

GRADUA: INDUSTRIA TEKNOLOGIEN
INGENIERITZA
GRADU AMAIERAKO LANA

***AUTOMOZIOKO BIRABARKI BATEN
PROZESU ORRIAREN GARAPENA***

Ikaslea: Arrizabalaga, Sagasta, Jon

Zuzendaria: Celaya, Egüen, Ainhoa

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbo, 2018, Uztaila, 23

LABURPENA

Lan hau ikaslearen Gradu Amaierako Lana bezala aurkezten da, zeinen bitartez “Industria Teknologiaren Ingeniaritza” Gradua amaitzea lortuko duen Euskal Herriko Unibertsitatean. Bertan auto baten birabarkiaren mekanizaziorako prozesu orria garatuko da, bere forjako geometriatik abiatuz erabilgarria izan baino pausu bat lehenagoko forma emateko egin beharreko mekanizazio eragiketak adieraziz.

Horretarako, piezaren aurreanalisi bate egingo da, geometria, materiala, eta egin diezazkieken operazioak aztertzeko. Honela, bakoitza aurrera eramateko beharko diren makineria, erremintak, eta parametroak zehazten dira, lortutako emaitzekin prozesu orria garatuz.

Hitz gakoak: birabarkia, prozesu-orria, mekanizazioa.

RESUMEN

El presente proyecto se presenta como el Trabajo de Fin de Grado del alumno mediante el cual conseguirá terminar los estudios de Grado en Ingeniería en Tecnología Industrial, en la Universidad del País Vasco. En él se desarrollará la hoja de proceso para el mecanizado de un cigüeñal de un automóvil, describiendo las operaciones de mecanizado que habrá que realizar partiendo de la geometría de forja de la pieza hasta llegar a la forma que debe tener a un paso previo a ser utilizable en el vehículo.

Para ello, se hará un análisis previo de la pieza, con el objetivo de estudiar su geometría, el material y las operaciones que le son posibles realizar. Así, se detallarán la maquinaria, herramientas y parámetros necesarios para llevar a cabo cada operación, desarrollando la hoja de procesos a partir de los resultados obtenidos.

Palabras clave: Cigüeñal, hoja de proceso, mecanizado.

ABSTRACT

This project is regarded as the Degree Ending Project of the student, which will enable him to complete his Degree in Industrial Technology Engineering in the University of the Basque Country. It will develop the process sheet for the machining of an automotive crankshaft, starting from the forge geometry of the element until it reaches the form it must have just one step before it can be used in the vehicle.

For that purpose, the component will be previously analysed, in order to study its geometry, material and the possible operations that can be done on it. Later, there will be indicated the machinery, tools and parameters which are necessary in the process, elaborating the process-sheet from the obtained results.

Key words: Crankshaft, process-sheet, machining.

AURKIBIDEA

1. Sarrera.....	6
2. Testuingurua.....	7
2.1. Automozio sektorea	7
2.2. Birabarkia	8
3. Lanaren helburuak eta irismena.....	10
4. Lanak dakartzan onurak.....	11
4.1. Onura teknikoak	
4.2. Onurak eremu akademikoan	
4.3. Onura ekonomikoak.	
5. Aukeren analisisa.....	12
6. Proposatutako irtenbidearen aukeraketa.....	14
6.1. Forja	14
6.2. Mekanizazioa	14
6.2.1. Teknologiak	15
6.2.2. Ebaketa parametroak	16
6.2.3. Erremintak	20
7. Lanaren garapena.....	23
7.1. Mekanizatuko den piezaren deskripzioa	23
7.1.1. Materiala	24
7.2. Erabiliko den makinaren analisisa	26
7.3. Prozesu orriaren garapena	28
7.3.1. Oinarrizko kontzeptuak	28
7.3.2. Orriaren gauzatzea	29
7.3.2.1. Erabilitako katalogoak	30
7.3.3. Mekanizatutako gainazalak eta kalkuluak	41
7.3.4. Aldez aurretik egindako kontsiderazioak	47
7.4. Atazen deskribapena	48
7.5. Gantt-en diagrama	51
8. Ikuspegi ekonomikoa.....	52
8.1. Aurrekontuaren deskripzioa	52
9. Ondorioak.....	56
10. Erreferentziak eta Bibliografia.....	57

IRUDIEN ZERRENDA

1. Irudia. Barne-errekuntzako motore baten osagaiak.....	8
2. Irudia. Birabarkiaren atalak.....	9
3. Irudia. Fundizioz (a), mekanizazioz (b) eta forjaz (c) egindako piezaren aleen orientazioa.....	14
4. Irudia. Torneaketa eragiketa.....	15
5. Irudia. Bost ardatzetako fresaketa makina.....	15
6. Irudia. Torneaketako ebaketa abiadura.....	16
7. Irudia. Fresaketako ebaketa abiadura.....	16
8. Irudia. Fresaketa parametroak.....	18
9. Irudia. Zimurtasunaren aldaketa aitzinapenaren eraginpean.....	19
10. Irudia. Zimurtasunaren aldaketa erradio puntaren eraginpean.....	19
11. Irudia. Torneaketa erreminta baten atalak.....	20
12. Irudia. Torneaketa eragiketetako angeluak.....	21
13. Irudia. Fresako erreminta baten atalak.....	22
14. Irudia. Forjako birabarkiaren eredua.....	23
15. Irudia. Birabarki baten fabrikaziorako produkzio lerroa.....	26
16. Irudia. M40 MillTurn makina.....	27
17. Irudia. Birabarkiaren 1. Gainazala.....	31
18. Irudia. CoroPlus ToolGuide programan sartu beharreko datuak.....	33
19. Irudia. 1. gainazalaren zilindraketarako programak eskeintzen dituen aukerak.....	33
20. Irudia. CoroPlus ToolGuiden “Ebaketa Datuak” leihatila.....	34
21. Irudia. CoroPlus ToolGuiden “Datu Ekonomikoak” leihatila.....	35
22. Irudia. Birabarkian mekanizatuko diren gainazalak.....	42
23. Irudia. Birabarkiaren besoetariko baten gainazalak.....	44
24. Irudia. Birabarki baten mekanizatuko fresa lehenengo posizioan.....	46
25. Irudia. Piezaren bira erdiko posizioa.....	46
26. Irudia. Gantt-en diagrama.....	51

TAULEN ZERRENDA

1 Taula. <i>Materiala, jarraitzen duen araua edo estandarra eta bere pisua</i>	24
2. Taula. <i>37CrS4 materialaren ezaugarri mekanikoak</i>	25
3. Taula. <i>37CrS4 materialaren pisuzko konposizio kimikoa</i>	25
4. Taula. <i>M40 MillTurn-en espezifikazio teknikoak</i>	28
5.Taula. <i>Profilen fresaketarako erremintak</i>	36
6. Taula. <i>CoroMill 300 erremintaren espezifikazioak</i>	37
7. Taula. <i>CoroMill 300-entzako plakatxoak</i>	38
8. Taula. <i>f_z eta a_c^{max} balioak CoroMill 300-entzat</i>	39
9. Taula. <i>V_c abiadurak materialaren ISO taldearen arabera</i>	40
10. Taula. <i>Barne-orduen gastuak</i>	53
11. Taula. <i>Inbertsioak</i>	53
12. Taula. <i>Gastuak</i>	54
13. Taula. <i>Kostu ez-zuzenak</i>	54
14. Taula. <i>Ezusteak</i>	55
15. Taula. <i>Amaierako balioa</i>	55

1. SARRERA

Lan hau ikaslearen Gradu Amaierako Lana bezala aurkezten da, zeinen bitartez “Industria Teknologiaren Ingeniaritza” Gradua amaitzea lortuko duen Euskal Herriko Unibertsitatean. Gradu honetako azkenengo ikasturtean, “Teknologia Mekanikoa” deituriko ikasgai bat dago zeinetan fabrikazio teknologiak ikasten diren, haien artean mekanizazio operazioak. Hala ere, ez da ikasten pieza konkretu bati egiten zaizkion mekanizazio operazio hauek nola adierazi, edo, beste era batean esanda, ez da ikasten nola garatzen den prozesu orri bat.

Hori dela eta, lan hau jorratzeko motibazio nagusia ikaslea prestatzea da ezagutza hauek bereganatuz, zeinek beranduago egingo dituen masterreko ikasketetan oso lagungarriak izango zaizkion.

Lanaren garapenerako, lehenik eta behin piezaren mekanizazioa burutzeko dauden aukera desberdinak aztertuko dira, bakoitzak eskeintzen dituen abantaila eta desabantailak identifikatuz eta bata bestearekin alderatuz. Azterketa honek fabrikaziorako aukera egokiena zein den erabakitzea ahalbidetuko digu. Era berean, garrantzitsua izango da nahi diren eragiketak aurrera eramateko zein makina eta erreminta erabiliko ditugun aukeratzea.

Jarraian, hasierako formatik abiatuz birabarkia amaierako formara iritsi dadin egin beharko zaizkion mekanizazio operazio guztiak azalduko dira, eragiketa bakoitzean erabilitako erremintak, parametroak, denborak, etab. adieraziz.

Azkenik, egindako proposamenaren bidez lortutako emaitzak aztertuko dira. Honekin proposatutako prozesua egokia den ala ez ondorioztatu nahi da eta honek suposatzen dituen onurak.

Esan beharra dago mekanizatuko den pieza JG AUTOMOTIVE enpresak CIGÜEÑALES SANZ enpresari saltzen dion forjako birabarkia dela. Esan genezake lan honetan CIGÜEÑALES SANZ enpresak egingo lukeen lana simulatuko dela, izan ere, enpresara iristen den forjako planotik abiatuta haiek proposatzen duten mekanizazio planora iristeko egingo diren eragiketak deskribatuko baitira.

2. TESTUINGURUA

2.1 AUTOMOZIO SEKTOREA

Henry Fordek XX. mendearen hasieran kateko ekoizpena ezarri zuenetik ibilgailuen produkzioan, automozio sektorea ekoizpen prozesuan parte hartzen duten pieza, elementu eta atalen bolumen izugarriengatik bereiztu da.

Gaur egun, edozein automobilen garapenean hainbat atalek hartzen dute parte. Hainbestekoak dira ibilgailuak dituen elementuak non jendeak ezagutzen dituen marka handiak ez diren (normalean) pieza hauen fabrikazioaz arduratzen, baizik eta autoen azkeneko muntaketaz soilik. Zati guzti hauen fabrikazioa, garapena eta distribuzioa beste enpresa batzuek egingo dute, zeintzuek enpresa handiaren hornitzaileak izango diren.

Izan ere, espezializazioa oso handia da, eta pieza asko ere hainbat etapa desberdinetan izaten dira fabrikatuak, etapa bakoitza enpresa desberdin batek egiten duelarik. Horrela, denen artean produkzio eta distribuzio sare konplexua osatzen dute.

Lana automozio sektoreak garrantzi handia duen ingurugiro ekonomiko batean aurkezten da. Euskal sektorea, sektore lehiakorren eta berritzaileen artekoa da, haren gestioa munduko aurreratuen artekoa izanik, efizientzia eta efikazia oso altuarekin.

300 enpresak osatzen dute euskal automozio sektorea, zeintzuek 18.000 milioi euro fakturatzeko duten eta 85.000 (40.000 Euskadin) pertsonari ematen dieten lan. Honi Gasteizko Daimler enpresak duen planta gehitu behar zaio, 135.000 ibilgailurekin urtean eta 3.000 langile¹. Enpresa aipagarrienak CIE Automotive edo Gestamp izango lirateke_eta euskal lurraldean kokatuta dauden enpresa multinazionalen artean, Michelin, Mercedes-Benz edo ZF.

Sektorearen osotasuna eremu murriztu batean balio kate zabal bat izateak ematen du. Balio kate hau altzairugileek, makina-erramienta fabrikatzaileek (80 enpresa), mekanizatzaileek (70 enpresa), inbestigazio zentruak edo zentru teknologikoak (11 zentru), unibertsitateak (4 Euskadin), kontsultorietan, ingenieritzek, eta abar luze batek osatzen dute.²

Gainera, euskal automozio sektoreak ibilgailuaren funtzio guztietan egiten du lan: Drivetrain, Powertrain, barneko elementuak, elementu estrukturalak eta karrozeria, kanpoko elementuak, elektronika eta hagnak.

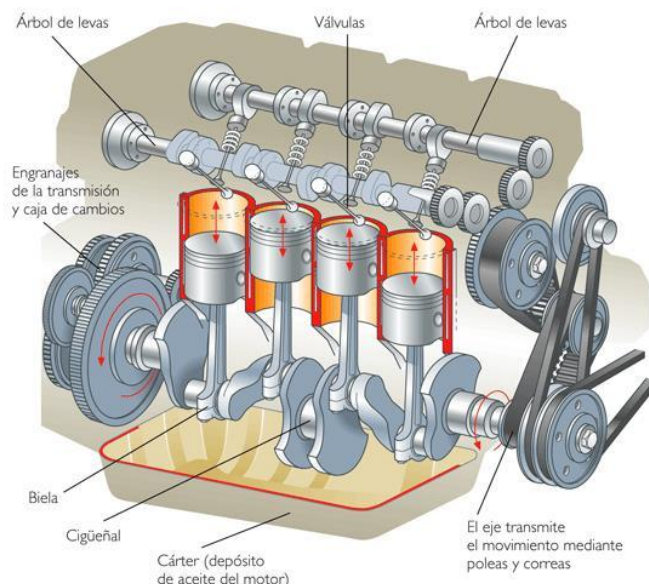
Automozio sektoreaz gain, beste piezen mekanizazioa egiten duten enpresa ugari daude ere Euskadin. Hain zuzen ere, Espainiar estatuan gremio honetako enpresa gehien dituen autonomia erkidegoa da, hain zuzen ere, enpresen %30a hemen dago kokatua³. Bestalde, mekanizazio zentruak saltzen dituzten hainbat enpresa daude baita ere. Azken hauen artean, Danobat eta Etxe-zar ezagunen artekoak.

2.2. BIRABARKIA

Birabarkia automobil baten edo beste hainbat makinaren motoretan, biela-biradera mekanismoan oinarrituz mugimendu zuzena, mugimendu birakarian bihurtzen duen pieza da.

Barne konbustiozko motorren helburua energia kimikotik abiatuz, energia mekanikoa lortzea da. Automobilen kasuan, energia kimikoa erregaien errekuntzatik lortzen da, eta honek ardatz baten biraketa eragingo du, horrela mugimendu hau ibilgailuaren gurpiletara transmititzeko eta bere desplazamendua lortzeko.

Prozesu honetan guztian hiru piezak hartzen dute parte nagusiki: pistoiak, bielak, eta birabarkiak. Hain zuzen ere, erregaiaren konbustioak pistoietan sortutako indarrak bielen mugimendu zuzen alternatiboa eragiten du, eta birabarkiaren eginkizuna izango da mugimendu hau erroen laguntzarekin biraketa mugimendu uniformean bihurtzea. Horrek, motor hauetako pieza garrantzitsuenetariko batean bihurtzen du birabarkia.



1. Irudia. Barne-errekuntzako motore baten osagaiak.⁴

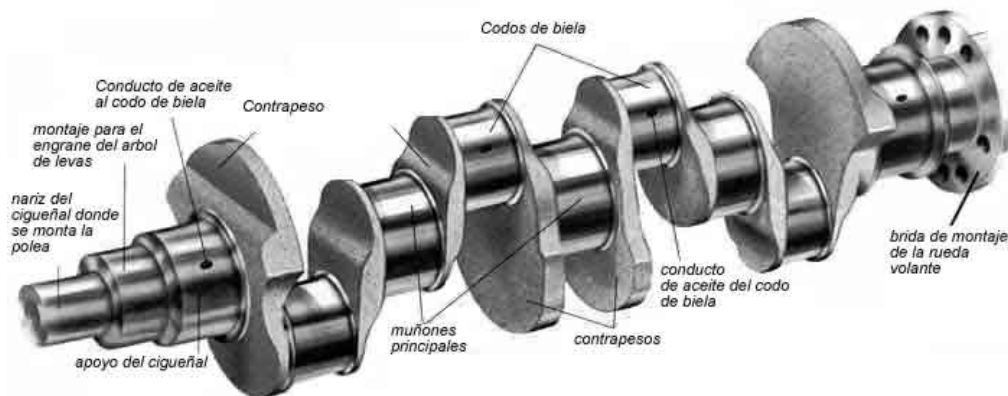
1. irudian ondo ikusten da hiru pieza hauen kokapena barne-errekuntzako motore batean, kasu honetan lau zilindroduna.

Sistema honetan birabarkia garrantzitsua izateaz gain, mekanikoki esfortzu ugari sufritzen dituen pieza da (makurdura, bihurridura...) eta beraz, esfortzu hauek jasateko prestaketa konplexua eskatzen du. Hori dela eta, egoki orekatu beharko dira eta pieza mardulak fabrikatu beharko dira, baina era berean ohikoa da barnetik hutsak izatea, bere pisuaren murrizpena lortzeko.

Birabarkiaren biraketatik distribuzio, koipeztatze, hozte eta pizte organuek lortzen dute haien mugimendua engranaien, uhalen eta kateen bitartez.

Birabarkiaren atalak 2. Irudian agertzen dira zehazki adierazita, eta hurrengoak dira:

- Euskarri nagusiak: Zenbat eta gehiago egon piezak orduan eta oreka tinkoagoa erakutsiko du.
- Ukondoak: Euskarri nagusiak eta erroak batzen ditu.
- Kontrapisuak: Ukondoen kontrako aldean kokaturik, piezaren orekan laguntzen dute.
- Erroak: Hauen kopuruak birabarkiak transmitituko duen potentzian du eragina, baina era berean, behar baino erro gehiegok piezaren beharrezko garestitzea eragingo dute.
- Inertzia bolantearen muturra: Pieza inertzia bolantearekin lotzeko balioko digu atal honek.



2. Irudia. Birabarkiaren atalak.⁵

Birabarkiaren eraketan erabilitako materialak mota askotakoak izan daitezke, batez ere bere tamainuan eta motorraren abiadura eta potentzia bezalako faktoreen arabera.

