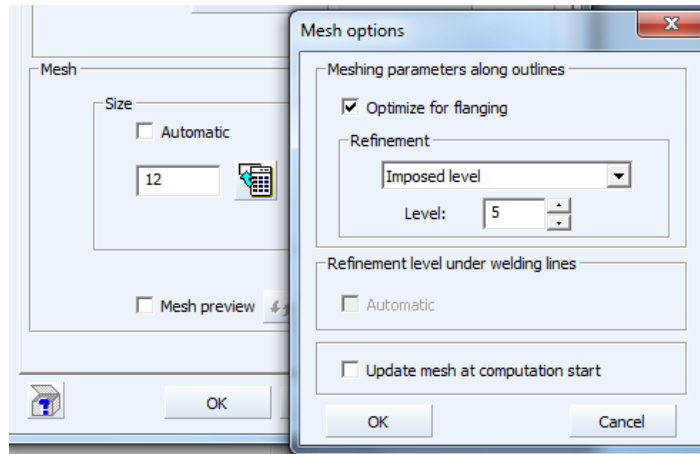


Irudia 43 Fase ezberdinen definizioa

Sarearen dimentsionamendua aldagai kritikoa da konformaketa simulazio prozesuetan, alde batetik emaitzetan duen zehaztasun aldaketengatik eta beste alde batetik denboran duen eraginagatik.

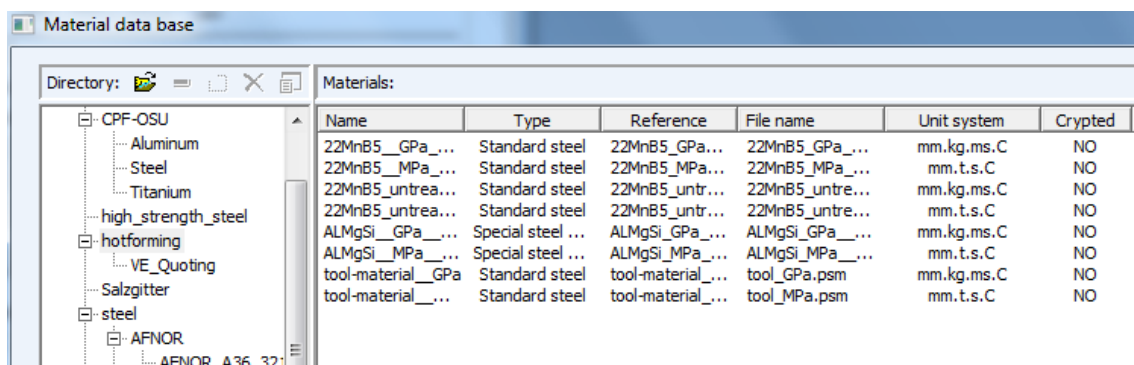
Pam Stamp programak auto piezak simulatzeko orduan 12 mm-ko tamaina duen sarea eta bosgarren mailako finketa gomendatzen du, horrela amaierako formatuaren sarea

0,75 mm-koa izango da eta zehaztasun handiko emaitzak lortuko lirateke. Hala ere, emaitzetan aztertuko den bezala beharrezko denbora nabarmen luzatzen da.



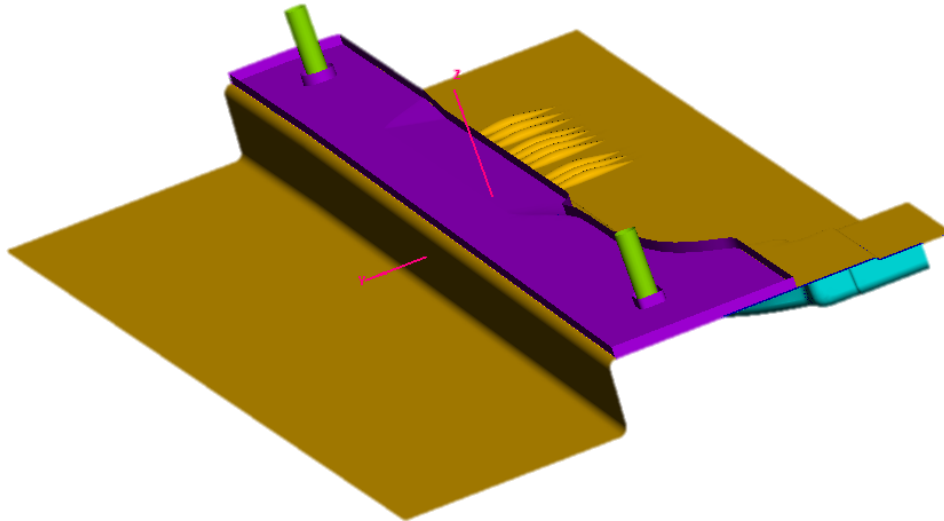
Irudia 44 Gomendatzen den sarearen tamaina

Autogintza sektorean autoaren egitura egiteko gehien erabiltzen den materiala 22MnB5 da. Pam Stamp programak material ezberdinak eskaintzen ditu, materialaren egoera bakoitzean bere portaera guztiz definitzeko propietate mekanikoak guztiz definituta daude.



Irudia 45 Pam Stamp programak eskaintzen dituen material ezberdinak

Laburbilduz, behin aurreko pausu guztiak jarraitu direnean irudian agertzen den egoera lortzen da.



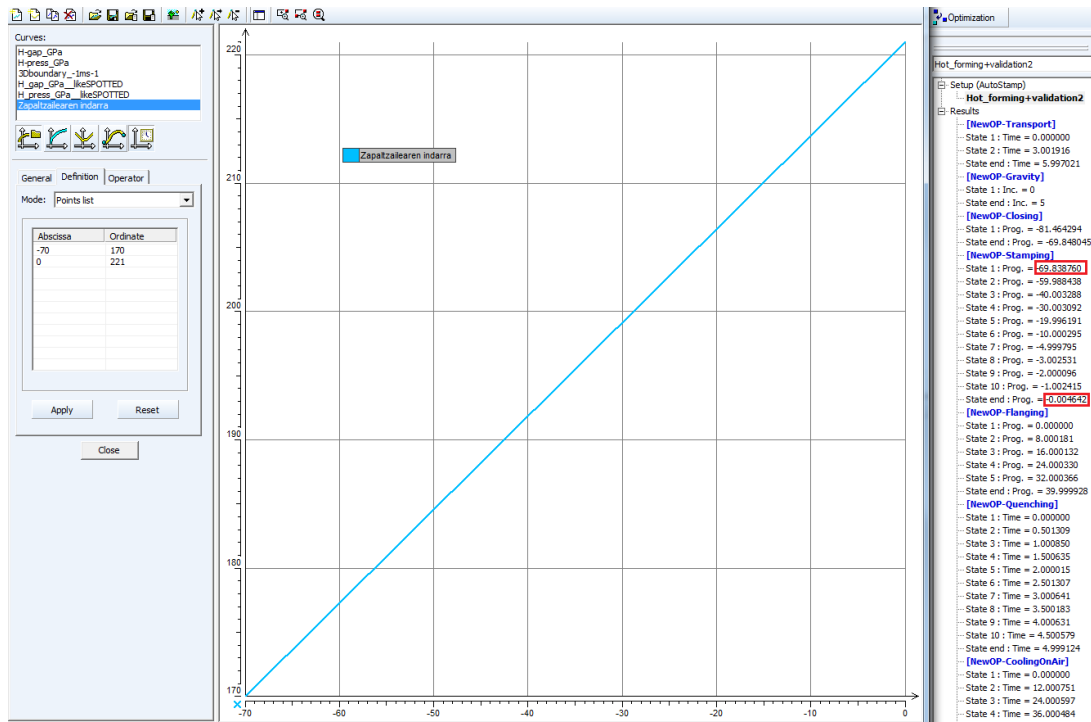
Irudia 46 Pam Stamp programan prozesuan parte hartzen duten erremintak

Autoform softwarea bezala, Pam Stamp programak ere zapaltzaileak egiten duen indarra aldakorra izatea ahalbidetzen du, horretarako zapaltzaileak formatua ukitzen duen momentutik hasita prentsaren ibiltartea amaitzen den arte egin beharreko indarra programatu behar da.

Errealitatean indarra ez da lineala izaten zilindroen ibiltarte osoan egiten duen indarra konstantea ez delako, horren ondorioz, jarraian agertzen diren balioekin simulatzea pentsatu da.

Taula 7 Zapaltzailearen indar aldakorra

Ibiltartea (mm)	Indarra (kN)
-70	170
0	221

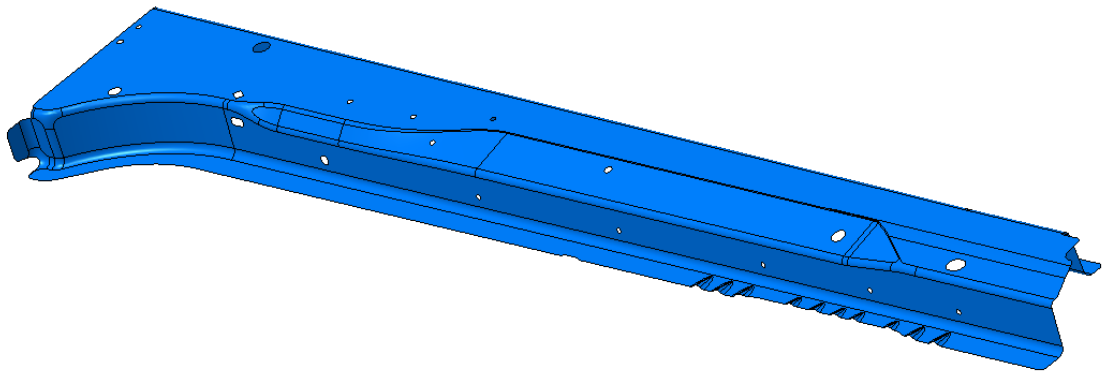


Irudia 47 Zapaltzaileak egin beharreko indar aldakorra

4.2. Aztertuko diren piezak

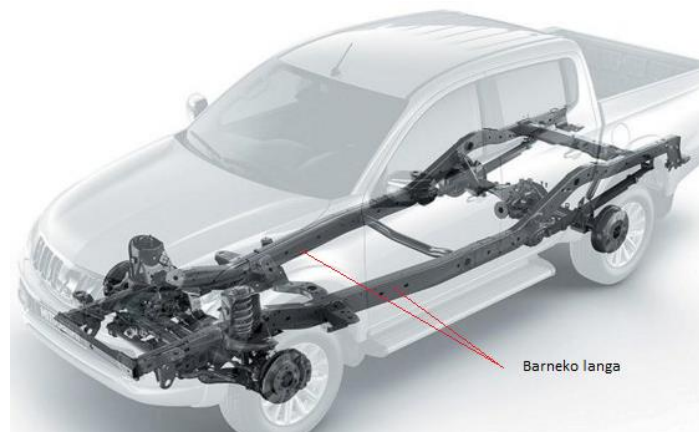
4.2.1. Barneko langa 16510

Proiektu honetan simulazio softwareak konparatzeko orduan 16510 pieza aukeratu da alderaketa egiteko. Aipatutako pieza Gestamp enpresak bidalitakoa da prentsan erabiliko den trokela diseinatzeko.



Irudia 48 16510 pieza

Aipatutako pieza Audi autoen egitura egiteko alboetan kokatzen den pieza da. Barneko langak golpe baten aurrean energia xurgatu behar duenez garrantzia handiko pieza da. Jarraian agertzen den irudian merkatuan aurkitu daitekeen auto batean barneko langan posizioa adierazten da.



Irudia 49 Barneko langan kokapena

Bezeroak trokela diseinatu nahi duenean lortu nahi duen pieza bidaltzen du, Batz-en jarraitu behar diren operazioak plano metodoan zehaztu ondoren beharrezkoak diren erremintak definitzen dira.

Piezaren erabilera analizatu ondoren bezeroak piezaren materiala USIBOR 1500 P

(ArcelorMittalen 22MnB5) eta 1,5 mm-ko lodiera izango duela erabaki ondoren enbutizioa burutzeko beharrezkoak diren erremintak diseinatu dira. Pieza honek erabiltzailearen segurtasuna bermatzeko gogortasun altua izan behar du, horregatik beroan egitea erabaki da.

Behin jarraitu behar diren pausoak argi daudenean erreminta ezberdinak diseinatu behar dira. Ondoren, proiektu honen helburua software ezberdinak konparatzea denez programa ezberdinekin simulatu ondoren emaitzak analizatuko dira.

Simulazioan erabili beharreko aldagai ezberdinen balioak ondoren agertzen den taulak biltzen ditu.

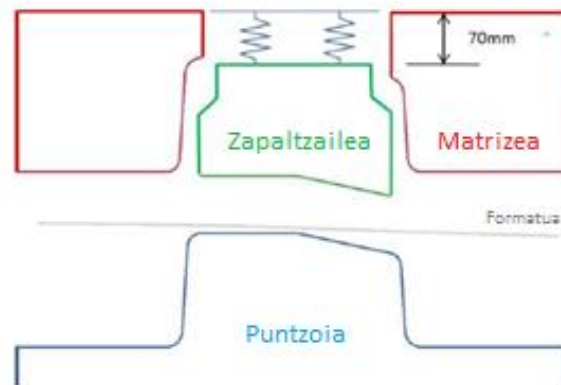
Taula 8 Simulazio aldagaien laburpena

Hasierako temperatura	900 °C	Zapaltzailearen indarra	190 kN
Erreminten temperatura ktea	70 °C	Lepo tolesgailuen ibiltartea	30 mm
Garraio-denbora	9 s	Formatu euskarrien indarra	50 N
Lan-gainazala	Azpikoa	Marruskadura koef. Autoform/Pam Stamp	0,45/0,3
Zapaltzailearen ibiltartea	70 mm	Quenching denbora	7,7 s
Prentsaren ibiltartea	700 mm	Quenching indarra	3300 kN
Enbutizio ibiltartea	150 mm	Txaparen amaierako temperatura	50 °C
Enbutizio abiadura	50 mm/s		

Simulazioa definitzerako orduan lehenengo pausoa zapaltzailea jaitea da, irudian ikus daitekeen bezala, zapaltzailea bere hasierako lekutik 70 mm desplazatuta dago eta ondorioz erreminta hau izango da formatua ukituko duen lehenengoa. Hasieran 170 kN-eko indarrarekin egingo du eta ibiltartea aldatzen den heinean indarra 221 kN arte handituko da. Pam Stamp softwarean aurretik aipatutako indar aldakorra simulatzeko egon diren arazoan ondorioz 190 kN-eko indar egonkorra definitzea adostu da.

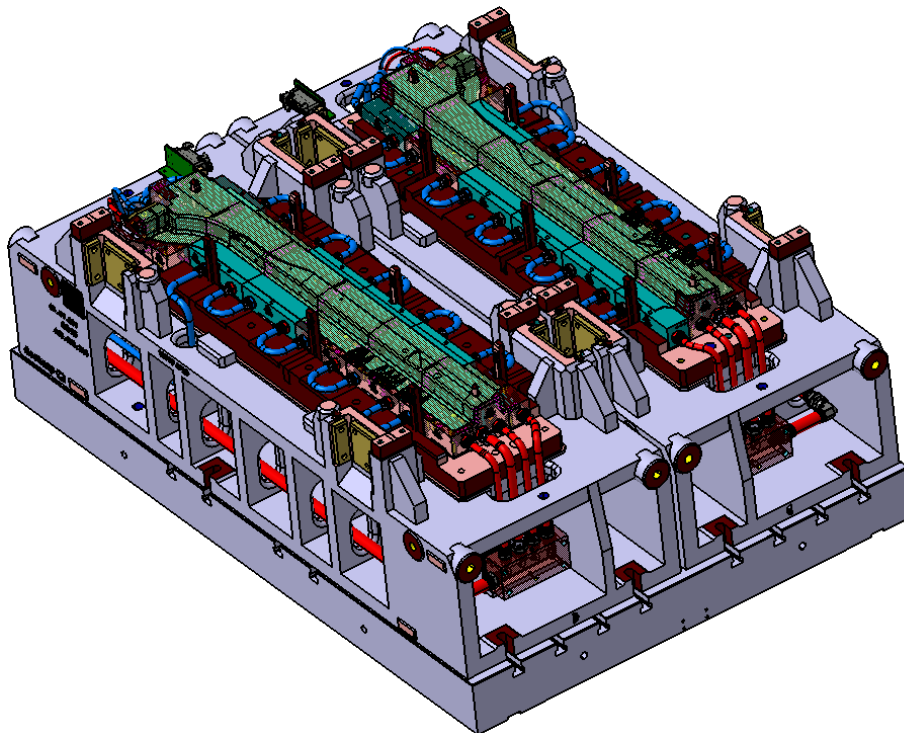
Ondoren, prentsaren goiko trokela jaitsiko da alboetako tolestura egiteko. Azkenik materialak nahi den gogortasuna lortzeko quenching etapa hasten da, bertan indar handia aplikatzen da materiala hozte abiadura zehatz batekin (27 °C/s) hozten den bitartean, balio hau hasieran agertzen den grafikoetatik ateratzen da.

Hurrengo irudian prozesuan parte hartzen duten erreminta ezberdinak agertzen dira.



Irudia 50 Prozesuan parte hartzen duten erreminten laburpen grafikoa

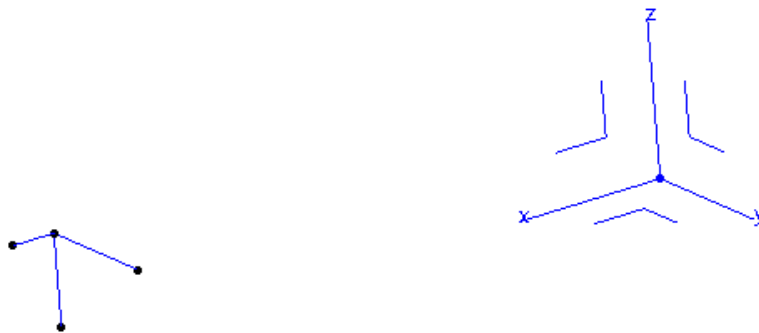
Kasu honetan, prentsan piezak binaka daude jarrita eta ondorioz, batera bi pieza egiten direnez aurretik adierazitako indarrak bikoiztu behar dira. Irudian ikus daitekeen bezala prentsan bi modulo ezberdin ikus daiteke, normalean bi pieza aldi berean konformatzen direnean modulo bakarrean egiten da, baina bezeroaren eskakizun berezia jarraituz bi modulo ezberdinetan diseinatu da.



Irudia 51 Prentsaaren beheko trokelaren CAD diseinua

Erreferentzia sistema

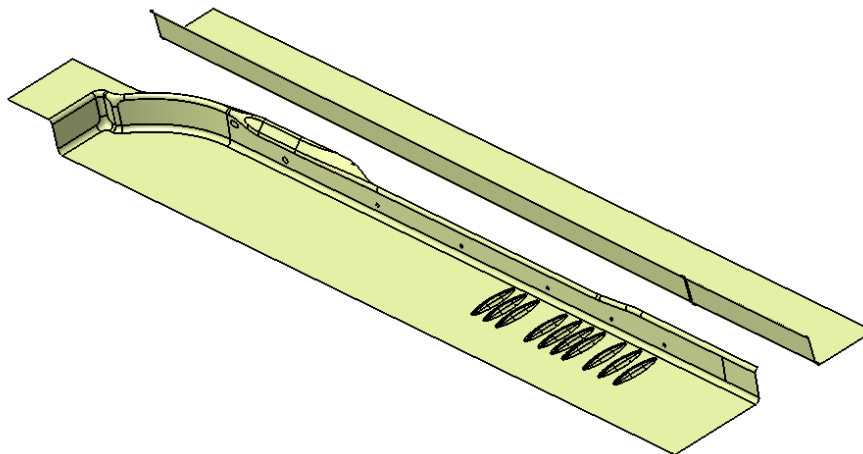
Autoform programara erreferentzia sistema inportatzeko CAD diseinu programan diseinatu behar da, nahi den posizioan x,y eta z ardatzak marraztuz. Programak era egokian ulertzeko x, y eta z ardatzek luzera ezberdina eta bakoitza aurrekoa baino handiagoa izan behar da, beraz, Batz enpresan hartu duten akordioa jarraituz x, y eta z ardatzek 100 mm, 200 mm eta 300 mm-ko luzera izango dute hurrenez hurren.



Irudia 52 Erreferentzia sistema

Matrizea

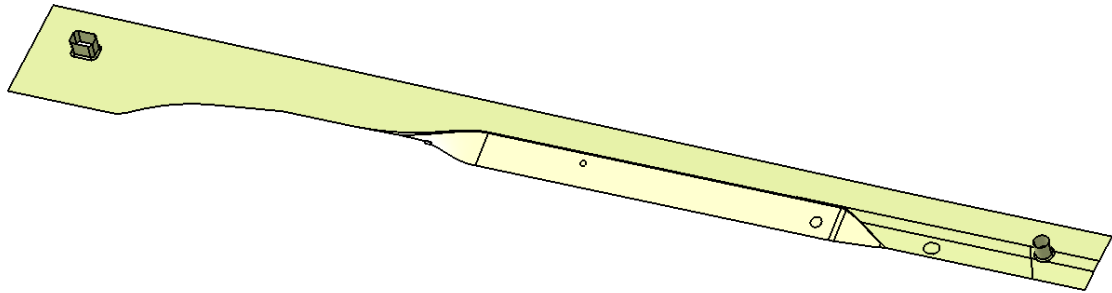
Simulazio honetan zapaltzailea formatua puntzoian kontra zapaltzen duenean matrizea mugimendu beheanzkorra egingo du eta formatua puntzoia ren kontra deformatuz.



Irudia 53 Simulazio prozesuan erabiliko den matrizea

Zapaltzailea

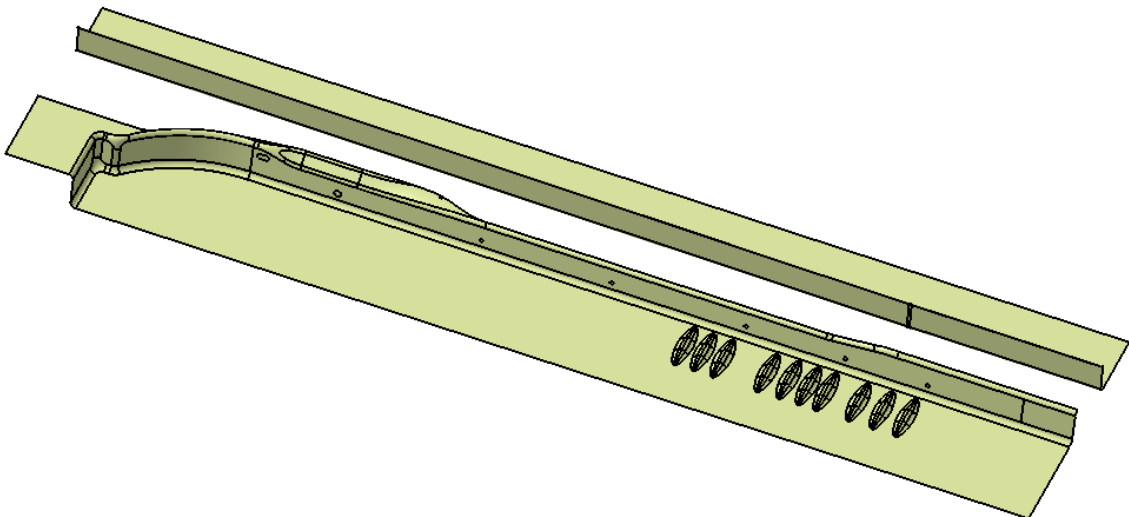
Formatua puntzoian kokatzen denean zapaltzailea beherantz desplazatzen da puntzoia-aren aurka mantenduz, hurrengo ataletan azalduko den bezala, aurretik definitu beharreko indarra zehaztu behar da.



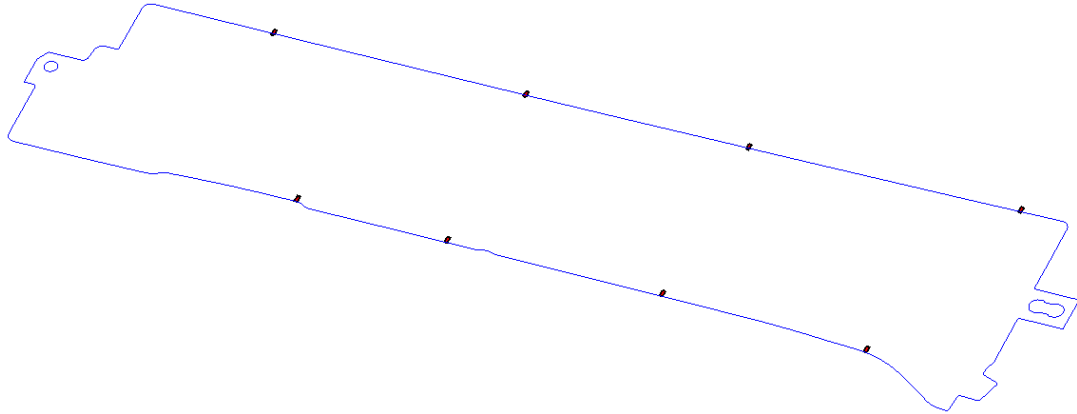
Irudia 54 Zapaltzailea

Puntzoia

Kasu honetan puntzoia finko geratzen da formatua, zapaltzaile eta matrizea dira mugitzen direnak.



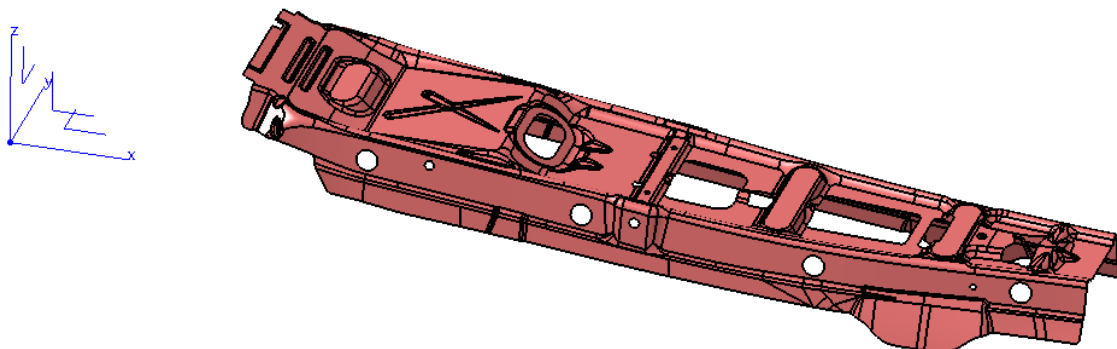
Irudia 55 Puntzoia



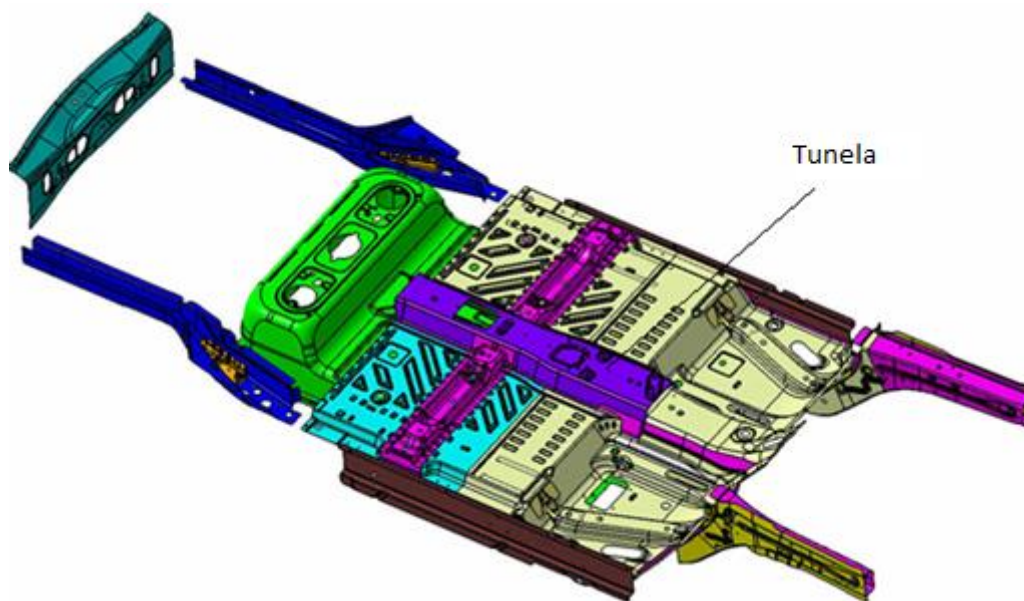
Irudia 58 Formatu euskarriak

4.2.2. 16525 Tunela

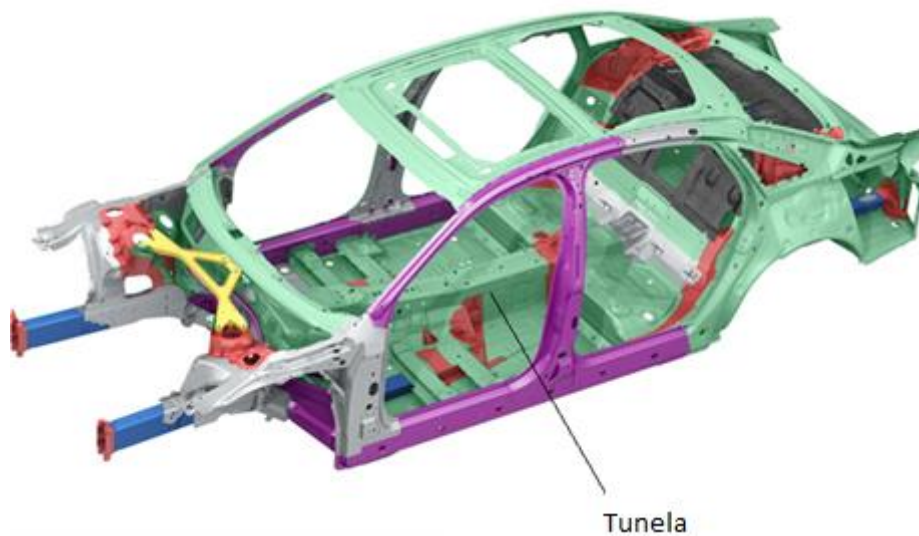
Proiektu honetan aztertuko den hurrengo pieza Kirchhoff bezeroak bidalitako agindua da. Kirchhoff enpresak Daimler auto ekoizlearentzat ekoiztuko ditu hainbat pieza. Aipatu den pieza autoaren erdialdean kokatzen da eta tunela deritzo. Autoaren egitura diseinatzeko orduan luzera handienetarikoa da, ondoren ikus daitekeen irudian piezaren kokapena agertzen da. Enpresan ezarrita dagoen akordioa jarraituz pieza bakoitza autoan kokaturik dagoen erreferentziarekin lotuta egon behar da. Y ardatza autoaren aurreko gurpilen ardatzarekin bat egiten du eta X ardatza berriz, zeharkako ardatza da.



Irudia 59 16525 Pieza



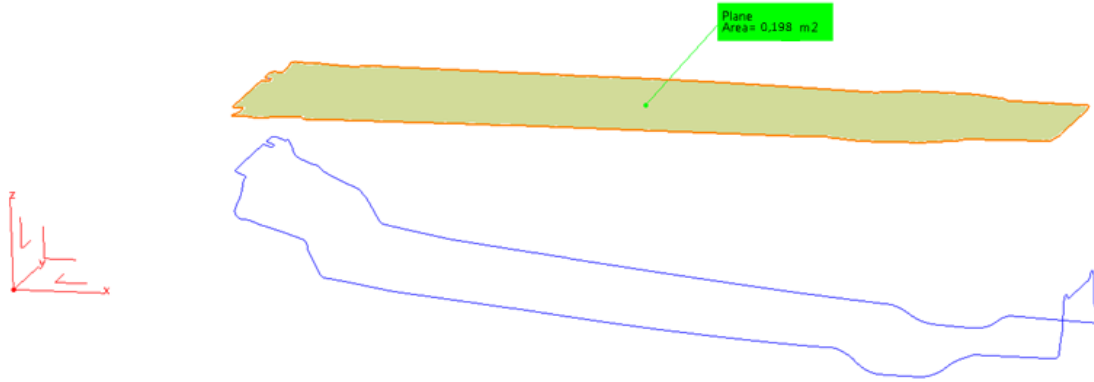
Irudia 60 Auto batean tunelaren kokapena



Irudia 61 Tunelaren kokapena auto batean

Quenching etapan zehar aplikatu behar den indarra kalkulatzeko aurreko piezan egin den bezala 12 MPa konstantea erabiliko da, esperientzian oinarrituz Batz-ek balio hau erabiltzen baitu normalean. Azalerari erreparatuz Catia diseinu programan $0,198 \text{ m}^2$ -ko azalera neurtu da. Beraz, aurreko datuak aurretik azaldutako forman sartu ezkeron 2.376 kN indarra kalkulatu da. Hori da tenplaketa egokia emateko 9 segundutan aplikatu behar den indarra.

$$F[kN] = 12[MPa] \times 0,198[m^2] \times 10^3 = 2.376 kN$$



Irudia 62 Piezaren proiektzioa eta azaleraren kalkulua

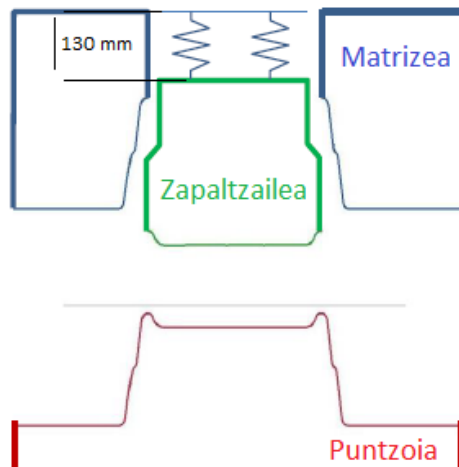
Jarraian piezaren simulazioa egitean erabiliko diren parametroak biltzen dituen taula agertzen da.