Horregatik, materialak beti bete beharko dituen baldintzak hurrengoak dira:

- Kolpeen aurreko erresistentzia altua, motorraren errektuntzak eragindako mugimendu bortitzak sor ditzakeen pitzadurak ekiditeko.
- Elastikotasun muga nahiko altua motorraren momentua transmititu eta esfortzuak jasan ahal izateko.
- Marruskadura koefiziente baxua, gehiegizko higadura ekiditeko.
- Neke-limite eta moteltze-koefiziente altuak, bibrazioen eragina murrizteko.

Ezaugarri batzuk kontraesangarriak dira, baina oreka bat bilatu beharko da haien artean, piezaren funtzionamendu baldintzen arabera.

3. LANAREN HELBURUAK ETA IRISMENA

Lan honen helburu nagusia automozioko pieza baten prozesu orria garatzea da. Prozesu orria fabrikazioaren industrian guztiz baliogarria den dokumentua da, batez ere piezaren mekanizazio eragiketak burutzeaz arduratzen diren langileentzat.

Helburu nagusi hau bete ahal izateko, lana helmen gutxiagoko helburu txikietan banatzen da.

Hasteko, automozioko pieza hori erabakitzea ezarriko dugu helburu bezala. Honekin batera, pieza horretan egingarriak diren mekanizazio operazioak aukeratzen saiatuko gara. Kasu honetan mekanizatuko den pieza birabarkia izatea erabakitzen da. Birabarkia, esan den bezala, automobil batean gehien sufritzen duten piezen artean dago, eta horregatik izango da garrantzitsua haren fabrikazio egokia. Hala ere, mekanizazio prozesu konplexua aurkezten du eta helburu hau betetzea erronka garrantzitsua izan daiteke.

Era berean, piezaren aurreformako prozesua zein izango den aukeratu nahi da. Pieza galdaketaz, forjaz edo beste prozesu batez aurrefabrikatua izan den arabera, egin beharreko mekanizazio eragiketak desberdinak izan daitezke, beraz aukera guztiak aztertu beharko dira onena zein den erabakitzeko.

Bestalde, piezaren mekanizazio eragiketa hauek egitea ahalbidetuko digun makinaria aukeratu behar da. Eragiketa desberdinek ezaugarri eta parametro desberdinak eskatzen dituzte eta denak jasaten dituen makina bat edo gehiago lortzea ezarriko da helburu moduan.

Azkenik, aipatutako mekanizazio eragiketak aplikatzeko aukera egokiena (ekonomikoki, denbora aldetik, eta beste faktore batzuei dagokionez) erabaki nahi da. Erabaki honetan eragina duten faktoreak erreminta, plakatxoa, ebaketa parametroak eta denborak dira.

Helburu guzti hauek betez gero, birabarkiaren prozesu orria garatzeko baliabideak eta gaitasuna edukiko da, lanaren helburu nagusia betez.

4. LANAK DAKARTZAN ONURAK

Gradu Amaierako Lan hau, ikasketa tekniko bat izanez, ekar ditzakeen onurak batez ere onura teknikoak eta didaktikoak dira. Forjazko birabarki baten mekanizazio prozesuaren ikasketa onuragarria izan daiteke bai sektore automobilistikoko profesionalentzat zein ingeneritza mekanikoa edo antzeko ikasketetako ikasleentzat.

4.1. ONURA TEKNIKOAK

Birabarki baten fabrikazio prozesua prozesurik garrantzitsuenetarikoa da automobileko piezei dagokionez, ibilgailuaren funtzionamenduan duen garrantzia eta, era berean, funtzionamendu honetan piezaren sufrimendua dela eta. Horregatik, elementu honen mekanizazio prozesua diseinatzea erronka handia da fabrikatzaileentzat.

Honela izanik, proiektu hau onuragarria izan daiteke auto baten birabarkiaren mekanizazioa diseinatu behar duen edozein ingeneri edo industriako beste profesionalentzat.

Era berean, aurreko atalean aipatu den bezala, mekanizazio eragiketak burutzeaz arduratzen den langilearentzat ere onuragarria izan daiteke lan hau. Izan ere, egin beharreko eragiketei buruz informazio baliagarri guztia adierazten zaio bertan era erraz eta ulergarri batean, piezaren mekanizazioa egokia izateko.

4.2. ONURAK EREMU AKADEMIKOAN

Lan honetan, pieza konkretu baten mekanizaziorako proposamen bat aurkezteaz gain, beste hainbat kontzeptu ere aztertzen dira. Hala nola, burutuko diren mekanizazio teknologiak, edo eragiketa hauentan erabili daitezkeen makinak eta erremintak. Era berean, prozesu orri bat zer den azaltzen da eta ondoren birabarkiaren prozesu orri zabal bat garatzen da.

Kontzeptu hauek guztiak benetan erabilgarriak izan daitezke ingeneritza mekanikoko edo antzeko ikasketetako ikasleentzat, gaiari buruz ikasteko eta haien formakuntza profesionala osatzeko asmoz, materia akademikoaz aparteko ezagutza teknikoak eskeintzen direlarik.

4.3. ONURA EKONOMIKOAK

Azkenik, ekonomiaren aldetik dokumentu honek dakartzan onurak ere aipagarriak dira. Prozesu orriaren bidez, aztertutako piezan egingo diren eragiketak optimizatu nahi dira, hau da, operazio egokienak aukeratu, horrela fabrikazioko produktibitatea handituz.

Beharrezkoak ez ditugun erremintak ezabatu litezke eta era berean denbora ez produktiboa (edo gutxienez murriztu). Azken finean, langileak egin beharreko guztia era zehatz batean aurkituko du definitua eta denbora gutxiago beharko du pieza fabrikatzeko. Beraz, produktibitate hobekuntzaren ondoriozko irabazi ekonomikoak lortu daitezke.

5. AUKEREN ANALISIA

Pieza zilindrikoen fabrikazioan, normalean, abiapuntua zilindro bloke bat izan ohi da. Bloke honetan beharrezkoak diren mekanizazio eragiketak egiten dira, azken itxurara iritsi arte.

Hala ere, hainbat kasutan piezaren hasierako forma bloke zilindriko bat izango balitz, bere mekanizazio operaketak asko trabatuko lirarteke, eta beraz beste aukera batzuk bilatzen dira. Kasu hauetan, piezari alde aurretiko forma bat ematen zaio ondoren mekanizazio operazioak errezagoak izan daitezen. Horrela gertatzen da gehienetan automoziorako birabarkiaren kasuan.

Aldez aurretiko forma hau, hainbat prozesuren bitartez egin daiteke, bakoitzak bere ezaugarriak dituelarik. Guk **galdaketa** eta **forja** aztertuko ditugu aukera moduan, birabarkiaren fabrikazioan gehien ematen diren prozesuak baitira.

Bi prozesuen arteko desberdintasunak azaldu aurretik, aipatu beharra dago lan hau egiteko aukeratu den birabarkia altzairuz egindakoa dela. Honela izanik, posiblea da bai galdaketaz zein forjaz aurretratatzea. Hau ez zen posiblea izango materiala burdina izango balitz, soilik galdaketaz tratatu baidaiteke.

Hasteko, bi prozesuak zertan datzaten azalduko da:

- **Galdaketaz** eginiko produktuak hurrengo prozesua jarraitzen dute: materiala urtu egiten da, ondoren molde batean isuriz eta hozten edo solidifikatzen utziz, nahi den forma hartu dezan. Behin materiala solidifikatu denean, moldea kentzen da, pieza urtua lortuz.
- Bestalde, **forja** presio altua erabiliz metal bati forma ematean datzan prozesua da. Presio altu hau bai mailu batekin kolpeatuz edo trokel baten laguntzarekin presionatuz lortu daiteke. Askotan, forjaketa errezteko materiala berotu egiten da, baina inoiz ez urtzera arte (beti egoera solidoan dago).

Ikusten denez, guztiz desberdinak dira bi prozesuak, baina hala ere biak dira nahiko erabiliak birabarkiaren fabrikazio prozesuetarako. Zein erabiliko den erabakitzeke, hainbat faktore eduki behar dira kontutan.

Hasteko, gainazal korapilatsua dituzten piezak hobeto fabrikatzen dira galdaketaz, materiala urtzean errez lor daitekeelako nahi den itxura. Era berean, eremu hutsak edo zuloak agertu behar badira piezan, prozesu honekin emaitza hobeak lortzen dira. Ordea, altzairuaren fusio puntu altuak zaildu egiten du bere galdaketa, eta gainera, materiala ez bada egoki kokatzen moldean, aire-hutsuneak sor daitezke piezan.

Bestalde, gainazal korapilotsudun edo zulodun piezak forjaz egin nahi badira, ondorengo mekanizazio etapan operazio gehiago gehitu beharko dira, eta hori arazo bat izan daiteke. Gainera, prozesu honek desalineazioa bezalako arriskua aurkeztu dezake, piezan nahi ez diren formak edo pitzadurak sor ditzakeenak. Hala ere, forjazko altzairua prozesu azkarra da eta bolumen handiko produkzioak kostu

baxuagoak aurkezten ditu. Gainera, homogeneotasun eta erresistentzia handiagoak eskeini ditzake.

Azpimarratu behar da, forjaketa beroan egiten denean, propietate mekaniko oso onak lortzen direla piezan eta nekearekiko lan egin behar duten piezentzako egokiagoa dela.

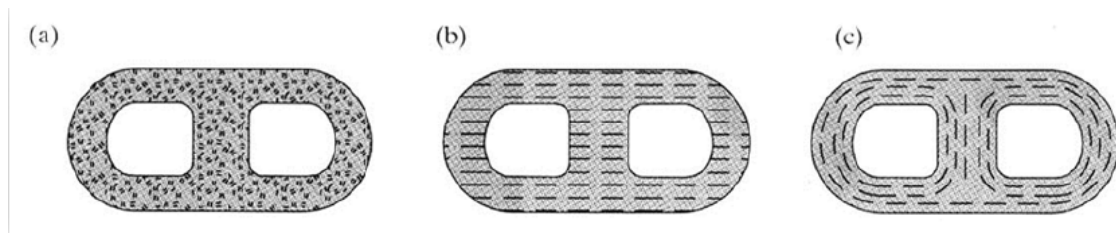
Hortaz, kostua eta kalitatea era egokian orekatuta dituen produktu bat sortzeko, garrantzitsua da aipatutako ezaugarri guztiak kontuan hartzea: produktuaren tamaina, formaren konplexutasuna, lote bakoitzeko produzituko den pieza kantitatea, eta ondoren egingo zaizkion mekanizazio operaketak, besteak beste.

6. PROPOSATUTAKO IRTENBIDEAREN AUKERAKETA

6.1. FORJA

Lan hau garatzeko proposatuko den birabarkiaren kasuan, aurreko atalean aipatu diren ezaugarriak eta arriskuak kontuan edukita, pieza **forjatik** eratorritakoa izango da.

Forjak estruktura harikorra osatzen du beste prozesuekin konparatuz, eta hori da aurkezten duen abantaila nagusia gure kasurako. Forjan tratatu ez den elementu batetan bere aleak eratorria izan den plakatxoaren aleen orientazio berbera izango dute, baina pieza berbera forjatua izaten bada, hauen orientazioak piezari erresistentzia handiagoa emango diote.



3. Irudia. Fundizioz (a), mekanizazioz (b) eta forjaz (c) egindako piezaren aleen orientazioa.⁶

Forjan, garrantzitsua da estanzioa beroan ala hotzean egiten den, eta baita lan egiten den tenperatura, nahi diren ezaugarriak lortu ahal izateko. Lan hau burutzen den inguruko birabarkiaren kasuan, estampa bidezko beroko forjaketa prozesua aplikatuko zaio.

Prozesu honetan prentsaketa prozesu bat egiten da gure material plastiko eta berotua deformatu dadin. Presioa motelki-motelki aplikatzen da, horrela metalaren fluxuari denbora utziz. Metodo honetan erabilitako prentsa gehienak hidraulikoak edo pneumatikoak dira.

6.2. MEKANIZAZIOA

Forjako pieza honetatik pieza erabilgarrira iritsi arte, hala ere, mekanizazio eragiketak egin beharko zaizkio birabarkiari. Mekanizazio eragiketa hauek hurrengo kapituluan zehaztuko dira, baina hori baino lehen, mekanizazioa zer den azaldu beharra dago.

Mekanizazioa lehengai batean era kontrolatuan egiten diren operazio multzoa da (torneaketa, fresaketa, zulaketa, etab.), soberako materiala harrotuz nahi edo behar den amaierako forma emateko helburuarekin.

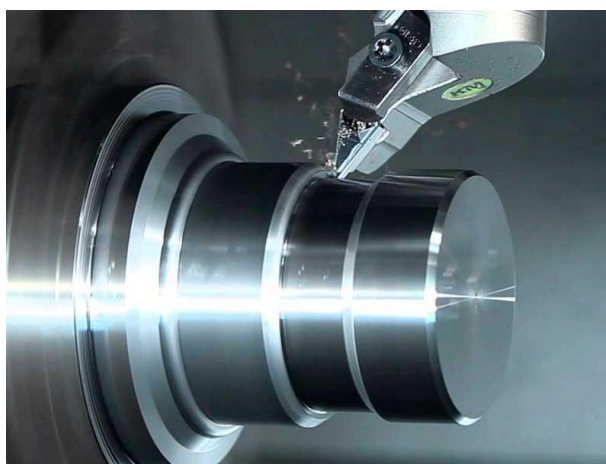
Mekanizazio konbentzionala bi motakoa izan daiteke: alde batetik, **urradura** bidezko mekanizazioa, zeinen bitartez pieza higatzen den zati txikietan, materialaren partikulak askatuz. Bestalde, **txirbil-harroket**a bidezko mekanizazioa, zeinetan materiala erazten den erreminta baten laguntzaz, hondakina utziz. Azkeneko hau da ezagunena eta erabiliena, eta gure piezan ere egingo diren mekanizazio eragiketa guztiak mota honetakoak izango dira.

6.2.1. TEKNOLOGIAK

Mekanizazio teknologia erabilienak hurrengoak dira:

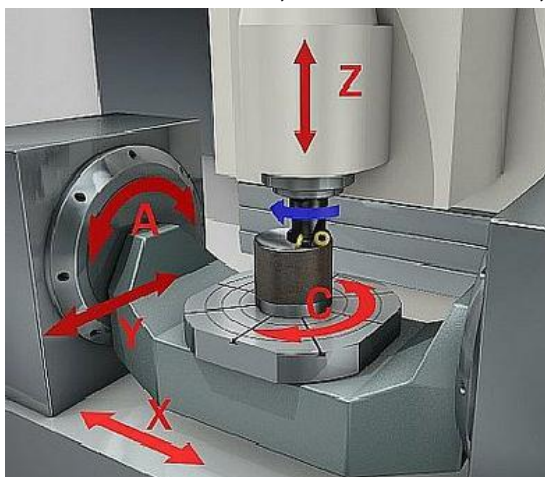
- **Torneaketa:** Lan-pieza biratzea metodo nagusitzat daukaten operazioei torneaketa-operazioa deitzen zaie. Operazio hauek tornua deituriko makinan eramaten dira aurrera.

Teknologia honen bidez, hiru mugimendu posibleak konbinatuz mekanizatu daitezkeen piezak era askotakoak izan daitezke diametroaren, luzeraren, mekanizazio operazioaren zailtasunaren eta beste hainbat faktoreren arabera.



4. Irudia. Torneaketa eragiketa.⁷

- **Fresaketa:** Erreminta biratzea metodo nagusitzat daukaten operazioei fresaketa-operazioak deitzen zaie. Biraketa mugimendu hau translazio mugimendu batekin konbinatzen da, erremintarena berarena edo piezarena. Operazio hauek fresaketa makina dute makina-erreminta nagusitzat. Normalean 3 ardatzdunak izan ohi dira, haien norabideetan translazioa ahalbidetuz. Hala ere, badira kasuak, eta gaur egun are gehiago, zeintzuetan mugimendu gehiago ahalbidetzen dituzten, normalean biraketa mugimenduak izango direnak. 5. Irudiko fresaketa makinaren kasua ardatz gehiagodun makina baten adibidea da, bost ardatzetakoa, zehazki.



5. Irudia. Bost ardatzetako fresaketa makina⁸.

- Zulaketa: Mekanizatuko den gainazalean zuloak egitearen prozesua. Zulaketa-eragiketak prentsa-zulagailuetan egiten dira, bai eta tornuetan edo errotetan ere.
- Artezketa: Prozesu hau urradura bidezko mekanizazio modukoa da, eta erreminta urratzaile baten bitartez (harria) piezaren forma edo gainazal akabera aldatzean datza.

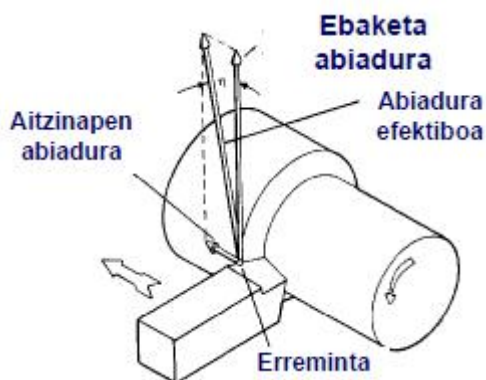
6.2.2. EBAKETA PARAMETROAK

Eragiketa guzti hauetan, garrantzitsua da mekanizazio parametroak ezagutzea. Parametro hauek erabakitzeke hiru faktore nagusi eduki behar dira kontuan: landuko den materiala, erabiliko den makina eta erabiliko diren erremintak.

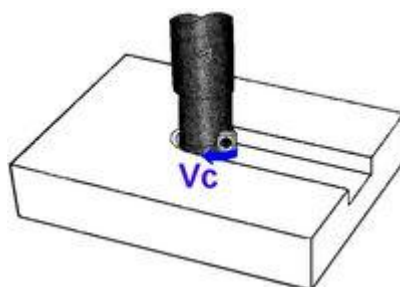
Hauen arabera, hurrengo parametroak zehaztuko dira:

Ebaketa abiadura (V_c): mekanizatuko den gainazalaren eta erremintaren arteko abiadura erlatiboa da. Normalean material gogorretan abiadura baxuak erabiltzen dira, eta bigunetan abiadura altuagoak. Orokorrean katalogoetan agertu ohi da.