Taula 9 16525 piezaren simulazioan erabili beharreko parametroen laburpen taula

Hasierako tenperatura	920 °C	Zapaltzailearen indarra	800 kN
Erreminten tenperatura ktea	70 °C	Marruskadura koef. Autoform/Pam Stamp	0,45/0,3
Garraio-denbora	9 s	Quenching denbora	9 s
Lan-gainazala	Goikoa	Quenching indarra	2400 kN
Zapaltzailearen ibiltartea	130 mm	Txaparen amaierako tenperatura	50 °C
Prentsaren ibiltartea	700 mm	Enbutizio abiadura	40 mm/s
Enbutizio ibiltartea	120 mm		

Pieza honen fabrikazioa egiterako orduan aurreko piezan erabilitako prozesu berdina jarraitzea erabaki da. Hasteko, zapaltzailea 130 mm aurreratuta egongo da eta beraz, zapaltzailea izango da formatua ukituko duen lehenengo erreminta.

Zapaltzaileak 800 kN-eko indarra egingo du hasierako momentuan ondoren zilindroak egin dezaketen indarra kontuan izanda indar hori 1,3 aldiz handitu daiteke 1040 kN-etara heldu arte.



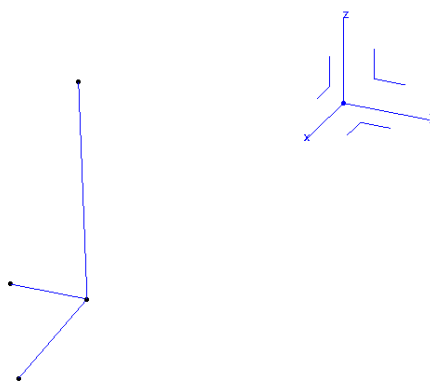
Irudia 63 Prozesuan parte hartzen duten erreminta ezberdinak

Trokela diseinatzeko orduan lau pieza egingo dira batera eta beraz beharrezko indarrak lau aldiz handiagoak izango dira.

Simulazioa egiteko Catia programan jarraian azaltzen diren erremintak diseinatu dira.

Erreferentzia sistema

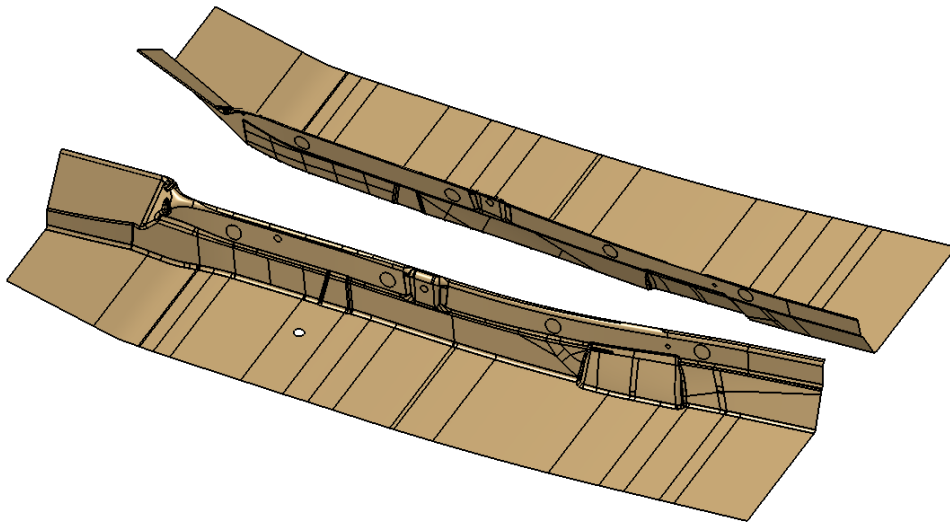
Autoform programan pieza simulatzeko orduan erabiliko den erreferentzia sistema inportatzeko (*Tipping point*) x,y eta z norabideei luzera ezberdinak ematen zaie Autoform programak zuzenean ulertzeko. X norabideari 100 mm-ko luzera emango zaio, Y eta Z norabideei berriz, 200 mm eta 300 mm luzera hurrenez hurren.



Irudia 64 Autoform programan erabiliko den *Tipping point*

Matrizea

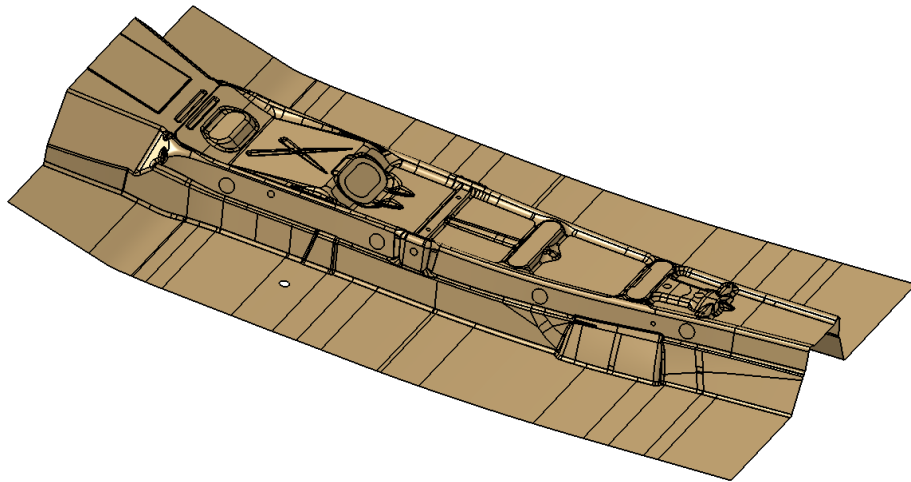
16510 piezan egin den bezala behin zapaltzailea puntzoiaren aurka jotzen duenean matrizea mugimendu beherakorra hasi beharko da, horretarako puntzoiari zapaltzailearen geometria kendu behar zaio. Bestalde, kasu honetan formatuaren biraketa ekiditen duten bi pilotu diseinatu dira. Pilotu hauek diseinatzeko orduan berotzean txapak pairatzen duen dilatazioa kontuan hartu da.



Irudia 65 16525 piezaren matrizea

Puntzoia

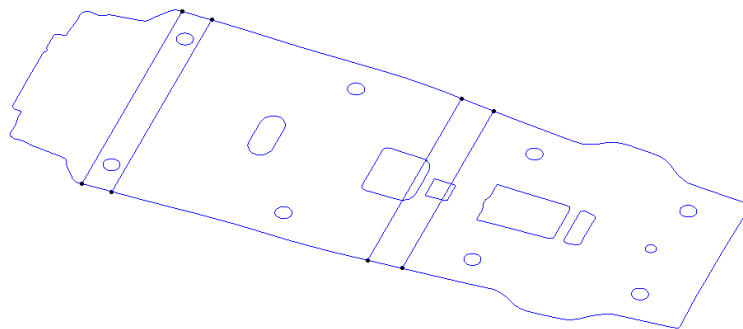
Puntzoia finko mantentzen den geometria da eta beraz, matrizea eta zapaltzailea batzean sortzen den geometriaren itxura du. Ondoren simulazio softwareek formatuaren lodiera kontuan izanda *offset*-a gehitzen diote. Dokumentu honetan aipatu den bezala, hasierako piezaren gainazala goiko edo azpiko gainazala izan daiteke. Kasu honetan goiko gainazala hartu da oinarri gisa eta ondorioz, bukaerako piezaren dimentsio nagusiak eta erradio egokiak bermatzeko erreminta ezberdinak honen arabera aldatzen dira.



Irudia 66 16525 piezaren puntzoia

Piezaren garapena

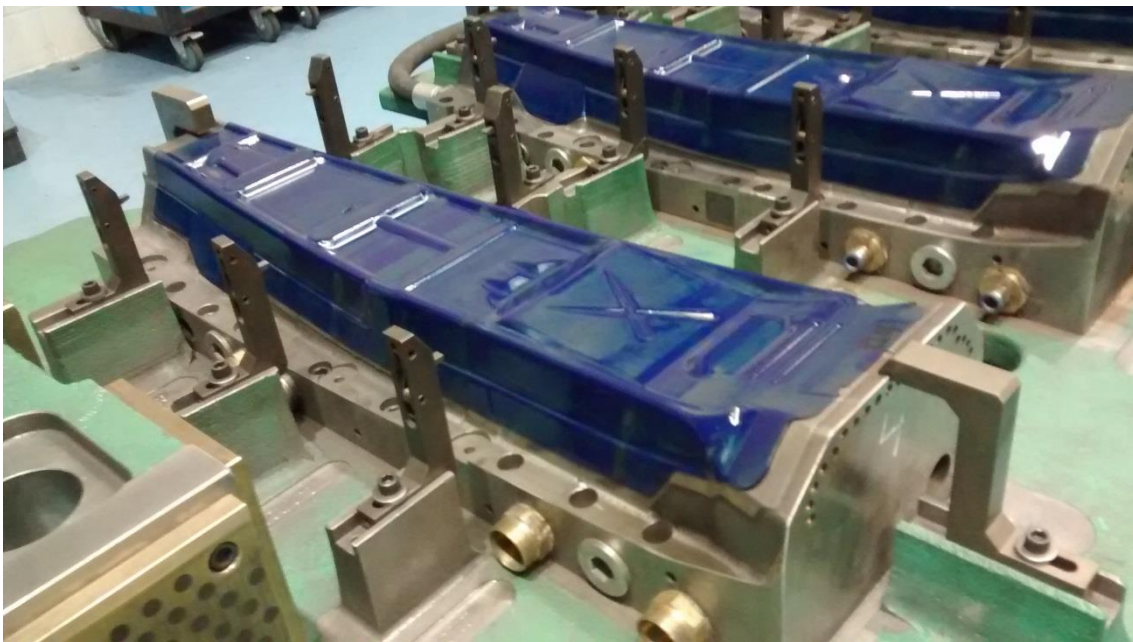
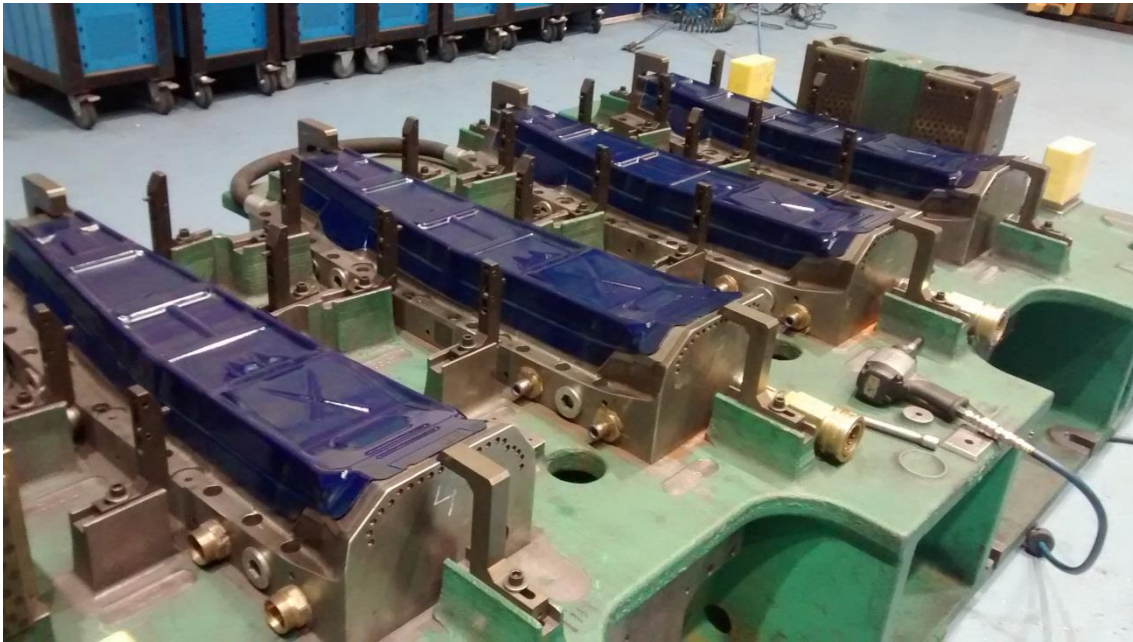
Simulazioa softwareetara formatuak izango duen itxura inportatu behar da. Bukaeran egin beharreko operazioak murrizteko laser bidez piezak dituen zulo ezberdinak mozten dira.



Irudia 67 16525 piezaren garapena

Aurreko irudian ikus daiteke formatuaren lodiera ezberdina adierazten dituzten kurbak. Bukaerako piezaren erresistentzia leku batzuetan besteetan baino handiagoa izan behar da. Ondoren azalduko den bezala, kurba hauek software ezberdinetara inportatu behar dira lodiera ezberdina dutela adierazteko. Lodiera ezberdina duten formatuei *Tailored rolled blank* deritzo.

Jarraian agertzen diren argazkietan 16525 pieza egiteko diseinatu den trokelaren atal ezberdinak ikusten dira.



Irudia 68 16525 Trokelaren argazkiak

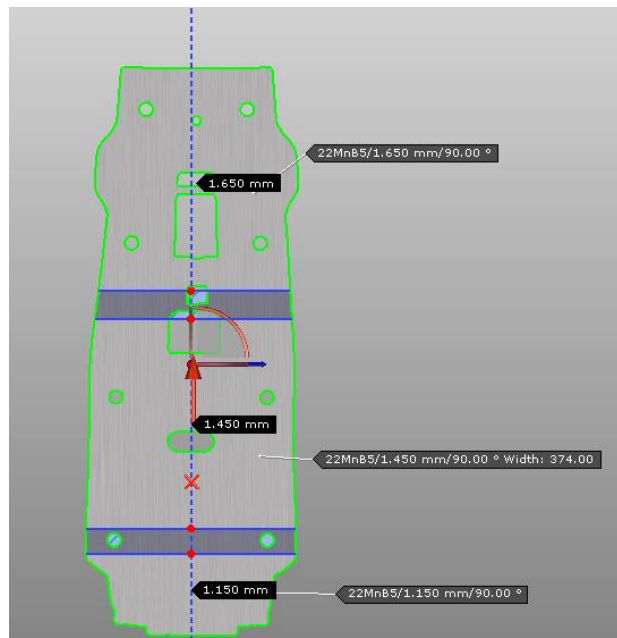
4.2.2.1. Tailored Rolled Blank

Askotan auto ekoizleek piezaren gune konkretu batean nahi dituzten propietate mekaniko egokiak lortzeko eta xahutzen den materiala eta kostuak murrizteko aukera aproposa da lodiera ezberdineko formatuak erabiltzea. Askotan auto ekoizleek piezaren gune konkretu batean nahi dituzten propietate mekaniko egokiak lortzeko eta xahutzen den materiala eta kostuak murrizteko aukera aproposa da lodiera ezberdineko formatuak erabiltzea. Ingelesez *Tailored blank* izenez ezagutzen da, *Tailored Welded blank* kasuan lodiera ezberdina duten

txapa ezberdinak soldatuz lortzen da eta Tailored Rolled blank kasuan berriz, laminazioan zuzenean lodiera ezberdineko txapa lortzen da.

Aztertuko den simulazioa honetan, bezeroak nahi dituen propietate mekanikoak lortzeko formatua hiru lodiera ezberdinetan bananduko da (1,15 mm, 1,45 mm, 1,65 mm), lodiera ezberdin horiek jarraian ez daudenez trantsiziozko guneak sortuko dira, hau da lodiera ezberdina duten guneak.

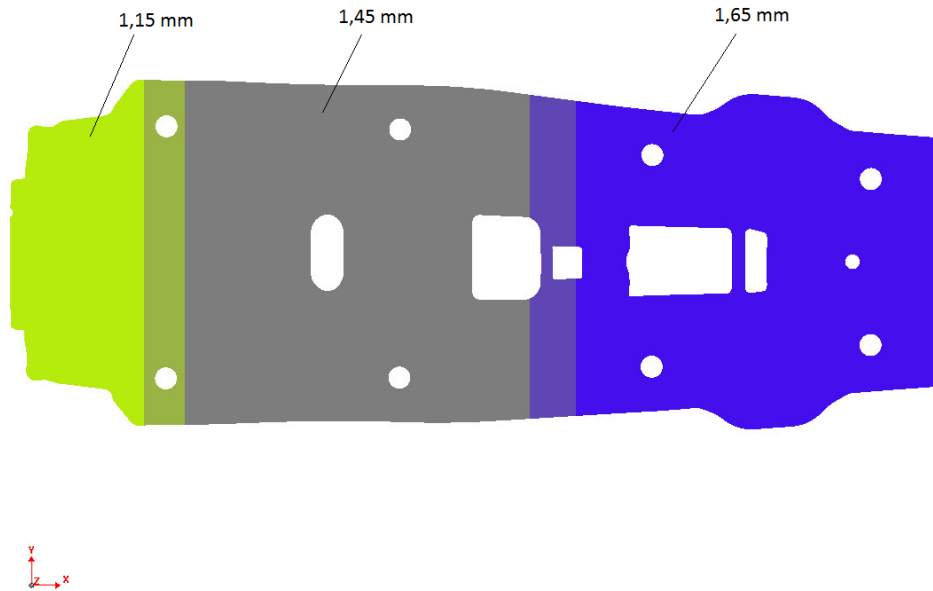
Autoform softwarean hasiera batean formatuaren perimetroa eta izango dituen zuloak sartu behar dira. Ondoren, lodiera ezberdinak adierazteko puntu ezberdinen bidez egiten da jarraian ikusten den irudian antzeman daitekeen bezala.



Irudia 69 Autoform-en diseinatutako *tailored blank*

Autoform softwarean trantsiziozko gunea automatikoki egiten du lodiera ezberdinak dituen guneak elkartzeko lodiera aldakorreko zonaldeak sortzen ditu.

Pam Stamp softwarean berriz, formatuaren perimetroa eta zuloak sartu ondoren lodiera ezberdinak mugatzen dituen zuzenak inportatu behar dira. Ondoren sortzen diren zonalde ezberdinen lodiera adierazi behar da. Kasu honetan, trantsiziozko guneak hartuko duen lodiera adierazi behar da eta bi lodiera ezberdinen erdiko balio hartuko dela adostu da. Horrela benetan izango duen portaera ahalik eta hoberen simulatuko du. Hurrengo irudian Pam Stamp softwarean egindako simulazioan sortu den formatua agertzen da.



Irudia 70 Pam Stamp-en diseinatutako *tailored blank*

4.3. Kontrol saila. Neurketak

Trokelak egiten dituen piezak bezeroaren eskakizunak betetzen dituela frogatzeko kontrol sailak ekoiztutako piezak neurtu behar ditu ondoren diseinuan aldaketak egin behar diren ikusteko. Kontrol departamentuak jarraian agertzen diren aldagaiak neurtzen ditu.

Lodieraren neurketa:

Lodieraren neurketa egiteko lodierak neurtzeko kalibrea erabiltzen da. Kalibre honek metal gogorrezko kontaktuak ditu, gainaldean duen palanka zapalduz kontaktuak zabaltzen dira. Batez ere argaltzeak ematen diren gune kritikoetan neurtzen da eta bezeroak nahi dituen zehaztasunaren arabera neurtu beharreko puntuak bezeroak bidaltzen ditu.



Irdia 71 Lodierak neurtzeko kalibrea

Argaltzeak ematen diren guneak batez ere erradioak eta materiala luzatzen den guneak izaten dira. Erradioen lodiera neurtzea konplexutasun handiko prozesua da, ondorioz gomendagarria da neurketa egiten duen teknikoak trebezia eta esperientzia handia izatea. Erradioetan ematen diren argaltzeak neurtzerakoan argaltze maximoa neurtu nahi da, hau da, lodiera minimodun guneak identifikatu behar dira.

Kontrol departamenduak trokelaren doikuntza egiterakoan froga moduan egiten diren piezak neurtzen dituzte bezeroak eskatutako baldintzak betetzen dituela ziurtatzeko. Argaltze balio maximoari erreparatzen badiogu bezeroaren arabera %10-%15 inguruan egoten da.

Errepikakortasuna:

Bezeroek trokela erosten dutenean ez dute bakarrik piezaren dimentsionaketa egokia lortzea bilatzen, errepikakortasuna da bilatzen duten faktorerik garrantzitsuenetakoa.

Piezak ekoizterakoan funtsezkoa da berdina izatea, horretarako lote bakoitzean bezeroaren arabera hogeita bost pieza inguru neurtzen dituzte faktore hori bermatzeko.

Zuloen kokapena:

Zuloen kokapena CMM makina baten bidez neurtzen dira piezaren CAD diseinuan agertzen diren balioak oinarri bezala erabiliz, ondoren zuloen diametroa egokia dela ziurtatzeko eskuzko kalibrearekin neurtzen dituzte.

Erradio neurketak:

Erradioek dimentsio egokia dutela konprobatzeko jarraian agertzen diren txantiloak erabiltzen dira. Txantilo hauetan balio ezberdineko erradioak agertzen dira eta era

arin eta eraginkorrean konprobatu daiteke piezaren erradioen balioa.

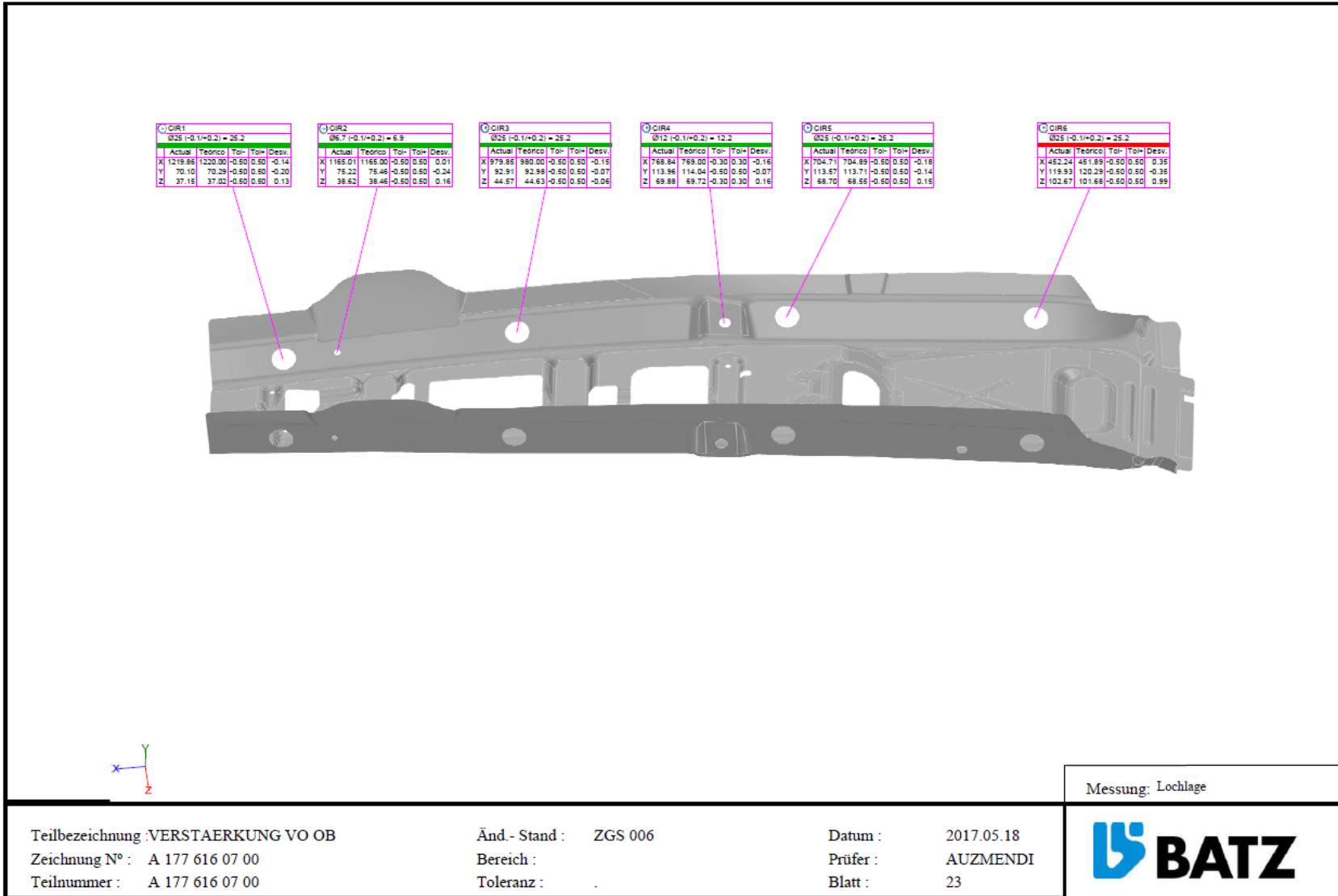


Irudia 72 Erradioak konprobatzeko txantiloia

Bezeroaren bistan dauden gainazalen azterketa:

Askotan kanpoaldeko piezak bakarrik aztertzen direla esaten da baina hori ez da guztiz egia. Bezeroaren begi-bistan dauden piezen gainazalak aztertzen dira. Adibidez, auto baten kapota aztertzean ez da bakarrik kanpoko gainazala aztertu behar, barneko aldean geratzen diren piezak ere aztertu behar dira bezeroak kapota zabalitzean begi-bistan geldituko baita.

Analisi hori egiteko harria pasarazten da piezaren gainazaletik bertan dauden akatsak begi bistaz ikusteko. Gainera, gainazaleko piezen egokitasuna bermatzeko argi panel bereziak dituzte. Argi honen bitartez piezak dituen akatsak errazago topatzen dira.



4.4. Tenperaturaren neurketa

Quenching atala ondoren piezak duen tenperatura neurtzeko FLIR A320 (9 Hz) kamera termografikoa erabili da. Pieza quenching etapa ondoren duen tenperatura neurtzeko quenching etapa bukatu ondoren 7,7 s-tan prentsa gelditu eta zapaltzailea eta matrizea igoarazten dira pieza begi-bistan geratuz. Ondoren tripodean kokaturik dagoen kamerarekin bideoa grabatu eta interesgarriak diren puntuak neurtzen dira. Proiektu honetan 16510 piezaren tenperaturak aztertzen dira, bezeroa Gestamp enpresa denez berak gomendatutako prozedura jarraituz neurtu behar da. Horren ondorioz lehendabiziko neurketa pieza trokelean kokatuta dagoenean egiten da, jarraian trokelak sortu ditzakeen erreflexu arazoak ekiditeko operarioak pieza trokeletik atera eta trokeletik at datuak hartzen dira.

Trokelaren barruan erreminten tenperatura eta ingurunea beroago dagoenez sortzen diren perturbazioak handiagoak dira, hori ekiditeko giro tenperaturara dagoen ingurunean ere neurtzen da piezaren tenperatura. Kamerak neurtzen dituen tenperaturen eskala aldakorra edo egonkorra izateko aukera ematen du, momentu ezberdinetan neurtutako piezak konparatzeko aukera emanez.



Irudia 73 FLIR A320 (9 Hz) kamera termografikoa

4.5. Hasierako parametroak

Simulazio softwareetan egin diren simulazioak egiteko jarraian agertzen diren parametroak erabili dira, aldagai batzuen balioak, quenching denbora adibidez, bezeroak zuzenean bidalitako balioak dira bere plantan adostutako aldagaia delako. Bestalde, quenching indarra formula matematikobaten bidez lortutako balioa da. Jarraian 16510 eta 16525 piezentzat erabili diren parametroak agertzen dira.

Taula 10 16510 piezaren hasierako aldagaiak

Hasierako tenperatura	900 °C	Zapaltzailearen indarra	190 kN
Erreminten tenperatura ktea	70 °C	Lepo tolesgailuen ibiltartea	30 mm
Garraio-denbora	9 s	Formatu euskarrien indarra	50 N
Lan-gainazala	Azpikoa	Marruskadura koef. Autoform/Pam Stamp	0,45/0,3
Zapaltzailearen ibiltartea	70 mm	Quenching denbora	7,7 s
Prentsaren ibiltartea	700 mm	Quenching indarra	3300 kN
Enbutizio ibiltartea	150 mm	Txaparen amaierako tenperatura	50 °C
Enbutizio abiadura	50 mm/s		

Taula 11 16525 piezaren hasierako aldagaiak

Hasierako tenperatura	920 °C	Zapaltzailearen indarra	800 kN
Erreminten tenperatura ktea	70 °C	Marruskadura koef. Autoform/Pam Stamp	0,45/0,3
Garraio-denbora	9 s	Quenching denbora	9 s
Lan-gainazala	Goikoa	Quenching indarra	2400 kN
Zapaltzailearen ibiltartea	130 mm	Txaparen amaierako tenperatura	50 °C
Prentsaren ibiltartea	700 mm	Enbutizio abiadura	40 mm/s
Enbutizio ibiltartea	120 mm		

5. ATAZEN DESKRIBAPENA. GANTT

5.1. Atazak

A1 16510 Piezaren simulazioa

Merkatuan aurki daitezkeen bi software garrantzitsuenak eta Autoform-en bi bertsoiak konparatzeko asmoz jarraian agertzen dituen atazak bete behar dira.

A1.1 16510 piezaren plano metodoaren azterketa

Lehendabizi proiektu honetan aztertuko den pieza fabrikatzeko jarraituko den prozesua erabaki behar da. Etapa honetan beharrezkoak izango diren erreminta ezberdinak eta hauen zinematika pentsatuko da.

A1.2 Diseinu programan baldintza optimoen lorpena

A1.2.1 Ertzak luzatu

Enbutizio prozesu optimoa lortzeko matrizearen ertzak luzatu behar dira, horretarako lehendabizi piezak duen kanpoaldea leundu behar da ondoren egin beharreko luzapena era optimo baten egiteko.

A1.2.2 Zuloen itxiera

Atal honetan hasierako ereduak dituen zuloak ixten dira, horretarako diseinu softwareak eskaintzen duen erreminta erabiltzen da. Amaierako piezak dituen zulo handienak egiteko enbutizio prozesua burutu aurretik laser bidez ebakitzen dira. Amaieran, enbutizioa gertatu ondoren laser bidez egiten dira falta diren zuloak.

Mugarria: Baldintza optimoen konprobaketa

A1.3 Beharrezko erreminten diseinua

Atal honetan enbutizioa lortzeko beharrezkoak diren erremintak sortzen dira. Hasteko matrizea sortzen da eta erreminta garrantzitsu hau oinarritzat hartuz formatua, zapaltzailea, puntzoia eta lepo tolesgailuak sortzen dira.

A1.3.1 Matrizearen diseinua

Matrizea sortzeko orduan, amaierako piezaren CAD artxibotik hasi behar da, bero estanzazioan piezaren ertzak luzatu ondoren prozesuan beharrezkoak diren erremintak kokatzeko zuloak egin behar dira. Matrizearen iruditik abiatuz beharrezkoak diren erremintak sortzen dira.

A1.3.2 Erreminten diseinua

Simulazio softwareetan jarraitu beharreko prozedura errazteko erreminta

ezberdinak Catia programan diseinatuko dira, ondoren simulazio programara erreminta bakoitza bere aldetik inportatzeko.

Mugarria: Erreminten diseinuaren konprobaketa

A1.4 Autoform R6 softwarean simulazioa

Bi bertsioek dituzten ezberdintasunak eta hobekuntzak frogatzeko asmoz Autoform softwarearen bi bertsioetan simulazioa egingo da.