Torneaketa eragiketan, 6. Irudian ikusi dezakegun bezala, ebaketa abiadura bi ardatz nagusien norabideko bi abiaduretan banatu dezakegu: alde batetik, aitzinapen abiadura, erreminta mugitzen dugun norabidean, eta bestalde abiadura efektiboa, kontaktu puntuaren oinarrizko higiduraren norabidean eta kontrako norantzan.



6. Irudia. Torneaketako ebaketa abiadura.⁹



7. Irudia. Fresaketako ebaketa abiadura.

Biraketa abiadura (N): Buruak ematen duen bira kopurua, eta hortaz, piezak (torneaketan) edo erremintak (fresaketan) ematen duen bira kopurua denbora tarte batean. Ez da ohikoa katalogoetan agertzea, baina bere kalkulua erraza da ebaketa abiadura ezagututa:

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D} \quad (1)$$

Non D piezaren diametroa den torneaketan, eta fresaren diametroa fresaketan (mm-tan adierazita), V_c operazioaren ebaketa abiadura (m/min-tan adierazita) eta N biraketa abiadura (bira/min-tan).

Aitzinapena (f, f_z): Denbora tarte batean erremintak aurreratzen duen distantzia mekanizazio gainazalean. Distantzia unitateetan adierazten da (mm). Normalean katalogoetatik atera daitekeen datua da.

$$f = \frac{V_f}{N} \quad (2)$$

Non V_f piezaren aitzinapen abiadura den (mm/min), eta N biraketa abiadura (bira/min).

Fresaketaren kasurako, kalkulua hertz bakoitzeko egiten da, hau da, hertzeko aitzinapena parametroa erabiltzen da. Bere kalkulua:

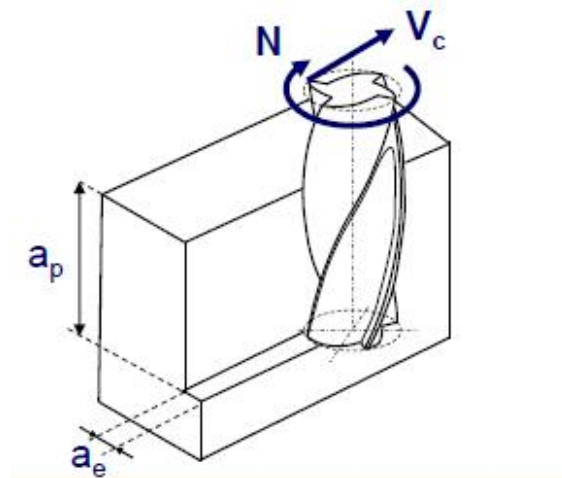
$$f_z = \frac{V_f}{N * z} \quad (3)$$

Non V_f (mm/min) eta N (bira/min) aurreko parametro berdinak diren, eta z fresaren hertz kopurua den.

Mekanizazio kalitate ona lortzeko, aitzinapenaren balioa punta erradioaren balioa baino txikiagoa izan behar da, baina aitzinapen txikiegiak okerrago egiten du lan, eta erreminta zein mekanizatutako gainazala kaltetu ditzake.

Iraganaldi sakonera (a_p) torneaketan: Mekanizazioaren iraganaldi bakoitzean erreminta piezan sartzen den distantzia adierazten du. Balio honek maximo bat aurkezten du, eta hau baino sakonera handiagoa lortu nahi bada mekanizazioan, hainbat iraganaldi errepikakor egin beharko dira gainazal berdinean. Bere balioa punta erradioa baino handiagoa izan beharko da, balio egokiena aitzinapena baino 6 eta 10 aldiz handiagoko tartean dagoelarik.

Iraganaldi sakonera (a_p) fresaketan; kasu honetan iraganaldi sakonera axiala (a_p) eta erradiala (a_e) definitzen dira. 8. Irudian adierazten dira bi kontzeptu hauek.



8. Irudia. Fresaketa parametroak.

Txirbil lodiera (a_c): Mekanizazio eragiketaren zehar askatzen diren txirbilaren lodiera adierazten du. Torneaketaren kasuan, parametro konstantea da, eta honela kalkulatzen da:

$$a_c = f * \sin(\kappa_r) \quad (4)$$

Non a_c txirbil lodiera den (mm), f aitzinapena (mm) eta κ_r erremintaren posizio angelua.¹

Fresaketa eragiketen kasuan, txirbil lodiera hau ez da konstantea, hortzaren ibilbidean zehar aldatu egiten baita. Izan ere, hortzaren posizio erradialaren menpekoa da, eta hau θ angeluarekin definitzen da. Fresaketako a_c ren kalkulua, beraz:

$$a_c = f_z * \sin(\theta) * \sin(\kappa_r) \quad (5)$$

Non a_c txirbil lodiera den (mm), f_z hortzeko aitzinapena (mm/hortz), θ hortzaren posizio erradialaren angelua eta κ_r erremintaren posizio angelua.

Zimurtasuna torneaketan (R_a): Gainazal erreale orok zimurtasun desberdinak aurkezten dituzte ezarri zaien mekanizazio teknologiaren arabera. Torneaketan, zimurtasun honen balioa erremintaren ezaugarrien eta ebaketa parametro batzuen araberakoa da. Bere kalkulurako lehenik eta behin zimurtasun maximoa kalkulatu behar da:

$$R_{max} = \frac{f^2}{8 * r_e} \quad (6)$$

Non R_{max} zimurtasun maximoa den, f aitzinapena den (mm), eta r_e erremintaren erradio punta (mm).

¹ κ_r "6.2.3. Erremintak" azpiatalean azalduko da.

Behin hau kalkulatu dugula, zimurtasunaren balioa kalkulatu dezakegu:

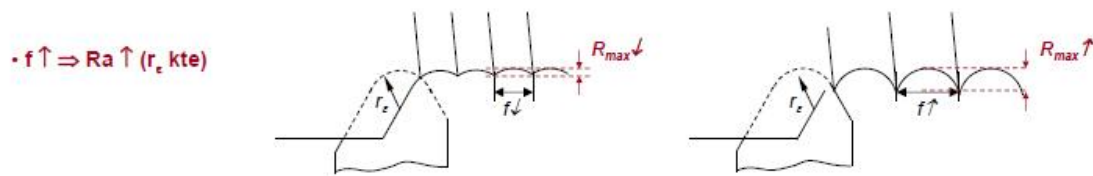
$$R_a = \frac{R_{max}}{4} \quad (7)$$

Non R_a zimurtasuna den eta R_{max} zimurtasun maximoa.

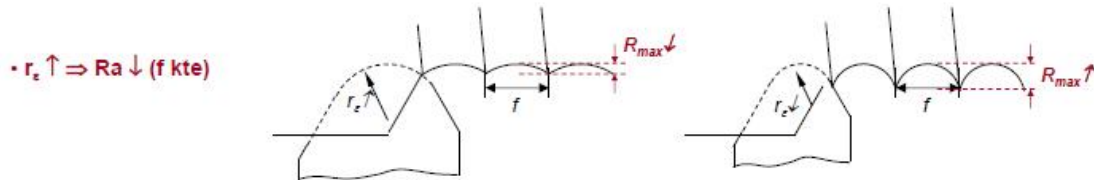
Ondoriozta dezakegu, beraz, erremintaren erradio punta konstante mantenduz aitzinapena handitzen badugu, gainazalaren zimurtasuna ere handitu egingo dela, zuzenki proportzionalak direlako.

Era berean, aitzinapena baldin bada konstante mantentzen duguna, erradio punta handiagoko erreminta bat erabiltzeak zimurtasuna txikitu egingo du, bi parametro hauek alderantziz proportzionalak baitira.

Azalpen hau irudikatuta erakusten da 9. Irudian eta 10. Irudian.



9. Irudia. Zimurtasunaren aldaketa aitzinapenaren eraginpean.



10. Irudia. Zimurtasunaren aldaketa erradio puntaren eraginpean.

Ebaketa potentzia torneaketan (P_C): Ebaketa potentzia ebaketa abiaduraren eta ebaketa indarraren araberako parametroa da. Ebaketa abiadura aurretik definitua geratu da, eta ebaketa indarrak (F_C) txirbil harroketa gauzatzeko aplikatu beharko den indarra adierazten du. Potentzia, azken finean, denbora unitateko egiten den ebaketa lana da.

Parametro garrantzitsua da prozesu orriaren garapenerako, eragiketa batzuk egiteko behar den potentzia minimoa kalkulatzeko balio baitu. Era berean, potentzia ezaguna bada, sakonera eta aitzinapen maximoak kalkulatzeko laguntzen digu.

Haren kalkulua:

$$P_C = \frac{V_C * F_C}{60} \quad (8)$$

Non V_C ebaketa abiadura (m/min), F_C ebaketa indarra (N) eta P_C ebaketa potentzia (W) diren.

Ebaketa potentzia fresaketan (P_c): Fresaketan potentziaren kalkulu sinplea ez da posible. Izan ere, prozesu hauetan txirbil sekzioa (s_c) eta txirbil lodiera (a_c) aldakorrak dira, eta ebaketa indarra F_c hauen funtzioa da. Hortaz, ebaketa indarra ere aldakorra izango da. Gainera, instante batean hortz bat baino gehiago egon daitezke ebakitzen, eta honek guztiak kalkulu sinplea eragozten du.

Hori dela eta, batez besteko balio bat lortzen da txirbil lodieratik abiatuz:

$$P_c = F_c(t) * V_c = S_c(t) * p_s(a_c) * V_c = a_c(t) * a_w * p_s(a_c(t)) * V_c \quad (9)$$

Kalkulu hau, hala ere, oso konplikatu da, eta hortaz kontsumitutako potentzia garbia kalkulatu da lan honetan:

$$P_c = \frac{a_p * a_e * V_f * k_c}{60 * 10^6 * \eta} \quad (10)$$

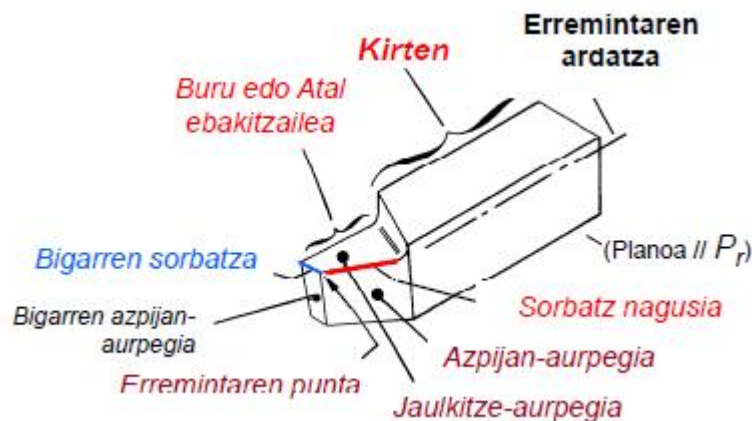
Non a_p eta a_e iraganaldi sakonera erradiala eta axiala diren hurrenez hurren (mm), V_f aitzinapen abiadura (mm/min), k_c ebaketa indar espezifikoa (N/mm²) eta η makinaren etekina den.

6.2.3. ERREMINTAK

TORNEAKETA ERREMINTAK

Torneaketa eragiketarako erabiltzen diren erremintak bi ataletan banatu ditzakegu: Alde batetik, **atal ebakitzailea** dugu, zein ebaketa egiteaz arduratuko den, eta bestetik **kirtena**, zeinen funtzioa atal ebakitzailea eustea den.

Atal ebakitzailean gainera, 11. Irudian agertzen den bezala, sorbatz nagusia, bigarren sorbatza, azpijan aurpegia, jaulkitze aurpegia eta erremintaren punta atalak desberdintzen dira. Ebaketa eragiketaz arduratzen den atala oinarrian sorbatz nagusia da.



11. Irudia. Torneaketa erreminta baten atalak.

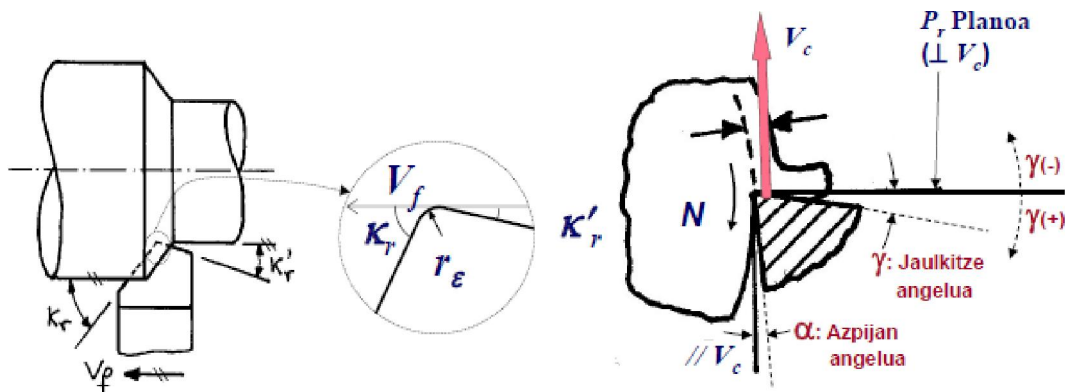
Erreminta hauek gogorrak izatea, harikortasun handia erakustea, eta higadurarekiko erresistentzia altua edukitzea derrigorrezko baldintzak dira haien funtzionamendu egokirako.

Gainera, erreminta hauek fabrikatzen diren moduaren arabera, osokoak edo plakatxodunak izan daitezke. Osoko erremintak altzairuzko eta gorputz bakarreko barrak dira, eta hauen gorpuaren muturretan sorbatzak tailatzen zaizkie. Erremintak erabilpenaren ondorioz zorrozatasuna galtzen dute poliki-poliki baina mota honetako erremintak aurkezten duten abantaila nagusia birzorrotu daitezkeela da.

Bestalde, plakatxodun erremintak bi gorputzetan banatzen dira. Alde batetik aldi ugarian berrerabili daitekeen euskarria dugu, eta bertan plakatxo desberdinak kokatuko dira. Plakatxoak sorbatza duten elementua dira eta beraz, piezaren ebaketa gauzatuko dutenak, erabili ondoren bota egiten direlarik.

Azkenik, ebaketa eragiketan sorbatzen posizioarekin eta piezaren mugimenduarekin erlacionatutako hainbat angelu defini daitezke:

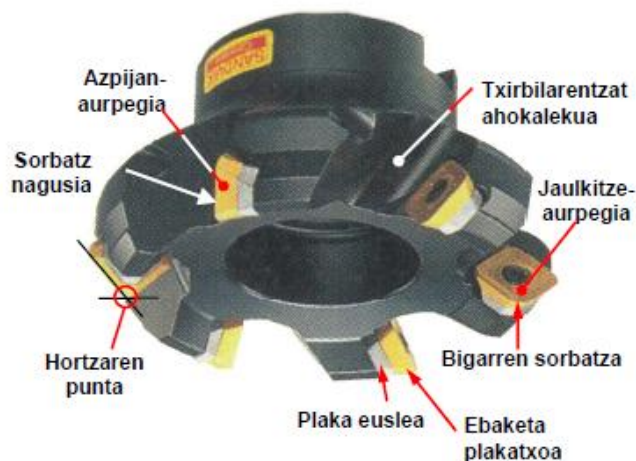
- Sorbatz nagusiaren posizio angelua (κ_r).
- Bigarren sorbatzaren posizio angelua (κ'_r).
- Punta erradioa (r_ϵ).
- Jaulkitze angelua (γ)
- Azpijan angelua (α)



12. Irudia. Torneaketa eragiketeko angeluak.

FRESAKETA ERREMINTAK

Erreminta hauek ere aurrekoen atal berdinetan banatzen dira: kirtena eta atal ebakitzalea. Hala ere, kasu honetan atal ebakitzaleak hortz ezberdinak izaten ditu, eta hortz bakoitzak ere sorbatz nagusia, bigarren sorbatza, azpijan-aurpegia, jaulkitze-aurpegia eta hortzaren punta.



13. Irudia. Fresako erreminta baten atalak.

Torneaketa teknologian bezala, kasu honetan ere sorbatz nagusiaren eta bigarrenaren posizio angeluak definitzen dira (κ_r eta κ'_r), bai eta azpijan angelua (α) eta jaulkitze angelua (γ) ere. Azken hau bitan bana daiteke fresaketan: jaulkitze angelu axiala (γ_a) eta erradiala (γ_r). Bien zeinuen konbinazioak sorbatzaren sendotasunean eta txirbilaren fluxuan eragina izan dezakete.

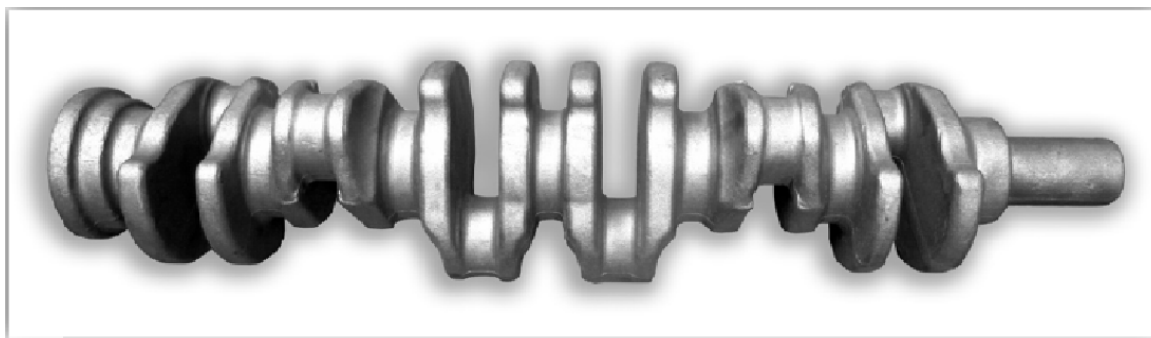
7. LANAREN GARAPENA

7.1. MEKANIZATUKO DEN PIEZAREN DESKRIPZIOA

Aurreko kapituluan aipatu den bezala, lan hau birabarkien mekanizazioaz arduratzen den enpresa batek egin ditzakeen operazioak deskribatzen saiatzen da. Zehazki, JG AUTOMOTIVE enpresak CIGÜEÑALES SANZ enpresari saltzen dion birabarki forjatutik abiatuko gara, eta enpresa honetan garatzen den pieza mekanizatura iristen saiatuko gara.

Landuko den birabarkia 6 zilindrodun birabarkia izango da, automobil konbentzional batean erabilia izan daitekeena. Forjatik ateratzen den piezaren luzera 830,5 mm-koa da, ondoren ordea, mekanizazioaren bitartez 828 mm-koa bihurtu beharko da.²

14. Irudian, forjako piezaren eredu erreal bat agertzen da.



14. Irudia. Forjako birabarkiaren eredu.

Birabarkien edozein plano tipikoetan hurrengoak aurkituko ditugu:

- Luzetarako bista bat zeinetan piezaren dimentsio gehienak agertuko diren.
- Besoen geometria ikusi ahal izateko beharrezkoak diren sekzio axialak.
- Erroen posizioa argi uzten duen bista axiala.
- Piezaren ulermen osorako beharrezkoak diren bestelako zehaztasunak.

Bai forjatik ateratzen den piezaren planoan zein mekanizazio planoan eranskinetan dator gehituta.

² Birabarkiaren forjako zein mekanizazioa egin ondorengo geometriak zehaztuta datoz 3. Eranskinean, beharrezko neurri guztiak adierazten direlarik.

7.1.1. MATERIALA

Pieza zein materialez osaturik dagoen jakiteak izugarrizko garrantzia du prozesuan zehar erabiliko diren erremintak eta parametroak erabakitzeko orduan. Pieza bakoitzak mekanizagarritasun (edo erderaz “maquinabilidad”) altua edo baxua izan dezake. Hau oso kontzeptu ezaguna eta erabilia da materialaren propietate moduan, eta pieza mekanizatzeko erreza edo zaila den adierazten digu. Mekanizagarritasuna definitzeko, hiru faktore nagusi definitu ohi dira:

- Materialaren klasifikazioa ikuspuntu metalurgiko/mekaniko batetik.
- Erabiliko den sorbatzaren geometria.
- Ebaketa erremintaren materiala.

Hala ere, kontzeptua berez material bakoitzak dituen beste propietate batzuen araberrako kontzeptua da baita ere. Propietate hauek, besteak beste, atxikitzea, gogordura, eroankortasun termikoa, gogortasuna eta urragarritasuna dira. Guztiek izango dute eragina, esan bezala, mekanizatzeko parametroak eta erremintak aukeratzeko. Esate baterako, materialaren atxikitzeko tendentzia altua bada, erreminta gogorragoak erabili beharko dira eta ebaketa abiadura altuagoa izan beharko da.

Automoziorako birabarkien kasuan askotan erabili ohi den materiala karbono-altzairua izan ohi da. Batzuetan ere, burdinurtu nodularrez fabrikatutako birabarkiak egiten dira, zeintzuek karbono-altzairuaren ezaugarri berdintsuak dituzten. Ordea, ohikoagoa da kromo-, molibdeno- edo vanadio-altzairu aleaziozko materialarekin fabrikatzea, piezaren eskakizun mekaniko-kimikoei hoberen erantzuten duten materialak baitira.

Horrelako material batez dago osatua lan honetarako aukeratutako birabarkia. Zehazki, piezaren forjako planoan adierazten zaigun bezala, 37CrS4 materialaz egin dago eta denominazio honetarako erabiltzen den araua DIN EN-10083 da. Gainera, planoan ere adierazten zaigu forjatik irtetzen den piezak 67,4 kg-ko pisua duela (pisu hau mekanizazio operazioen ondoren murriztua izango da). Datu hauek 1. Taulan agertzen dira adierazita.

37CrS4 + QT	DIN EN-10083-3	67,4 kg
MATERIALA	ESTANDARRA	PISUA (kg)

1 Taula. Materiala, jarraitzen duen araua edo estandarra eta bere pisua.

Material hau beroko forjaketa prozesua onartzen duen altzairua da, eta bere aplikazio nagusia ibilgailuetako elementuetan ematen da. Hala nola, automobiletako ardatzak, ardatzetako artekak, direkzio elementuen fabrikazioan, eta batez ere birabarkien fabrikazioan erabili ohi da.

Jarraian material honen ezaugarri mekaniko eta konposizio kimikoa adieraziko dira 2. eta 3. Tauletan.

37CrS4 materialaren ezaugarri mekanikoak			
Piezaren diametroa (mm)	d < 16	16 < d < 40	40 < d < 100
Isurpen tentsioa (MPa)	min. 750	min. 630	min. 510
Trakzioaren kontrako erresistentzia (Mpa)	950 - 1150	850 - 1000	750 - 900
Haustura luzapena A ₅ (%)	min. %11	min %13	min %14
Murrizketa azalera (%)	min %35	min %35	min %40
Gogortasuna (HBW)	max. 255		

2. Taula. 37CrS4 materialaren ezaugarri mekanikoak.

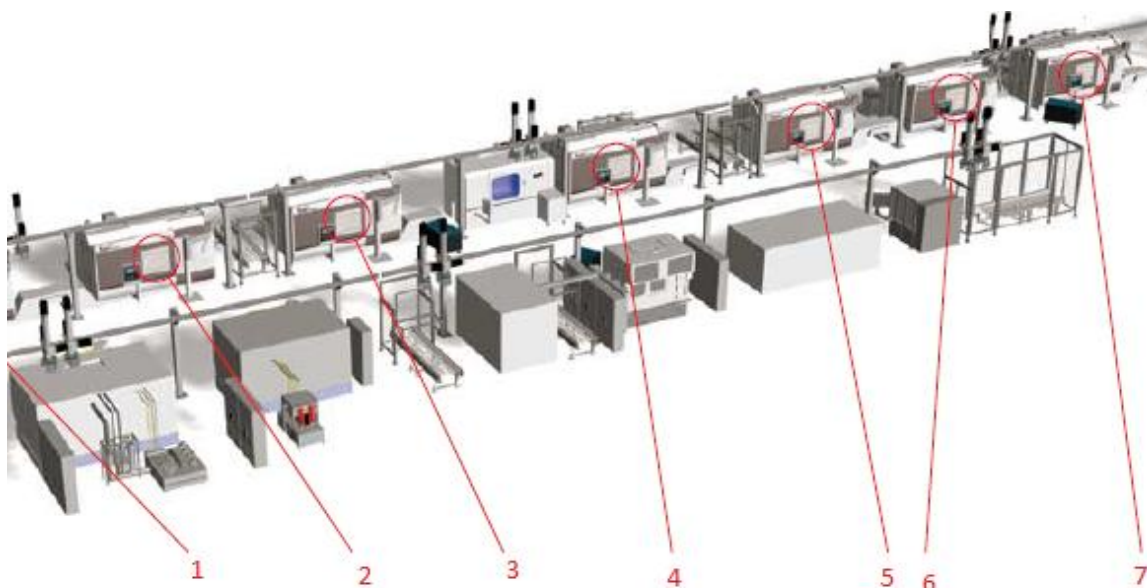
37CrS4 Konposizio Kimikoa	
Elementua	Pisuzko Konposizioa % (min/max)
C	0,34 / 0,41
Si	<= 0,4
Mn	0,6 / 0,9
P	<= 0,025
S	0,02 / 0,04
Cr	0,9 / 1,2

3. Taula. 37CrS4 materialaren pisuzko konposizio kimikoa.

7.2. ERABILIKO DEN MAKINAREN ANALISIA

Lan honetan hartu beharreko erabaki garrantzitsuenetariko bat, mekanizazio prozesu guztia zein makinatan aurrera eramango diren erabakitzea izan da. Horretarako, lehenik eta behin, birabarkiaren kasurako dauden aukera desberdinak aztertu behar dira.

Birabarkien fabrikazio prozesua normalean hainbat makinaz osaturiko instalazio batean egitea. Mekanizazio operazio bakoitza horretarako espezifikoki diseinaturik dagoen makinan egiten da, makina guztien artean transferentzia lerro bat osatuz piezaren mekanizazio totalaz okupatuko dena. 15. Irudian agertzen da birabarki baten mekanizaziorako prestatutako produkzio lerro baten eskema, 7 makinaz osatua.



15. Irudia. Birabarki baten fabrikaziorako produkzio lerroa.¹⁰

Hala ere, gaur egun horrelako produkzio lerro hauentzat alternatiba moduan sortu diren makinak existitzen dira, zeintzuek birabarki baten mekanizazio osoa egin dezaketen. Makina hauek, nahiz eta inbertsio handia suposatzen duten hasiera batean, epe luzera eraginkortasun handiagoa erakusten hasi dira birabarkien zein beste pieza batzuen produkzioan. Aukera egokiena, birabarki tiradaren araberakoa izango da.

Mekanizazio zentru konplexu hauek izango dira, beraz, gure birabarkiaren mekanizazioaz arduratuko lirateenak. Orain, gure piezari zein mekanizazio zentru datorkion hoberen erabaki behar da.

Horixe da, hain zuzen ere, WFL enpresa austriarrak eskeintzen duen aukera haren Millturn motako makinekin. Makina hauen bitartez birabarkiaren mekanizazio osoa egin daiteke bai bloke zurrun batetik abiatuz zein forjaz edo galdaketaren bidez aurretiko forma eman zaion pieza batean. Makina hauek lan honetan lantzen den piezak behar dituen mekanizazio operazio guztiak egiteko gai dira, eta baita behar ez dituen batzuk ere (koipeztaketa-zuloen zulaketa, esaterako).

Hortaz, lan honetan deskribatuko diren mekanizazio operazio guztiak WFL-ren MillTurn motako makinan egingo dira. Baina MillTurn makinaren artean hainbat daude, piezaren neurrien eta behar diren indar eta abiaduren arabera.

Gure kasuan indar eta abiadurak ez direnez jakinak lehenagotik, baizik eta katalogoaren bitartez operazioaren arabera izango diren, zein makina erabiliko den erabakitzea piezaren neurrien arabera egingo da.

Esan beharra dago enpresak eskeintzen dituen 20 modelo ezberdinen artean gehienak birabarki handiak mekanizatzeko diseinatuak daudela (barkuetako edo makina handietako birabarkiak). Hori dela eta, makina hauetan mekanizatzen diren piezaren luzera maximoak 1000 eta 14000 mm artean daude eta diametro maximoak 520 eta 2000 mm artean. Beranduago azalduko den bezala gure piezaren neurriak aipatutakoak baino txikiagoak dira, eta horregatik denak dira gai gure pieza mekanizatzeko.

Horrela izanda, neurri maximo horiek txikienak dituen makina erabiliko dela erabakitzen da, behar baino gehiagoko gastuak sahiestearren. Aukeratutako makina, beraz, **M40 MillTurn** makina izan da. Makina mota honetan torneaketa eta fresaketa eragiketak egin daitezke, beste zentru batera aldatu behar gabe.



16. Irudia. M40 MillTurn makina.

Makina honen espezifikazio teknikoak 4. Taulan agertzen dira.

	Neurriak	M40 MillTurn
Puntuen arteko distantzia	mm	1000
Goiko karroko zirkunferentziaren \emptyset	mm	520
Puntuen arteko biraketa \emptyset maximoa	mm	520
Torneaketa torlojuaren potentzia maximoa %40 (%100)	kW	33(29)
Torn. torlojuaren biraketa momentu maximoa %40 (%100)	Nm	630 (550)
Torn. torlojuaren biraketa abiadura maximoa	min ⁻¹	4000
Fresaketa torlojuaren potentzia maximoa %40 (%100)	kW	20(15)
Fres. torlojuaren biraketa momentu maximoa %40 (%100)	Nm	250(190)
Fres. torlojuaren biraketa abiadura maximoa	min ⁻¹	6000
B ardatzaren biraketa angelua	Gradu	-110...+110
Y ardatzaren desplazamendu ibilbidea	mm	250
X ardatzaren desplazamendu ibilbidea	mm	600
Kontrapuntua	Mota	Mekatronika
Erreminten biltegiaketa	Kant.	50/100
Siemens kontrola	Mota	SINUMERIK 840D sl

4. Taula. M40 MillTurn-en espezifikazio teknikoak.

7.3. PROZESU ORRIAREN GARAPENA

7.3.1. OINARRIZKO KONTZEPTUAK

Prozesu bat definizioz sarrera elementu batzuk emaitzetan bihurtzeko egiten diren eragiketa multzoa da. Beraz, definizio honetatik abiatuta, prozesu orria eragiketa hauek definitzen dituen dokumentua izango da.

Mekanizazioaren kasuan, dokumentu honek pieza edo multzo mekaniko bat fabrikatzeko beharko diren makina, parametro, erreminta, denbora edo edozein informazio baliagarri bilduko ditu, taula baten forman.

Normalean prozesu orri bat fabrikazioaz arduratuko den langileari eskaintzen zaio, bere lana erraztearen helburuarekin. Horregatik, enpresa bakoitzaren eta haren nahien arabera egin ohi dira, haien formatua oso desberdina izan daiteke larrik. Hala ere, prozesu-orri guztiek atal berberak izango dituzte eta lexiko berbera jarraituko dute.

Hurrengoak dira prozesu-orri orotan agertu beharko diren atalak:

- **Produktuaren planoak:** Bertan alde batetik piezaren eskema agertu beharko da behar diren bista guztiekin, dimentsioak, tolerantziak eta eskalak adierazita. Bestalde, planoaren zehaztapen tekniko guztiak agertu beharko dira (bezeroa, data, materialak, bertsio zenbakia, tratamendu termiko zein gainazaleko tratamenduak, moldaketak...).
- **Datuen eremua:** Bertan planoaren zehaztapen tekniko garrantzitsuenak berriro adieraziko dira. Era berean, produktuaren krokis bat gehituko zaio, operazioak egingo zaizkien gainazalak identifikatuz.

- **Deskripzioaren eremua:** Eremu honetan, proposatutako eragiketa guztiak zenbakiz edo letrak kategorizatuko eta zerrendatuko dira. Kategoria hauek honela definituko dira mekanizazio prozesu orri batean:
 - Faseak: Lan estazio berdinean egingo diren eragiketa multzo bakoitza, fase bat izango da. Etapa batetik bestera pasatzeak piezaren desplazamendua ekartzen du, eta beraz etapa bakoitzean eragiketa egingo duen makina identifikatu beharko da.
 - Subfaseak: Fase bakoitzean produktuari operazio desberdinak egiten zaizkio eta operazio batzuek tresnetan amarratze berdina eskatuko dute, eta beste batzuek ez. Hortaz, amarratze berdineko operazio multzoak subfase bat osatuko du. Hauek ere adierazita geratu beharko dira, beraz, prozesu orrian.
 - Eragiketak/Operazioak: kalitate berdineko gainazal mekanizatuak lortzeko egiten diren ekintza multzoa. Operazio bakoitzean erreminta eta erreminta-euskarri desberdinak erabiltzen dira, beraz haien ondoan adieraziak geratu beharko dira bi parametro hauek. Era berean, agertu beharko dira eragiketa denborak, kostuak eta ebaketa baldintzak.
- **Ebaketa baldintzen eremua:** Atal honetan eragiketa bakoitzeko ebaketa baldintzak identifikatuko dira. Tauletako zein kalkulaturako datuak agertuko dira bertan: pasada kopurua, hauetako bakoitzeko sakonera, ebaketa abiadura, aitzinamendua, piezaren edo erremintaren biraketa abiadura...
- **Kontrol eremua:** Fabrikazio prozesuan kontrolatzea erabakitzen diren neurriak egiaztatzeko erabiliko diren tresnak zehaztuko dira hemen.
- **Denbora eta kostuen eremua:** Prozesu orrietan atal garrantzitsuak dira eta operazio bakoitza aurrera eramateko erabilitako denbora eta ekintzak berak ekartzen duen kostua adieraziko dira.

Prozesu orri bat era egokian lantzeak askotan prozesua bera egiteak baino denbora gehiago irauten du, baina funtsezko dokumentua da pieza baten fabrikaziorako. Oso erabilgarria izan ohi da serie luzeen fabrikazioan, edo mekanizazio konplikatuak duten piezetan.

7.3.2. ORRIAREN GAUZATZEA

Hurrengo atalean birabarkiaren prozesu-orriaren garapenerako eman diren pausuak azalduko dira, bai eta zein programa eta katalogoen laguntzaz baliatu izan den.

Lanaren abiapuntua piezaren forjako plano da, non piezaren gaindimentsioak agertzen diren, hau da, piezaren forjako geometria. Lortu nahi den pieza mekanizatura iritsi ahal izateko, mekanizazio eragiketen bidez aipaturako gaindimentsioak murriztuko dira.³

Horretarako lehenik eta behin gainazal bakoitzean aplikatuko den teknologia erabaki eta proposatu behar da. Kasu honetan, birabarkian egiten diren

³ Ikusi 23. Orrialdeko [2] erreferentzia.

mekanizazio operazio guztiak torneaketaz edo fresaketaz egin dira. Hala ere, gogoratu beharra dago pieza mekanizatua oraindik ez dela prest egongo automobileko funtzionamenduan txertatzeko, baizik eta beste operazio batzuk egin beharko zaizkiola hori egin baino lehen.⁴

Gauzak honela, eragiketa guztiak erabaki direnean, hauek aurrera eramateko erabiliko diren erremintak eta parametroak aukeratu behar dira, eta aukeraketa hau egiteko Sandvik Coromant enpresak eskaintzen dituen bi katalogoen laguntzaz baliatu da.

7.3.2.1. Erabilitako Katalogoak

Sandvik Coromant fabrikazio teknologietan eta hauetarako erabiltzen diren erremintetan enpresa espezialista da mundu mailan. Horrela izanik, haren web orriaren bitartez edo bestela katalogo fisikoaz lagunduz, erreminta egokienak eskaintzen ditu beharrezkoa den mekanizazio eragiketarako.