A1.4.1 Parametro ezberdinen definizioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A1.4.2 Beharrezko indarren balioen lorpena

Prozesuan beharrezkoak diren indarrak zehazteko aurretik lehendabiziko simulazioa egin behar da erremintak dituzten erreakzioak kuantifikatzeko.

A1.4.3 Behin behineko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin behineko simulazioa burutu behar da.

A1.4.4 Hobekuntzak

Ondorioak aztertuz simulazioa hobetzeko burutu beharreko erabakiak hartzen dira.

A1.4.5 Behin betiko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin betiko simulazioa burutu behar da.

A1.4.6 Argazki eta grafikoen lorpena

Simulazioan lortu diren emaitzak analizatzeko eta ondoren txostenean idazteko xehetasunen argazkiak eta indarren grafikoak lortu behar dira.

Mugarria: Simulazioa optimoaren konprobaketa

A1.5 Autoform R7 softwarean simulazioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A1.5.1 Parametro ezberdinen definizioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A1.5.2 Behin behineko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin behineko simulazioa burutu behar da.

A1.5.3 Hobekuntzak

Ondorioak aztertuz simulazioa hobetzeko burutu beharreko erabakiak hartzen dira.

A1.5.4 Behin betiko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin betiko simulazioa burutu behar da.

A1.5.5 Argazki eta grafikoen lorpena

Simulazioan lortu diren emaitzak analizatzeko eta ondoren txostenean idazteko xehetasunen argazkiak eta indarren grafikoak lortu behar dira.

Mugarria: Simulazioa optimoaren konprobaketa

A1.6 Pam Stamp softwarean simulazioa

Simulazioak konparatzeko asmoz, Pam Stamp programan 16510 piezaren simulazioa egingo da.

A1.6.1 Parametro ezberdinen definizioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A1.6.2 Behin behineko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin behineko simulazioa burutu behar da.

A1.6.3 Hobekuntzak

Ondorioak aztertuz simulazioa hobetzeko burutu beharreko erabakiak hartzen dira.

A1.6.4 Behin betiko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin betiko simulazioa burutu behar da.

A1.6.5 Argazki eta grafikoen lorpena

Simulazioan lortu diren emaitzak analizatzeko eta ondoren txostenean idazteko xehetasunen argazkiak eta indarren grafikoak lortu behar dira.

Mugarria: Simulazioa optimoaren konprobaketa

A2 16525 Piezaren simulazioa

Eraitzen ondorioak zehatzagoak izateko bi pieza aztertuko dira. Bigarren pieza aztertzeko jarraian agertzen dituen atazak burutu behar dira.

A2.1 16525 piezaren plano metodoaren azterketa

Lehendabizi proiektu honetan aztertuko den pieza fabrikatzeko jarraituko den prozesua erabaki behar da. Etapa honetan beharrezkoak izango diren erreminta ezberdinak eta hauen zinematika pentsatuko da.

A2.2 Diseinu programan baldintza optimoen lorpena

A2.2.1 Ertzak luzatu

Enbutizio prozesu optimoa lortzeko matrizearen ertzak luzatu behar dira, horretarako lehenabizi piezak duen kanpoaldea leundu behar da ondoren egin beharreko luzapena era optimo baten egiteko.

A2.2.2 Zuloen itxiera

Atal honetan hasierako ereduak dituen zuloak ixten dira, horretarako diseinu softwareak eskaintzen duen erreminta erabiltzen da. Amaierako piezak dituen zulo handienak egiteko enbutizio prozesua burutu aurretik laser bidez ebakitzen dira. Amaieran, enbutizioa gertatu ondoren laser bidez egiten dira falta diren zuloak.

Mugarria: Baldintza optimoen konprobaketa

A2.3 Beharrezko erreminten diseinua

Atal honetan enbutizioa lortzeko beharrezkoak diren erremintak sortzen dira. Hasteko matrizea sortzen da eta erreminta garrantzitsu hau oinarritzat hartuz formatua, zapaltzailea, puntzoia eta lepo tolesgailuak sortzen dira.

A2.3.1 Matrizearen diseinua

Matrizea sortzeko orduan, amaierako piezaren CAD artxibotik hasi behar da, bero estanzazioan piezaren ertzak luzatu ondoren prozesuan beharrezkoak diren erremintak kokatzeko zuloak egin behar dira. Matrizearen iruditik abiatuz beharrezkoak diren erremintak sortzen dira.

A2.3.2 Erreminten diseinua

Simulazio softwaretan jarraitu beharreko prozedura errazteko erreminta ezberdinak Catia programan diseinatuko dira, ondoren simulazio programara erreminta bakoitza bere aldetik inportatzeko.

Mugarria: Erreminten diseinuaren konprobaketa

A2.4 Autoform R6 softwarean simulazioa

Bi bertsioek dituzten ezberdintasunak eta hobekuntzak frogatzeko asmoz Autoform softwarearen bi bertsioetan simulazioa egingo da.

A2.4.1 Parametro ezberdinen definizioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A2.4.2 Beharrezko indarren balioen lorpena

Prozesuan beharrezkoak diren indarrak zehazteko aurretik lehendabiziko simulazioa egin behar da erremintak dituzten erreakzioak kuantifikatzeko.

A2.4.3 Behin behineko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinetatika eta indarrak definituta daudenean behin behineko simulazioa burutu behar da.

A2.4.4 Hobekuntzak

Ondorioak aztertuz simulazioa hobetzeko burutu beharreko erabakiak hartzen dira.

A2.4.5 Behin betiko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinetatika eta indarrak definituta daudenean behin betiko simulazioa burutu behar da.

A2.4.6 Argazki eta grafikoen lorpena

Simulazioan lortu diren emaitzak analizatzeko eta ondoren txostenean idazteko xehetasunen argazkiak eta indarren grafikoak lortu behar dira.

Mugarria: Simulazioa optimoaren konprobaketa

A2.5 Autoform R7 softwarean simulazioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A2.5.1 Parametro ezberdinen definizioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A2.5.2 Behin behineko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinetatika eta indarrak definituta daudenean behin behineko simulazioa burutu behar da.

A2.5.3 Hobekuntzak

Ondorioak aztertuz simulazioa hobetzeko burutu beharreko erabakiak hartzen

dira.

A2.5.4 Behin betiko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin betiko simulazioa burutu behar da.

A2.5.5 Argazki eta grafikoen lorpena

Simulazioan lortu diren emaitzak analizatzeko eta ondoren txostenean idazteko xehetasunen argazkiak eta indarren grafikoak lortu behar dira.

Mugarria: Simulazioa optimoaren konprobaketa

A2.6 Pam Stamp softwarean simulazioa

Simulazioak konparatzeko asmoz, Pam Stamp programan 16525 piezaren simulazioa egingo da.

A2.6.1 Parametro ezberdinen definizioa

Behin erreminta ezberdinak inportatu direnean prozesuaren parametro ezberdinak definitu behar dira.

A2.6.2 Behin behineko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin behineko simulazioa burutu behar da.

A2.6.3 Hobekuntzak

Ondorioak aztertuz simulazioa hobetzeko burutu beharreko erabakiak hartzen dira.

A2.6.4 Behin betiko simulazioaren gauzatzea

Prozesuaren erremintak, zinematika eta indarrak definituta daudenean behin betiko simulazioa burutu behar da.

A2.6.5 Argazki eta grafikoen lorpena

Simulazioan lortu diren emaitzak analizatzeko eta ondoren txostenean idazteko xehetasunen argazkiak eta indarren grafikoak lortu behar dira.

Mugarria: Simulazioa optimoaren konprobaketa

A3. Emaitzen konparaketa

Simulazioak egin ondoren emaitzak konparatuko dira atal honetan, ondoren txosten idatzian ondorioak idazteko.

A4. Benetako temperatura eta lodiera informazioaren lorpena

Kontrol sailak eta analisi metalurgikoaren arduradunaren laguntzaz proiektu honetan

aztertzen diren piezen informazioa bilduko da.

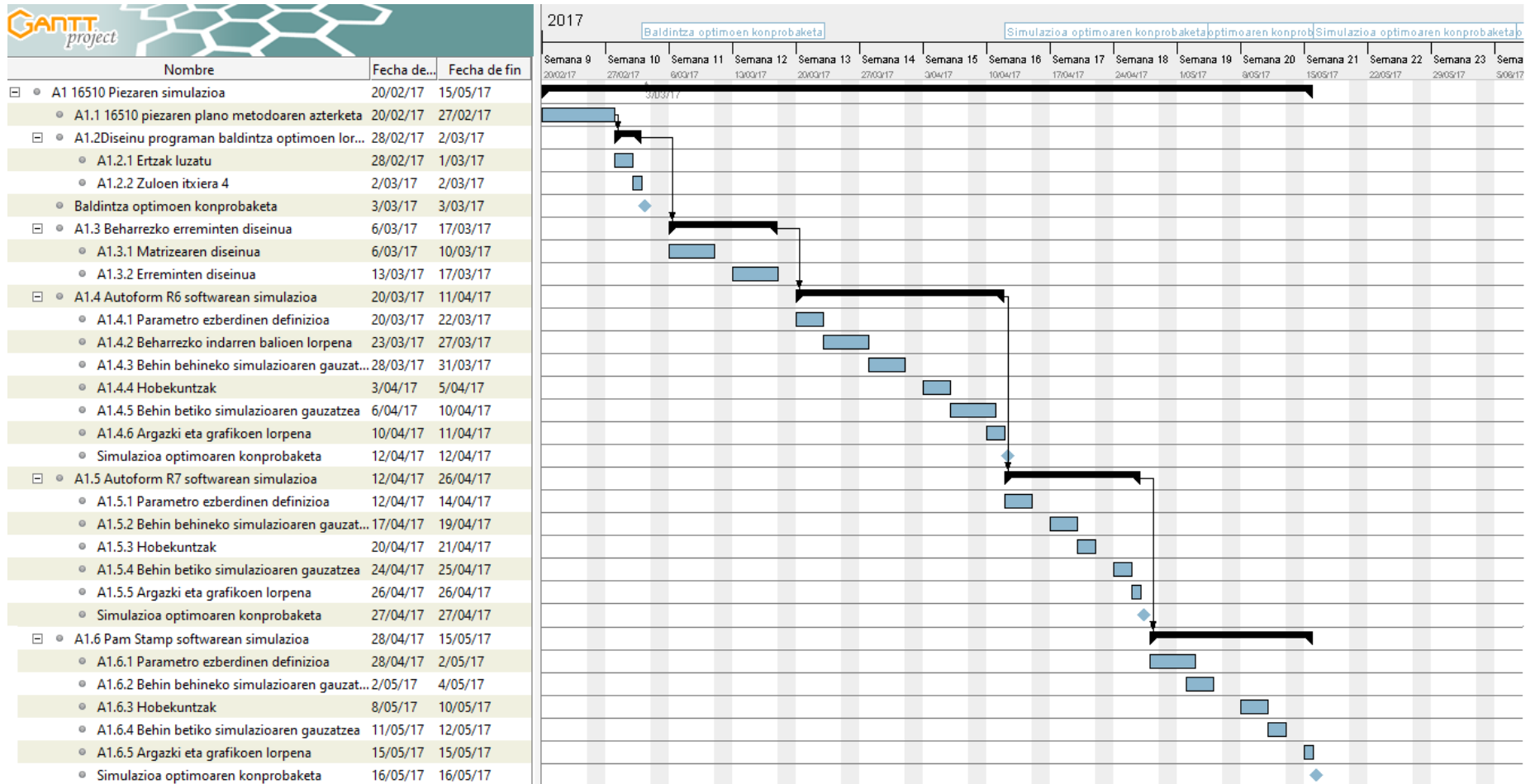
A5. Txosten idatzia

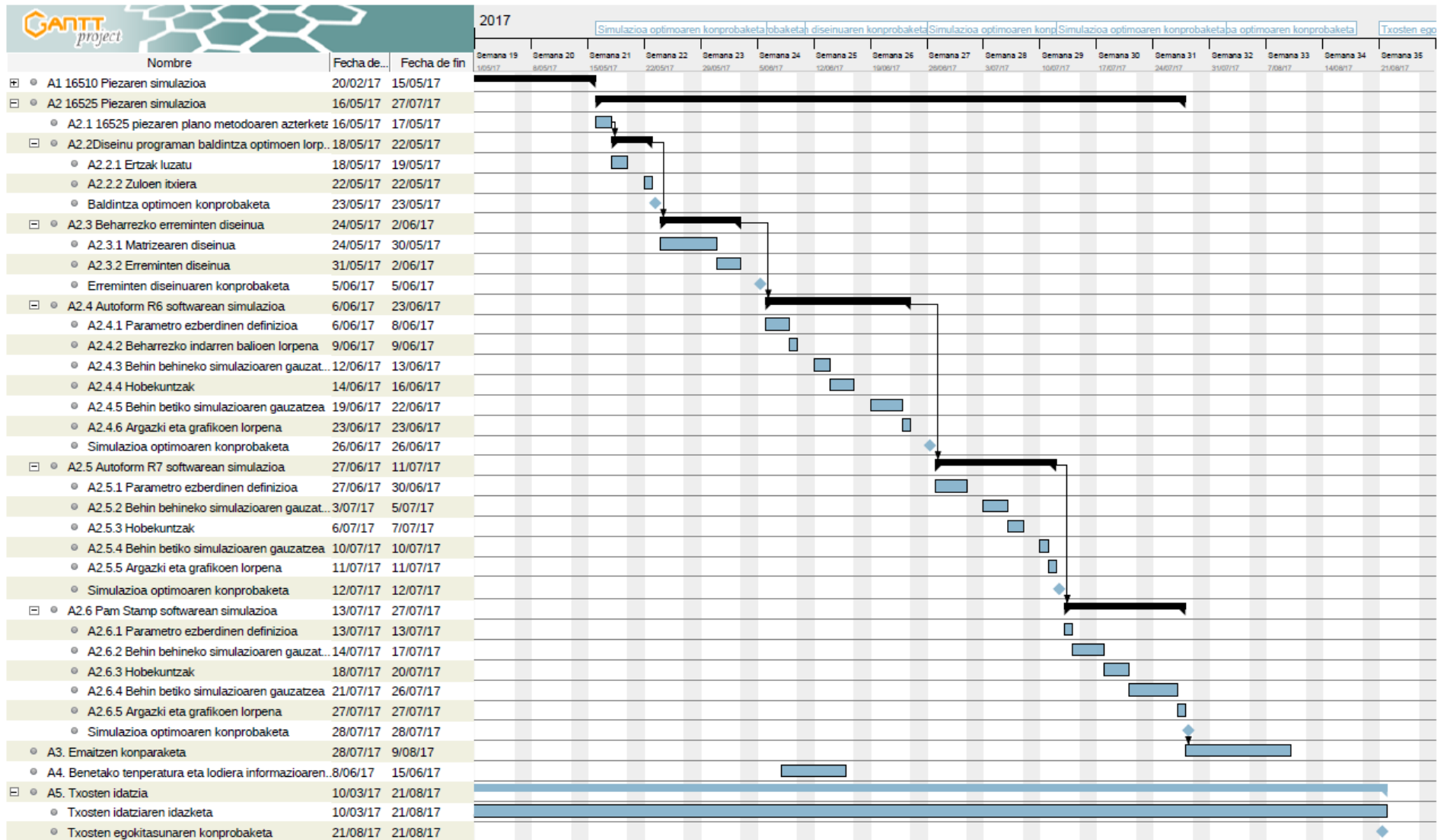
Aurreko atazak egin eta gero proiektu osoa biltzen duen txostena idatzi eta entregatu behar da.

Mugarria: Txosten egokitasunaren konprobaketa

5.2. Kronograma

Hurrengo orrialdean proiektu honen garapena islatzen duen Gantt-en diagrama agertzen da.





6. EMAITZAK

Hurrengo atalean proiektu honetan aztertuko diren bi piezak Autoform softwareak dituen azkeneko bi bertsioetan aztertuko dira. Behin bi bertsioek dituzten ezberdintasunak aztertu ondoren Pam Stamp 2017 bertsioarekin konparatuko da Autoformen R7 bertsioarekin lortutako emaitzak.

6.1. Autoform R6/R7 alderaketa

Enpresako simulatzaileek denbora gutxi daramate Autoform R7 erabiltzen, beraz Autoform R7 eta bere aurrekaria Autoform R6 konparatzea interesgarria izan daitekeela pentsatu da hobekuntzak zeintzuek izan diren frogatzeko. Konparazioak ahalik eta zehatzenak izateko bi bertsioetan programa berdina erabiltzea pentsatu da, horrela alde batetik simulatuko diren bi prozesuek parametro berdinak izango dituzte eta bestetik, zazpigarren bertsioan berriro prozesua definitzerakoan egon daitezkeen akatsak ezabatzen dira.

Bertsio ezberdinak erabiltzen direnez konformazioaren simulazioa Autoform R6 bertsioan egitea erabaki da, ondoren R7 bertsioan zabaldu eta simulatzeko.

6.1.1. 16510

Lodiera aldaketa: Autoform softwarearen bi bertsioak konparatu nahi direnez, 16510 piezaren bost puntu aukeratu dira bi arrazoi nagusiengatik:

- Neurketa esperimentalak egiterakoan tailerrean puntu horiek identifikatzeko erraztasuna.
- Aukeratutako puntuak lodiera aldaketa nabaria pairatzen dute.

Hurrengo taulan agertzen diren balioak lortzeko puntu bakoitzean jarraian agertzen den formula aplikatu da.

$$Lodiera\ aldaketa = \frac{Bukaerako\ lodiera - Hasierako\ lodiera}{Hasierako\ lodiera}$$

Taula 12 16510 piezaren lodiera aldaketa

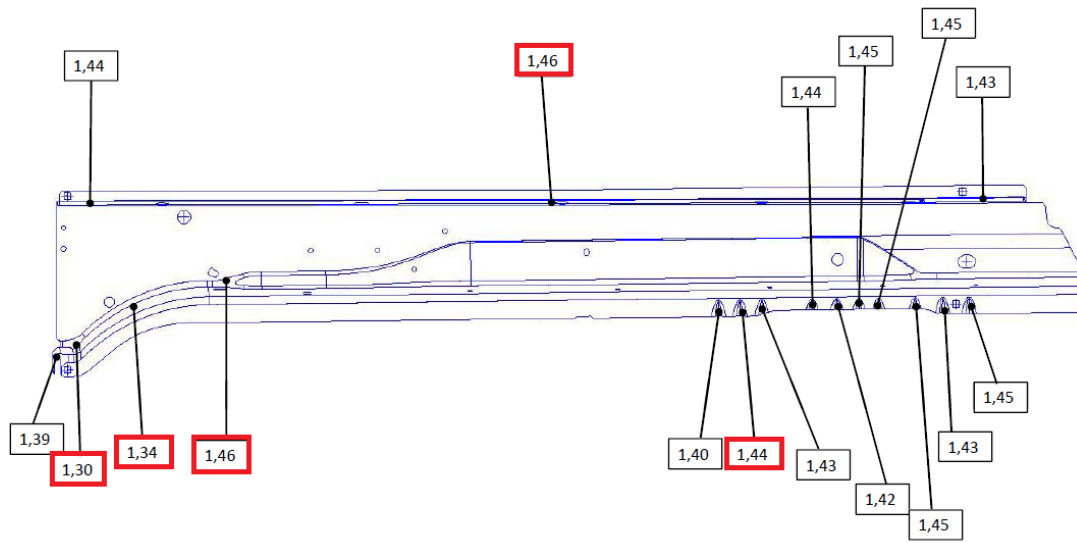
	Puntuaren lodieraren aldaketa				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	0,085	-0,061	-0,061	-2,176 10 ⁻³	-0,044
Autoform R7	0,074	-0,062	-0,064	-2,988 10 ⁻³	-0,044



Irudia 74 16510 piezaren amaierako lodiera

Aurreko irudiak aztertuz pieza zein gunetan argaltzen den gehien ikusi daiteke. Urdin argiz margotutako gunean, piezaren geometriaren ondorioz formatua gune horretan luzatzen da. Luzatze horren ondorioz, materialaren mehetu eta bezeroaren eskakizunak ez betetzeko arriskua handitzen da. Bezeroak onartzen duen mehetze maximoa %10-15 inguruan egoten da eta beraz, irudiko datuak aztertuz muga horretatik urrun dago. Zonalde horretan loditzen den gune bat ere badago, piezaren formaren ondorioz formatuaren tentsio egoera ez da leku guztietan berdina eta ondorioz, kurbatura aldatzen den gunetan konpresio egoera agertzen da.

Lodiera: Kontrol sailak piezaren lodiera neurtzerakoan lodiera totalak neurtzen ditu, proiektu honetan lortutako simulazioak eta datu esperimentalak konparatu ahal izateko simulazio softwareek lodiera kalkulatzeko aukera ematen du. Jarraian agertzen den lehenengo irudia kontrol sailak lodierak neurtzeko kalibrearekin neurtutako neurriak agertzen dira eta ondoren Autoform bidez lortutako emaitzak ikus daitezke.



1,50 LODIERA MINIMOIA 1,20

Irudia 75 Kontrol departamentuak 16510 piezan neurtutako lodierak mm-tan



Irudia 76 16510 piezaren lodiera

Jarraian kontrol departamentuak pieza errealean neurtutako datuak agertzen dira. Ondoren, Autoform bertsio ezberdinak eta errealtatearen arteko alderaketa ehunekotan konparatzen dituen taula agertzen da.

Taula 13 16510 piezaren lodiera errealak eta simulazioak

	Puntuaren lodiera				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	1,379	1,439	1,442	1,492	1,434
Autoform R7	1,38	1,438	1,432	1,493	1,433
Errealitatea	1,30	1,34	1,46	1,46	1,44

Taula 14 Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa

	Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa (%)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	6,077	7,388	-1,233	2,192	-0,417
Autoform R7	6,154	7,313	-1,918	2,260	-0,486

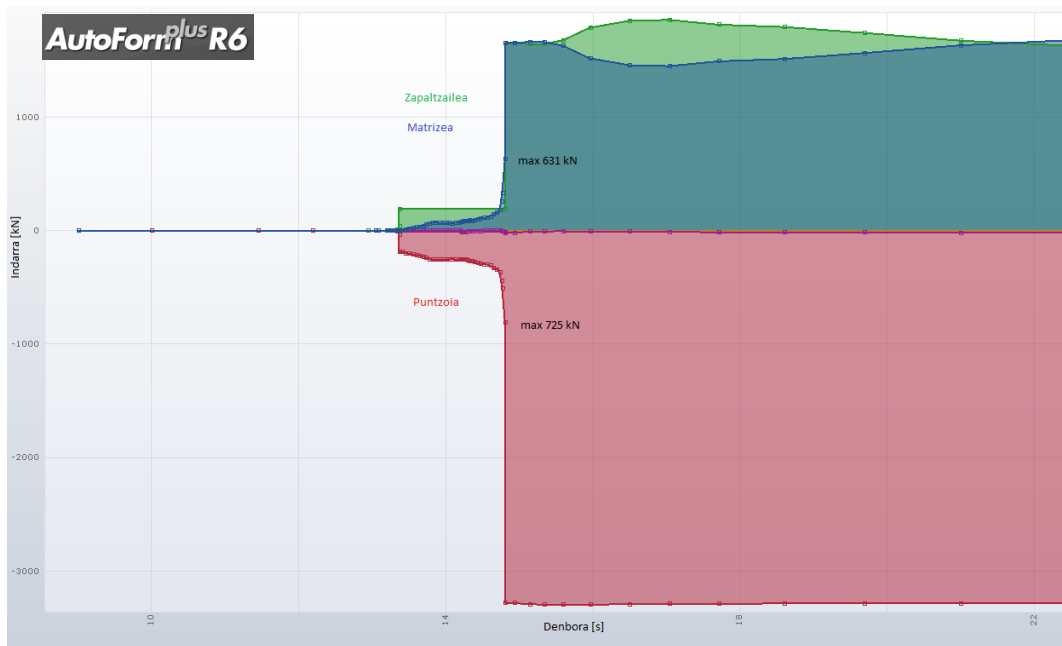
Taula 15 Lodiera teorikoa eta datu esperimentalen arteko alderaketa (%)

Lodiera teorikoa eta datu esperimentalen arteko alderaketa (%)				
1	2	3	4	5
-13,33	-10,67	-2,67	-2,67	-4

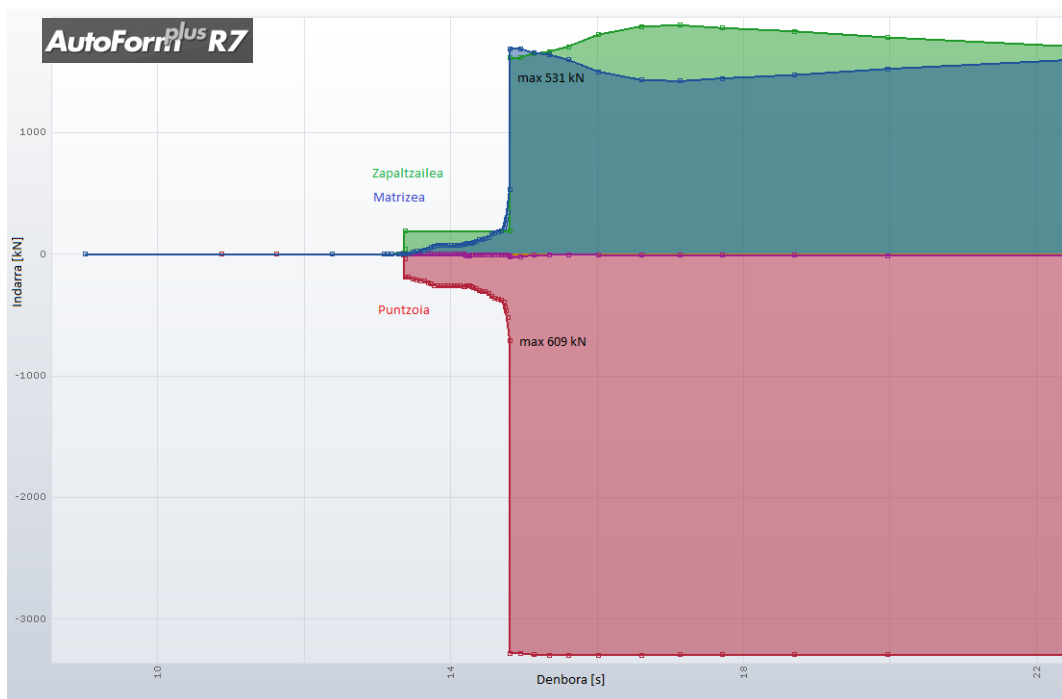
Taulak aztertuz Autoform R6 eta R7 bertsioetan, nahiz eta puntu berdinak izan aldaketa txikiak agertzen dira, beraz bertsio batetik bestera lodiera simulatzeko erabiltzen duten prozeduran aldaketak egin dituztela frogatu daiteke. Bigarren taulan simulazioa bakoitza eta errealtatean neurtutako datuek alderatzen dira, bertan ezberdintasun maximoa %7,313 dela ikus daiteke. Azkeneko taulan lodiera teorikoa eta errealtatean neurtutako balioen arteko aldea agertzen da, antzeman daitekeen bezala ez dute bezeroarentzat maximoa den %15 gainditzen eta beraz bezeroaren baldintza betetzen du.

Lehengo bi balioetan dagoen ezberdintasuna besteetan baino handiagoa da. Alde batetik datu esperimentalak eta simulazioetan puntu berdina zehaztea ezinezkoa delako eta bestetik lodiera aldaketa handia pairatu duen zonaldeetan daudelako.

Esfortzuak: Estanpazio prozesuetan garrantzia handikoa da erreminta bakoitzak egiten edota pairatzen duen indar kantitatea aztertzea, balio honen funtziopean baitago erabiliko den prentsaren dimentsionaketa eta erreminten materialak jasan dezakeen indar maximoa.



Irudia 77 Indarren diagrama R6



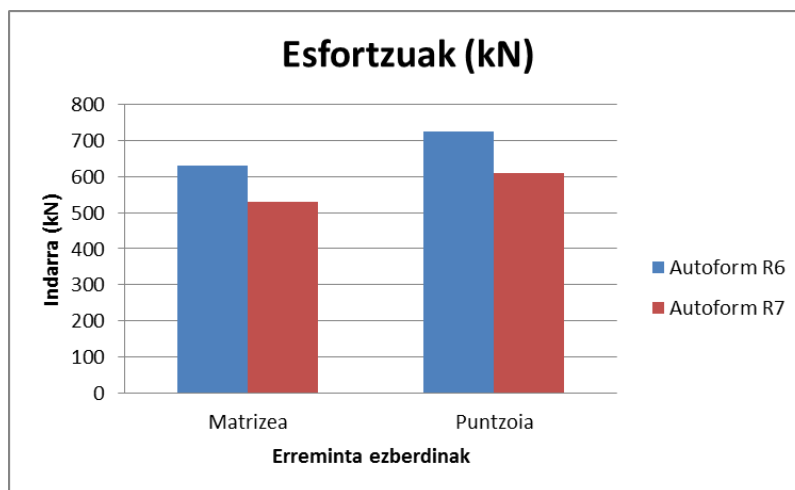
Irudia 78 Indarren diagrama R7

Aurreko irudietan zapaltzaileak *stamping* atalean egiten duen indarra konstantea (berdez) agertzen da, ondoren behin piezaren enbutizioa gertatu denean indarra modu nabarmen batean handitzen da. *Hot Forming* prozesuan behin piezaren enbutizioa gertatu denean quenching etapan prentsak egin beharreko indarra asko handitzen da. Aurretik azaldu den bezala indar hori bukaerako piezaren proiektzioak duen azaleraren menpekoa eta piezaren konplexutasunaren arabera aplikatzen den presioaren araberakoa da.

Ondoren enbutizioa erremintak pairatzen dituzten esfortzuak agertzen dira, kasu honetan bi bertsioetan puntzioak pairatzen dituen esfortzuak handiagoak direla ikusi da. Bertsio ezberdinak konparatzean aldaketa nabaria dagoela ikusi da, softwarearen diseinatzaileek esfortzuak kalkulatzeko modua aldatu dutela ondorioztatu daiteke kasu honetan 100 kN-eko aldaketa baitago.

Taula 16 16510 piezaren esfortzuak

	Esfortzuak (kN)	
	Matrizea	Puntzoia
Autoform R6	631	725
Autoform R7	531	609



Irudia 79 16510 prozesuan erreminta ezberdinen erreakzioak

Quenching etapan dagoen kontaktu presioa: Tenplaketa etapan zehar garrantzia handikoa da piezari egiten zaion presioa, horrela amaierako piezaren erresistentzia nahi dena izateko beharrezkoa den presioa egiten zaiola bermatu behar da.

Helburu nagusia softwareen konparazioa egitea denez, aurretik lodiera konparatzeko aukeratu diren gune berdinak analizatuko dira.

Taula 17 Quenching etaparen zehar dagoen kontaktu presioa

	Quenching etaparen hasierako presioa (MPa)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	13,68	3,789	0,025	37,53	12,44
Autoform R7	19,60	3,613	0,011	35,82	9,118
	Quenching etaparen bukaerako presioa (MPa)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	18,27	27,96	8,419	46,38	32,23
Autoform R7	18,53	25,12	9,172	27,66	28,05

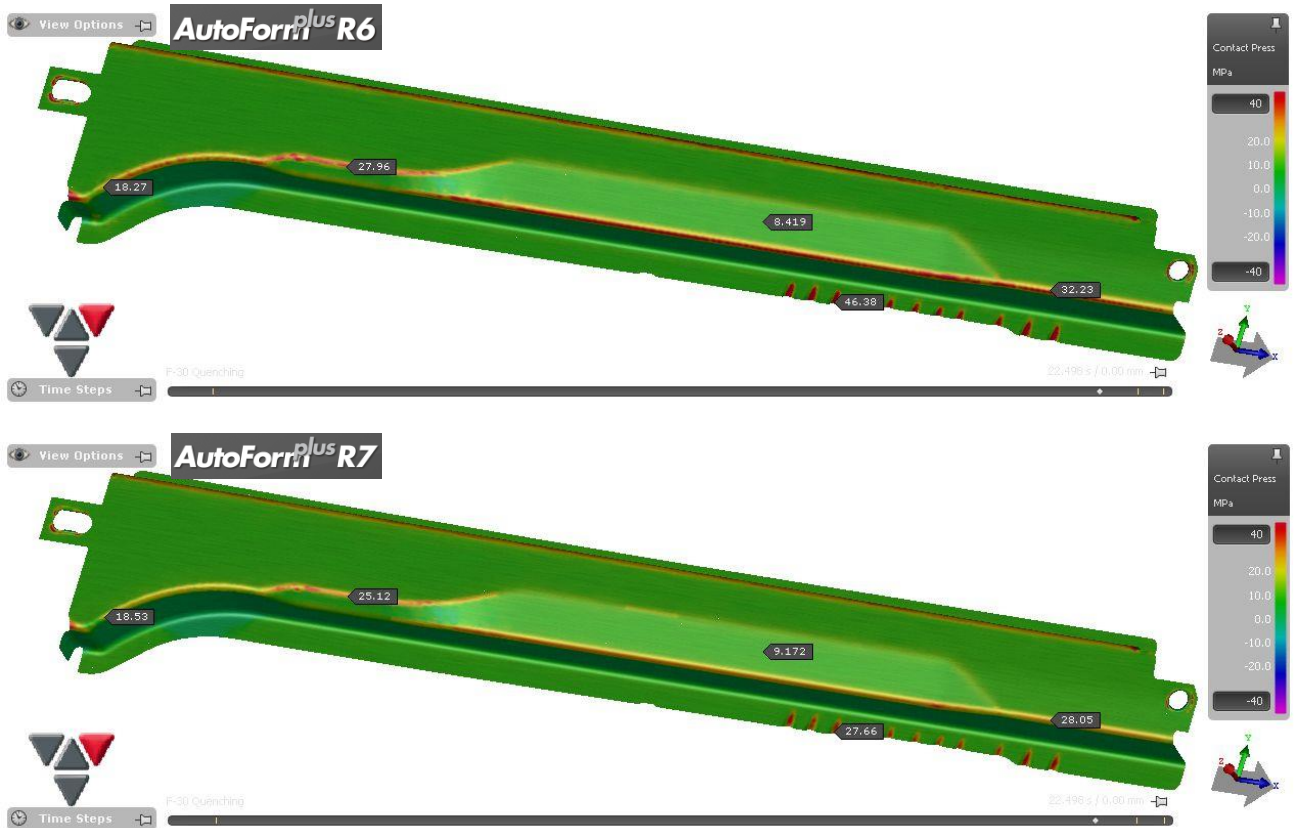


Irudia 80 16510 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R6



Irudia 81 16510 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R7

Irudietan ikus daitekeen bezala presioa handienak forma aldaketa handiagoa duten guneeetan ematen da, hau da, erradio txikiak dituzten guneeetan.



Irudia 82 16510 piezaren quenching etaparen bukaerako kontaktu presioa

Bigarren kasu honetan, quenching etaparen amaieran dagoen kontaktu presioa agertzen da, kasu gehienetan bigarren egoera honetan presioa handiagoa da. Autoform-en R6 bertsioak kalkulatu dituen presioak handiagoak izan dira aldaketa handienak pairatzen dituzten zonaldeetan.

Quenching etaparen bukaerako tenperatura: Piezaren gogortasuna handitzeko asmoz tenperatura zehaztasun handiz kontrolatu behar da. Gogortasuna handitu nahi bada mikroegitura mantentitikoia izan behar da, horretarako lehenengo orrietan dagoen grafikoan azaldu den bezala hozketa ratioa $27\text{ }^{\circ}\text{C/s}$ –koa izan behar da, motelagoa edo azkarragoa izan ezker piezaren bukaerako propietateetan eragin larriak sor ditzake.

Jarraian prozesuaren amaieran piezak duen martensita frakzioa agertzen da. Ikus daitekeen bezala martensita da piezan agertzen den faserik aipagarriena. *Quenching* denbora bezeroak finkatzen duen parametroa da eta horren ondorioz ezin da balio hori aldatu.



Irudia 83 16510 piezaren bukaerako martensita kopurua %-tan

Analisi termografikoa egin ondoren hurrengo taulan Autoform-en bidez lortutako simulazioetan eta errealitatean neurtutako temperaturak ikus daitezke.

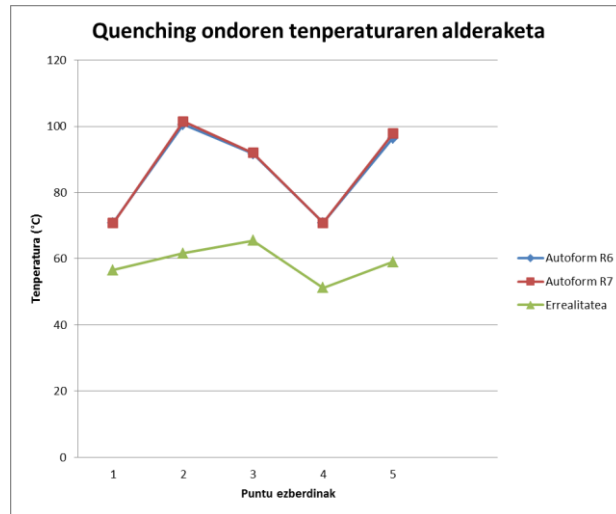
Taula 18 Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)

	Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	70,88	100,5	91,73	70,88	96,38
Autoform R7	70,75	101,5	91,96	70,81	97,83
Errealitatea	56,6	61,6	65,5	51,2	59

Datuak aztertuz, Autoform bertsioen neurketak oso antzekoak izan dira, beraz, antzeman daiteke temperaturaren kalkuluan ez dituztela aldaketa handirik egin.

Errealitatean neurtutako datuei erreparatuz, kontuan izan behar da simulazioak egitean erreminta ezberdinei 70 °C-ko temperatura inposatu zaiela, horrek lehenengo eta laugarren puntuak tenperatura simulazioetan 70 °C izatea azaltzen du.

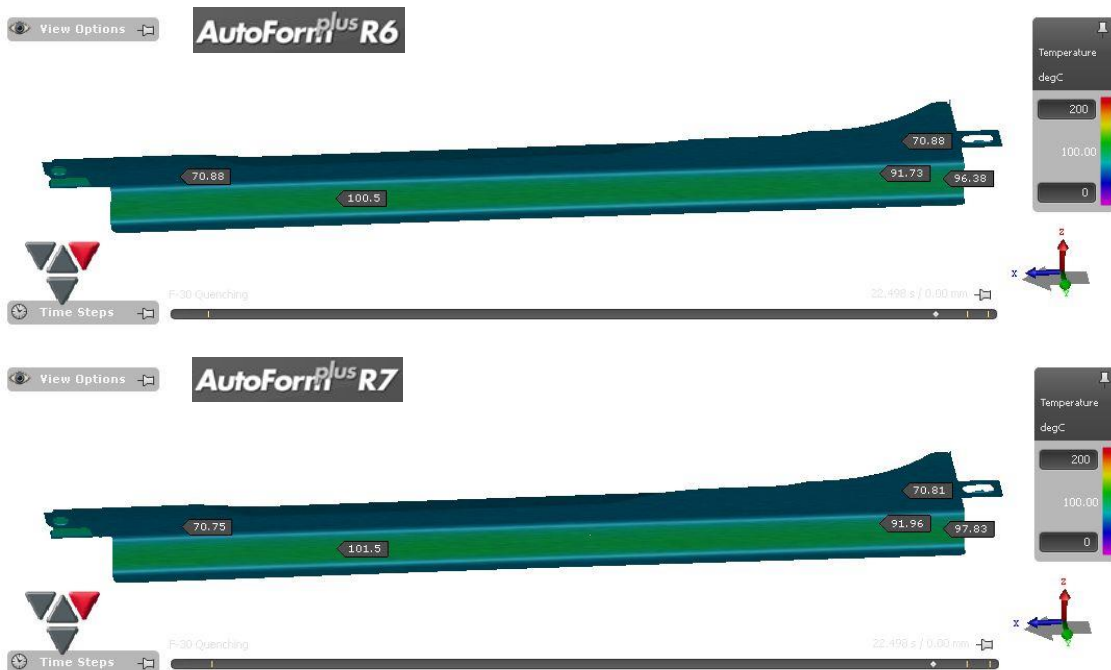
Bigarren, hirugarren eta bosgarren puntuak piezaren pareta bertikaletan kokatuta daude. Prentsak egiten duen presioa bertikala denez gunek horietan ez da presiorik egiten, beraz aurretik azaldu den presio eta bero transmisio koefizientearen arteko menpekotasunari erreparatuz leku horiek gutxiago hoztea azaltzen du.



Irudia 84 Quenching ondoren temperaturaren alderaketa

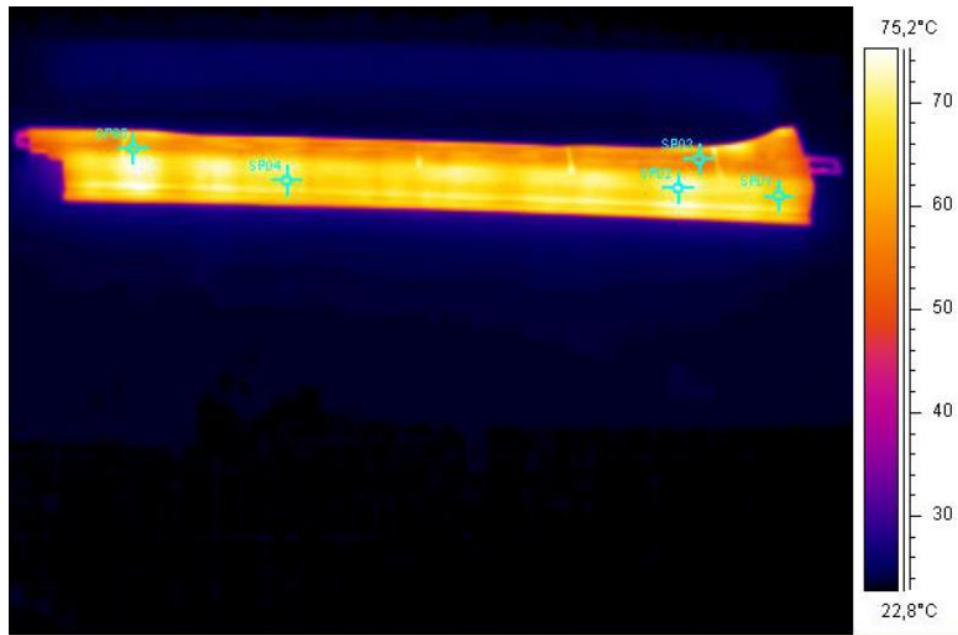
Kamera termografikoekin neurtutako datuak simulatuak baino baxuagoak dira kasu guztietan, aipatu den bezala trokelaren gainean temperatura neurtzeak sortzen dituen perturbazioen ondorioa edo erremintek benetan pairatzen dituzten temperatura ezberdinen ondorioa izan daiteke.

Errealitatean dagoen temperatura neurtzeko kamera termografikoarekin egiten da trokela konprobaketa fasean dagoenean. Horren ondorioz, materialaren portaera aztertzen dutenek erabakitzen dute zein puntu neurtu behar diren. Azterketa egin denean jarraian agertzen diren puntuak neurtu dira.



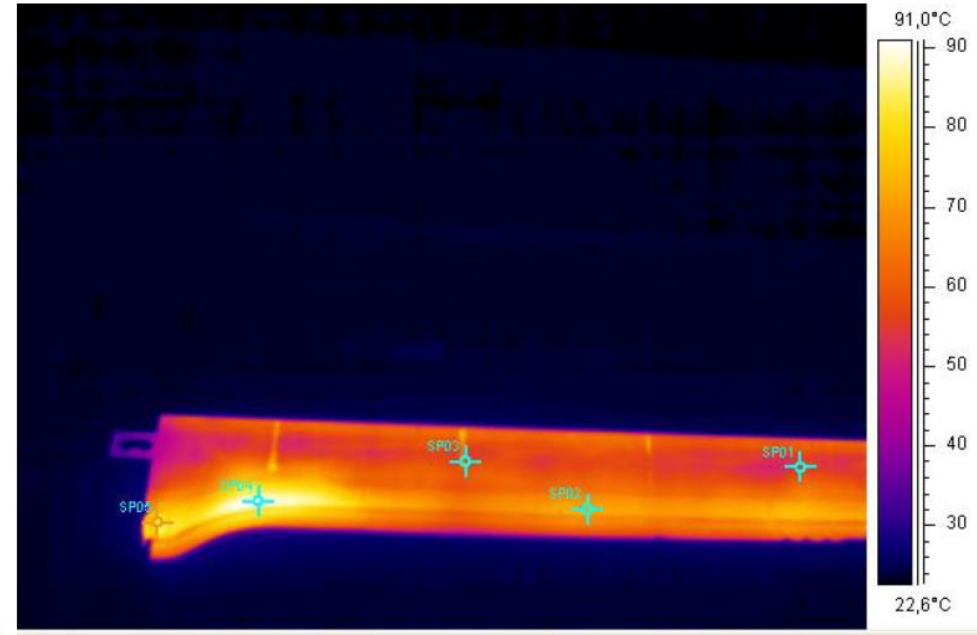
Irudia 85 Quenching ondoren piezaren temperatura

GESTAMP OF 16510-20 / AUDI-AU58X / 4K0.803.755
 Quenching time: 7,7 sg



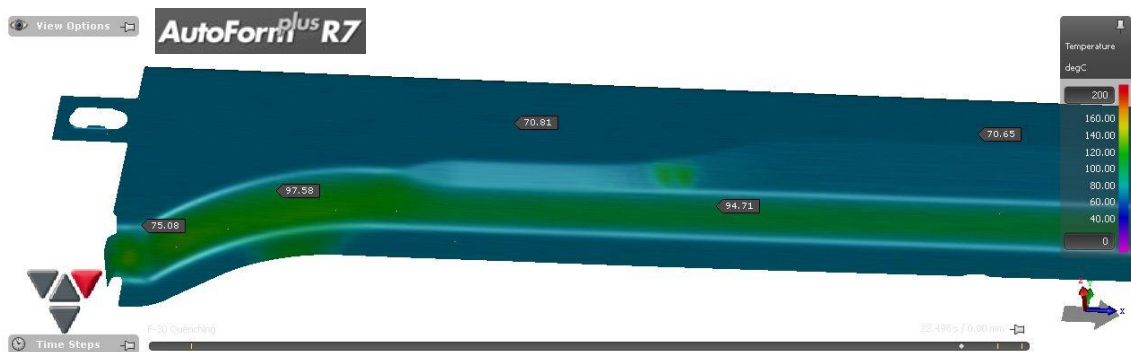
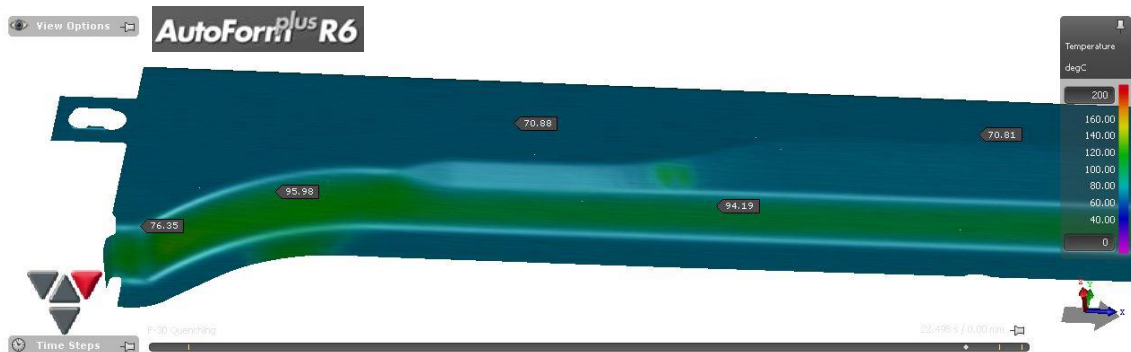
Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg	Stdev	Result	Expression
Image		22,6	77,2	54,6				
SP01	59,0							
SP02	65,5							
SP03	51,2							
SP04	61,6							
SP05	56,6							

GESTAMP OF 16510-20 / AUDI-AU58X / 4K0.803.755
 Quenching time: 7,7 sg



Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg	Stdev	Result	Expression
Image		22,3	91,9	69,6				
SP01	55,9							
SP02	72,4							
SP03	57,7							
SP04	91,8							
SP05	82,9							

Irudia 86 16510 piezaren analisi termografikoa

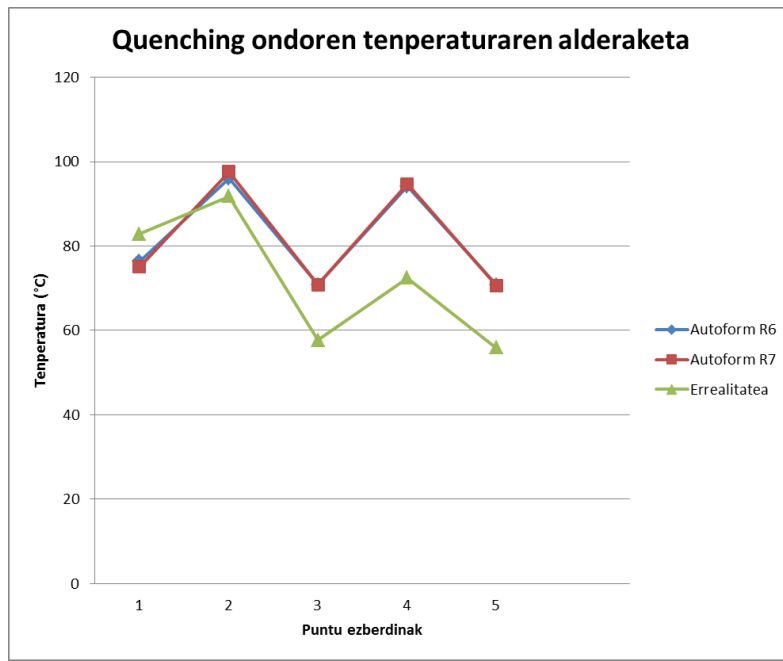


Irudia 87 16510 piezaren quenching amaierako tenperatura

Taula 19 16510 piezaren quenching etaparen bukaerako tenperatura

	Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	76,35	95,98	70,88	94,19	70,81
Autoform R7	75,08	97,58	70,81	94,71	70,65
Errealitatea	82,9	91,8	57,7	72,4	55,9

Bigarren neurketa honetan ere hirugarren eta bosgarren puntuetan 70 °C tenperatura neurtzen da simulazioetan erremintek duten tenperatura egonkorragatik. Bestalde errealitatean neurtutako tenperaturak errealak baino handiagoak izan dira lehenengo kasuan izan ezik. Datuak analizatuz, puntu hori nahiz eta bertikala ez izan beste puntuak baino presio gutxiago jasan du, bero transmisio koefizientea txikiagoa izan duenez bero gutxiago trukatu du.



Irudia 88 Autoform eta errealitatea konparatzen dituen adierazpen grafikoa

Aurreko grafikoan antzeman daitekeen bezala Autoform softwarearen bi bertsioek kalkulaturako tenperaturaren balioak nahiko antzekoak izan dira, bestalde errealitatean neurtutako eta simulaturako datuen ezberdintasuna antzekoa izan da.

Zimurdurak: Autogintza sektorean autoaren gainazaleko piezen akabera bikaina izan behar da, simulazioan jarduten duen jendeak lan handia egiten du parametro doiketa eta probak egiten. Autoaren egitura osatzen duten piezak ere, nahiz eta bezeroak ez ikusi haien integritate mekanikoa bermatzeko zimurduren agerpena ikasten da.

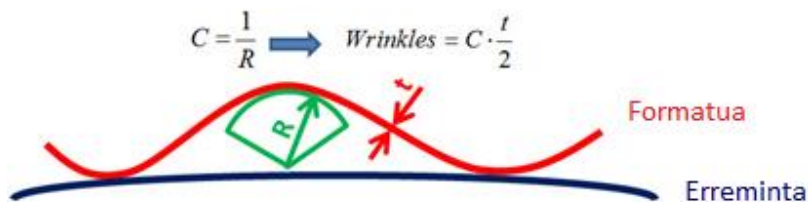




Irudia 89 16510 piezaren zimurduren agerpena

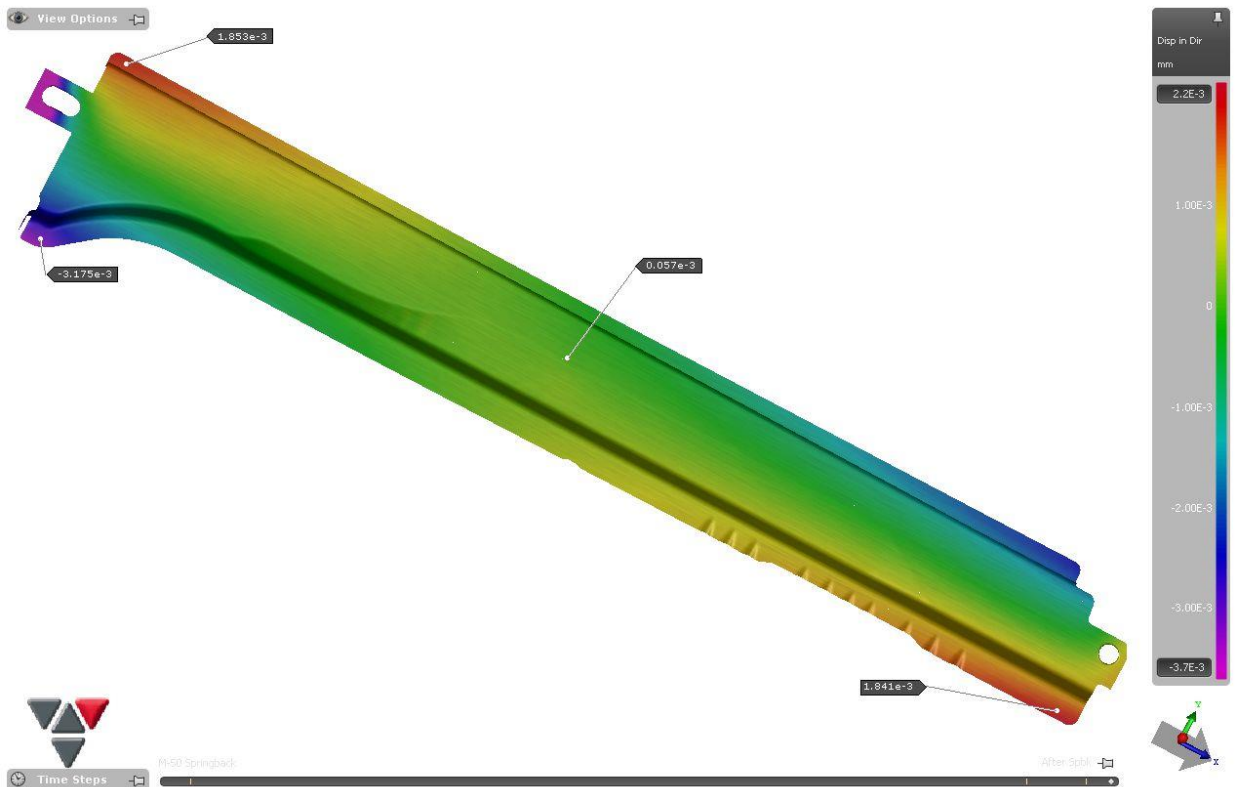
Kasu honetan ez dago zimurdurak agertzeko arrisku handirik, baina zimurdurak agertzeko joera dituzten guneak identifikatzeko balio du, horren ondorioz nahiz eta arriskua txikia izan erradioa txikiagoa duten guneetan dago arrisku gehien.

Irudian agertzen den balioa zimurdura erradioaren alderantzizkoaren proportzionala da, sortzen den erradioa zenbat eta handiagoa izan, hau da, zimurdura zenbat eta txikiagoa izan C parametroa gero eta txikiagoa izango da zimurdurak agertzeko probabilitatea murriztuz.



Irudia 90 Autoform-en zimurduren analisia

Enbutizio prozesuaren simulazioa analizatzeko orduan *springback* efektua analizatzen da normalean, aipatu den efektua formatuaren enbutizioa egin ondoren hasierako forma berreskuratzeko materialak duen joera da. Hotzeko konformaketa egin ezker funtsezkoa da aldagai hau analizatzea baina bero konformazioan egiten den tratamendu termiko eta ondorioz materialak lortzen duen gogortasun handiaren ondorioz *springback* efektua mespretxatu daiteke. Hartutako erabakia frogatzeko jarraian 16510 piezaren *springback* efektuaren simulazioa agertzen da.



Irudia 91 16510 piezaren springback efektua

Irudian ikus daitekeen bezala, *springback* efektuaren ondorioz pieza dimentsioak gehienez 3 μm aldatzen dira. Bestalde nabarmentzekoa da piezak berreskuratzeko duen modua. Piezaren kontrako alboak kontrako norabidean errekupeztatzen dira eta horrek piezaren bihurtura sortzen du. Hala ere bihurtura hori oso txikia da eta errealitatean ez da antzematen.

6.1.2. 16525

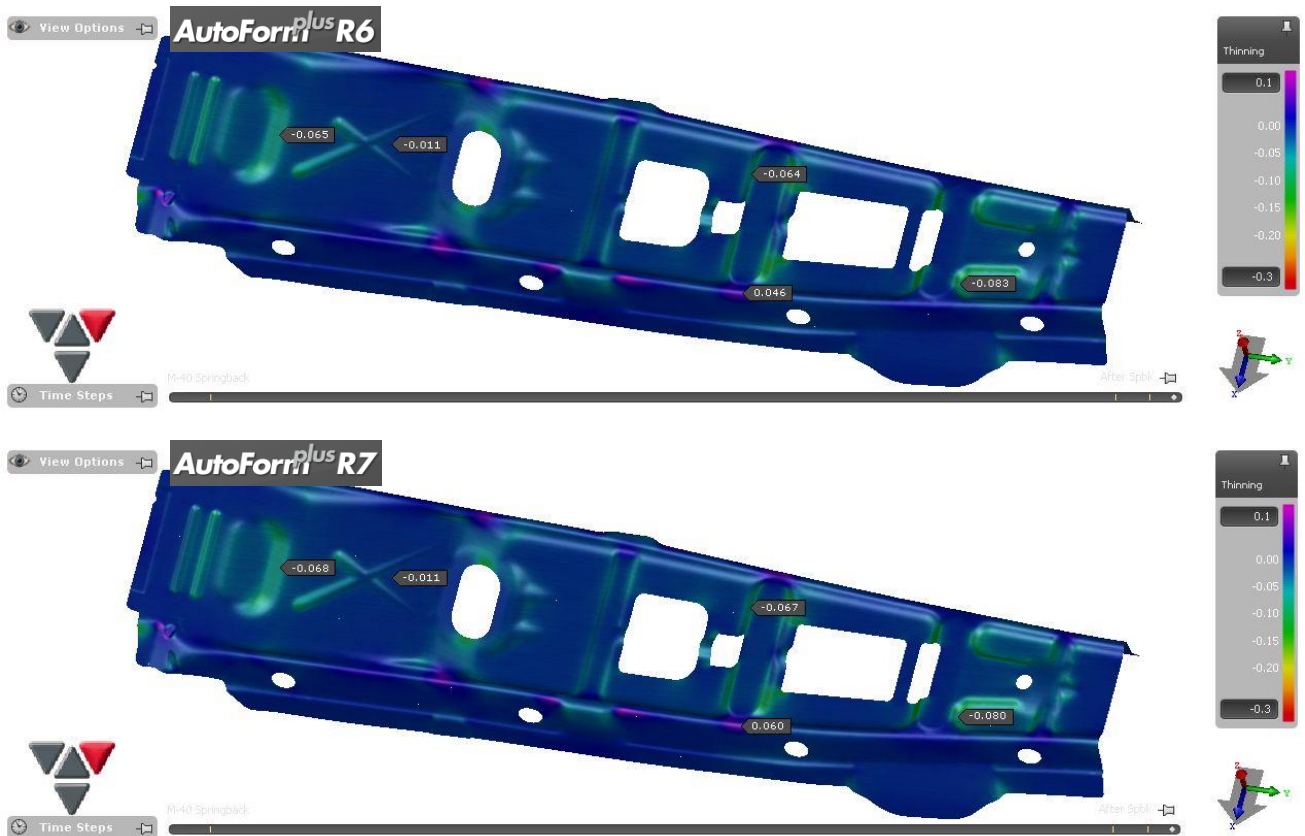
Lodiera aldaketa: Aurreko pieza analizatzeko orduan jarraitu den irizpide berdina jarraituz 16525 piezan ere puntu esanguratsuen lodiera aldaketa neurtuko da.

Aldaketa neurtzeko jarraian agertzen den formula jarraituz burutuko da.

$$\text{Lodiera aldaketa} = \frac{\text{Bukaerako lodiera} - \text{Hasierako lodiera}}{\text{Hasierako lodiera}}$$

Taula 20 16525 piezaren lodiera aldaketa

	Puntuaren lodieraren aldaketa				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	-0,065	-0,011	-0,064	0,046	-0,083
Autoform R7	-0,068	-0,011	-0,067	0,060	-0,080

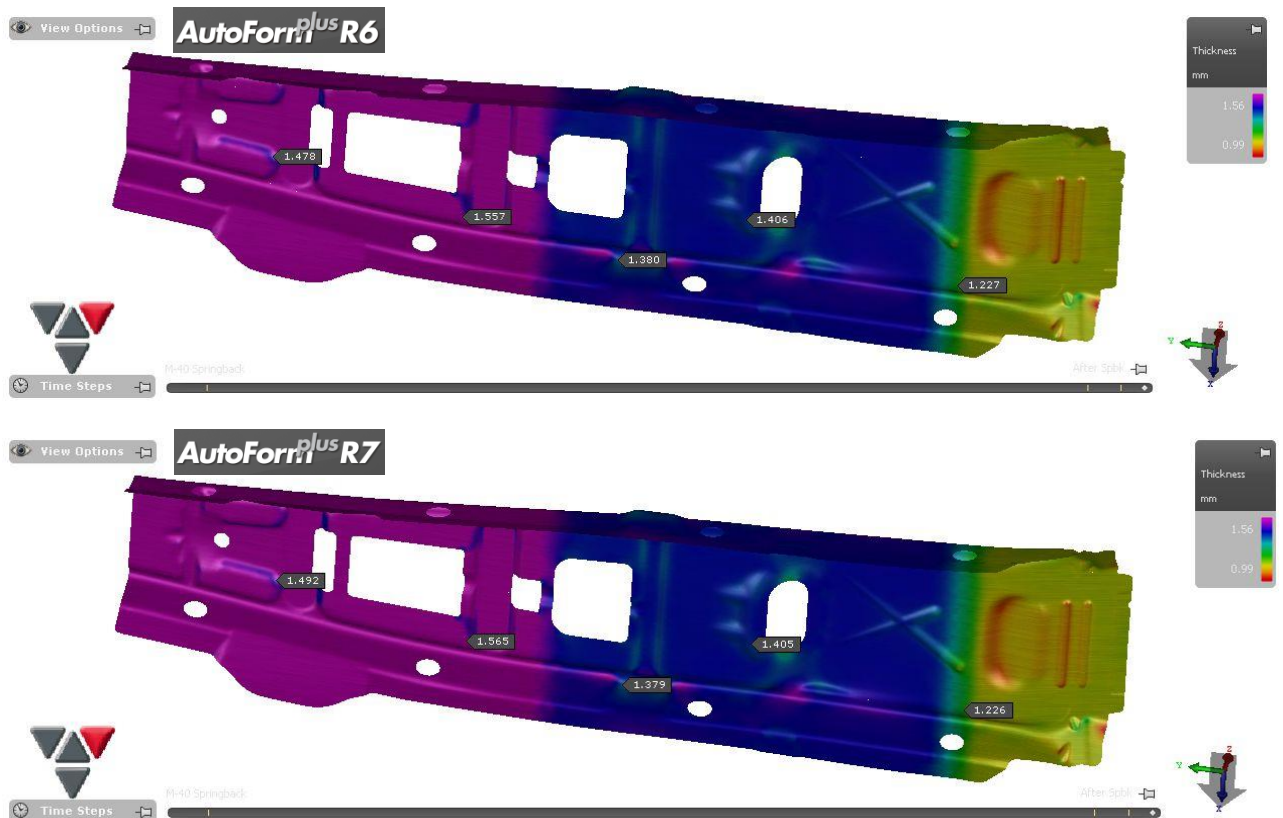


Irudia 92 16525 piezaren amaierako lodiera

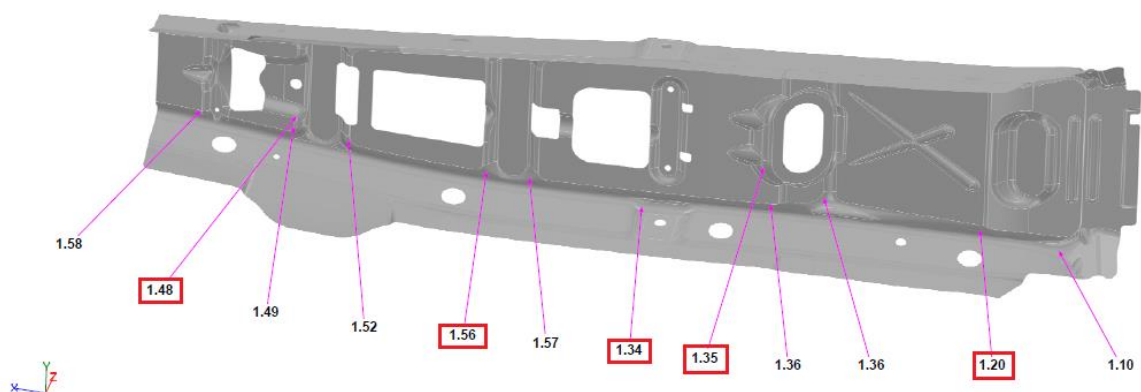
Aurreko piezan bezala, azertu diren bost puntuetatik lau puntuetan argaltzeak eman dira. Argaltze maximoa bosgarren puntuan eman da enbutizio sakonena zonalde horretan gertatzen delako, horren ondorioz materiala luzatzearekin batera lodiera mehetzen da.