Katalogo bakoitzaren erabilpena lan honen garapenerako atal garrantzitsuenetarikoa izan denez, jarraian azalduko da zehatz-mehatz bien funtzionamendua. Bakoitzak berezitasunak ditu eta beranduago azalduko den arrazoiengatik, eragiketa batzuetarako ez da posible izan web orriko gida erabiltzea, beraz katalogo fisikora jo behar izan dugu erraminta horiek aukeratzeko.

Sandvik Coromant-en CoroPlus ToolGuide

CoroPlus ToolGuide lineako erreminten mihiztatzaile bat da, zeinek erreminten hautaketan aukera interesgarri ugari eskaintzen dituen. Tresna hau enpresaren beraren webgunean aurkitu daiteke eta haren erabilpena erraza da.

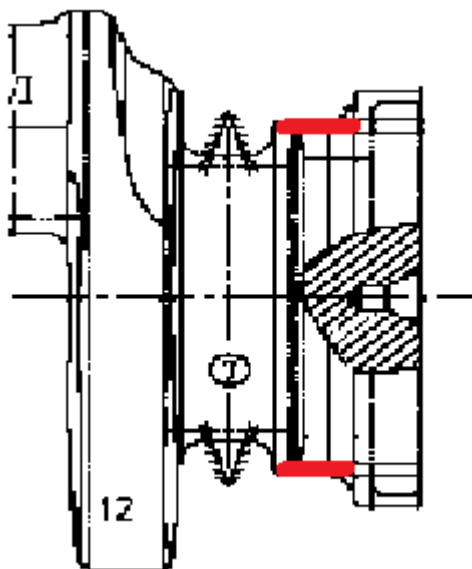
Gidak bai biraketazko elementu simetriko zein ez biraketazko elementuetarako ebazpideak ematen ditu, lan-baldintza batzuk sartuz, plakatxoak, erreminta, eta beste parametro ugari eskaintzen dituelarik. Sarrera parametro hauek eragiketaren araberakoak dira, baina orokorrean mekanizatuko den gainazalaren datu geometrikoak eta makinaren espezifikazio teknikoak izaten dira.

Esan behar da, gainera, CoroPlus ToolGuide-k ez digula aukera bakarra ematen emaitzatzat, baizik eta erreminten eta erreminta-euskarrien aukera sorta luze bat, bakoitzak suposatuko dituen gastu eta mekanizazio denborak adieraziz. Datu hauek ikusita, mekanizaziorako aukera optimoa bilatzen saiatu beharko gara, hau da, denbora kostu eta kostu ekonomiko baxuenak emango dituen.

Hobeto azaltzeko, kasu praktiko bat azalduko da, hau da, lan honetako birabarkiaren gainazal zehatz baten mekanizaziorako CoroPlus ToolGuide-en jarraitu izan diren pausuak.

⁴ Automobilaren funtzionamenduan ezartzeko prest egoterainoko egin beharko liratekeen mekanizazio eragiketak "Eragiketa gehigarriak" azpiatalean azaltzen dira.

Demagun birabarkiaren **1. gainazala** mekanizatu nahi dugula, 17. Irudian gorritz markatuta agertzen dena.⁵ Gidara jo baino lehen, gure proposamena egingo dugu mekanizazio eragiketaren inguruan. Kasu honetan, gainazal zilindrikoan lodiera murrizpen bat egin behar denez, egin beharreko eragiketa **zilindraketa** izango da.



17. Irudia. Birabarkiaren 1. Gainazala.¹¹

Zilindraketa, torneaketa eragiketa bat da beraz eragiketa honetarako erremintak aukeratu beharko ditugu. Horretarako, web orriko gidara joko dugu. Kasu praktiko hau azaltzeko banaka aipatuko ditugu CoroPlus ToolGuide mihizatzailean eman beharreko pausuak, eta ondoren 18. Irudian adieraziko dira.

1. **Pausua:** Osagaia zein motakoa den erabakitzea. ToolGuide-k ematen dituen bi aukerak hurrengoak dira:
 - **Biraketazko osagai simetrikoa**
 - Ez biraketazko osagaia.

Gure kasuan, gainazal honetarako erabakitako eragiketaren arabera “biraketazko osagai simetriko” moduan kontsideratzen dugu.

2. **Pausua:** Behin aurreko erabakia hartuta dagoenean, hurrengo pausua eragiketa mota ezartzea da. Eragiketa moten artean hurrengoak azaltzen zaizkigu biraketazko osagai simetrikoarentzat:
 - Roska
 - Trontzaketa/Artekaketa
 - Osagai birakorreko zulaketa
 - Barnekaldekoa
 - **Kanpoaldekoa**

⁵ Gainazal honen mekanizazioa prozesu orriko 2105 eragiketa da.

Zilindraketa eragiketa bat egingo zaionez, aukeratu beharreko eragiketa “Kanpoaldekoa” izan beharko da.

3. Pausua: Ondoren, kanpoaldeko eragiketen artean hurrengo lau aukerak ematen zaizkigu:

- Gainazal zilindrikoa erliebearekin
- **Gainazal zilindrikoa**
- Gainazal zilindrikoa eskuairarekin
- Barra baten aurpegiketa

Eta honetan, gainazal partikular honentzako zalantza egon daiteke “Gainazal zilindrikoa eskuairarekin” edo “Gainazal zilindrikoa” aukeren artean. Hala ere, eragiketa partikular honentzat eskuaira ez da beharrezkoa mekanizatzea ondorengo eragiketan ezabatuko baita, beraz bigarren aukera hartzen da.

4. Pausua: Orain iada lan egiteko baldintzak sartu behar dira. Zilindraketa operazio batean, sartu beharreko datuak hauexek dira (parentesi artean gure kasuko balioak):

- Mekanizazio diametroa hasieran (118 mm)
- Mekanizazio diametroa bukaeran (110 mm)
- Mekanizatutako luzera (21mm)
- Luzerako zimurtasunaren balioa (4 μ m)

5. Pausua: Emaitzak lortu baino lehen, beste bi atal bete behar dira erreminta eta parametro egokienak lortzeko helburuarekin. Lehenengoa piezaren materiala da. Hau aukeratzeko lehiatila bat aurkezten zaigu zeinetan piezaren materiala (edo gidak material hori eskaini ezean, antzeko propietateak dituen bat) ezarriko dugun. Gure kasuan, gidak 37CrS4 materiala onartzen du eta bere izendapena ISO 513:2004 arauaren arabera, P.2.2.Z.AN da.⁶

6. Pausua: Azkenik, makina erabakitzen dugu. Eragiketaren arabera gidak berak makina bat proposatuko digu, baina lan honen garapenean eragiketa guztietarako makina berbera erabili da. Erabaki hau M40 MillTurn makinari gehien hurbiltzen zaizkion espezifikazioak izan ditzan hartu da. Makina hau, beraz, “Máquina Universal de alto rendimiento” izenarekin adierazten da aplikazioan.

⁶ Materialen izendapenerako jarraitzen den ISO 513:2004 arautegiaren azalpena 1. Eranskinean ematen da.

The screenshot shows the CoroPlus ToolGuide interface with several key areas highlighted:

- 5. MATERIALA AUKERATU:** Material selection area showing '37CrS4' and 'P2.2.Z.AN • 300 HB'.
- 6. MAKINA AUKERATU:** Machine selection area showing 'Máquina universal de alto rendimiento'.
- 4. PARAMETROAK EZARRI:** Parameter setting area with fields for 'Inicio de diámetro mecanizado' (118 mm), 'Extremo de diámetro mecanizado' (110 mm), 'Longitud mecanizada' (21 mm), and 'Valor de rugosidad Ra longitudinal' (4 µm).

18. Irudia. CoroPlus ToolGuide programan sartu beharreko datuak.

Behin pausu hauek emanda, emaitzak lortu ditzakegu. Azaltzen ari garen kasu partikularrerako CoroPlus ToolGuide-k 5525 aukera ematen dizkigu:

The screenshot displays the search results for 5525 alternatives. The results are filtered by 'OPERACIÓN' (Turning External only Longitudinal Backward) and 'TIPO' (Intercambiable). The results table is sorted by 'COST' and shows the following items:

CÓDIGO DE PEDIDO	COST	TMF
DSBNR 4040S 25 Herramienta SNMG 25 07 24-PR 4325 Plaquita	100 %	4,72
DSBNR 5050T 25 Herramienta SNMG 25 07 24-PR 4325 Plaquita	100 %	4,72
DCLNR 4040S 25 Herramienta CNMG 25 09 24-PR 4325 Plaquita	100 %	4,81
PSBNR 5050T 25 Herramienta SNMG 25 07 24-PR 4325 Plaquita	100 %	4,72
C10-PSRNR-58110-25 Herramienta SNMG 25 07 24-PR 4325 Plaquita	100 %	4,72
C8-DSRNR-45080-25		

19. Irudia. 1. gainazalaren zilindraketarako programak eskeintzen dituen aukerak.

Kontuan izan behar dugu zilindraketa eragiketa honek beste birekin batera gainazalaren kontorneaketa osatuko duela, eta beraz 3 eragiketak erreminta berberarekin egin nahi direla. Hau kontuan hartuta, kontorneaketa guztia egiteko aukerarik hoberena **TMAX-P** erreminta (**DCLNR 4040S 25** euskarriaz eta **CNMG 25 09 24-PR 4305** plakatxoaz osaturik) dela kontsideratzen da, eta beraz hori aukeratzen da mekanizazio operazioa gauzatzeko.

Azken pausua parametroak lortzea izango da, gure prozesu orrian ezartzeko. Atal hau, katalogoarekin egingo bagenu aukeraketa, luzeagoa izango litzateke hainbat kalkulu inplikaturik lituzkelako, baina web orriko gidak parametro hauek erakusten dizkigu zuzenean. 20. Irudian programaren “Ebaketa Datuak” emaitzen leihatila erakusten da. Bertan V_c , eta a_p parametroak ematen dizkigu gidak. N eta P , bestalde, guk kalkulatu beharko dugu (1) eta (8) ekuazioen arabera.

DATOS ECONÓMICOS		DATOS DE CORTE	
VC [m/min] VELOCIDAD DE CORTE	FN [mm] AVANCE POR VUELTA	NOPAP NÚMERO DE PASADAS EN...	
1 166	0.557	1	
DMS [mm] INICIO DE DIÁMETRO MECANIZADO	DME [mm] EXTREMO DE DIÁMETRO...	AP [mm] PROFUNDIDAD DE CORTE	
1 118	110	4	
RPMX [1/min] VELOCIDAD DE GIRO MÁXIMA	PPCX [kW] POTENCIA DE CORTE MÁXIMA	MMCX [Nm] PAR DE CORTE MÁXIMO	
1 480	9.08	181	

LEYENDA

1 Acabado

20. Irudia. CoroPlus ToolGuiden “Ebaketa Datuak” leihatila.

Bestalde, ebaketa denbora “Datu Ekonomikoak” leihatilan agertzen dira, lan honetan 21. Irudian adierazita:

DATOS ECONÓMICOS		DATOS DE CORTE	
Tiempo de corte total	TCCT [s]		4,71
Tiempo sin corte total	TNCT [s]		0,094
Tiempo de mecanizado	TMF [s]		4,81
N.º de características	TLIFEC [Características]		520
Coste de la herramienta	COST [%]		0,251
Coste de la plaquita	COST [%]		9,36
Coste de la máquina-herramienta	COST [%]		90,5
Coste por característica	COST [%]		100

21. Irudia. CoroPlus ToolGuiden “Datu Ekonomikoak” leihatila.

Honekin, beraz, prozesu orria betetzeko datu guztiak edukiko genituzke. Kasu praktiko honen bidez azaldu den prozesu hau eragiketa bakoitzerako errepikatu beharko da, bakoitzak eskatzen dituen datuak sartuz eta emaitzak era berean interpretatuz.

Hala ere, birabarkiaren mekanizazio eragiketa guztiak ezin izan dira web orriko tresna honekin egin, eta kasu horietan beste irtenbide bat bilatu behar izan da.

Sandvik Coromant-en katalogo nagusia

Prozesuan zehar badira gainazal batzuk zeintzuetan ez diren torneaketa eragiketak egin behar, baizik eta fresaketa.

Fresaketa operazioak bi gainazal erabili izan dira piezan: Muturreko aurpegiketarako, eta erroen mekanizaziorako. Aupegiketaren kasuan, piezaren diseinuak bertan torneaketa eragiketarik egitea onartzen ez zuela da teknologia hau aukeratzearen arrazoa. Hain zuzen ere, piezak birarazi dezan, gainazal hauetan iada mekanizatuak dauden zuloetatik heldu beharko da birabarkia, eta hortaz euskarriak gainazal horren torneaketa oztopatuko luke.

Horregatik, fresaketa teknologia aukeratzen da alternatiba moduan: pintza edo beste euskarri finko batzuek helduko da euskarri nagusietatik, eta erreminta izango da biraketa mugimendua izango duena. Bestalde, erroen mekanizaziorako ere fresaketa egin behar dugu, piezaren biraketan atal hauek jarraitzen duten ibilbidea ezinezkoa delako torneaketaz mekanizatzea.⁷

⁷ Erroen eta muturretako aurpegiaren mekanizazioaren berezitasunak zehatzago azalduko da “8.3.3. Mekanizatutako gainazalak” atalean.

Bi eragiketa hauek, azterlan honetan lantzen den piezarako, ez dira ordea fresaketa eragiketa arruntak eta CoroPlus ToolGuide-k ez ditu onartzen. Hori dela eta, erreminten eta parametroen kalkulurako, kasu horietan Sandvik Coromant enpresak berak eskaintzen duen beste tresna bat erabili izan da: Katalogo nagusia.

Erabili izan den katalogoa 2007 urtekoa izan da.⁸ Bertan edozein eragiketarako erremintak eta parametroak adierazten dira, baina, esan den bezala, atal hauetatik interesatzen zaigun bakarra “Fresaketa” atala da. Beste eragiketak ez dira aplikatuko piezan edo bestela web orriko gidaren bitartez garatuko dira. Edozein fresaketa eragiketarako erremintak erabakitzea eta parametroen kalkulua egiteko katalogoa zelan erabiltzen den jarraian azalduko da.

Lehenik eta behin, erreminta egokiena zein den aukeratuko da. Horretarako, gure fresaketa operazioa zein motakoa den definitu behar dugu (lauketa, eskuairaketa, hutsuneen mekanizazioa...). Hau egin dugunean, 5. Taulara joko dugu katalogoan, eta bertan eragiketa mota bakoitzerako fresaren egokitasuna kalifikatzen du, egokiena zein den adieraziz. Hori jakinda, eragiketa nagusia gure eragiketa mota duten fresen artean, gainazalaren neurrien (D_c), iraganaldi sakoneraren (a_p) eta materialaren arabera gure erreminta mota aukeratuko dugu.⁹

Herramientas de fresado de perfiles

	CoroMill® 300	CoroMill® 200	CoroMill® 600	CoroMill® 216
Figura				
Material				
Operación principal				
SABH	0°	0°	0°	90°
M mm	3 - 100	15 - 120	15 - 200	10 - 50
DNK mm	10 - 200	25 - 180	15 - 130	10 - 50
APMX mm	3.5 - 10	2 - 10	3 - 6	3.5 - 42.6
Plaqueta				
Tamaños de plaqueta	06,17,28,10,12,16 y 20	10,12,16 y 20	10 y 12	10,12,16,20,25,30,32, 40 y 50
Acoplamiento	Coromant Capto® Coromant EH Cilindrico En eje Weldon Acoplamiento roscado	Mango cilíndrico En eje	Coromant Capto® En eje Mango cilíndrico	Coromant Capto® Mango cilíndrico Coromant EH Acoplamiento roscado Weldon
Refrigerante interior				
Opciones				
Otras operaciones				

5.Taula. Profilen fresaketarako erremintak.

⁸ Atal honetan azaltzen diren taulak 2017ko katalogoarenak dira.

⁹ 5. Taula benetako taularen murrizketa bat da.

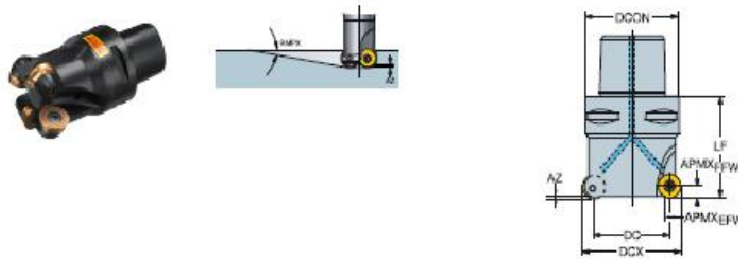
Fresa aukeratzeko, kontutan izan behar da bakoitzak onartzen duen plakatxoaren geometria. Kasu batzuetan, erroen mekanizazioan gertatzen den bezala, gainazalak punta erradio espezifiko bat izan behar du ondoko gainazalarekin, eta hori ezin da lortu edozein fresarekin, batzuek ez baitituzte onartzen forma hori lortuko dituzten plakatxoak.

Katalogoaren erabilpena errazago azaltzeko, lan honetan aztertu den gainazal zehatz batekin hartu beharreko erabakiak adieraziko dira: Birabarkiaren erroak.

Lehenengo pausu honetan, kontuan edukiko dugu erroaren luzera 38 mm-koa izan behar dela eta mekanizatu beharreko sakonera, 4mm-koa. Hala izatean, distantzia hau baino kanpo-diametro txikiagoa duen eta sakonera hori edo gehiago mekanizatzeko gai den fresa bat behar da. Gainera, mekanizatuko planoan adierazita datorrenez, erroaren eta besoen gainazalen arteko junturak 4 mm-ko erradioa eduki behar du. Beraz, fresa egokiena **CoroMill 300** dela aukeratzeko da, 8 diametroko (iC) plakatxo zirkularra baimentzen baitu, horrela aipatutako erradioa lortuko delarik. Gainera erremintak kanpo-diametroa 35 mm-koa eduki dezake, kasu honetan onargarria den neurria.