Mehetzeak antzeko balioak dituzte Autoform-en bi bertsioetan, beraz lodieraren kalkuluetan ez dira aldaketa nabarmenik igartzen. Ezberdintasun handiena laugarren puntuan ematen da, puntu hori ertzean kokatuta dagoelako.

Lodiera: Pieza honetan ere bi simulazioak eta errealitatezko piezaren lodiera totala neurtzen da. Gogoratu behar da pieza honen formatuak lodiera ezberdineko guneak dituela (1,15 mm / 1,45 mm / 1,65 mm).



Irudia 93 Autoform R6 eta R7 bertsioetan lortutako lodieraren balioak



Irudia 94 Errealitatean neurtutako lodieraren balioak mm-tan

Azken irudi honetan kontrol departamentuak pieza errealean neurtutako datuak agertzen dira, bertan Autoform bertsioa ezberdinen eta errealitatean neurtutako dimentsioen balioak agertzen dira.

Taula 21 Puntuaren lodiera simulatua eta esperimentalta

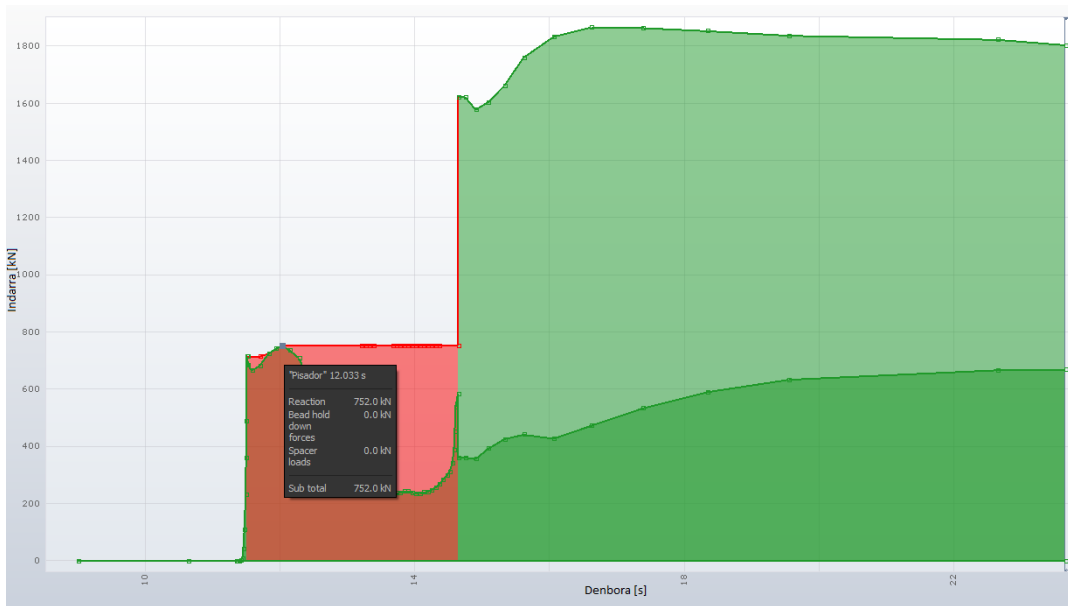
	Puntuaren lodieraren				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	1,478	1,557	1,380	1,406	1,227
Autoform R7	1,492	1,565	1,379	1,405	1,226
Errealitatea	1,48	1,56	1,34	1,35	1,20

Taula 22 Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa

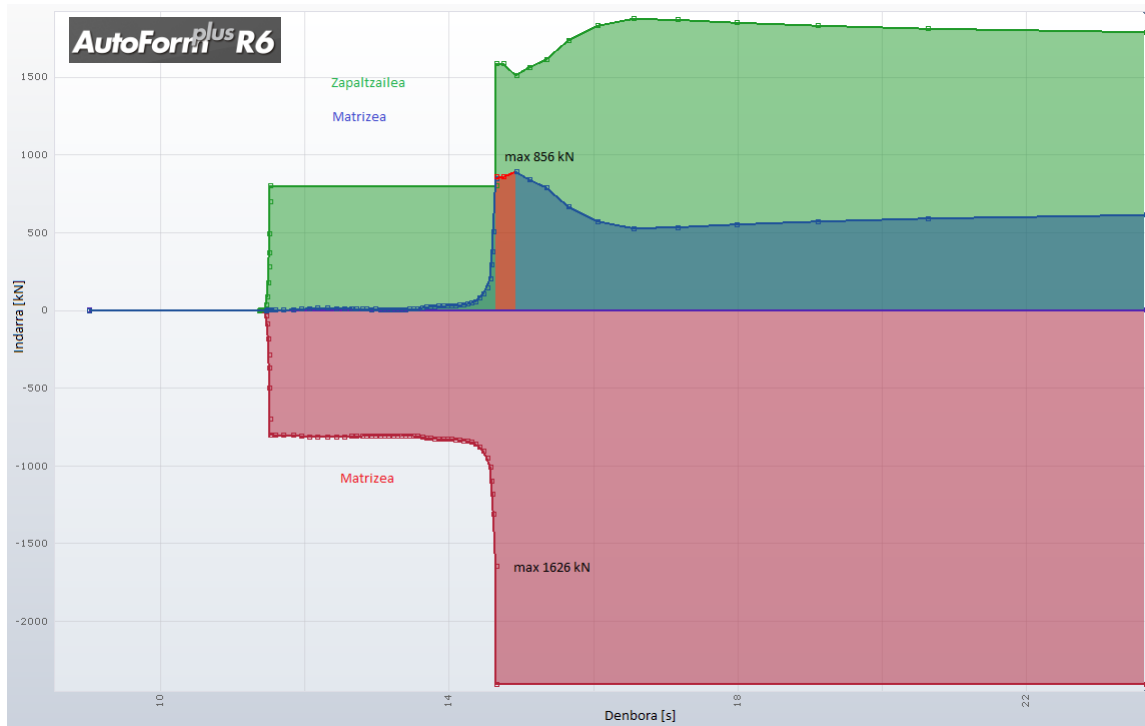
	Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa (%)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	-0,135	-0,192	2,985	4,148	2,250
Autoform R7	0,811	0,321	2,910	4,074	2,167

Autoform-en bi bertsioren neurketak antzekoak izaten jarraitzen dute baina bigarren pieza honetan benetako balioetara gehiago hurbiltzen dira. Bost kasuetatik hiruretan Autoform-ek kalkulaturako balioak errealitatean neurtutakoak baino handiagoak dira. Besteetan berriz, gutxiagatik autoformen bidez kalkulaturako balioak txikiagoak dira.

Esfortzuak: Jarraian Autoform softwarearen bidez lortutako datuak agertzen dira, bertan zapaltzaileak egiten duen indar aldakorra antzeman daiteke. Hasiera batean erremintak guztiz ixteko 130 mm falta direnean zapaltzaileak 800 kN aplikatzen ditu formatuaren gainean. Bukaeran, erremintak bata bestearen kontra daudenean 1040 kN-eko indarra egiten du. Balio horiek lortzeko hasiera batean *Force Controlled* aukeraren barruan hasierako indar txikia esleitzen zaio (3MPa), simulatu ondoren, zapaltzaileak behar duen indarra konprobatu da eta indar minimoa 752 kN direla ikusi da. Pam Stamp programan zapaltzailearen indar aldakorra zehazteko egon diren arazoen ondorioz indarra 800 kN konstantea izatea adostu da.



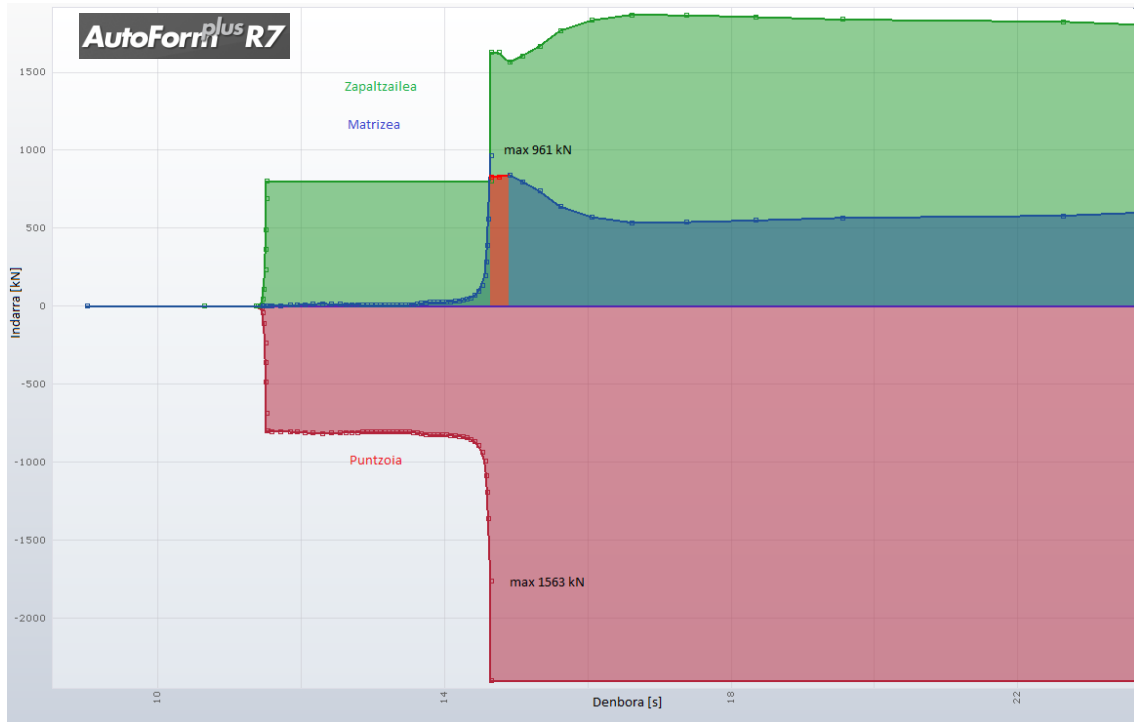
Irudia 95 Zapaltzaileak egin beharreko indar minimoa



Irudia 96 16525 piezaren esfortzu diagrama R6

Azken irudi honetan berdez zapaltzaileak egiten duen indarra agertzen da, *stamping* etapan zehar 800 kN-tan mantentzen da egonkor, ondoren *quenching* etapan 2.400 kN –etara aldatzen da. Gorriz agertzen den zonaldea matrizea, zapaltzaile eta puntzoiaren arteko elkar indarren balioa da, baina prozesuaren bideragarritasuna bermatzeko *quenching* etapan prentsak eman dezakeen indarra beharrezkoa dena baino handiagoa

izan behar da, hau da, marra zuzenaren balioak beste kurbak baino handiagoak izan behar dira.



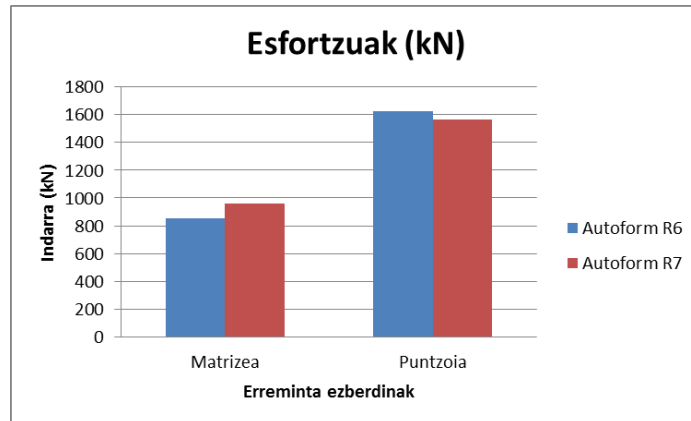
Irudia 97 16525 piezaren esfortzu diagrama R7

Grafikoak aztertuz, ikus daiteke zapaltzaileari esleitu zaion indarraren balioa nahikoa dela behar dituen erreakzio guztiak gainditzeko. Gorriz agertzen den zonaldeari erreparatuz *quenching* edo tenplaketa atalaren barruan kokatuta dago eta zonalde horretan garrantzitsua da simulazioan gertatzen den bezala *quenching* indarra (2400 kN) gainetik egotea.

Taula 23 16525 piezaren esfortzuak

	Esfortzuak (kN)	
	Matrizea	Puntzoia
Autoform R6	856	1626
Autoform R7	961	1563

Lortutako balioak aztertuz erreminten esfortzuak quenching etaparen hasieran ematen dira, aurreko piezan bezala, 100 kN-eko diferentzia dago. Aurreko piezan Autoform-en R6 bertsioak R7 bertsioak baino 100 kN gehiago kalkulatu zituen, orain berriz puntzoian egoera berdina jarraitzen du baina matrizean R7 bertsioan kalkulatu du indar handiena.

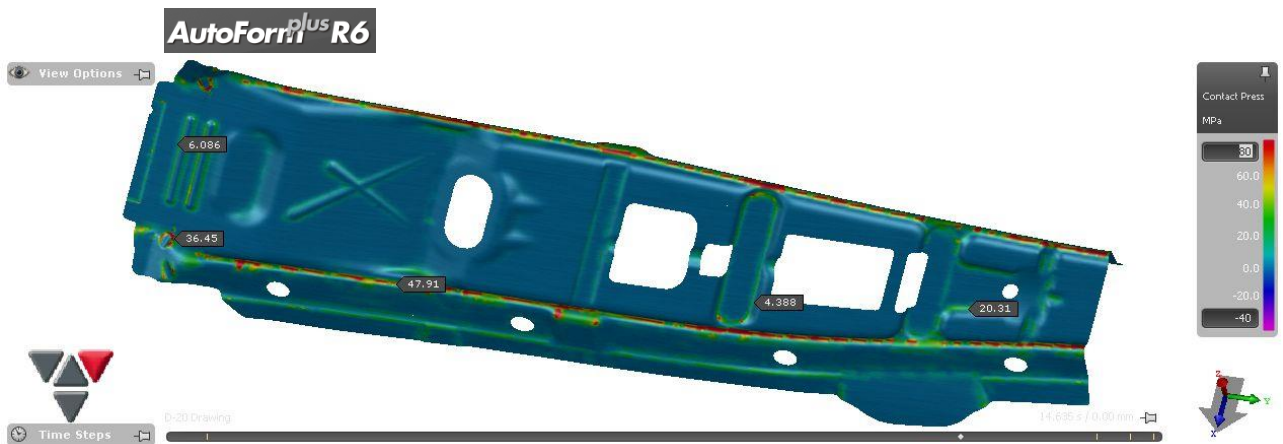


Irudia 98 16525 prozesuan parte hartzen duten erreminten esfortzuak

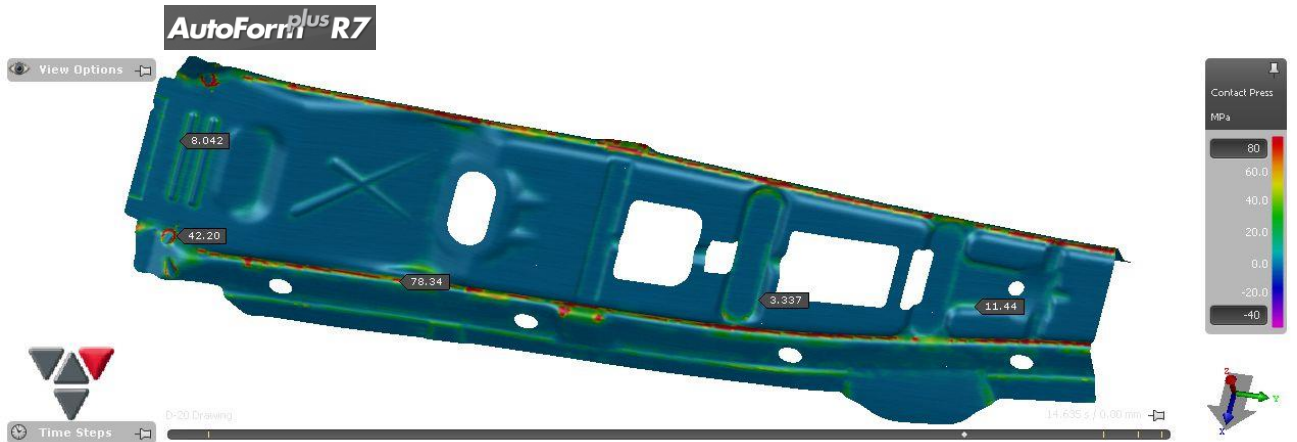
Quenching etapan dagoen kontaktu presioa: Tenplaketa etapan zehar garrantzia handikoa da piezari egiten zaion presioa, horrela alde batetik amaierako piezaren dimentsioa nahi dena izateko beharrezkoa den presioa egiten zaio eta bestetik, hozketa abiadura egokia lortzea ahalbidetzen du.

Taula 24 Quenching etapan zehar dagoen kontaktu presioa

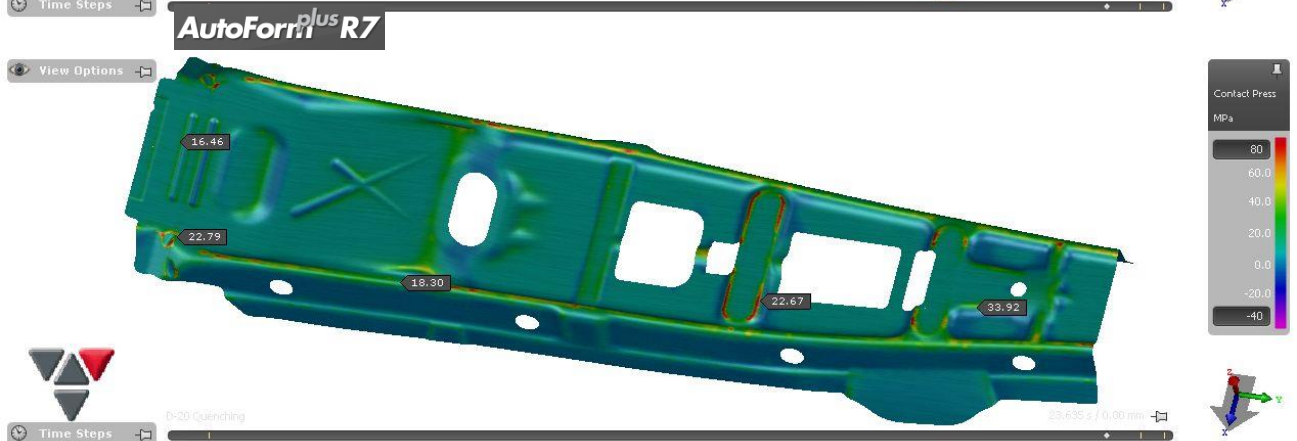
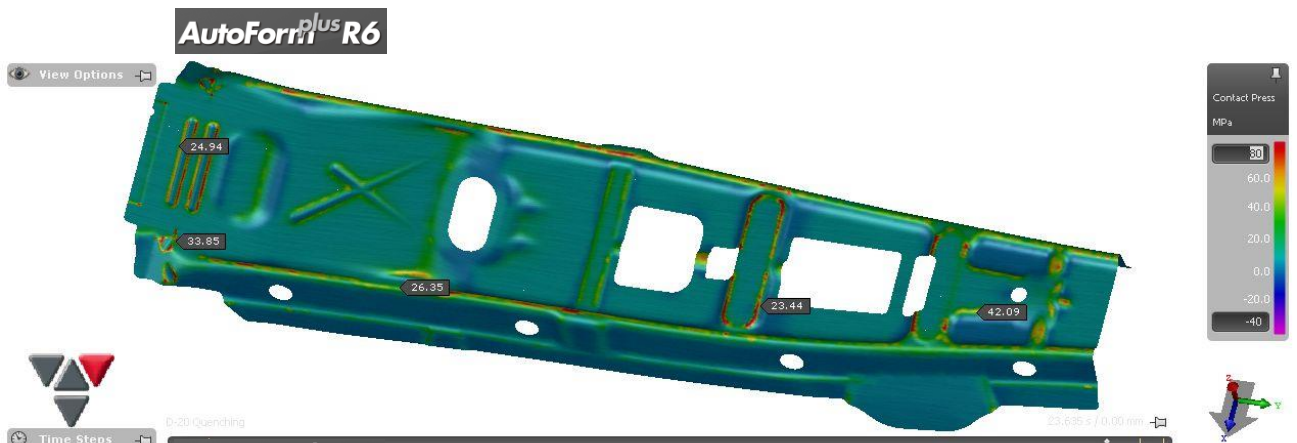
Quenching etaparen hasierako presioa (MPa)					
	1	2	3	4	5
Autoform R6	6,086	36,45	47,91	4,388	20,31
Autoform R7	8,042	42,20	78,34	3,337	11,44
Quenching etaparen bukaerako presioa (MPa)					
Autoform R6	24,94	33,85	26,35	23,44	42,09
Autoform R7	16,46	22,79	18,30	22,67	33,92



Irudia 99 16525 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R6



Irudia 100 16525 piezaren quenching etaparen hasierako kontaktu presioa R7



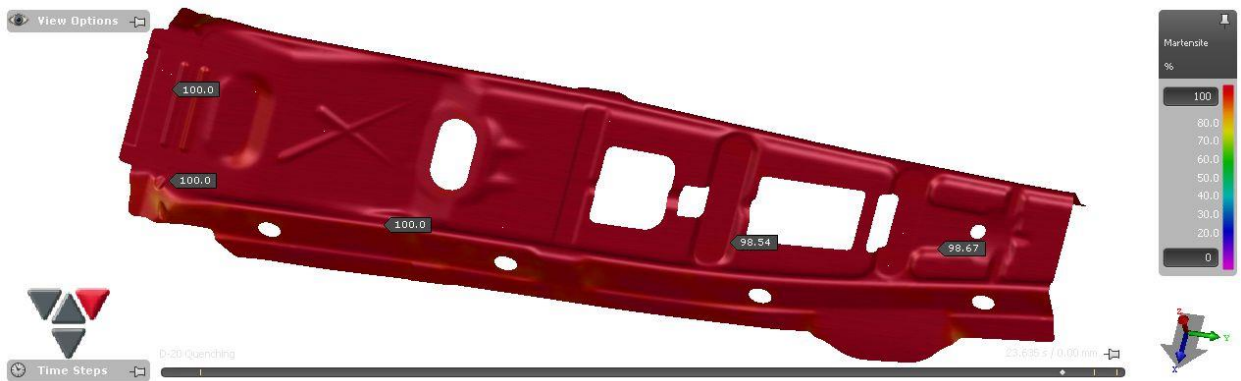
Irudia 101 16525 piezaren quenching etaparen bukaerako kontaktu presioa

Aurreko piezan egin den bezala, piezaren kontaktu presioa neurtu da bost puntu ezberdinetan, lortutako balioei erreparatuz bi bertsioen artean ezberdintasuna nabaria da, Autoform softwareak bi pieza berdin konparatzeko puntu berdinak aukeratzeko posibilitatea ematen du. Beraz, esan daiteke presioa kalkulatzeko modua aldatu

dutela. Bigarren eta hirugarren puntuetan izan ezik, *quenching* amaieran presioa handiagoa da. Aldaketa hori ertzak direlako izan daiteke, ertzetan forma aldatzen denez bertan neurtu daitezke presio handienak.

Quenching etaparen bukaerako tenperatura: *Quenching* etaparen helburua betetzeko momentu guztian presio kantitate handia aplikatu behar da. Hori horrela gertatzen dela frogatzeko formatuaren gainean egiten den presioa analizatzen da.

Jarraian prozesuaren amaieran piezak duen martensita frakzioa agertzen da. Ikus daitekeen bezala martensita da piezan agertzen den faserik aipagarriena. Martensita lortzeko *quenching* denbora funtsezko aldagaia da. Normalean bezeroak ematen duen balioa da baina kasu honetan denboraren garrantzia frogatzeko asmoz une ezberdinetan martensita frakzioa ikasiko da.



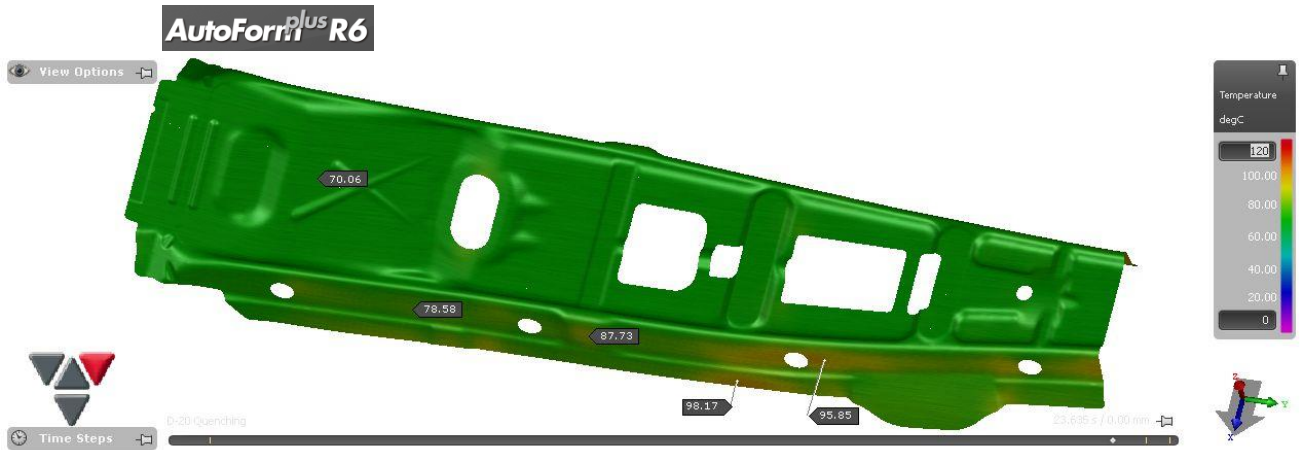
Irudia 102 16525 piezaren bukaerako martensita kopurua %-tan

Taula 25 Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C)

	Quenching etaparen bukaerako tenperatura (°C)				
	1	2	3	4	5
Autoform R6	70,06	78,58	87,73	98,17	95,85
Autoform R7	70,04	78,13	88,19	95,88	94,56

Temperaturaren kasuan, lodiera aldaketarekin gertatzen zen bezala Autoform softwarearen bi bertsioek balio oso antzekoak kalkulatu dituzte. Bi bertsioetan laugarren puntuan lortzen da tenperaturaren baliorik handienak. Aurretik azaldu den bezala, tenperatura kasu honetan ere maximoa da gainazal bertikaletan. Gainazal hauetan presioa baxua da eta ondorioz bero transferentzia koefiziente txikia denez bero trukaketa txikiagoa da, horren ondorioz tenperatura altuagoak izaten dira. Gaineko gainazala 70 °C-ko balioa du zapaltzailearen tenperatura 70 °C-tan egonkor

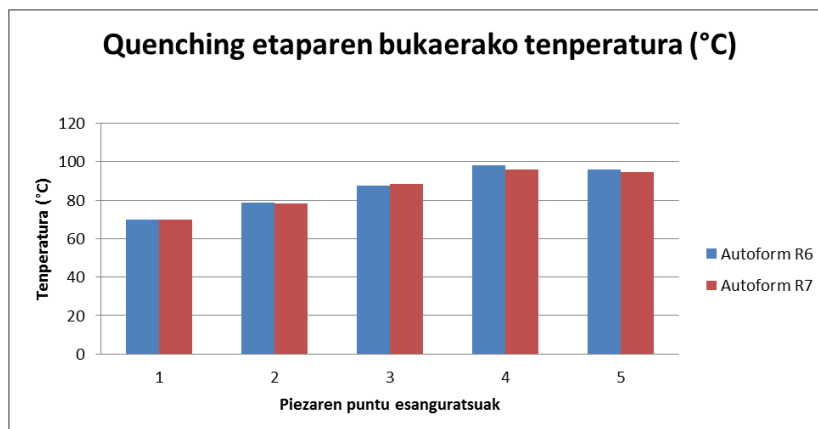
mantenduko dela programatu delako. Bi solidoen kontua dela eta, konbekzioaren ondorioz, bi gainazalek temperatura berdina lortzen dute amaieran.



Irudia 103 Quenching etaparen bukaerako temperatura R6

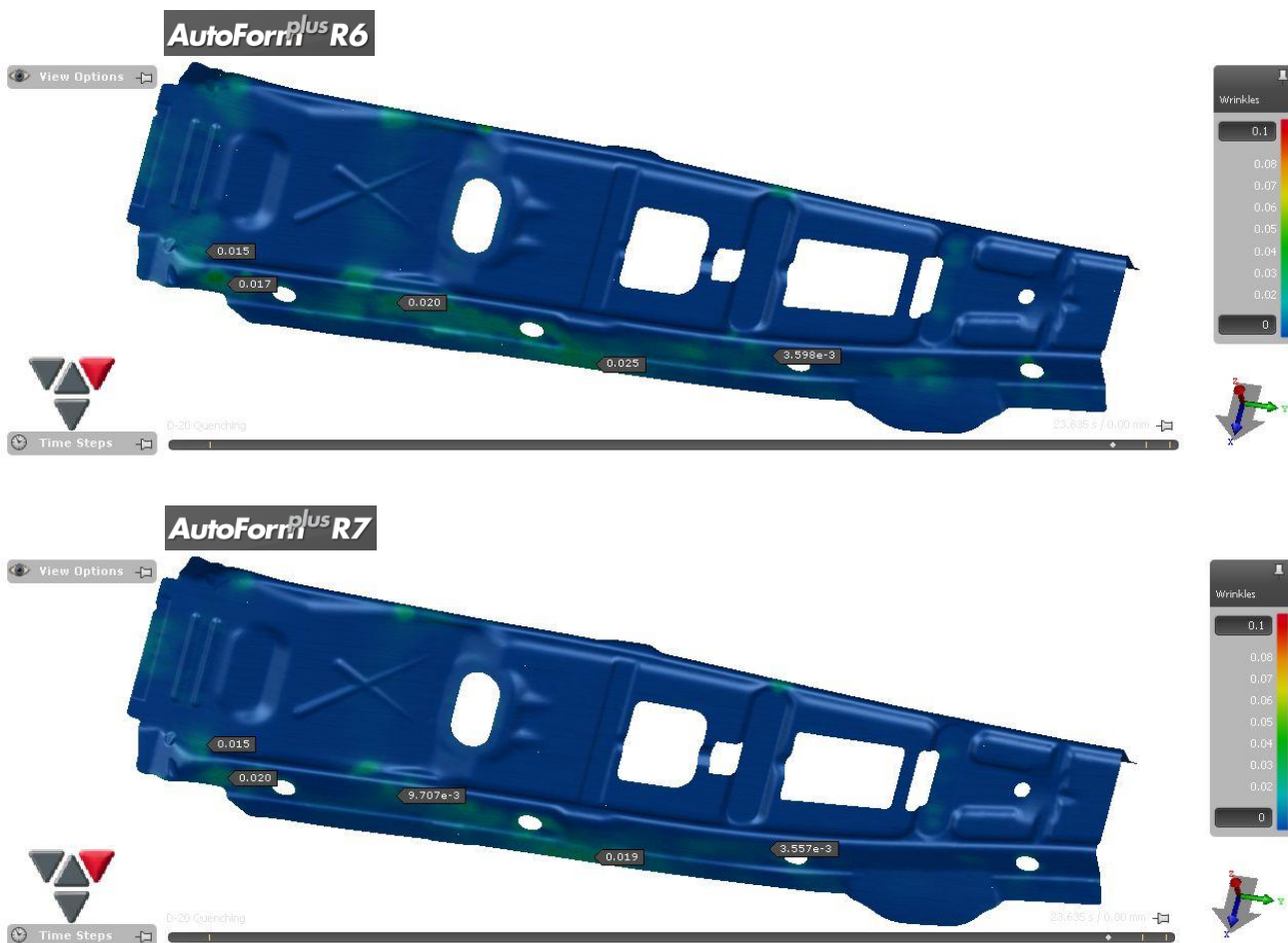


Irudia 104 Quenching etaparen bukaerako temperatura R7



Irudia 105 Quenching etaparen bukaerako temperatura °C-tan

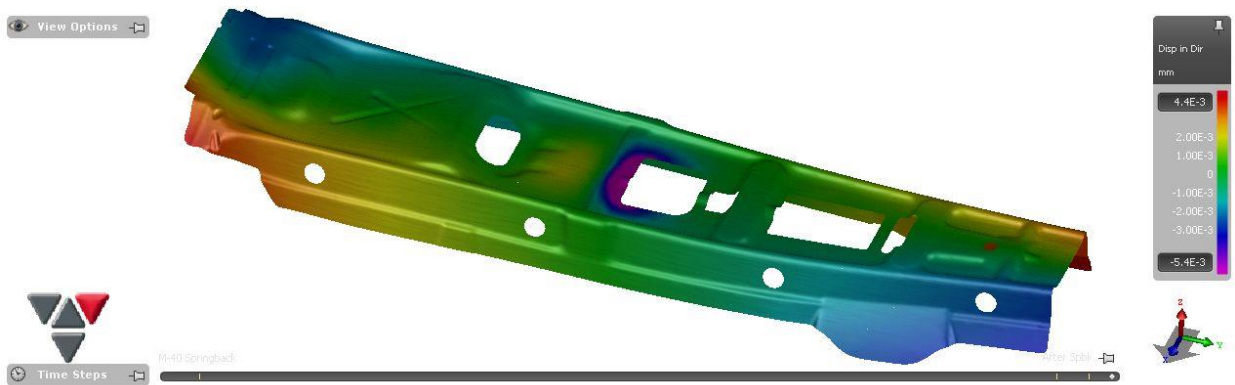
Zimurdurak: Autogintza sektorean autoaren gainazaleko piezen akabera bikaina izan behar da, simulazioan jarduten duen jendeak lan handia egiten du parametro doiketa eta probak egiten. Autoaren egitura osatzen duten piezak ere, nahiz eta bezeroak ez ikusi haien integritate mekanikoa bermatzeko zimurduren agerpena ikasten da.



Irudia 106 16525 piezaren zimurduren agerpena

Zimurdurak agertzeko arrazoi posibleak zapaltzaileak indar gutxiegi egitea, enbutizioa abiadura handiegia izatea eta materialaren konposizioa dira. Kasu honetan zimurdurak agertzeko arriskua, nahiz eta handia ez izan, presio gutxi aplikatzen den zonaldeetan ematen da. Zapaltzaileak indarra egiten duen momentuan alboetako formatua libre geratzen da eta horren ondorioz zimurdurak agertzeko probabilitatea handitzen da.

Enbutizio prozesuaren simulazioa analizatzeko orduan *springback* efektua analizatzen da normalean, aipatu den efektua formatuaren enbutizioa egin ondoren hasierako forma berreskuratzeko materialak duen joera da. Hotzeko konformaketa egin ezkerofuntsezkoa da aldagai hau analizatzea baina bero konformazioan egiten den tratamendu termiko eta ondorioz materialak lortzen duen gogortasun handiaren ondorioz *springback* efektua mespretxatu daiteke. Hartutako erabakia frogatzeko jarraian 16510 piezaren *springback* efektuaren simulazioa agertzen da.



Irudia 107 16525 piezaren springback efektua

Irudian ikus daitekeen bezala, *springback* efektuaren ondorioz pieza dimentsioak gehienez $5,4 \mu\text{m}$ aldatzen dira.

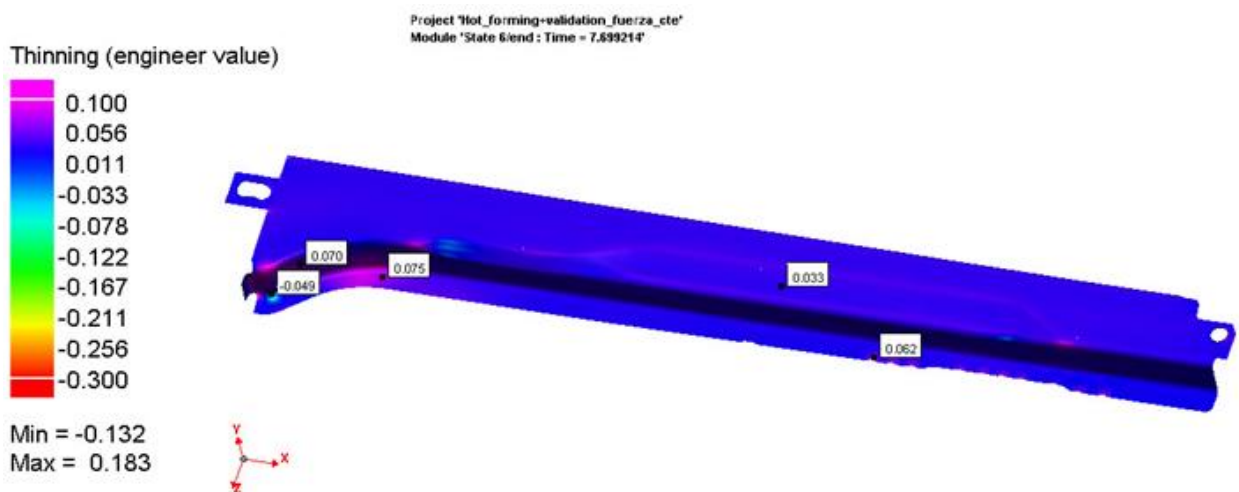
6.2. Autoform / Pam Stamp alderaketa

Jarraian Autoform eta Pam Stamp softwareekin egindako 16510 eta 16525 piezen simulazioan aldagai hauek konparatuko dira.

- 16510 piezan
 - Lodiera aldaketa
 - Lodiera
 - Esfortzuak
 - Quenching etaparen bukaerako tenperatura
 - Quenching etaparen hasierako eta bukaerako kontaktu presioa
- 16525 piezan
 - Lodiera aldaketa
 - Lodiera
 - Esfortzuak
 - Quenching etaparen bukaerako tenperatura
 - Quenching etaparen hasierako eta bukaerako kontaktu presioa
 - Martensita/tenperatura alderaketa

16510 Pieza

Lodiera aldaketa: Aipatu behar da lodiera aldetan Autoform eta Pam Stamp softwareek ez dutela modu berdinean kalkulatu. Autoform softwareak zenbakizaillean lodiera berria ken hasierako lodiera egiten du eta Pam Stamp-ek berriz, hasierako lodiera ken bukaerako. Taulako datuak hobeto konparatzeko Pam Stamp bidez kalkulatuak datuei zeinua aldatu zaie Autoform-en lortutakoekin alderatzeko. Beraz, bi kasuetan zeinu positiboak lodiera handitzen dela esan nahi du.



Irudia 108 16510 piezaren simulazioa Pam Stamp-en



Irudia 109 16510 piezaren simulazioa Autoform-en

Taula 26 16510 piezaren lodieraren alderaketa

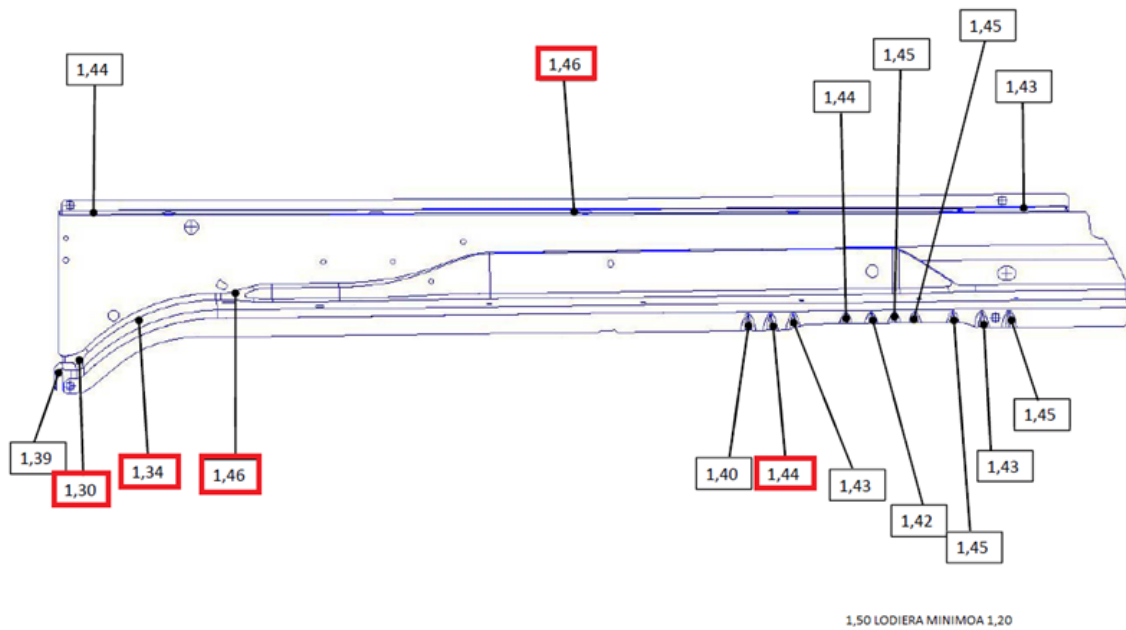
	Puntuaren lodieraren alderaketa				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	0,049	-0,070	-0,075	-0,033	-0,062
Autoform R7	0,074	-0,062	-0,064	$-2,988 \cdot 10^{-3}$	-0,044

Lodiera kalkulatzeko bi simulazio softwareek oso antzekoak diren emaitzak kalkulatu dituzte. Irudiak aztertuz bi softwareetan antzeko emaitzak lortu eta bi kasuetan antzeko eremuak lortu dira. Datuei erreparatu Pam Stamp softwarearen bidez argaltze balio handiagoa lortu dira eta lodiera ematen den puntuaren balioa txikiagoa izan da. Baina beti ere bi kasuetan tarte onargarri batean egon dira. Argaltzea ematen den zonaldean materiala luzatzen da eta beraz lodiera galtzen du.

Lodiera: Bi softwareen alderaketa benetako datuekin konparatzeko lodieraren kalkulua egingo da, metodologia atalean azaldu den bezala, kontrol sailak lodierak neurtzeko kalibrearekin neurtzen dituzten lodierak eta ondoren bezeroari neurtzeko horien balioak bidaltzen dizkio.



Irudia 110 Pam Stamp-ek simulatutako 16510 piezaren lodiera



Irudia 111 Autoform-en simulazioa (goian) eta kontrol sailaren neurketak mm-tan

Taula 27 16510 piezaren lodiera

	Piezaren lodiera (mm)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	1,355	1,468	1,458	1,399	1,455
Autoform R7	1,391	1,439	1,444	1,432	1,493
Errealitatea	1,3	1,34	1,46	1,46	1,44

Aurreko taularen arabera, bigarren eta laugarren puntuetan Autoform softwareak ematen du errealitatek hurbilen dauden balioak. Lehenengo kasuan benetako neurketaren azpitik geratzen da eta laugarren puntuan gaitetik. Pam Stamp softwareak aldiz, lehenengo, hirugarren eta bosgarren puntuetan benetazko baliotik oso hurbil geratzen dira.

Jarraian agertzen den taulan simulazio software bakoitza errealitatean neurtutako datuekin konparatzen dira. Desberdintasun handiena bigarren puntuan Pam Stamp softwarean ematen da, bertan argaltze maximoa ematen den gunea da eta beraz softwareen artean ezberdintasun nabariak egon daitezke. Desbiderapen maximoa Pam Stamp-en bigarren puntuan ematen da baina batzbesteko desbiderapena kontuan izanda Autoform-en batzbestekoa %4,21 da eta Pam Stamp-erena berriz %3,82.

Taula 28 16510 piezan simulazio eta errealitatearen arteko alderaketa

	Puntuaren lodieraren aldaketa (%)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	4,231	9,552	-0,137	-4,178	1,042
Autoform R7	7,000	7,388	-1,096	-1,918	3,681

Ondoren agertzen den taulan Pam Stamp eta Autoform softwareek kalkulaturako lodieraren eta lodiera teorikoaren (1,5 mm) arteko aldea kalkulaturago dago.

Taula 29 16510 piezan simulazio eta lodiera teorikoaren arteko alderaketa

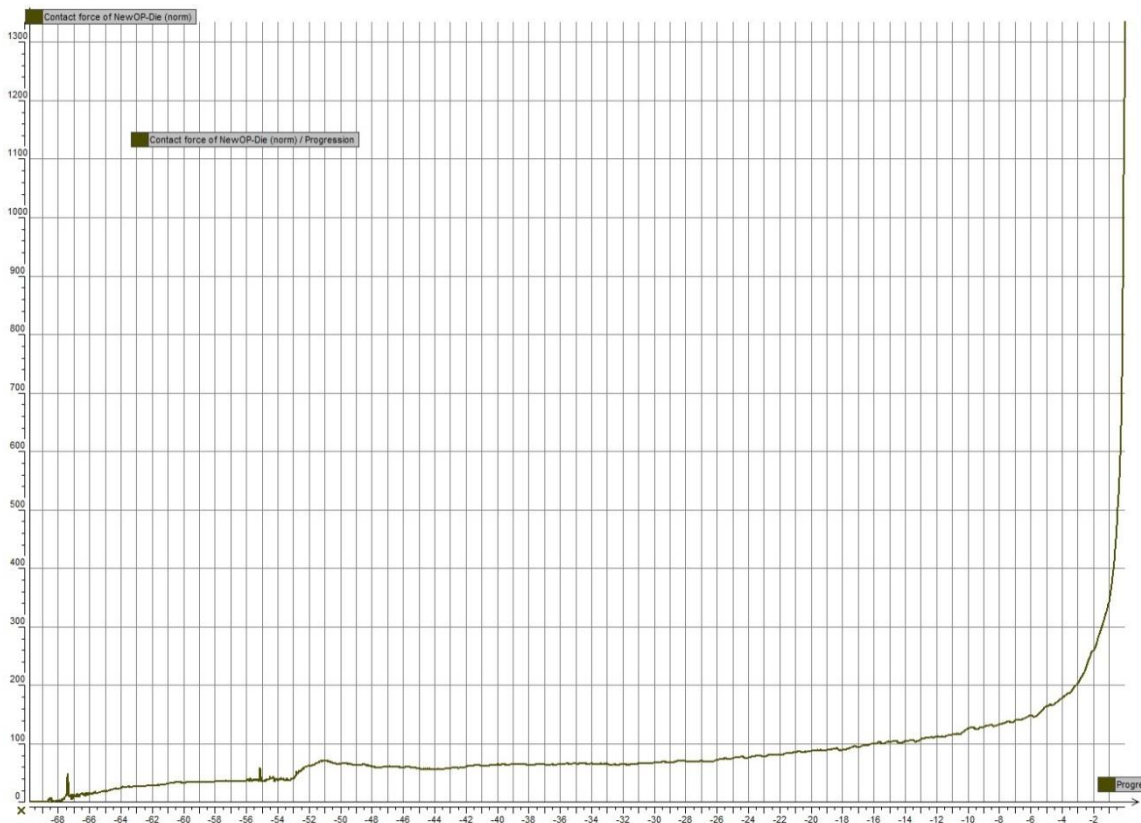
	Puntuaren simulaturako lodiera eta lodiera teorikoaren alderaketa (%)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	-9,67	-2,13	-2,80	-6,73	-3
Autoform R7	-7,27	-4,07	-3,73	-4,53	-0,47

Bezerearen arabera aurretik kalkulaturako aldagaia garrantzia handikoa da, horregatik aldaketa maximoa %10-15 inguruan egotea onartzen dute. Balio hori gaititzen bada, pieza onargarriekin bezala kontsideratu eta prozesu sailera bidatzen da arazo konpon dezaten.

Esfortzuak: Enbutizio prozesu baten simulazioa egitean ez da bakarrik nahi den piezaren forma lortzea bilatzen, prentsak egin beharreko indarra ere oso garrantzitsua prozesua egingo duen prentsa aukeratzeko edota aldi berean egin daitezkeen pieza kopurua definitzeko. Automozio sektorean denbora garrantzia handiko aldagaia da eta beraz, prentsa baten errendimendu maximoarekin lan egitea gomendatzen da.

Autoform-en egin den bezala Pam Stamp simulazio programak kalkulatu dituen puntzoi eta matrizearen indarrak analizatuko dira.

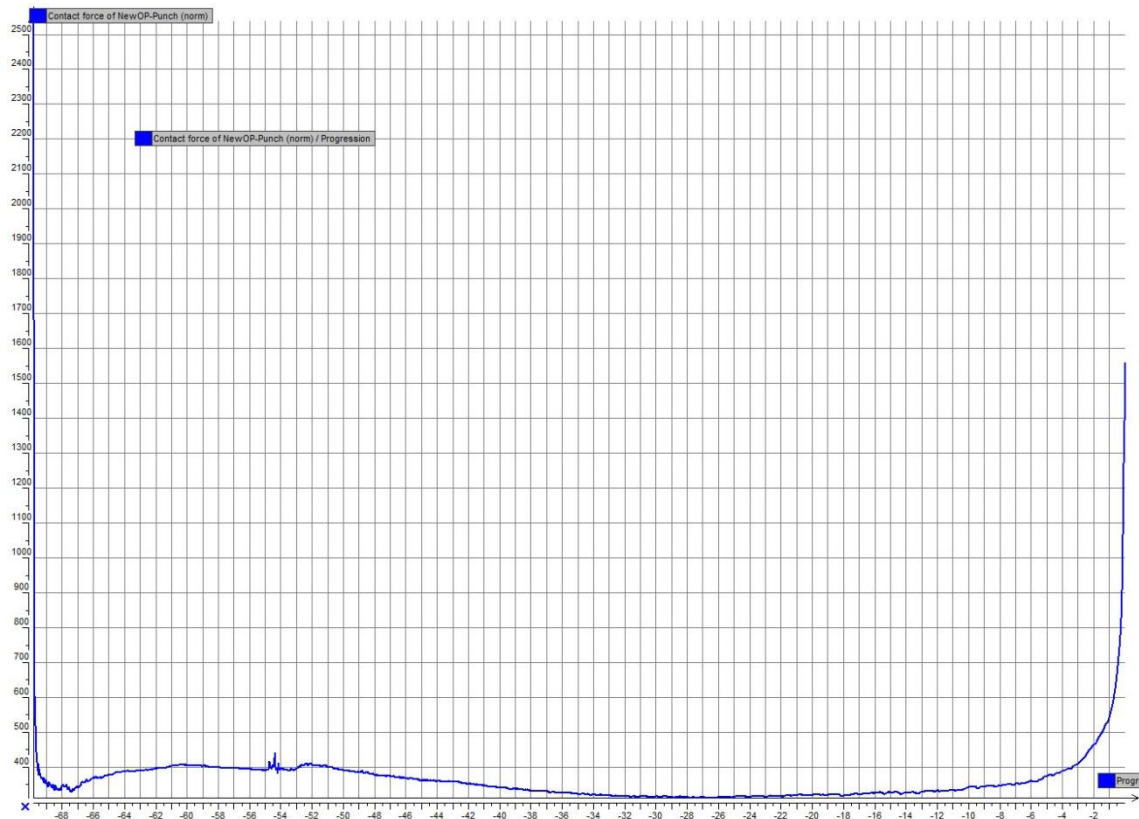
Jarraian agertzen den irudian matrizearen gainean egiten diren indarrak agertzen dira.



Irudia 112 16510 piezan Pam Stamp-en neurtutako matrizearen indarra

Irudia aztertuz, matrizearen gainean egiten den indarra matrizearen eta puntzoiaren arteko distantzia 12 mm-koa denean hasten da modu nabarmenean handitzen eta maximoa da erremintak guztiz itxita dagoenean. Softwareak kalkulatu duen indar maximoa 1335 kN izan dira eta *quenching* atala hasten denean ematen da.

Bestalde, hurrengo grafikoan puntzoiaren gainean egiten diren indarrak aztertuko dira.



Irudia 113 16510 piezan Pam Stamp-en neurtutako puntzoiaren indarra

Irudian zapaltzailea mugitzen hasten den momentuan, hau da, matrize eta puntzoiaren arteko distantzia 60 mm-koa denean anplitude handiko indarra agertzen da. Indar hori zapaltzailea eta matrizearen artean kontakturik ez dagoenean sortzen da eta beraz, simulazioa programak sortutako perturbazio bat dela suposatu daiteke. Beste batzuetan hasierako momentu horretan indarraren oszilazioak agertzen direla ikusi da, arazo honen berri adituei galdetu zaienean mugimendua hastean sortzen diren bibrazioek sortzen dutela adostu da. Ondorioz, matrize eta puntzoiaren arteko distantzia nulua denean agertzen den indarra kontuan hartuko da indar maximoa kalkulatzeko. Indar horrek 1560 kN-eko balioa hartzen du. Ibiltartean zehar 300-400 kN-eko balio hartzen du puntzoiak jasaten duen indarra.

Aurreko balioak izanda Pam Stamp softwarearen bidez kalkulatuak alderatuko da ezberdintasun handiak dauden frogatzeko.

Taula 30 16510 piezaren erremintetan kalkulatutako indarrak

	Indarra (kN)	
	Matrizea	Puntzoia
Autoform R7	531	609
Pam Stamp	1335	1560

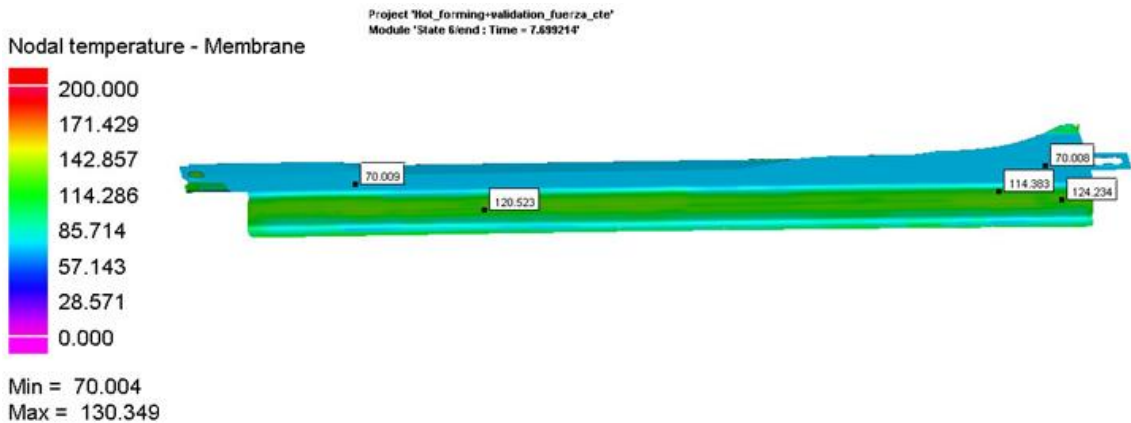
Aurreko taula aztertuz Pam Stamp programak Autoform-ek kalkulatutako indarrak baino 2,5 aldiz handiagoak dira. Ezberdintasun hori bi erremintetan ematen da eta beraz kasu guztietan gertatzen den joera dela onartu daiteke. Honen ondorioz esan daiteke Pam Stamp-ek egiten dituen kalkuluak kontserbakorrak direla pieza berdina egiteko prentsak indar gehiago izan behar duela kontuan hartzen duelako. Ondorioz, bi programek indarrak simulatzean datu oso ezberdinak lortu dira, eta egindako azterketa baten ondorioz ezberdintasun hori kalkulatzeko erabiltzen dituzten simulazioa azpiprograma ezberdinak direlako ematen da.

Bestalde, kontserbakorrak izateak alderdi negatiboa du, autogintza sektorea oso lehiakorra den sektorea da eta beraz prozesua inbertsio minimoarekin egitea bilatzen da, horregatik aurrekontua ahalik eta gehien murrizteko prozesuak behar duen indar maximoa eskaintzen duten prentsak erabiltzen dira gairadimentsionaketa alboratuz.

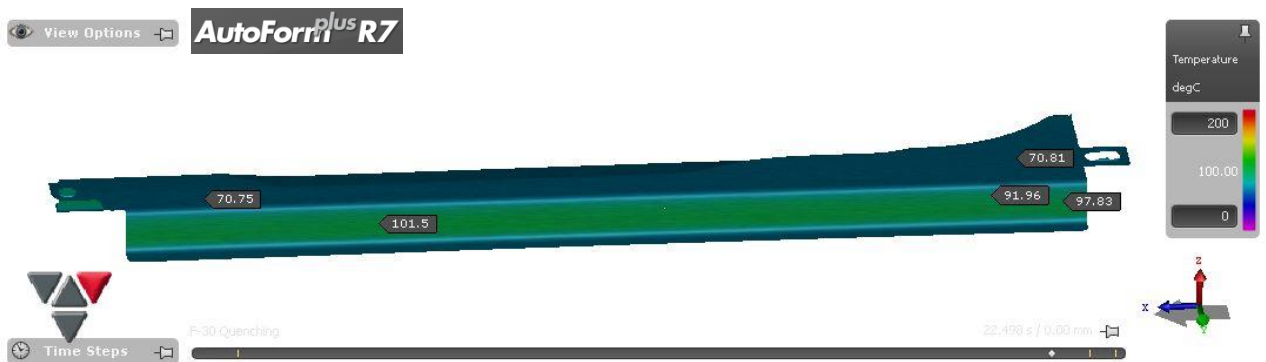
Argi dago bi softwareek kalkulatutako esfortzuak ezin direla konparatu eta beraz azterketa sakonago bat beharrezkoa da bakoitzaren ezberdintasun hauen zergaitia azaltzeko.

Quenching etaparen bukaerako temperatura:

Kamera termografikoarekin neurtutako balioak bi gune ezberdinetan neurtu dira. Benetako datuek ematen duten informaziotik datu gehiago lortzeko simulatutako piezaren ere bi guneetan dagoen temperatura neurtuko da. Ondoren, bi softwareen datuak eta errealitatean neurtutako temperatura agertzen da.



Irudia 114 16510 Piezan Pam Stamp erabilita temperaturaren simulazioa



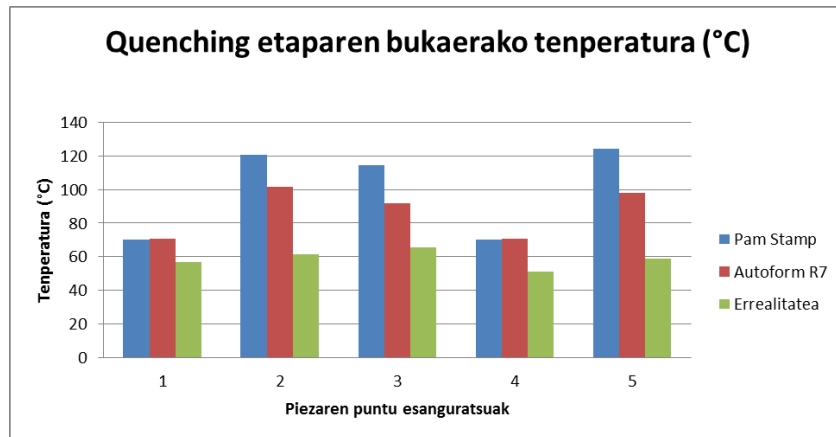
Irudia 115 16510 piezan Autoform erabilita temperaturaren simulazioa

Taula 31 16510 piezan quenching etaparen bukaerako temperatura

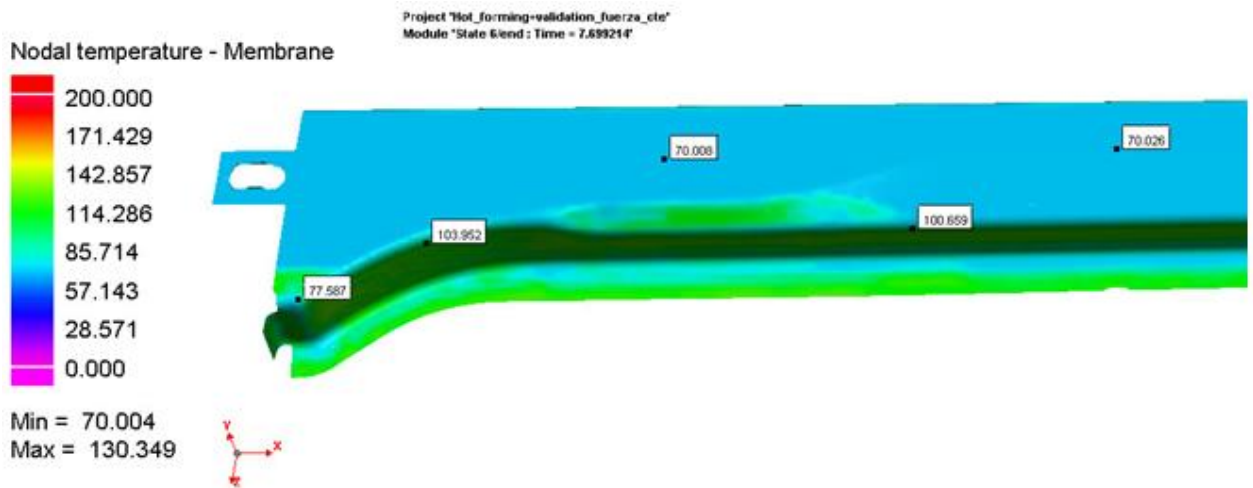
	Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	70,009	120,523	114,383	70,008	124,234
Autoform R7	70,75	101,5	91,96	70,81	97,83
Errealitatea	56,6	61,6	65,5	51,2	59

Bi softwareek zapaltzaileak ukitzen duen zonaldean 70 °C-ko temperatura kalkulatu dute, beraz, bi simulazio programek era berean kalkulatu dute temperatura kontaktua dagoenean. Beste puntuak erreparatu, temperatura altuagoko puntuak direla ikusi daiteke bi softwareetan. Pam Stamp softwarean temperatura Autoform-en kalkulatuakoa baino 20 °C inguru altuagoa da. Piezaren alboetan kokatzen diren puntuak gainazal bertikala denez prentsak egiten duen indar bertikalak ez du puntu horietan eragin handirik eta beraz, presioa txikia denez bero transferentzia koefizientea txikia izango da, beraz bero trukaketa txikia izango da.

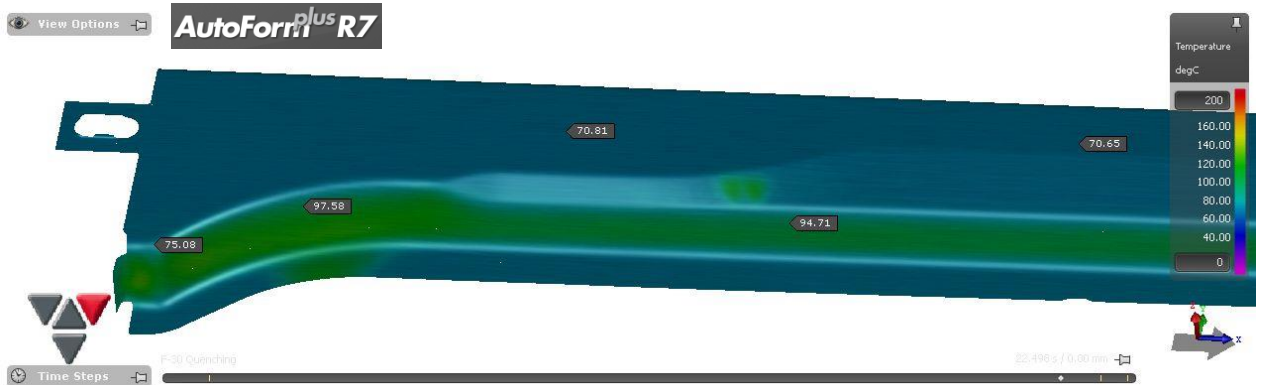
Benetako datuak teorikoak baino txikiagoak dira alde batetik, inguruneke temperatura eraginaren ondorioz azkarrago hozten delako eta bestalde, errefrakzio erroreak ekiditeko neurketak egiteko orduan operarioak prentsatik atera duelako, garraio prozesu horretan temperatura nabarmen murrizten da. Gainera bi softwareen simulazio modua ezberdina da eta horren ondorioz emaitzak ezberdinak izan daitezke.