Fresa de planear CoroMill® 300

Coromant Capto® - Suministro de refrigerante interior
Diseño positivo



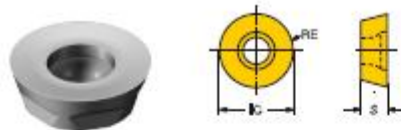
										Dimensioak, mm							
DC	CC _{1/2}	APM _{1/2}	APM _{1/2}	RMPX	AZ	CNGC		Código de pedido	DCON	DCK	BF	LF	RPM	DCT	MID		
25.0	12	C8	8.0	8.0	15.50*	3.0	3	R20-L08C3-T2M	25.0	25.0	25.0	45.0	3.0	0.36	29000	3	R200-1040L
25.0	12	C8	8.0	8.0	15.50*	3.0	4	R20-L08C3-T2H	25.0	25.0	25.0	45.0	3.0	0.30	23000	4	R200-1040L
25.0	10	C8	7.5	8.0	7.00*	2.0	3	R20-L08C3-T0H	25.0	25.0	19.1	45.0	3.0	0.36	42000	4	R200-1020L
27.0	06	C8	8.0	4.0	4.00*	1.9	3	R20-L08C3-08M	27.0	27.0	30.3	45.0	1.2	0.21	33000	4	R200-0825L
27.0	06	C8	8.0	4.0	4.00*	1.9	3	R20-L08C3-08H	27.0	27.0	30.3	45.0	1.2	0.21	33000	5	R200-0825L
32.0	12	C4	8.0	8.0	7.50*	3.0	3	R20-L12C3-T2M	40.0	42.0	38.3	55.0	3.0	0.60	28000	3	R200-1040L
32.0	12	C4	8.0	8.0	7.50*	3.0	4	R20-L12C3-T2H	40.0	42.0	38.3	55.0	3.0	0.50	23000	4	R200-1040L
32.0	10	C4	7.5	8.0	5.00*	2.0	3	R20-L12C3-T0H	40.0	42.0	36.1	55.0	3.0	0.36	37000	3	R200-1020L
34.0	06	C4	8.0	4.0	3.00*	1.9	3	R20-L12C3-08H	40.0	42.0	37.3	55.0	1.2	0.49	29000	6	R200-0825L
38.0	10	C8	12.0	8.0	7.00*	3.0	3	R20-L12C3-T8M	50.0	52.0	40.9	60.0	5.0	1.04	20000	4	R200-1040L
38.0	10	C8	12.0	8.0	7.00*	3.0	5	R20-L12C3-T8H	50.0	52.0	40.9	60.0	5.0	1.04	20000	5	R200-1040L
40.0	12	C8	8.0	8.0	5.00*	3.0	3	R20-L20C3-T2M	50.0	52.0	45.3	65.0	3.0	0.96	24000	4	R200-1040L
40.0	12	C8	8.0	8.0	5.00*	3.0	3	R20-L20C3-T2H	50.0	52.0	45.3	65.0	3.0	0.96	24000	5	R200-1040L
44.0	08	C8	8.0	4.0	3.00*	1.0	3	R20-L20C3-08H	50.0	52.0	47.3	65.0	1.2	1.00	36100	8	R200-0825L
46.0	20	C6	15.0	10.0	16.40*	6.0	3	R20-L35C3-02M	60.0	60.0	60.0	7.0	1.86	19470	4	R200-2000L	
46.0	20	C6	15.0	10.0	16.40*	6.0	3	R20-L35C3-02H	60.0	60.0	60.0	7.0	1.80	19470	5	R200-2000L	
50.0	10	C6	12.0	8.0	4.50*	3.0	3	R20-L35C3-05M	60.0	60.0	54.9	60.0	5.0	1.77	17000	3	R200-1040L
50.0	10	C6	12.0	8.0	4.50*	3.0	3	R20-L35C3-05H	60.0	60.0	54.9	60.0	5.0	1.73	17000	6	R200-1040L
54.0	12	C6	8.0	8.0	3.50*	3.0	3	R20-L35C3-T2M	60.0	60.0	58.3	65.0	3.0	1.80	25700	5	R200-1040L
54.0	12	C6	8.0	8.0	3.50*	3.0	3	R20-L35C3-T2H	60.0	60.0	58.3	65.0	3.0	1.67	21700	7	R200-1040L
56.0	08	C6	8.0	4.0	3.00*	1.0	3	R20-L35C3-08H	60.0	60.0	58.3	65.0	1.2	1.80	23100	10	R200-0825L
60.0	20	C6	15.0	10.0	16.70*	6.0	3	R20-L40C3-02M	60.0	60.0	61.3	65.0	7.0	2.24	15020	5	R200-2000L
60.0	20	C6	15.0	10.0	16.70*	6.0	3	R20-L40C3-02H	60.0	60.0	61.3	65.0	7.0	2.20	15020	6	R200-2000L
64.0	10	C6	12.0	8.0	3.50*	3.0	3	R20-L40C3-T2M	60.0	60.0	66.9	65.0	5.0	2.02	15000	5	R200-1040L
64.0	10	C6	12.0	8.0	3.50*	3.0	3	R20-L40C3-T2H	60.0	60.0	66.9	65.0	5.0	2.00	15000	7	R200-1040L
66.0	12	C6	8.0	8.0	2.50*	3.0	3	R20-L40C3-T2M	60.0	60.0	72.3	65.0	3.0	1.82	18000	6	R200-1040L
66.0	12	C6	8.0	8.0	2.50*	3.0	3	R20-L40C3-T2H	60.0	60.0	72.3	65.0	3.0	1.73	16000	8	R200-1040L
72.0	08	C6	8.0	4.0	3.00*	1.0	3	R20-L40C3-08H	60.0	60.0	72.3	65.0	1.2	1.84	20000	10	R200-0825L
80.0	20	C6	15.0	10.0	4.80*	6.0	3	R20-L100C3-02M	80.0	100.0	60.0	7.0	3.72	12940	6	R200-2000L	
80.0	20	C6	15.0	10.0	4.80*	6.0	3	R20-L100C3-02H	80.0	100.0	60.0	7.0	3.48	12940	7	R200-2000L	

6. Taula. CoroMill 300 erremintaren espezifikazioak.

Behin fresa mota aukeratu dugula, orain erreminta honen euskarria eta ardatza zehaztuko ditugu. Ditugun aukeren artean bat hautatzeko, plakatxoaren diametroa, erremintaren kanpo-diametroa eta fresaren pausua erabaki behar ditugu. Gure kasurako, pausua aukeratzeko zehaztasunik ez zaigunez ematen, katalogoaren gomendioak jarraituko ditugu eta pausu normala aukeratuko dugu. Gainera, esan dugun bezala, plakatxoaren diametroa 8 mm-koa erabaki da. Hori eta erremintaren kanpo-diametroa 35 mm-koa izan behar dela kontutan hartuta, 6. Taula begiratzuz zehazki aukeratzeko den kirtena: **R300 - 035C3 - 08M**.

Orain plakatxoa aukeratzeko da. Plakatxoaren geometria da lehenik eta behin aukeratu behar dena. Aukeren artean geometria "arina" (ebaketa arinetarako), "ertaina" (ebaketa mixtoetarako) edo "pisutsua" (ebaketa zailletarako) daude. Honen arabera, plakatxoaren geometriaren arabera, eta gure materialaren arabera, plakatxoa aukeratzeko dugu. 7. Taula bezalako bat begiratzuz egingo da aukeraketa.

Plaquita CoroMill® 300 para fresado




D	d	S	P												M												K												N												S												W												Dimensiones, mm																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395

Gure kasuan, geometria definitzeko informazio nahikoa ez dugunez, ertaina erabakiko da. Gainera, 8 mm-ko diametroa duen plakatxoa bilatu behar dugu, eta ISO-P motako materiala dugula kontuan hartuz, hauxe hautatzen da: **R300-0828E-PM**.

Iada plakatxoa eta erreminta aukeratuta ditugu, eta orain parametroak kalkulatzera joko dugu. Lehenengo parametroa hortzeko aitzinapena izango da (f_z). Honen balioa 8. Taulan edo antzeko batean dator adierazita erreminta bakoitzerako. Hortik abiatuta, CoroMill 300 fresa, plakatxo mota hauek eta $a_p=4\text{mm}$ -ko sakonerarako, $f_z=0,13\text{ mm/z}$ hartzen da.

Herramientas de fresado de perfiles

CoroMill® 300

Código de pedido		Avance por diente, f_z mm/diente		Espesor de viruta máx., a_{px} mm	
		Valor de partida	(min.—máx.)	Valor de partida	(min.—máx.)
R300-0617E-PM	P	0.08	(0.05-0.12)	0.08	(0.05-0.12)
R300-0720E-MM	M	0.1	(0.05-0.15)	0.1	(0.05-0.15)
R300-0720E-PM	P	0.1	(0.05-0.15)	0.1	(0.05-0.15)
R300-0724E-MM	M	0.1	(0.05-0.15)	0.1	(0.05-0.15)
R300-0724E-PM	P	0.1	(0.05-0.15)	0.1	(0.05-0.15)
R300-0828E-KL	K	0.13	(0.05-0.2)	0.11	(0.05-0.15)
R300-0828E-KM	K	0.15	(0.07-0.25)	0.13	(0.05-0.2)
R300-0828E-MM	M	0.13	(0.07-0.2)	0.13	(0.05-0.2)
R300-0828E-PL	P	0.11	(0.05-0.15)	0.11	(0.05-0.15)
R300-0828E-PM	P	0.13	(0.05-0.2)	0.13	(0.05-0.2)
R300-0828M-KH	K	0.15	(0.07-0.25)	0.15	(0.07-0.25)
R300-0828M-MH	M	0.13	(0.05-0.2)	0.15	(0.07-0.25)
R300-0828M-MM	M	0.13	(0.07-0.2)	0.13	(0.07-0.2)
R300-0828M-PH	P	0.15	(0.07-0.25)	0.15	(0.07-0.25)
R300-0828M-PM	P	0.13	(0.07-0.2)	0.13	(0.07-0.2)
R300-0932E-MM	M	0.15	(0.07-0.23)	0.13	(0.04-0.2)
R300-0932E-PM	P	0.15	(0.05-0.23)	0.13	(0.04-0.2)
R300-0932M-PH	P	0.17	(0.07-0.29)	0.15	(0.06-0.25)
R300-0932M-PM	P	0.15	(0.07-0.23)	0.13	(0.06-0.2)
R300-1032E-KL	K	0.21	(0.05-0.29)	0.13	(0.04-0.15)
R300-1032E-MM	M	0.17	(0.07-0.29)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1032E-PL	P	0.15	(0.05-0.17)	0.13	(0.04-0.15)
R300-1032E-PM	P	0.21	(0.05-0.29)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1032M-KH	K	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1032M-MH	M	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1032M-MM	M	0.17	(0.07-0.29)	0.15	(0.06-0.25)
R300-1032M-PH	P	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1032M-PM	P	0.17	(0.07-0.29)	0.15	(0.06-0.25)
R300-1240E-KM	K	0.23	(0.07-0.35)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1240E-ML	M	0.15	(0.05-0.23)	0.13	(0.04-0.2)
R300-1240E-MM	M	0.21	(0.05-0.29)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1240E-PL	P	0.15	(0.05-0.23)	0.13	(0.04-0.2)
R300-1240E-PM	P	0.21	(0.05-0.29)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1240M-KH	K	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1240M-MH	M	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1240M-MM	M	0.17	(0.07-0.29)	0.15	(0.06-0.25)
R300-1240M-PH	P	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1240M-PM	P	0.17	(0.07-0.29)	0.15	(0.06-0.25)
R300-1340E-ML	M	0.15	(0.05-0.23)	0.13	(0.04-0.2)
R300-1340E-MM	M	0.21	(0.05-0.29)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1340E-PL	P	0.15	(0.05-0.23)	0.13	(0.04-0.2)
R300-1340E-PM	P	0.21	(0.05-0.29)	0.18	(0.04-0.25)
R300-1340M-KH	K	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1340M-MH	M	0.23	(0.07-0.35)	0.2	(0.06-0.3)
R300-1340M-MM	M	0.17	(0.07-0.29)	0.15	(0.06-0.25)

8. Taula. f_z eta a_{cmax} balioak CoroMill 300-entzat.

Jarraian, V_c aukeratu behar da. Horretarako ISO izendapenaren arabera mekanizatzen ari garen materiala zein motakoa den zehaztu behar da. Gainera, katalogoak hautatutako plakatxo eta materialarentzat 7. Taulan adierazten du zein kalitate dagokion kasu bakoitzari. Honen guztiaren arabera, eta txirbil lodiera maximoaren arabera, V_c ondorioztatzen dugu, 9. Taula begiratzuz.

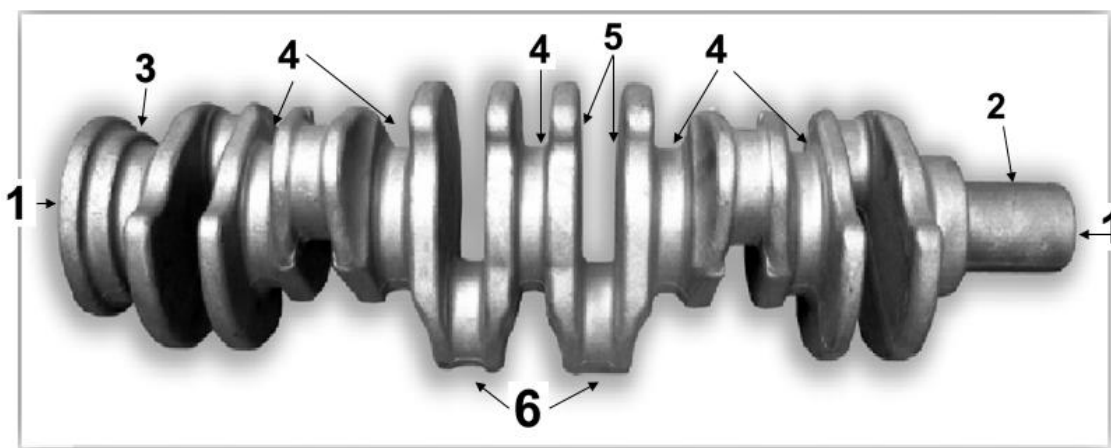
Gure materiala 37CrS4 da (aleazio baxuko altzairua), eta altzairu tenplatu eta iraozten taldean sartzen da (Sandvik Coromant-en izendapen kodea: P.2.2.Z.AN). Bestalde, plakatxo eta material hauentzako, katalogoak gomendatzen duen lehen aukera kalitateari dagokionez, GC1030 da. Hau jakinda, txirbil lodiera maximoa (a_c^{max}) kalkulatu behar da V_c lortu ahal izateko.

Mater. MC	N° OMC	Material	Fuerza de corte específica f_c	Densidad ρ	Módulo E	Caudal de corte V_c (m/min)																			
						0.1-0.15-0.2	0.25-0.31-0.3	0.4-0.5-0.5	0.6-0.7-0.7	0.8-0.9-0.9	1.0-1.1-1.1	1.2-1.3-1.3	1.4-1.5-1.5	1.6-1.7-1.7	1.8-1.9-1.9	2.0-2.1-2.1									
<p>ISO 1</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 2</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 3</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 4</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 5</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 6</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 7</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 8</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 9</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 10</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 11</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 12</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 13</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 14</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 15</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 16</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 17</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 18</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 19</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 20</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 21</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 22</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 23</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 24</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 25</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 26</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 27</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 28</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 29</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 30</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 31</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 32</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 33</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 34</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 35</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 36</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 37</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 38</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 39</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 40</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 41</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 42</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 43</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 44</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 45</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 46</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 47</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 48</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 49</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 50</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
<p>ISO 51</p> <p>Acero inoxidable</p> <p>Acero inoxidable</p>						0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0</

7.3.3. MEKANIZATUTAKO GAINAZALAK ETA KALKULUAK

Prozesu orri osoa garatzeko orduan erabaki asko hartu dira eta prozesu luzea izan da. Hori dela eta, erreminta eta parametro guztien aukeraketarako eman diren pausu guztiak azaltzea beharrezkoa ez dela, eta prozesu orriarekin berarekin azalduta geratzen direla onartzen da. Hala ere, atal honetan aipatu egingo dira forjako birabarki batean mekanizatzen diren gainazalak, eta bakoitzean egindako kalkulu adierazgarrienak).

Gainera, mekanizazio operazio batzuk prozesu berezia jasan dute edota kontsiderazio bereziak hartu dira gauzatu ahal izateko, eta horiek azaltzea ezinbestekotzat hartzen da.



22. Irudia. Birabarkian mekanizatuko diren gainazalak.

1. Eragiketa. Muturretako aurpegia

Birabarkian egingo diren lehen eragiketak izango dira, forjako planotik mekanizazio planora pieza murrizten den 3 zm-ak kentzeko. Hasiera batean aurpegiketa eragiketa bat dirudi, baina aurretik aipatu den bezala ez da posible.

Izan ere, pieza honetan torneaketa eragiketak egiteko, birabarkia gainazal hauetan forjatik iada mekanizatuta datozen zuloetatik eusten da eta biraketa mugimendua ematen zaio. Egoera honetan ezinezkoa da muturretako aurpegiak torneaketaz mekanizatzea, eta beraz fresaketaz mekanizatzea erabakitzen da. Jarraian egin behar izan diren kalkuluak azalduko dira.

Behin katalogoaren bitartez gure erreminta eta plakatxoa aukeratu ditugula (gure kasuan **CoroMill 245 R245-160 Q40-12M** eta **R245-12 T3 M-PM**, hurrenez hurren), parametroen kalkuluari ekingo diogu.

Lehenik eta behin hortzeko aitzinapena (f_z) zehaztu behar da. Parametro hau katalogoaren gomendioa jarraituz aukeratzen dugu, kasu honetan $f_z = 0,24 \text{ mm/z}$.

Behin hau jakinda a_c^{max} txirbil lodiera maximoa definituko dugu, zein 4323. ekuazioa jarraituz kalkulatu dugun, $\theta=90^\circ$ kontsideratuz eta $\kappa_r=45^\circ$ dela jakinik. Hortaz, $a_c^{max} = 0,1697 \text{ mm}$.

Taulek ematen dituzten balio gertuenak $a_c^{max} = 0,1$ edo $0,2$ -rako dira, beraz gure balioa interpolatuz lortuko da:

$$\frac{a_c^{max}_2 - a_c^{max}_1}{V_{c2} - V_{c1}} = \frac{a_c^{max}_2 - 0,1697}{V_{c2} - V_c} \quad (11)$$

Ekuazio honetatik V_c kalkulaten da, eta bere balioa **176,52 m/min** da. Hau jakinda, N biraketa abiadura ere kalkulatu dezakegu:

$$N = \frac{1000 * V_c}{\pi * D_c} = \mathbf{351,17 \text{ bira/minutu}}$$

Non D_c fresaren kanpo diametroa den (mm).

Prozesu orria osatzeko P_c potentzia eta t denbora geratzen zaizkigu bakarrik. P_c lehen aipatutako formularen bitartez kalkulaten dugu:

$$P_c = \frac{a_p * a_e * V_f * k_c}{60 * 10^6 * \eta} \quad (12)$$

Non parametroak 6.2.2. Atalean azaldu diren berdinak diren.¹¹

Ekuazio honetatik, V_f eta k_c dira ezezagunak. V_f -ren kalkulurako hurrengo formula jarraituko dugu:

$$V_f = f_z * z * N \quad (13)$$

Non V_f aitzinapen abiadura den (mm/min), f_z hortzeko aitzinapena (mm/z), z hortz kopurua, eta N fresaren biraketa abiadura (b/min).

Parametro guztiak ezagunak izanik, gure kasurako ($\varnothing 60$ ko aurpegirako): **$V_f = 842.8 \text{ mm/min}$.**

Bestalde, k_c -ren kalkulua:

$$k_c = k_{c1} * h_m^{-m_c} \quad (14)$$

Non k_{c1} ebaketa indar espezifikoa den (N/mm^2), m_c ISO arauaren arabeko kte. bat, eta h_m txirbilaren batz besteko lodiera (mm).

k_{c1} eta m_c tauletatik atera ditzakegu, baina h_m kalkulatu beharko dugu, hurrengo formularen arabera:

$$h_m = \frac{\sin(\kappa_r) * 180 * a_e * f_z}{\pi * D_c * \arcsin\left(\frac{a_e}{D_c}\right)} \quad (15)$$

Non parametro guztiak ezagunak diren eta aurretik definituak izan diren.

¹¹ Erabilitako makinaren espezifikazio orrian ez da etekina adierazten, beraz %90ekoa suposatuko da kalkuluetarako.

Horrela, gure parametroak:

- $h_m = 0,16556 \text{ mm}$
- $k_c = 3135,39 \text{ N/mm}^2$
- $P_c = 4,4 \text{ kW}$

Azkenik, t denbora kalkulatu da, hurrengo formula jarraituz:

$$t = \text{erremintak egindako distantzia} / V_f$$

Horrela, $\varnothing 60$ ko aurpegiarentzat, $t = 0,26 \text{ min.}$

2. Eragiketa. Sudurra + lehenengo euskarri nagusia

Gainazal hauek kontorneaketa eragiketa arrunta behar dute. Bakoitzak behar duen mekanizatutako sakonera ezberdina denez eta CoroPlus ToolGuide programan sartu ahal izateko, lau zilindraketa eragiketa ezberdinetan banatu dira prozesu orrian, baina denen artean kontorneaketa eragiketa bakarra osatzen dute. Horregatik, erreminta eta plakatxo berbera erabiltzen da denerako.

Gainazal honetan V_f , f , t eta a_p parametroak web-orriko gidaren bitartez lortu dira. N eta P , ordea, kalkulatu egin dira, (1) eta (8) ekuazioen arabera.

3. Eragiketa. Bolantearen aldeko muturra

Aurreko kasuan bezala, gainazal hauen mekanizazioa prozesu orrian hainbat zilindraketa eragiketetan banatu da, baina denen artean kontorneaketa eragiketa osatzen dute.

Azaldu behar da, hala ere, gainazal hau mekanizatzean erronka bat sortu zaigula. Hain zuzen ere, 2108 eta 2109 eragiketetan.¹² Arazoa bertan dagoen 7^oko gainazal zorrotza izan da. Angelu hain zorrotza izatean, ez zegoen erremintarik gainazal guztia mekanizatzen ahalbidetuko zigunik (90^oko eskuaira alde batean eta 83^okoa bestean). Hori dela eta, bi eragiketetan banatu dugu: lehenengo gainazal erdia mekanizatzen da 90^oko eskuaira emanaz, eta ondoren erremintaz aldatu behar dugu 83^o ko kontorneaketa hori egiteko.

Parametroen kalkulua 2. Eragiketetan bezala egin da.

¹² Eragiketa hauek 5. Eranskinean datoz definituta, hau da, prozesu orrian.

4. Eragiketa. Euskarri nagusiak

Euskarri nagusien ardatzak, erroen kasuan ez bezala, bat egiten du piezaren biraketa ardatzarekin, eta beraz posiblea da torneaketaz mekanizatzea. Hala ere, euskarrien estutasunak eta alboetan besoak edukitzeak galarazi egiten zuen era horretan mekanizatuak izatea, eta beraz artekaketaz mekanizatzea erabakitzen da. Horrela, bi pasada egiten zaizkio, lehenengoan izkinak eta erdiko zati estu bat mekanizatuz, eta azkenik mekanizatu gabe geratzen diren bi atalak mekanizatuz.

Kasu honetan, P_c potentziaren kalkulua aipagarria da. Izan ere, (8) ekuazioa jarraituz kalkulatu da, non F_c -ren kalkulua:

$$F_c = p_s * f * a_p \quad (16)$$

Non p_s ebaketa energia espezifikoa (N/mm^2) den, f aitzinapena, eta a_p kasu honetan artekaren zabalera den (mm).

Parametro hauek ezagunak dira, p_s izan ezik, zeinen kalkulua:

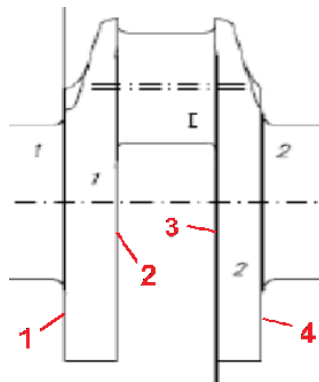
$$p_s = 2000 * a_c^{-0,25} \quad (17)$$

Non a_c (mm) txirbil lodiera den, kasu honetan f aitzinapenaren balio berbera hartuko dugularik.

Orain bai, V_c ezaguna denez, P_c -ren kalkulua egin genezake.

5. Eragiketa. Birabarkiaren besoen aurpegiak

Piezaren atal hauek ere mekanizazio prozesu berezia behar dute eta horregatik aipatzekoa da. Batez ere, erroen alderantz begiratzen duten aurpegiak, 22. Irudiko 2 eta 3 gainazalak, hain zuzen.



23. Irudia. Birabarkiaren beso baten gainazalak.

1 eta 4 gainazalen mekanizazioa aurpegiketa normal bat bezala egingo da. Egia da alde batetik bestetik baino diametro handiagoa aurkezten duela, baina hori ez da zertan arazoa izan behar. Besterik gabe, kontuan izan behar da hasieran erremintak soilik alde batekin kontaktatuko duela, eta beraz mekanizatu etendua izango dela. Torneaketa erreminta piezaren ardatzera gerturatzen den eanean, gero eta gainazal azalera handiagoa mekanizatuko du, azalaren mekanizazio osoa lortu arte.

Benetako arazoa 2 eta 3 gainazalen mekanizazioarekin dator. Aurreko kasuan gertatzen zen bezala, erroen ardatzak ez dute bat egiten piezaren biraketa ardatzarekin, eta zailtasun berdina agertzen da besoen barneko aurpegi hauek mekanizatzeko.

Aurretik azaldu den bezala, erroak mekanizatzeko fresak gora-beherako mugimendu bat aurkeztu behar du eragiketa era egokian egin dadin, eta gauza berbera gertatzen da erro hauekin kontaktuan dauden besoen aurpegiekin. Desberdintasun bakarra, gainazal hauetan torneaketa eragiketa aplikatuko dela da.

Eragiketa honetan ere ardatzen mugimendu berezi hau zenbakizko kontrolaren bidez programatzen da. Bestalde, torneaketa erremintaren aukeraketa eta eragiketaren parametroen kalkulua egiterakoan CoroPlus ToolGuide-en makinaren abiadura maximoa $N_{max} = 200$ b/min ipiniko da, piezak abiadura azkarregian ezin baitu biratu, eragiketa berezi hau egin ahal izateko.

Aipatu beharra dago kontrapisuak ez dutela beti mekanizaziorik jasotzen. Askotan, forjako geometria berbera mantentzen dute, haien funtzio bakarra biratzen duen masa handitzea baita, kuxineteek jasaten dituzten esfortzuak murrizteko, eta horretarako mekanizazioa ez da beharrezkoa. Hala ere, gure kasuan forjako planotik mekanizazioko planora neurrien desberdintasunak esaten digu mekanizatuak izan behar direla.

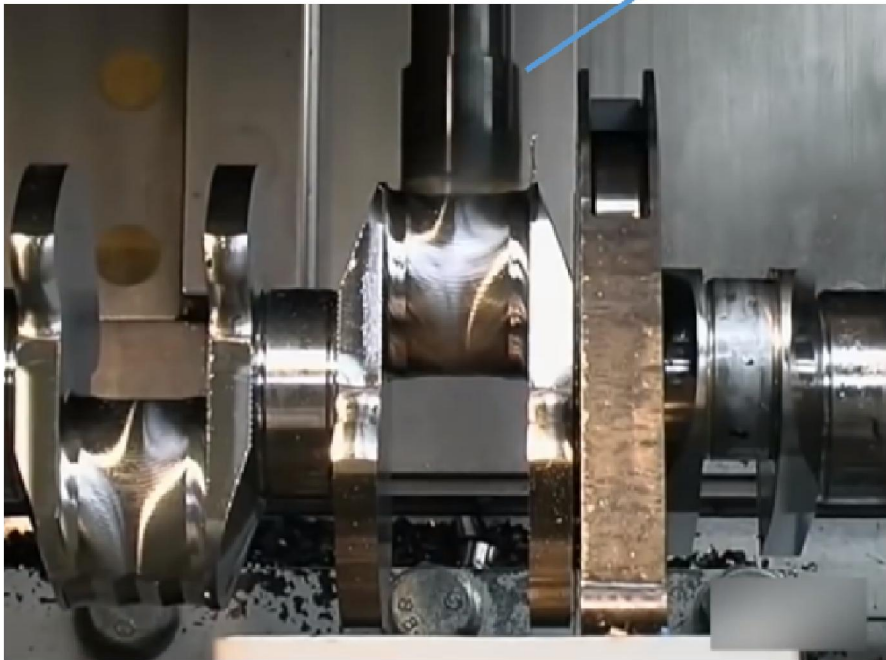
6. Eragiketa. Birabarkiaren erroak

Atal hauentzako azalpen zabalagoa egingo da, eragiketa konplexua aplikatzen baitzaie eta prozesu orria garatzea erronka handia izan baita.

Prozesu guztian zehar piezaren biraketa ardatzak euskarri nagusien eta muturren ardatzarekin egiten du bat, baina ardatz honek ez du bat egiten erroen ardatzekin. Hortaz, pieza biraraztean erroek mugimendu zirkularra jarraitzen dute. Horretan oinarritzen da birabarkiaren funtzioa automobilaren funtzionamenduan, baina mekanizatzeko eragiketa erabakitzeko orduan erronka handiengan bihurtzen da. Hau ikusita, erabaki da erroetan torneaketa eragiketa bat egitea guztiz bideraezina zela eta fresaketa teknologia aplikatuko zaiola. Hala ere, fresaketa teknologia ere berezia izan beharko da, erroaren gainazalaren osotasuna mekanizatu ahal izateko.

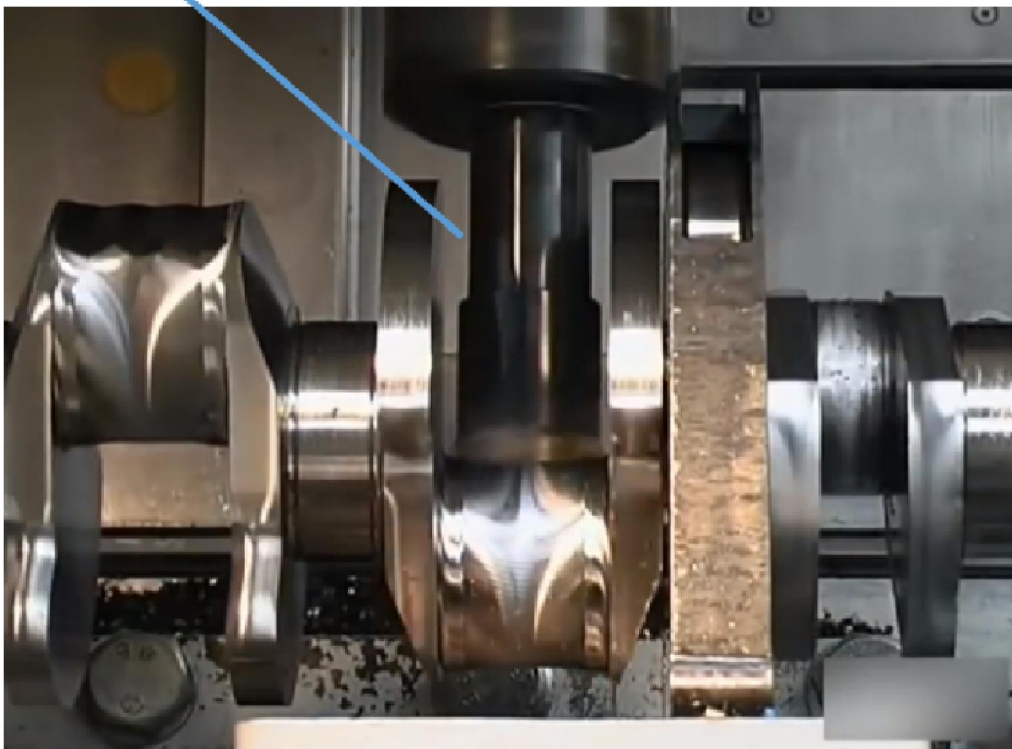
Gauzak horrela, hurrengo prozesua jarraituko dela erabakitzen da: Pieza abiadura oso motel batean biraraziko da ardatz nagusiarekiko, eta orduan zenbakizko kontrolari esker fresa gora eta behera mugiaraztea eta erroaren mugimendu zirkularra jarraitzea lortu dezakegu. Prozesu hau ulergarriagoa suertatu daiteke 24. Eta 25. Irudiak begiratuta.

Fresa 1. posizioan



24. Irudia. Birabarki baten mekanizatuko fresa lehenengo posizioan.¹²

Fresa bigarren posizioan



25. Irudia. Piezaren bira erdiko posizioa.

Behin hau argi dagoela, orain mekanizaziorako erremintak eta parametroak 1. Eragiketarako azaldu den prozesu berdina jarraituz kalkulatu dira.

Desberdintasun bakarra t denboraren kalkuluan dago. Erroek azaldu den mugimendu berezi hau jarraitzen dutenez, ibilitako distantzia sortzen duten zirkunferentziaren perimetroa izango da. Horrela, erroen distantzia ardatzarekiko $r=64$ mm izanik:

$$dist = 2\pi r = 402.12 \text{ mm}$$

Hau jakinda, eragiketa burutzeko behar den denbora:

$$t = \frac{dist}{V_f} = \mathbf{0.476 \text{ min}}$$

7.3.4. ALDEZ AURRETIK EGINDAKO KONTSIDERAZIOAK

Prozesu orriaren garapenean, ezezagunak edo haien artean kontraesangarriak ziren balio eta neurri batzuk agertu izan dira. Balio hauek estimatu egin behar dira, edo haiei buruzko eta zentzuzkoak diren kontsiderazio batzuk onartu. Jarraian azalduko dira zeintzuk izan diren balio hauek.

- Eragiketa guztietarako, gainazalaren zimurtasuna $4\mu\text{m}$ -koa onartu da, forjako piezaren tolerantziak begiratu.
- Sandvik Coromanten web orriko CoroPlus ToolGuide erabiltzean, eragiketa guztietan “Máquina Universal de alto rendimiento” aukeratu da makina moduan, gure M40 MillTurn-arekin antzekotasun gehien aurkezten zituen aukera baitzen.

7.4. ATAZEN DESKRIBAPENA

Atal honetan Gradu Amaierako Lan honen garapenean eman diren pausuak eta pausu bakoitzak ekarri dituen erronkak azalduko dira.

GrAL hau martxoan aurkezten zaio ikasleari, “automozioko pieza baten prozesu orriaren garapena” izenburupean, eta momentu horretan hasten da ikaslea lantzen. Horretarako, prozesu guztia hainbat etapatan edo bete beharreko atazetan banatu da.

Lehenengo ataza: Automozioko pieza erabaki. Ezer egiten hasi baino lehen, mekanizatuko den automozioko pieza zein izango den erabaki beharko dugu. Helburu hau lortzeko, egiteko txikiagoetan banatu dugu ataza:

- Lehenik eta behin pieza ezberdinak aztertu behar izan dira. Automobil batean mekanizatzen diren hainbat elementu daude, eta haiei buruzko informazio baliagarria bildu izan da bakoitzak eskaintzen dituen aukerak aztertuz.
- Behin azterketa egin dugunean, aukera guztien artean interesgarrienak diren piezak aukeratzen dira. Aurre-aukeraketa honetan bost elementu bereizi dira: martxa aldaketa kutzako ardatza, birabarkia, enbragea, direkzioko pinoia eta sarrerako tximeleta.
- Ondoren, bost pieza hauen mekanizazioari buruzko informazio erabilgarria bilatu behar da, batez ere plano egoki bat aurkitzearen helburuarekin. Ataza hau pieza batzuen kasuan ez da posiblea izan, haien plano baliagarri bat ez baita lortu.
- Horrela, lortutako planoekin eta batutako informazioarekin irakasleari mekanizatu nahi den piezaren proposamena egin behar zaio, haren onspena lortzeko.

Hau eginda, ataza hau lortutzat hartzen da: birabarkia aukeratu da prozesu orria garatzeko.