Irudia 116 Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)



Irudia 117 16510 piezan Pam Stamp bidezko temperaturaren simulazioa

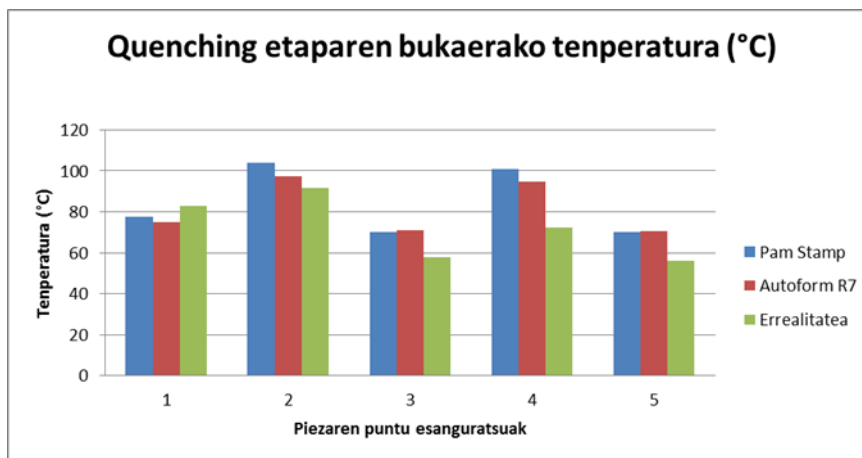


Irudia 118 Pam Stamp/Autoformen 16510 piezaren temperatura

Taula 32 Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)

	Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	77,587	103,952	70,006	100,659	70,026
Autoform R7	75,08	97,58	70,81	94,71	70,65
Errealitatea	82,9	91,8	57,7	72,4	55,9

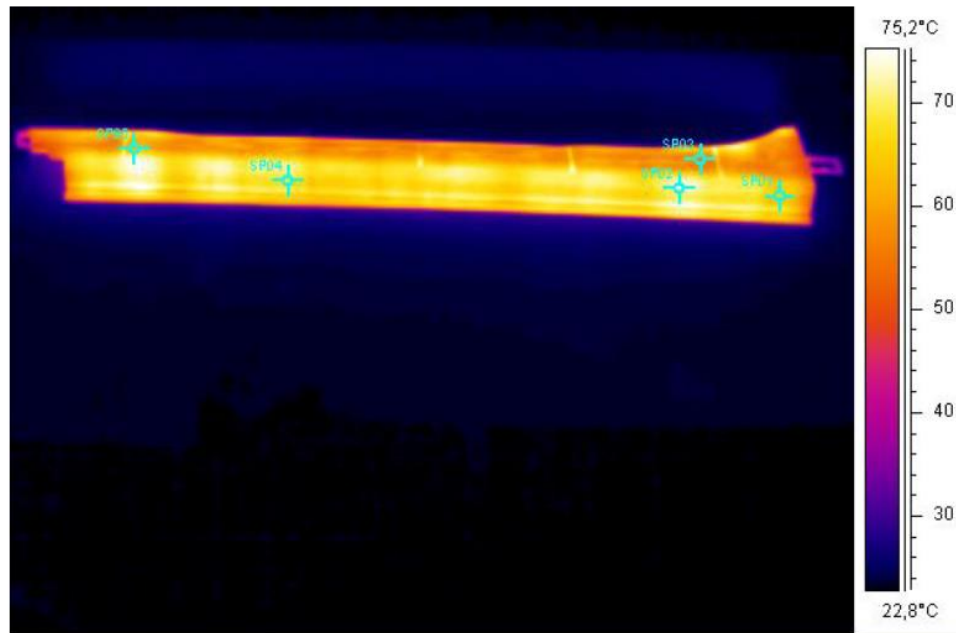
Simulazioek eta errealitatea bat datoz tenperatura altuena duen puntua identifikatzean. Puntu horretan errealitatean kalkulaturako tenperatura simulazioetan kalkulaturako baino baxuagoa da eta Autoform –en bidez kalkulaturako tenperatura hurbiltzen da gehien. Goiko gainazalean ere 70 °C-ko balioak lortzen dira baina errealitatean, bi kasuetan 15 °C hotzago egoten da.



Irudia 119 Quenching etaparen bukaerako temperatura.

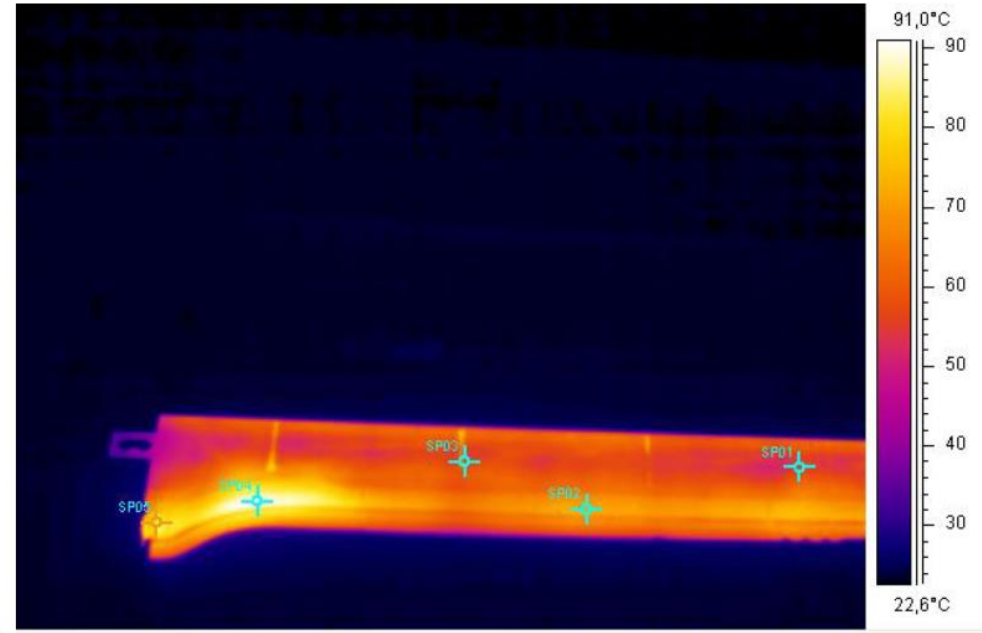
Aurreko orriko irudian ikus daitekeen bezala Autoform eta Pam Stamp softwareetan temperatura kalkulatzeko ezberdinak daude, Autoform-en piezaren alboak diren gainazal horizontalen temperatura Pam Stamp-ek kalkulatuak baino hotzagoak dira. Autoform-ek gainazal horietan prentsak egiten duen presioak temperaturaren duen eragina kontuan hartu du Pam Stamp-ek ez bezala.

GESTAMP OF 16510-20 / AUDI-AU58X / 4K0.803.755
 Quenching time: 7,7 sg



Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg	Stdev	Result	Expression
Image		22,6	77,2	54,6				
SP01	59,0							
SP02	65,5							
SP03	51,2							
SP04	61,6							
SP05	56,6							

GESTAMP OF 16510-20 / AUDI-AU58X / 4K0.803.755
 Quenching time: 7,7 sg



Label	Value [°C]	Min	Max	Max - Min	Avg	Stdev	Result	Expression
Image		22,3	91,9	69,6				
SP01	55,9							
SP02	72,4							
SP03	57,7							
SP04	91,8							
SP05	82,9							

Presio kontaktua quenching aurretik: Tenplaketa etapan zehar garrantzia handikoa da piezari egiten zaion presioa, horrela alde batetik amaierako piezaren dimentsioa nahi dena izateko beharrezkoa den presioa egiten zaio eta bestetik, hozketa abiadura egokia lortzea ahalbidetzen du.



Irudia 120 Presio kontaktua quenching aurretik Pam Stamp/Autoform

Pam Stamp-en zapaltzaileak egiten duen presio nabaritzen da, koloreen laguntzaz zapaltzailearekin kontaktuan dagoen gainazala antzeman daiteke. Bigarren, hirugarren eta bosgarren puntuetan Pam Stampek kalkulaturako presioaren balioak handiagoak dira. Goiko irudian Autoform-en gertatzen zen bezala kontaktu presio maximoa tolesketa ematen den guneetan da handiagoa. Nabarmentzekoa da hirugarren puntuan dagoen presioa diferentzia, tolesketa handirik ez duen gunea denez softwareen artean irizpide ezberdinak daude.

Presio kontaktua quenching ondoren:



Irudia 121 16510 piezaren quenching bukaerako kontaktu presioa

Pam Stamp-en balioak GPa-etan ematen dira eta Autoform-en MPa-etan, konparaketa optimoa egiteko taulako balioak MPa-etan daude.

Taula 33 16510 piezaren kontaktu presioa quenching etapan

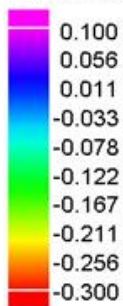
	Quenching etaparen hasierako presioa (MPa)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	0	21	12	11	17
Autoform R7	19,60	3,613	0,011	35,82	9,118
	Quenching etaparen bukaerako presioa (MPa)				
Pam Stamp	0	15	11	31	14
Autoform R7	18,53	25,12	9,172	27,66	28,05

Bukaerako presioa aztertuz, hasierako presioan ez bezala, Autoform-en agertzen dira balio handienak. Hirugarren eta laugarren puntuetan balioak oso antzekoak dira.

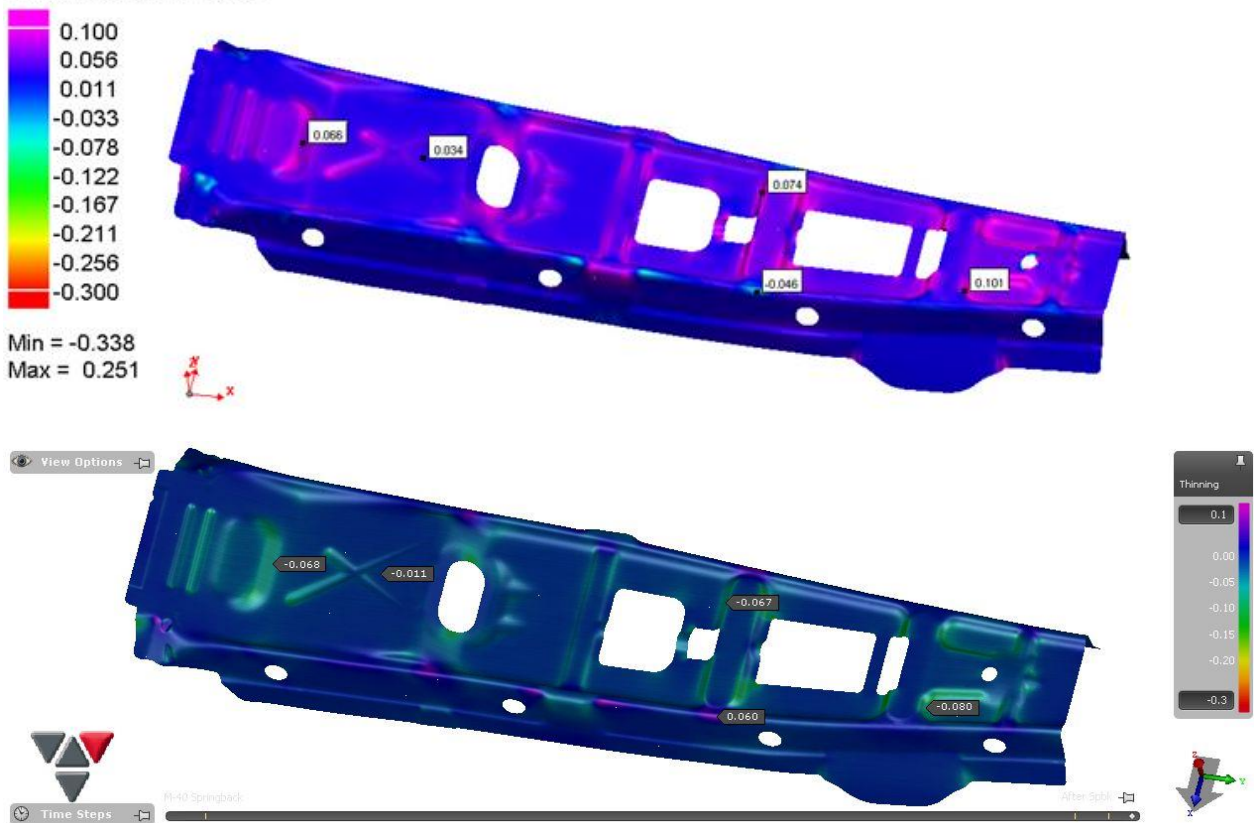
16525 Pieza

Lodiera aldaketa: Aipatu behar da lodiera aldaketan Autoform eta Pam Stamp softwareek ez dutela modu berdinean kalkulatzeko. Autoform softwareak zenbakitzailan lodiera berria ken hasierako lodiera egiten du eta Pam Stamp-ek berriz, hasierako lodiera ken bukaerakoa. Taulako datuak hobeto konparatzeko Pam Stamp bidez kalkulaturako datuei zeinua aldatu zaie Autoform-en lortutakoekin alderatzeko. Beraz, zeinu positiboak lodiera handitzen dela esan nahi du.

Thinning (engineer value)



Min = -0.338
Max = 0.251



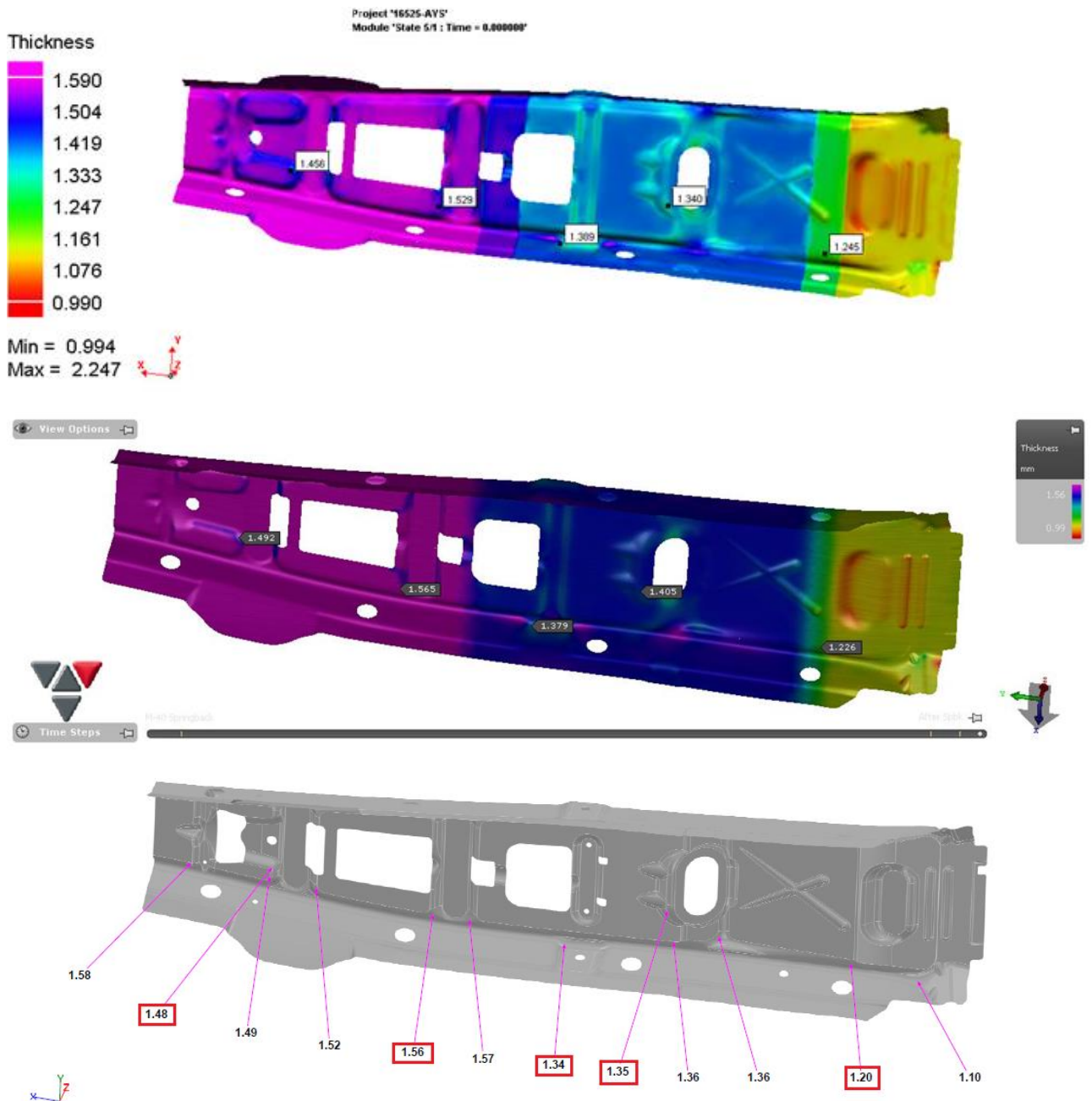
Puntuaren lodieraren aldaketa

	1	2	3	4	5
Pam Stamp	-0,066	-0,034	-0,074	0,046	-0,101
Autoform R7	-0,068	-0,011	-0,067	0,060	-0,080

Datuak aztertuz bi simulazioetan oso antzekoak diren balioak agertzen dira, bestalde irudian ikus daitekeen bezala, lodiera ezberdineko guneak bi simulazioetan berdinak dira. Aurretik esan den bezala, Pam Stamp softwareak eta Autoform-ek modu ezberdinetan egiten dute lodiera aldaketaren kalkulua, eta horren ondorioz kolore

ezberdinarekin islatzen du piezaren lodiera aldaketaren balioa. Eragiketa berdina eginuz bi kasuetan oso antzekoak diren balioak agertzen dira. Argaltze maximoa bosgarren puntuari ematen da bi kasuetan, sakontasun handiena duen gunea baita. Gainera, argaltzea ematen den guneak materiala luzatu den guneak dira eta horren ondorioz lodiera murrizten da.

Lodiera: Irudi hauetan, aurreko piezan egin den bezala, bi simulazio softwaretan lortutako datuak kontrol sailak neurtutako lodieraren datuekin konparatzen dira.



Irudia 122 16525 piezaren lodieraren konparaketa mm-tan

Azken irudi honetan kontrol departamentuak pieza errealean neurtutako datuak agertzen dira, bertan Autoform bertsioa ezberdinen eta errealitatean neurtutako dimentsioen balioak agertzen dira.

Taula 34 Piezaren lodiera eta datu esperimentalekin alderaketa

	Piezaren lodiera (mm)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	1,456	1,529	1,389	1,340	1,245
Autoform R7	1,492	1,565	1,379	1,405	1,226
Errealitatea	1,48	1,56	1,34	1,35	1,20

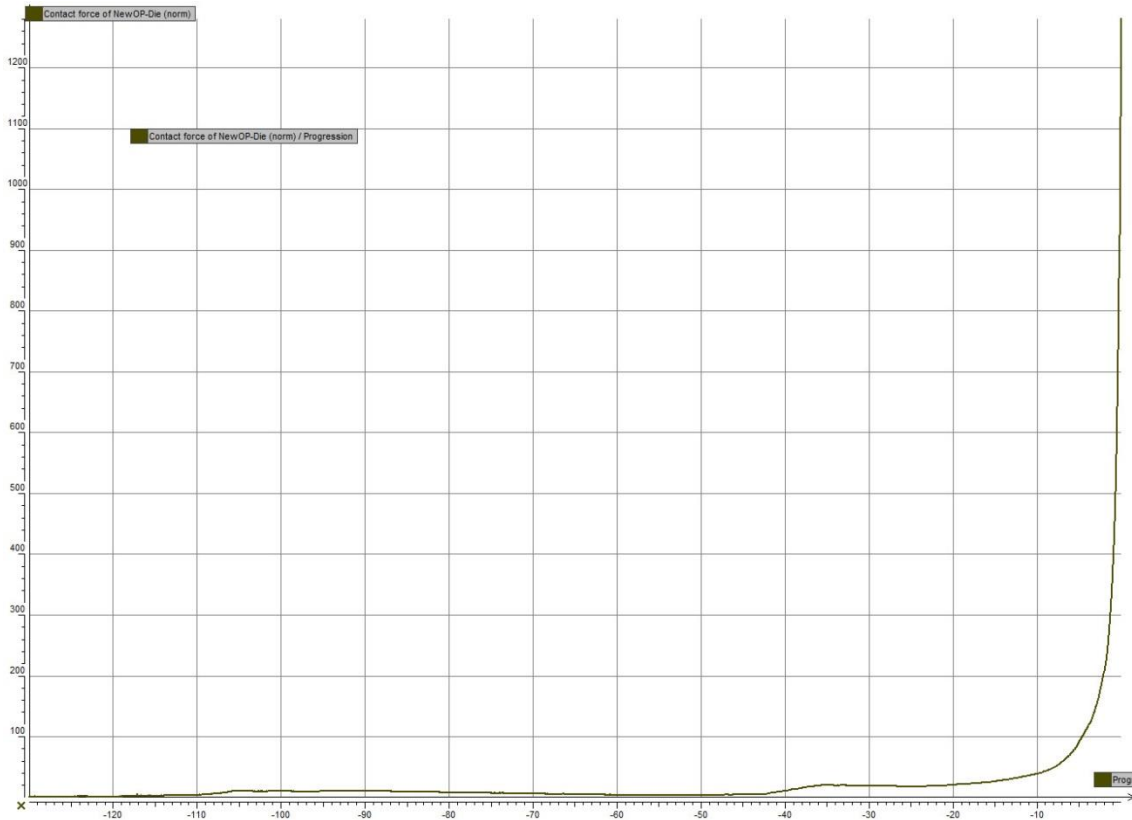
	Datu esperimentalen eta simulazioen arteko alderaketa (%)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	-1,622	-1,987	3,657	-0,741	3,750
Autoform R7	0,811	0,321	2,910	4,074	2,167

Aurreko taularen balioak analizatuz Autoform softwareak bost puntuetatik lau puntuetan hurbildu da gehien errealitatean neurtutako puntura, beti ere errealitatea baino handiagoa den lodiera kalkulatu du % 4,074 desbiderapen maximoarekin. Laugarren puntuaren Pam Stamp izan da errealitatera gehien hurbildu den softwarea, kasu honetan errealitatean duen balioaren azpitik geratu da. Puntu berdinean Autoformek % 4,074-ko desbiderapena izan du, egin diren neurketetan desbiderapen maximoa izanik. Bi softwareetan bezeroarentzat onargarriak diren balioak lortu dira. Autoform-en batzbesteko desbiderapena %2,11 eta Pam Stamp-en batzbesteko desbiderapena berriz %2,35-koa izan da.

Erreakzioak: Enbutizio prozesu baten simulazioa egitean ez da bakarrik nahi den piezaren forma lortzea bilatzen, prentsak egin beharreko indarra ere oso garrantzitsua da. Enbutizioa egingo duen prentsa aukeratzeko edota aldi berean egin daitezkeen pieza kopurua definitzeko. Automozio sektorean denbora garrantzia handiko aldagaia da eta beraz, prentsa baten errendimendu maximoarekin lan egitea gomendatzen da.

Autoform-en egin den bezala Pam Stamp simulazio programak kalkulatu dituen puntzoi eta matrizearen indarrak analizatuko dira.

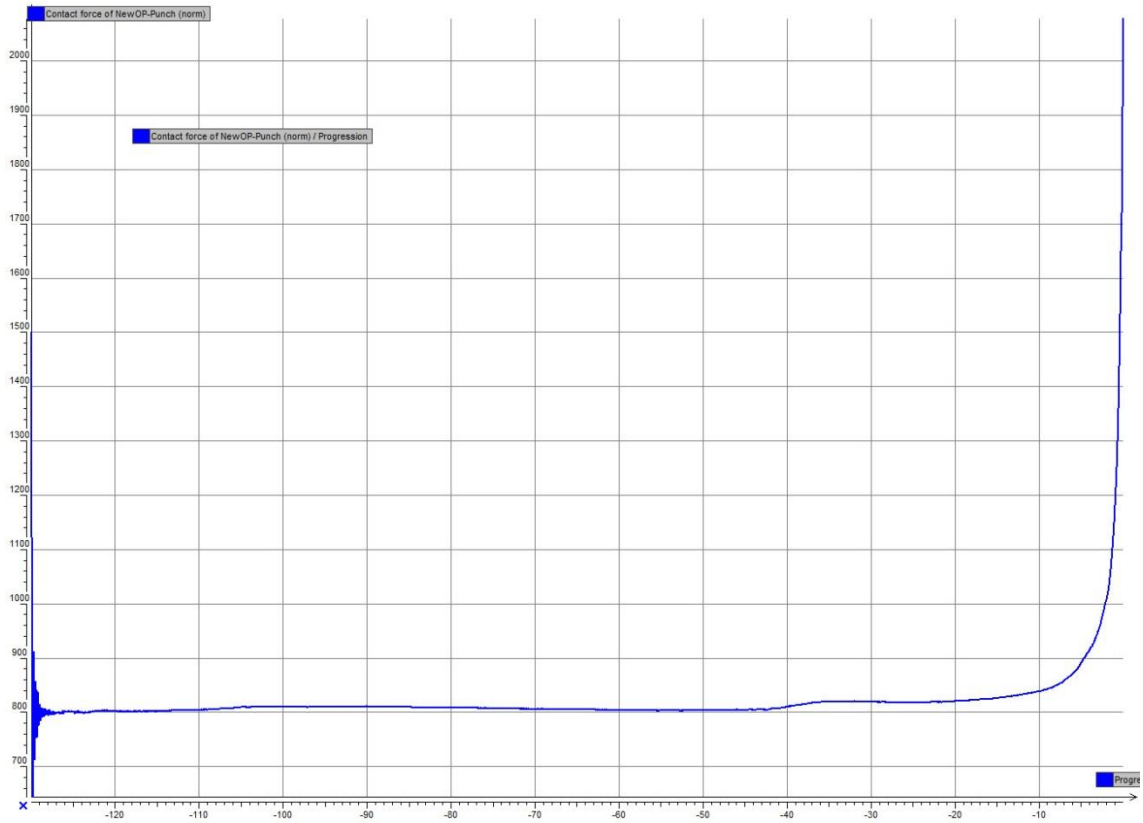
Jarraian agertzen den irudian matrizearen gainean egiten diren indarrak agertzen dira.



Irudia 123 16525 piezan Pam Stamp bidez kalkulaturako matrizearen indarrak

Irudi honetan 16525 pieza egiteko matrizearen gainean egiten diren indarrak agertzen dira. Kasu honetan zapaltzailea mugitzen den momentutik matrize eta puntzoiaren arteko distantzia 60 mm-koa den arte indarra balio nulutik hurbil dago, ondoren balioa handitzen da matrizea eta puntzoiaren arteko distantzia nulua den arte, momentu horretan *quenching* etapa hasten denean balio maximoa lortzen du. Kasu honetan balio maximoa 1280 kN-ekoa da.

Bestalde, hurrengo irudian prozesuan parte hartzen duen puntzoian agertzen diren indarrak agertzen dira.



Irudia 124 16525 piezan Pam Stamp bidez kalkulaturako puntzoiaen indarrak

Kasu honetan, ikus daitezke aurretik aipaturako indarraren oszilazioak hasierako momentuetan. Indar horiek zapaltzailearen mugimenduaren ondorioz sortzen diren perturbazioak dira eta kontsultatu diren adituen esanetan normala da simulazioetan honelako oszilazioak ikustea. Puntzoiaen indarra 800 kN-tan mantentzen da quenching hasten den momentura heldu arte. Bertan indarra esponentzialki hasten da 2077 kN-eko indar maximoa lortu arte.

Taula 35 16525 piezaren indarren alderaketa

	Indarra (kN)	
	Matrizea	Puntzoia
Autoform R7	961	1563
Pam Stamp	1280	2077

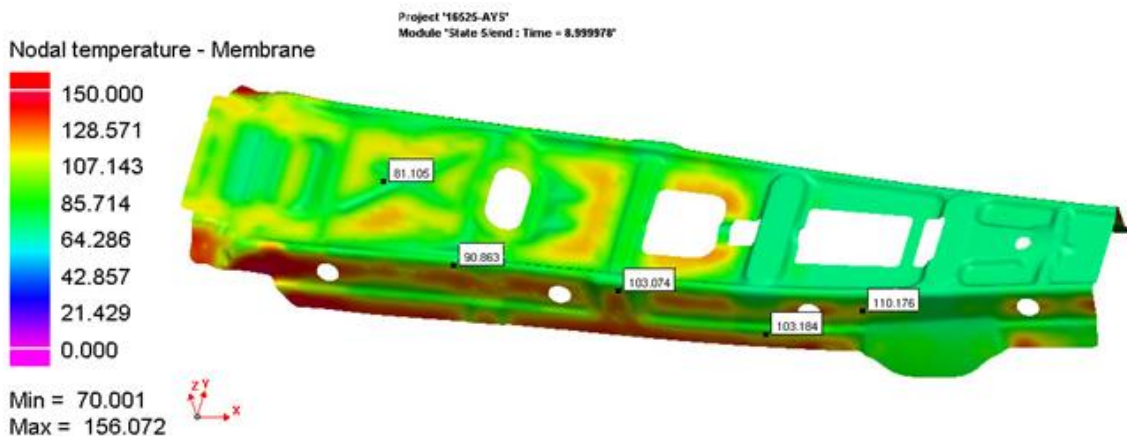
Aurreko taula aztertuz Pam Stamp programak Autoform-ek kalkulaturako indarrak baino 1,3 aldiz handiagoak dira. Ezberdintasun hori bi erremintetan ematen da eta beraz kasu guztietan gertatzen den joera dela onartu daiteke. Honen ondorioz esan daiteke Pam Stamp-ek egiten dituen kalkuluak kontserbakorragoak direla pieza berdina egiteko prentsak indar gehiago izan behar duela kontuan hartzen duelako.

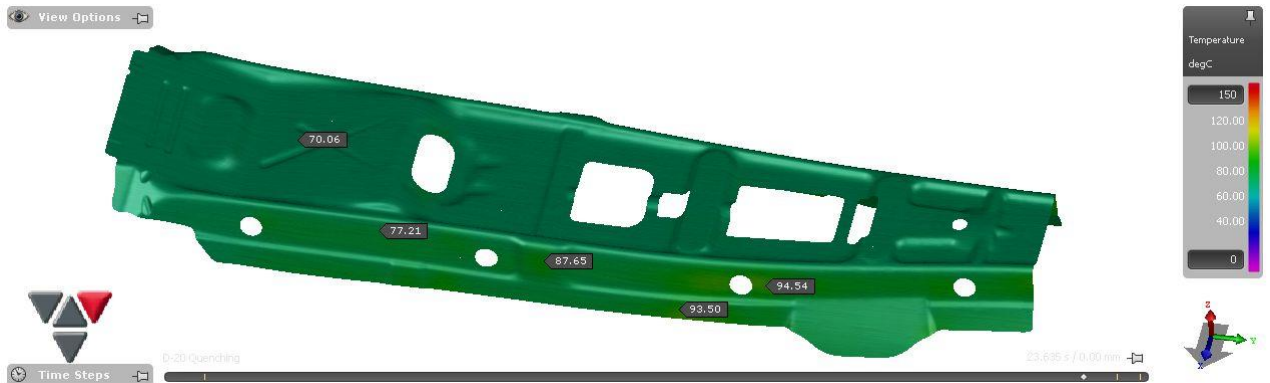
Bestalde horrek alderdi negatiboa du, autogintza sektorea oso lehiakorra den sektorea da eta beraz prozesua inbertsio minimoarekin egitea bilatzen da, horregatik aurrekontua ahalik eta gehien murrizteko prozesuak behar duen indar maximoa eskaintzen duten prentsak erabiltzen dira gaindimentsionaketa alboratuz.

Argi dago bi softwareek kalkulaturako esfortzuak ezin direla konparatu eta beraz azterketa sakonago bat beharrezkoa da bakoitzaren ezberdintasun hauen zergaitia azaltzeko.

Quenching ondorengo tenperatura:

Hurrengo irudietan quenching etapa ondoren piezak duen tenperatura agertzen da Pam Stamp eta Autoform softwaretan.





Irudia 125 16525 piezaren temperaturaren konparaketa Autoform/Pam Stamp

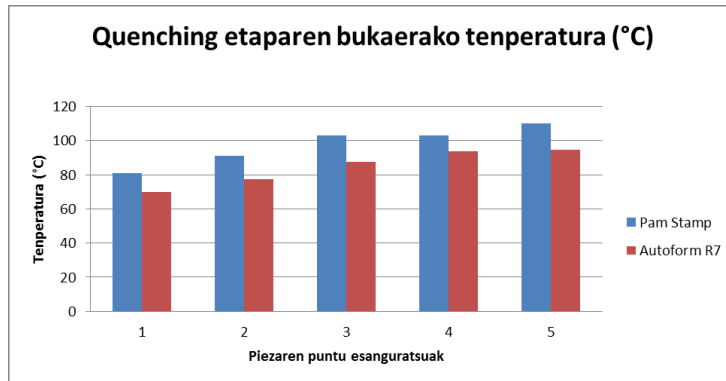
Taula 36 16525 piezaren *quenching* etaparen bukaerako temperatura

	Quenching etaparen bukaerako temperatura (°C)				
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	81,105	90,863	103,074	103,184	110,176
Autoform R7	70,06	77,21	87,65	93,50	94,54

Enpresak adostutako erabaki baten ondorioz analisi metalurgikoaren arduradunak ez du 16525 piezaren temperatura neurtu, beraz bi softwareak haien artean konparatuko dira.

Aurreko piezan gertatzen zen bezala, simulazioetan erreminta guztiek 70 °C-ko temperatura egonkorra mantentzen dutela programatu da. Horren ondorioz lehenengo puntua zapaltzailearen kontaktuan dagoenez denbora luzez 70 °C-tan egon beharko litzateke. Lodiera ezberdineko formatua erabiltzen denez, Pam Stamp softwarean egindako simulazioaren irudian eskuineko aldean kontaktua dagoela ikusten da, ezkerreko zonaldean temperaturaren irudia analizatuz kontaktua ez dela erabatekoa ikusi daiteke. Eskuin zonaldeko temperatura 70 °C-koa da, ezkerrekoan berriz kontaktu gutxiago dagoenez presioa murriztuko da eta ondorioz bero transferentzia koefiziente txikiagoa denez bero trukea ere murriztuko da.

Taulan agertzen den balio maximoari erreparatuz bi kasuetan bosgarren puntuan temperatura maximoa lortzen dela frogatzen da, batez ere gainazal bertikala duen puntua delako eta aurretik aipatu den arrazoiagatik bero trukea txikiagoa eta ondorioz hozte prozesua motelagoa da.



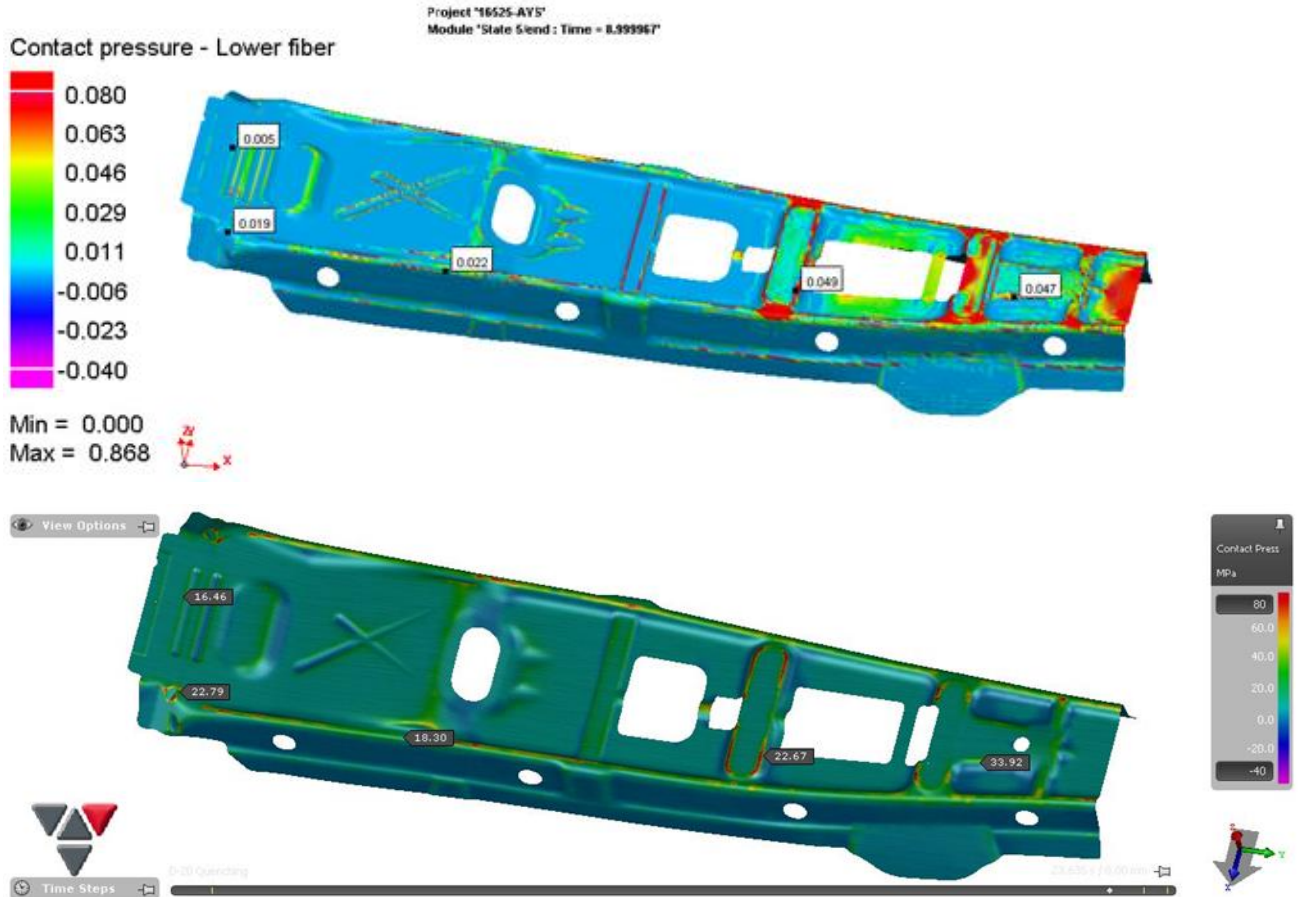
Irudia 126 Quenching etaparen bukaerako tenperatura

Quenching etapan dagoen kontaktu presioa: Tenplaketa etapan zehar garrantzia handikoa da piezari egiten zaion presioa, horrela amaierako piezaren erresistentzia nahi dena izateko beharrezkoa den presioa egiten zaiola bermatu behar da, horren ondorioz bero transmisio koefizientea aldatzen da eta trukaturako bero kantitatea aldatzen du.



Irudia 127 Quenching etaparen hasierako presioa (behean MPa, goian GPa)

Aurretik azaldu den bezala, lodiera ezberdineko formatua denez Pam Stamp programan kontaktua handiagoa da piezak lodiera handiagoa duen gunean. Horrek hozketa prozesuan eragina izango du bero trukea txikituz eta ondorioz hozketa abiadura motelduz.



Irudia 128 16525 piezaren kontaktu presioa quenching amaieran

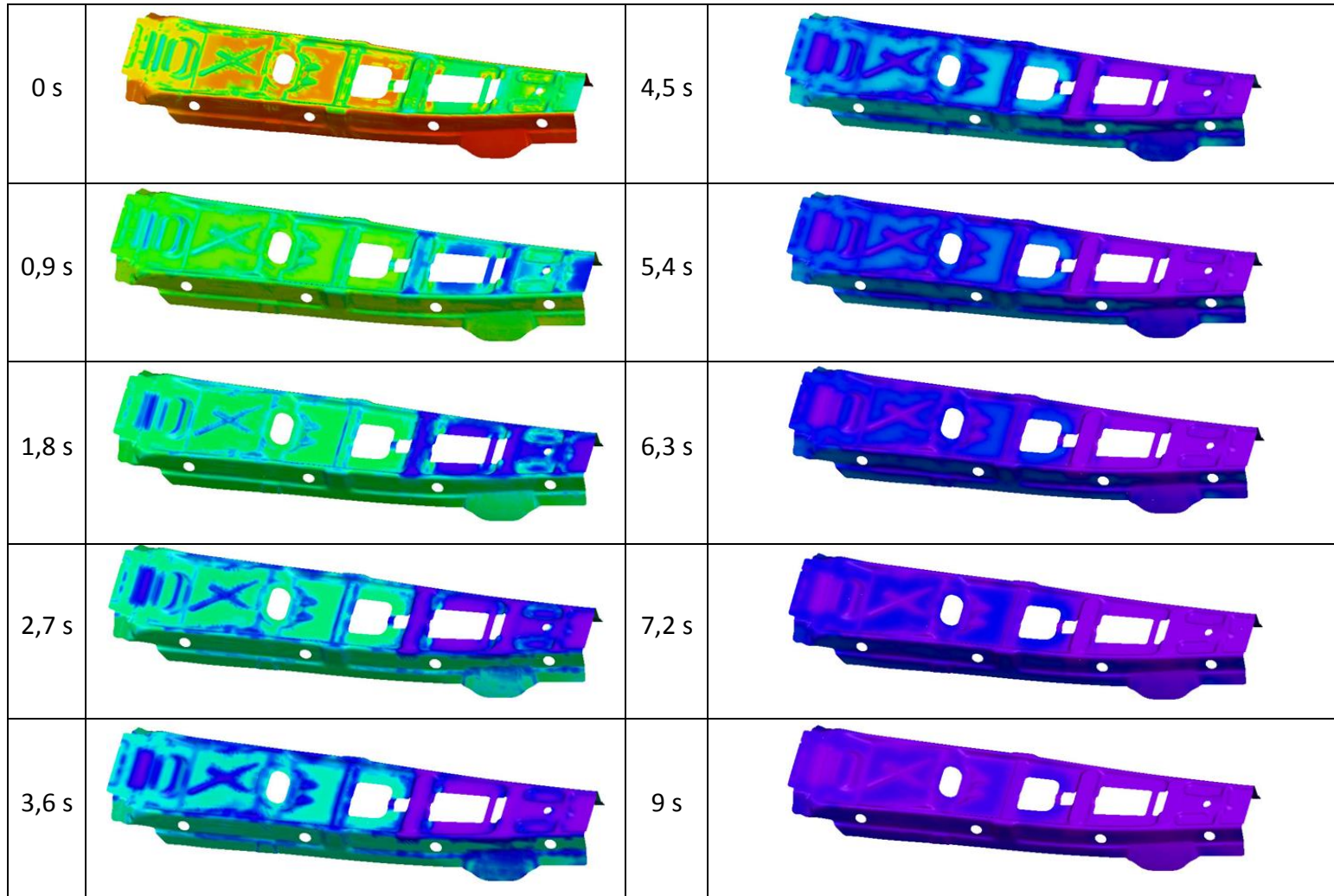
Taula 37 16525 piezaren quenching etapan kontaktu presioa

Quenching etaparen hasierako presioa (MPa)					
	1	2	3	4	5
Pam Stamp	1	40	22	18	6
Autoform R7	8,042	42,20	78,34	3,337	11,44
Quenching etaparen bukaerako presioa (MPa)					
Pam Stamp	5	19	22	49	47
Autoform R7	16,46	22,79	18,30	22,67	33,92

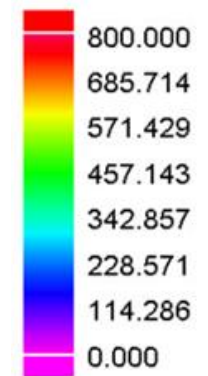
Aurreko taulako datuak aztertuz, bi softwareetan presio maximoa ez da puntu berdinetan ematen. Aztertzen ari den piezan presio maximoa forma aldaketa handiena pairatzen duten guneetan ematen da. Quenching etaparen hasierako presioa Pam Stamp softwarean bigarren puntuan ematen da presio maximoa, puntu horretan forma aldaketa bortitza da eta horren ondorioz, matrizeak egin beharreko presioa handia da puntu horretan.

Presioa analizatzean bi softwareek kalkulaturako presioen alde nahiko handia da batez ere *quenching* etaparen hasierako presioan. Pam Stamp eta Autoform-en puntu berdina aukeratzeko zailtasunak egon dira eta ondoz ondoko puntuek duten presio ezberdintasun altuaren ondorioz zaila da puntu berdina aukeratzea.

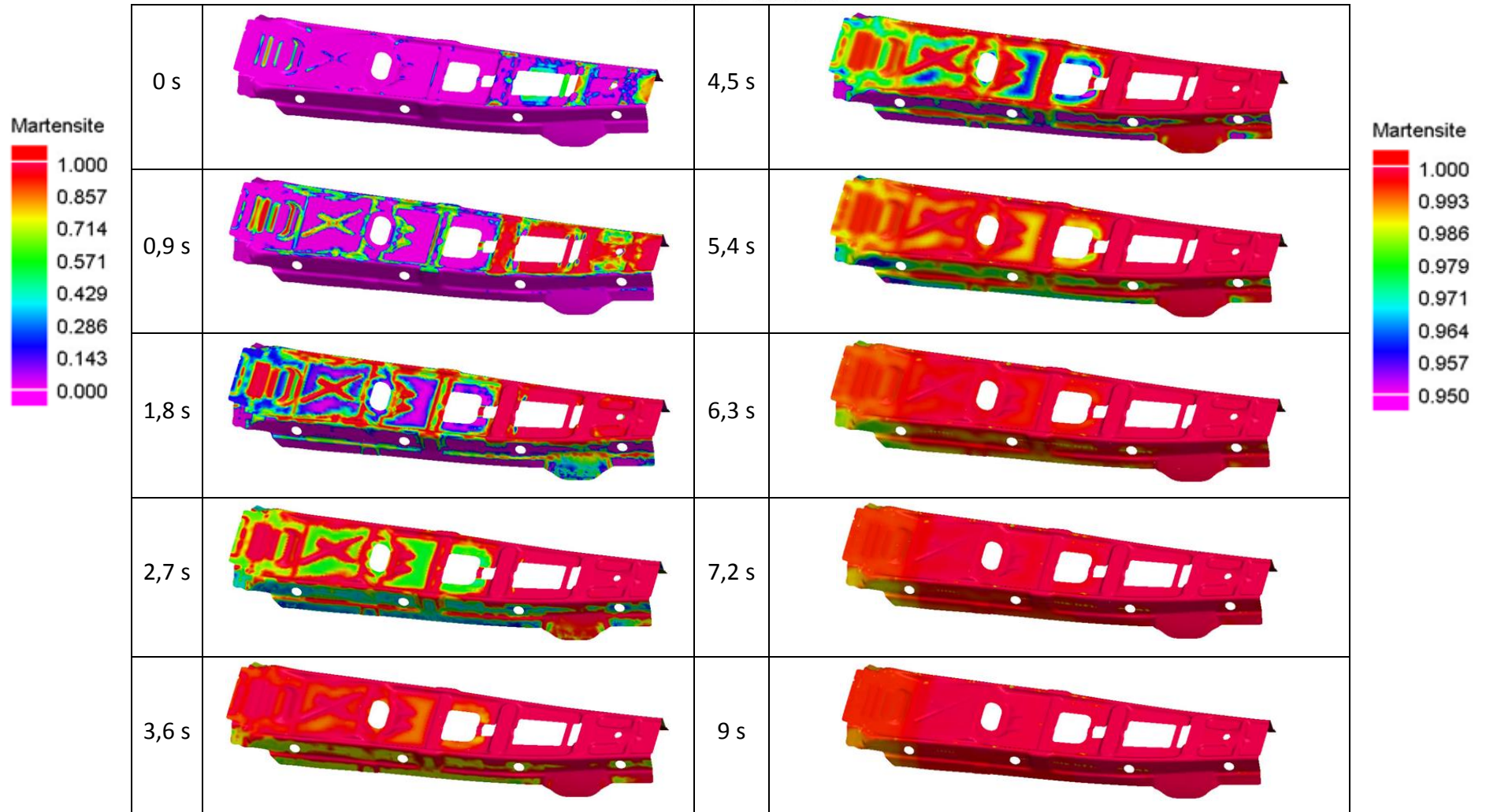
Martensita frakzioa: Bero estanzazio prozesuan ekoizten diren piezetan bukaerako piezaren gogortasuna da bilatzen den parametro garrantzitsuenetarikoa. Hori lortzeko temperatura austenitikoa gainditu eta hozketa abiadura zehatz batekin hozten da. Horren ondorioz, egitura austenitiko batetik martensitiko batera aldatzen da. Quenching etaparen denbora bezeroak finkatzen du, kasu batzuetan denbora hori optimoa baino luzeagoa izan daiteke, autogintza sektorean denbora oso garrantzitsua denez gomendagarria prozesuaren denbora ahalik eta gehien murriztea. Martensita piezaren temperatura 340 °C inguruan dagoenean sortzen da. Jarraian Pam Stamp softwarearen bidez piezaren temperatura eta martensita frakzioaren eboluzioa ikasiko da. Martensitaren frakzioa azkenean oso altua denez irudiak konparatzean bi eskala ezberdin erabiliko dira informazioa erabilgarriagoa izateko.



Nodal temperature



Irudia 129 16525 piezaren temperaturaren analisisa quenching etapan (°C)



Irudia 130 16525 Piezaren martensita frakzioa quenching etapan

Temperaturaren analisia egiten den taulan nabarmentzekoa da piezaren eskuineko aldea, hau da, lodiera handiena duen zonaldea lehenengo hozten den gunea dela. Hasiera batean zentsurik ez duela pentsatu daiteke baina egindako presioen irudiak aztertuz gune horretan presio maximoa ematen dela ikusten da. Piezak duen lodiera ezberdinaren ondorioz zapaltzailea lodiera maximoa den gunean egiten du presio gehien eta aurretik azaldu den bero transmisio koefiziente eta presioaren arteko menpekotasunaren ondorioz bertan ematen da bero truke handiena.

Piezaren eskuinaldeko zonaldea arinago hozteko arrazoi nagusia bertan egiten den presioa beste zonaldeetan egiten dena baino handiagoa dela da. Beraz, esan daiteke piezaren formatua lodiera ezberdina duenez erremintek lodiera handiagoa den guneetan egiten dutela presioa gehien eta ondorioz bero transmisio koefizientea altuagoa da kasu horietan hoztea arinago emanez.

Bestalde, martensitaren sorrera piezaren tenperatura 340 °C-tik jaisten denean ematen da. Aurreko orriko irudietan erraz frogatu daiteke fenomeno hori. Pieza aipatutako tenperaturara heltzen denean hurrengo irudian martensita frakzioa nabarmen handitzen da.

Dokumentuan aipatu den bezala quenching denbora bezeroak zehazten duen aldagaia da eta beraz ez dago ingeniariaren esku denbora hori aldatzea. Kasu honetan beti ere lehenengo orrietan agertzen den grafikoan agertzen den 27 °C/s-ko hozte abiadura mantenduz 5,4 segundutan martensita kopuru nahikoa lortu dela konprobatu daiteke. Prozesuaren amaieran piezaren tenperatura 180-200 °C-koa izan behar da eta ondorioz quenching denbora luzeagoa izatera behartzen du.

Bero estanzazioan martensitaren lorpena bermaturik dago eta beraz suposatzen da kasu guztietan ematen dela fase aldaketa.

7. GASTUEN ANALISIA

Barne orduak	Ordu kopurua	€/ordu		
Ingenialari teknikoa	80	40		3.200€
Goi ingenialaria	28	50		1.400€
Masterreko ikaslea	850	20		17.000€
Tailerreko teknikoa	25	25		625€
Guztira				22.225€

Amortizazioak	Kostua	Bizitza erabilgarria	Erabilitako denbora (ordu)*	
Ordenagailuak	1500€	3 urte	650	38,23€
CAD Lizentziak	7500€	1 urte	180	158,82€
Autoform R7 lizentziak	35.000€	1 urte	320	1317,64€
PamStamp lizentziak	35.000€	1 urte	230	947,06€
Lodierak neurtzeko kalibreak	435€	5 urte	20	0,20€
FLIR A320 (9 Hz) Kamera termografikoa	9.950€	4 urte	10	2,92€
Filtro 1200 °C	950€	4 urte	10	0,28€
Software Research IR4 Max (kamera termografikoa)	6.800€	4 urte	15	3€
Manfrotto tripodea	329€	4 urte	10	0,1€
			Guztira	2.468,25€

* Urte bat = 8500 ordu

<u>Gastuak</u>	
Bulegoko materiala	80€
Guztira	80€

<u>Kostu totala</u>	24.773,25€
----------------------------	-------------------

Gastuen analisisia proiektua aurrera eramateko beharrezkoak izan diren gastu guztiak biltzen dituen dokumentua da. Azpi-atal hauetan bananduta daude: barne orduak, amortizazioak eta gastuak.

Gastuen analisisian agertzen den bezala, proiektu hau sei hilabetetan burutu da. Bertan masterreko ikaslea, ingeniari teknikoak, goi ingenialaria (zuzendaria) eta tailerreko teknikoek hartu dute parte. Denbora horretan masterreko ikasleak txapa konformaketa prozesua jasango duen solidoaren erremintak diseinatu eta simulazio software ezberdinetan simulazioak egin ditu, beti ere ingeniari teknikoen laguntzarekin.

Barne orduei dagokionez, proiektuan lan egiten duten pertsonen lan egiten dituzten orduak dira, masterreko ikaslea egunero zazpi orduko lanaldiak egin ditu eta proiektuan zehar izan dituen galderak enpresan lan egiten duten ingeniari teknikoek galdetu zaie. Goi ingeniariarekin bilerak bi hilero egin dira proiektuaren eboluzioa aztertzeko.

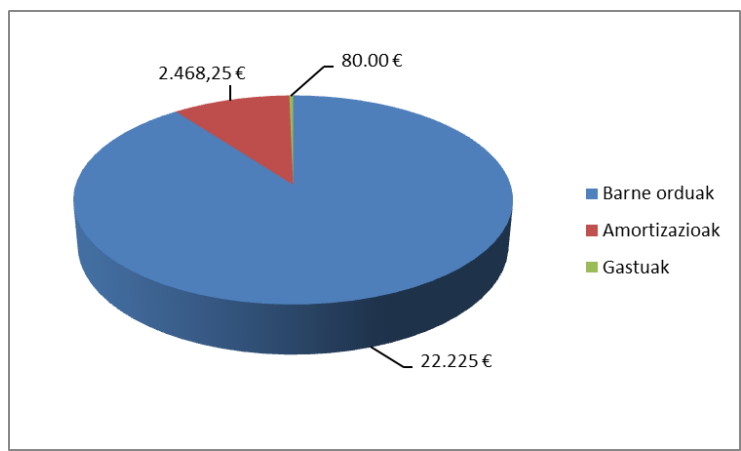
Amortizazioak/Inbertsioak atalari dagokionez, enpresak proiekturako erabiltzen dituen aktibo finkoak dira. Makineria, ordenagailuak, lizentziak, baimenak, eta abar. Proiektu honetan, simulazioan oinarritzen den proiektua denez oso ordenagailu ahaltsua izatea gomendatzen da. Hori kontuan hartuz gastu analisisian agertzen den 1500€-ko ordenagailua erabili da. Ordenagailuak simulazioa ahalik eta azkarren egiteko kapaza izan behar da. Ordenagailu ahaltsu hauek zenbat eta datu gehiago kudeatu gero eta mantsoago lan egiten dute, horregatik dokumentu honetan hiru urteko bizitza erabilgarria eman zaio. Amortizazio ataleko gastua denez proiektuan parte hartzen duten epea bakarrik kontuan izan behar da, horretarako urteak 8.500 ordu dituela kontuan izan da, epe horretan erabilitako orduak kontuan hartuz gastua ondorioztatu da.

Bestalde, lizentziak proiektu honetan garrantzia handiko gastuak dira. Kasu honetan piezaren hasierako egoeratik enbutiziorako egokia bihurtzeko CAD lizentzia erabili da. Lizentzia honek urtean 7.500€-ko balioa duela kalkulatu da eta ondoren proiektu honen denbora tarterako zenbateko gastuak dituen zenbatetsi da. Txapa konformaketa simulazioa egiteko PamStamp eta Autoform programak erabili dira eta lizentziak urtean 35.000€-ko kostua dutela adostu da.

Pieza quenching etapa ondoren duen tenperatura neurtzeko kamera termografikoa eta beharrezkoak diren tresnak erabili dira, horren ondorioz analisi termografikoa egiteko beharrezkoak diren erreminta guztien gastuak zenbatetsi dira. Kamera termografikoa tenperatura horietara lan egiteko filtro bat erabili behar da eta ondoren lortutako emaitzak analizatzeko software berezi bat erosi behar izan da. Bestalde, neurketa egokia eta perturbazioen eragina txikiagotzeko kamera termografikoarentzat tripode berezi bat erabili da.

Proiektu honetan bukaerako piezaren neurketak egin direnez atal horretan erabilitako gailuen prezioa kontuan izan da.

Orokorrean analizatuz, barne orduak dira proiektuak izan dituen gasturik handiena, alde batetik proiektuak izan duen iraupenagatik eta bestetik, bertan parte hartu duten ingeniari eta tekniko kopuruagatik.



Irudia 131 Gastu analisiaren grafikoa

8. ONDORIOAK

Autogintza sektorea herrialde bakoitzaren ekonomian garrantzia handiko sektorea da, herrialde garrantzitsuenetan sektore honetan lan egiten dutenen kopurua ezin daiteke mespretxatu eta egoera ekonomikoaren adierazle nagusienetakoa da. Dokumentu honetan irakurri daitekeen bezala estatu mailan sektorerik garrantzitsuenetakoa da, alde batetik dituen langile kopuruagatik eta bestetik Espainiako barne produktu gordinean duen eraginagatik. Orokorrean, azken urteetako datuak aztertuz berriro ere auto ekoizpena handitzen ari da eta horren ondorioz herrialde gehienak mundu mailako krisi ekonomikoa gainditzen ari direla ondorioztatu daiteke. Baina aldi berean, krisi ekonomiko baten aurrean eragin latzak pairatzen dituen sektorea da.

Autoen pisua murrizteko joeraren ondorioz gero eta gehiago erabiltzen den prozesua da *Hot Forming*. Adituen ustez, etorkizunean gorakada nabarmena izango duen prozesua da. Dokumentu honetan prozesua aurrera eramateko erabiltzen diren labe mota ezberdinak eta material ezberdinak azaltzen dira.

Prozesua errentagarria eta xahututako material kantitatea minimoa izateko funtsezkoa da bero estanzazio prozesua ordenagailuaren bidez simulatzea. Horren ondorioz Batz enpresak existitzen diren bi software garrantzitsuenen arteko konparaketa egitea proposatu ondoren Autoform softwarearen azkeneko bi bertsioen eta Pam Stamp softwarearen arteko alderaketa egin da.

Bezeroak fabrikatu nahi dituen piezak Batz enpresara bidaltzen dituenetik simulazioak egiten diren arteko pausu guztiak agertzen dira dokumentu honetan. Hala nola, Cad diseinu programan egin beharreko aldaketak edota simulazio softwareetan sartu beharreko aldagaiak. Simulazioetan lodiera, amaierako tenperaturak, presioa, zimurdurak eta egin beharreko indarrak konparatu dira eta errealtatean neurtutako piezarekin konparatu dira zein softwareekin lortzen diren emaitzarik zehatzenak identifikatzeko.

Simulatutako lodierari erreparaturik desbiderapen maximoa 16510 piezan ematen da %9,552 desbiderapenarekin. Balio hori bezeroaren eskakizunen barruan egongo litzateke bezeroak %10-15-eko desbiderapena onargarria onartzen duelako. Bestalde, batzbesteko desbiderapen maximoa aztertuz Pam Stamp-en %3,82-koa da eta Autoform-en berriz %4,21.

Temperaturari dagokionez, Pam Stamp softwareak Autoform-ek baino temperatura handiagoa iragartzen du eta 16510 piezan kamera termografikoaren laguntzaz Autoform-ek kalkulaturiko tenperaturak errealtatetik hurbilago dagoela esan daiteke. Hala ere, haien arteko aldea neurketak egiten diren momentuan egon daitezkeen perturbazioen ondorioa edota gainazal bertikalen tenperatura kalkulatzeko bi

softwareek jarraitzen dituzten modu ezberdinak izan daitezkeela ondorioztatu da.

Bestalde, Autoform R6 eta R7 bertsioak konparatu dira hobekuntza nabarmenak egon diren frogatzeko eta datuak analizatuz indarraren kalkuluan bakarrik nabaritu dira bi bertsioen arteko ezberdintasunak.

Autoform softwarea simulazioa programatzeko orduan erraztasun gehiago eskaintzen ditu eta erabiltzailearentzat errazagoa da programak eskaintzen dituen aukera ezberdinak antzematea. Bestalde aipatu beharra dago Autoform-ek 35 minutu behar dituela piezaren simulazioa egiteko eta Pam Stamp-ek berriz, 6 orduko iraupena izan du. Egia da ere, Pam Stamp-ek prozesu ezberdinak pertsonalizatzeko aukera handiagoa dela baina autogintza sektoreak emaitzak ahalik eta arinen lortzea eskatzen duenez Pam Stamp-en simulazio motelagoa izatearen ondorioz Batz enpresak nahi dituen eskakizunak Autoform softwareak hobeto betetzen dituela pentsatu da. Hori dela eta hurrengo urteko Pam Stamp lizentziak mantentzearen bideragarritasuna aztertzen ari da.

Amaitzeko, dokumentu honetan proiektua aurrera eramateko beharrezkoa izan den gastu analisia egin da, honen ondorioz proiektuaren kostu totala 24.773,25€-koa izan da, nabarmentzekoa da proiektuan parte hartu duten langile kopuruaren ondorioz barne orduen azpimultzoak kostu totalaren %89 dela.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] batz.com, “Grupo Batz”, <http://www.batz.com/es/grupo-batz/>
(Azken bisita 12/03/2017)
- [2] informesectorialcesce.com, “Informe sectorial de la economía española”,
http://www.informesectorialcesce.com/informes/informe_sectorial_2016/
(Azken bisita 15/03/2017)
- [3] “Módulo II: conformado plástico de metales: conformado de chapa”, Ingeniería Mekanikoa departamentua, UPV-EHU, 2015-2016 ikasturtea.
- [4] Auto karrozeria pieza baten elementu finituen bidezko konformaketaren simulazioa, Euskal Herriko Unibertsitatea-Universidad del País Vasco, Asier Cuesta Ruedas, 2015
- [5] autoform.com, “Solución de software para procesos multietapa y compensación del springback”, <http://www.autoform.com/es/productos/solucion-matriceria/>
(Azken bisita 9/02/2017)
- [6] esi-group.com, “Acerca de ESI”, <https://www.esi-group.com/es/empresa/acerca-de-esi> (Azken bisita 9/02/2017)
- [7] secowarwick.com, “roller-hearth-furnaces”,
<https://www.secowarwick.com/en/products/atmosphere-heat-treatment-furnace-systems/roller-hearth-furnaces/> (Azken bisita 3/02/2017)
- [8] researchgate.net, “Conduction heating of boron alloyed steel in application for hot stamping”,
https://www.researchgate.net/publication/282536456_Conduction_heating_of_boron_alloyed_steel_in_application_for_hot_stamping (Azken bisita 6/02/2017)
- [9] Naganathan A; Hot Stamping of Manganese Boron Steel; The Ohio State University 2010, https://etd.ohiolink.edu/rws_etd/document/get/osu1291069172/inline
- [10] H. Karbasian, A.E. Tekkaya, A review on hot stamping, Journal of Materials Processing Technology 210 (2010) 2103–2118.

[11] arcelormittal.com, "Steel for the cars of tomorrow",
<http://luxembourg.arcelormittal.com/Innovation/Steel-solutions/Cars/>
(Azken bisita 23/03/2017)

[12] "Cuaderno de cargas troquel Hot Forming", Hot Forming Ingeniería, Batz S.Coop, 2017.

[13] Etienne J.F.R. Caron, Kyle J. Daun, Mary A. Wells; "Experimental heat transfer coefficient measurements during hot forming die quenching of boron steel at high temperatures"; University of Waterloo,
https://www.researchgate.net/publication/259995209_Experimental_heat_transfer_coefficient_measurements_during_hot_forming_die_quenching_of_boron_steel_at_high_temperatures (Azken bisita 26/05/2017)

I. ERANSKINA: ARAUTEGI APLIKAGARRIA

Abenduaren 26ko, 1801/2003 Errege dekretuaren bidez produktuen segurtasun orokorra kontrolatzen da, aurretik ezaugarri teknikoak mugatzen zituen araurik ez zegoenez dekretu honen bidez elementu eta ekipamenduak erregulatzeko UNE EN arau batzuen derrigortzea ezartzen da.

Bete behar den UNE-EN araua 693-2011 da.

- Araua: UNE-EN 692:2006+A1:2009
- Izenburua: Makina erreminta. Prentsa mekanikoak. Segurtasuna
- Data: 2009-06-10

Kontuan izan daitezkeen beste alderdiak:

- RD 1215/1997
- UNE-EN-ISO 13850:2007