Lehenengo ataza lortzeko erabilitako baliabideak: Bulegoko materiala (ordenagailu bat, inpresora), Arias-Pazen automobilen eskuliburua.

Lehenengo ataza lortzeko erabilitako denbora: 14 egun.

Bigarren ataza: Aurreformako prozesua aukeratu. Automoziorako birabarki bat mekanizatzeke orduan, beste ardatzezko pieza batzuetan ez bezala, hasierako geometria bloke bat izatea ez da oso ohikoa, eta normalean aurreforma ematen zaio prozesu ezberdinen bidez. Gure kasurako aurreforma hau zein den aukeratu behar da.

- Hasteko edozein piezari aurreforma emateko dauden prozesu ezberdinak ikasi behar dira, erabakia hartu ahal izateko oinarrizko jakintza batzuk bereganatu nahian.

- Ondoren, birabarki bati aurreforma emateko dauden prozesu ezberdinak aztertzen dira. Birabarki bat bai galdaketaz zein forjaz fabrikatu daiteke, eta bakoitzak dakartzan onurak eta kalteak analizatu behar dira.
- Behin hau eginda dugula, gai gara erabaki bat hartzeko piezan aplikatuko dugun aurreforma prozesuari buruz. Gure kasuan, aipatu beharra dago ataza honen igarotzean zehar birabarki konkretu baten mekanizazio planoan aurkitu zela, bere forjako geometria argitzen zuen beste plano batekin batera. Hortaz, erabakia hartuta zegoen.

Behin irakasleak erabakia egokitzen hartu duela, ataza lortu da.

Bigarren ataza lortzeko erabilitako baliabideak: Bulegoko materiala (ordenagailu bat, inpresora).

Bigarren ataza lortzeko erabilitako denbora: 8 egun.

Hirugarren ataza: Mekanizazio eragiketen azterketa. Iada pieza zein den, ze nolako aurreforma izango duen eta haren plano eskura dugula, gai izango gara birabarkian egingo diren mekanizazio eragiketa guztiak aztertzeko eta definitzeko.

- Horretarako, lehenik eta behin aipatu behar da ikasleak ez duela “Teknologia Mekanikoa” ikasgaia egin lehenengo lauhilekoan, eta beraz ikasgai honetako ezagutza teorikoak bereganatzea beharrezkoa dela aurrera jo baino lehen.
- Era berean, iadanik bilduta genuen informazioa osatuko duen birabarkiaren eta haren fabrikazioaren inguruko informazio zehatza eskuratu behar dugu. Zelan mekanizatu ohi den, zein beste aukera dauzkagun, etab. Pausu hau aurrekoarekin batera emango da denboran.
- Behin jakintza guztiak eskuratu direnean mekanizazio prozesuei buruz eta birabarkiari buruz, gure piezan egingo diren eragiketa guztiak definitu ahalko dira.

Hirugarren ataza lortzeko erabilitako baliabideak: Bulegoko materiala (ordenagailua), Sandvik Coromant-en web orriko CoroPlus ToolGuide gida, Sandvik Coromant-en erreminten katalogo fisikoa, “Teknologia Mekanikoa” ikasgaia.

Hirugarren ataza lortzeko erabilitako denbora: 18 egun.

Laugarren ataza: Makina aurkitu. Proposatutako mekanizazio eragiketa horiek zein makinatan egingo diren erabakitzea ataza garrantzitsua da prozesu orria garatzen hasi baino lehen, eragiketa bakoitzeko parametroak baldintzatuko baititu.

Horregatik, aukeratu dugun pieza mekanizatzeko gai den makina egokiena bilatu eta aukeratuko da, piezaren neurriak, egingo diren mekanizazio eragiketak, eta makinaren ezaugarri teknikoak kontuan hartuz.

Laugarren ataza lortzeko erabilitako baliabideak: Bulegoko materiala (ordenagailua).

Laugarren ataza lortzeko erabilitako denbora: 3 egun.

Bostgarren ataza: Prozesu orriaren garapena. Iada hartuak egongo dira prozesu orria egiten hasi baino lehenago hartu beharreko erabakiak, beraz lan honen ataza garrantzitsuena egiten hasi gaitzke. Horretarako:

- Lehenik eta behin, lehenago erabaki diren eragiketak burutzeko behar diren erremintak aukeratu behar dira. Horretarako, Sandvik Coromant-ek eskaintzen dizkigun baliabideez lagunduko gara.
- Behin erremintak aukeratu direla, ebaketa parametro guztiak kalkulatu beharko dira (f_z , V_c , P , N , a_c , a_e eta denbora).
- Bi aurrepausu hauek eman ondoren, prozesu orria idatziko da. Horretarako, eragiketa bakoitzerako krokis bat marrazten da, eta azalpen labur bat ematen da.

Bostgarren ataza lortzeko erabilitako baliabideak: Bulegoko materiala (ordenagailua, kalkulagailua, inpresora), Sandvik Coromant-en web orriko CoroPlus ToolGuide gida, Sandvik Coromant-en erreminten katalogo fisikoa, EHU-k utzitako prozesu orriaren txantilo bat.

Bostgarren ataza lortzeko erabilitako denbora: 21 egun.

Seigarren ataza: Lanaren garapena. Azkenik, entregatuko den lan honen garapena egin behar da. Esan behar da ataza hau gainerakoak burutzen ari ziren bitartean poliki-poliki aurreratzen goazela. Hala ere, hurrengo egitekoetan banatzen dugu:

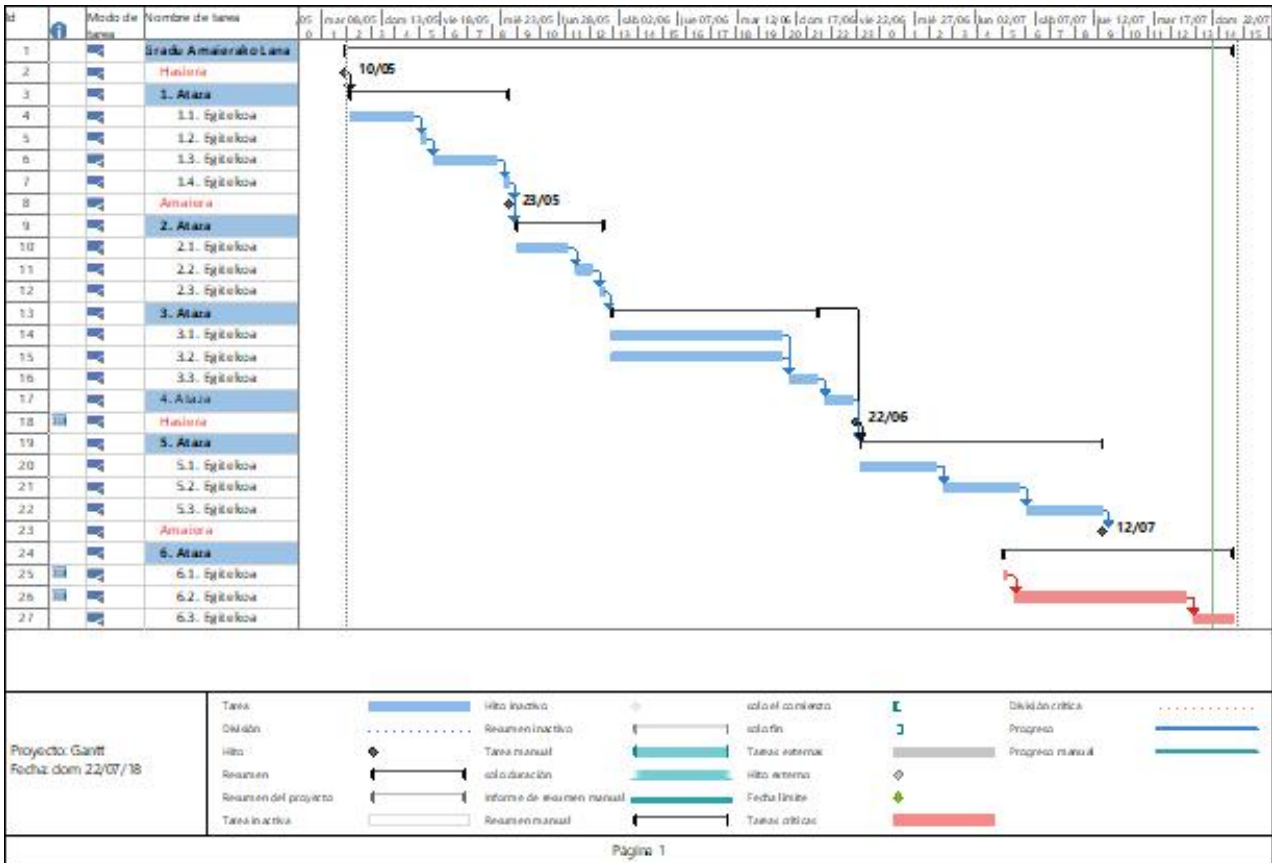
- Aurrena, aurkibidea garatu behar da. Hau egiteko Ingenieritza Eskolaren arautegian agertzen den ereduari oinarritzen gara, eta kasurako proposamen pertsonalizatua egiten da.
- Hau argi dagoenean, berezko lana idazten da. Atal batzuk aurretik garatuak izan dira eta lanean erantsi behar baino gehiagorik ez dago, baina beste batzuk idatzi beharko dira.
- Jarraian, lanaren emaitzak aztertzen dira eta ateratako ondorioak deskribatu. Era berean, aurrekontua kalkulatu da.

Seigarren ataza lortzeko erabilitako baliabideak: Bulegoko materiala (ordenagailua, kalkulagailua).

Seigarren ataza lortzeko erabilitako denbora: 20 egun.

7.5. GANTT-EN DIAGRAMA

Aurreko atalean azaldutako ataza guztiak, hurrengo Gantt-en diagraman agertzen dira era eskematikoan:



26. Irudia. Gantt-en diagrama.

Gantt-en diagrama hau garatzeko, aurretik atazen deskribapenean azaldu diren denborak hartu dira kontutan. Nahiz eta lehen aipatu den GrAL-a ikasleari martxoan aurkeztu zitzaioela, ikasturteko bestelako zereginak direla eta lanaren benetako garapena ez da orduan hasten. Gutxi gora beherako hasiera eguna Maiatzaren 10a izan zela kontsideratu da, eta batz-besteko bat eginez, egunean 4 ordu egin direla lan. Horrela, lana amaitua izan da Uztailaren 23an eta Uztailaren 24an entregatua.

8. IKUSPEGI EKONOMIKOA

8.1. AURREKONTUAREN DESKRIBAPENA

Edozein proiektutan ezinbestekoa da egingo diren gastuen estimazio bat aurrekontu moduan egitea. Izan ere, honek proiektua aurrera eramateko kapital nahikoa dagoen eta, era berean, proiektua errentagarria den adieraziko digu. Aurrekontu zehatz batek, proiektu osoan egingo diren gastuak estimatuko lituzke. Hala ere, lan honetan proiektuaren proposamena besterik ez da egiten, eta beraz ez dago gure esku proiektua aurrera eramatearen gastuak zeintzuk izango lirartekeen kalkulatzeari. Bai ordea, lan hau garatzeak ekarriko dituen gastuen aurrekontua egitea, eta beraz hori bera egingo da jarraian.

Aurrekontua hainbat ataletan banatuko da kalkulu zehatzagoa izan dadin: Barne-orduak, inbertsioak, gastuak, azpi-kontratazioak, gastu ez-zuzenak eta ezusteak. Ondoren, denak batera adieraziko dira amaierako balio bat adieraziz.

Barne-orduak

Horrela deitzen zaie proiektua burutzen duen erakundearen langileek proiektuaren gauzatzean emandako orduei. Hauen kalkulua egiteko, zenbatespena egin behar da atazaz-ataza eta langilez-langile. Horrela izanik, barne-orduei dagokien gastua langileak proiektuan emandako orduen eta ordu-tasaren arteko biderkadura izango da. Orduko-tasa hainbat faktoreren arabera kalkulatu da: Langilearen soldata gordina, enpresak ordaintzen duen gizarte segurantza eta kostu ez-zuzenen ehunekoa.

Gure kasuan, bi langile ditugula esan dezakegu: ikaslea eta lanaren zuzendaria, zeintzuk Ingeniari Juniorra eta Ingeniari Seniorra deituko ditugun, hurrenez-hurren.

Ingeniari Junior baten urteko soldata gordina 30.000€-koa estimatuko da, 1750 ordutarako. Honi gizarte segurantza (%4.7 gutxi gora behera) eta kostu ez-zuzenak (%4) gehituz, orduko tasa:

$$30.000+(30.000*0.047)+(30.000*0.04)= 32.610€$$

$$\text{Orduko tasa}=32.610€/1.750h=18.63$$

Ingeniari Senior batek, bere aldetik, urteko 60.000€-ko soldata gordina jasotzen duela onartzen dugu, 1750 ordutarako. Honi, aurreko langilearentzat egin berri bezala, gizarte segurantza (%4.7 gutxi gora behera) eta kostu ez-zuzenak (%4) gehituz, orduko tasa:

$$60.000+(60.000*0.047)+(60.000*0.04)=65.220€$$

$$\text{Orduko tasa} = 65.220€/1.750h=37.27$$

Orduko tasak ezagututa, barne-orduei dagokien gastua kalkulatu dezakegu. Horretarako atazen deskribapenean azaldutako lan-orduak ezarri zaizkio ingeniari Juniorrari, eta 20 ordu estimatu zaizkio irakasleari, gutxi-gora beherako kalkulua eginez. Balioa 10. Taulan agertzen da.

LANGILEA	LAN EGINDAKO ORDUAK (h)	ORDUKO TASA (€/h)	GASTUAK BARNE-ORDUENGATIK (€)
Ingeniari Juniorra	300	18,63	5589
Ingeniari Seniorra	20	37,27	745,4
TOTALA (€)			6334,4

10. Taula. Barne-orduen gastuak.

Inbertsioak

“Inbertsio” enpresak proiektua aurrera eramateko erabiltzen dituen aktibo finkoei deitzen zaie. Talde honetan sartuko ditugu makineria, ordenagailuak, lizentziak, baimenak, eta abar. Inbertsio hauen erabilpenak haien balio-galera ekartzen du, eta hori da kalkulatu dena atal honetan.

Kalkulua egiteko, hurrengo ekuazioa jarraituko dugu:

$$\frac{P_h * t_p}{t_e} \quad (18)$$

Non P_h = produktuaren hasierako balioa (€) den, t_p proiekturako erabilitako denbora (h) eta t_e produktuaren bizitza erabilgarria (h).

Hurrengo 11. Taulan adierazten dira egindako inbertsioak eta hauek suposatuko dituzten gastuen estimazioa:

AKTIBO FINKOA	HASIERAKO BALIOA (€)	BIZITZA ERABILGARRIA (h)	ERABILPEN DENBORA (h)	INBERTSIOA (€)
Ordenagailua	800	25000	250	8
Microsoft Office 365 HOGAR	99	8760	150	1,70
Microsoft Office Project 2013	417	8760	50	2,38
Calculadora	20	85000	10	0,002
TOTALA (€)				12,08

11. Taula. Inbertsioak.

Gastuak

Proiekturako erabili eta ondoren deuseztatzen diren produktuak eta gastu ez-materialak. Esaterako, bulegoko materiala, bidaiak-gastuak, material suntsikorra, prototipoak, probak, argia...

Lan honetarako, hurrengo gastuak hartu dira kontutan, zeintzuk 12. Taulan adierazten diren:

- Bulegoko materiala.
- Ikasleak Gasteiztik Bilbora egin izandako bidaiak.

GASTUAK	KOSTUA (€)
Bulegoko materiala	50
Gasteiz-Bilbo arteko bidaiak	120
TOTALA (€)	170

12. Taula. Gastuak.

Azpi-kontratazioak

Proiektua gauzatzeko beste erakunderen lanak beharrezkoak direnean, lan hauek ekartzen duten gastua kalkulatu da. Gure kasuan ez da azpikontrataziorik gauzatu, beraz atal honek ez du gasturik suposatuko eta ez da atal honetan adieraziko.

Kostu ez-zuzenak

Hauek proiektuetan esleitu ezinak izaten dira, proiektuetan parte hartzen ez duten izakiak izaten direlako. Normalean, urte oso batean egondako kostu ez-zuzenak eta zuzenak kalkulatu dira eta ehunekoa ateratzen da. Ehuneko hau %4a izango dela estimatu da, eta beraz, 13. Taulan agertzen den bezala adierazten da.

Kostu zuzenak (€)	6516.48
Kostu ez-zuzenen %	4%
TOTALA (€)	6777.14

13. Taula. Kostu ez-zuzenak.

Ezusteak

Atal hau behin aurrekontuaren ehunekoa izanda, batzuetan ipintzen den kopuruari dagokio, aurrekontuaren gehipenak ekar lezaken kaltea ekiditeko. Gure kasuan, esaterako, ezuste bezala kontsidera dezakegu ataza bat gaizki egiteagatik jasotako zuzenketak, edo proiektuaren atal baten galera. Hortaz, ezusteak gastu totalen %5-a izango direla onartuko dugu.

Kostu zuzenak + ez-zuzenak (€)	6777.14
Ezusteak	5%
TOTALA (€)	7115.99

14. Taula. Ezusteak.

Totala

Jarraian, kalkulaturako gastu guztiak biltzen dira 15. Taulan, aurrekontu totala ezarri.

	Kostua (€)
Barne-orduen gastua	6334,4
Inbertsioak	12,08
Gastuak	170
Azpikontratazioak	0
Kostu ez-zuzenak	260.66
Ezusteak	338.86
TOTALA	7116 €

15. Taula. Amaierako balioa.

9. ONDORIOAK

Behin proposamena egin dagoela eta kalkuluen emaitzak lortu ditugula, jarraian hauei buruzko eta lanaren garapenean ikusitakoari buruzko komentario batzuk egingo dira.

Lehenik eta behin, azpimarratuko dugu proiektuaren helburu nagusia lortu dela: Automoziozko birabarki baten prozesu-orria garatzea. Izan ere, hasierako forma batetik (kasu honetan forjak emandakoa), proposatutako eragiketa batzuen bitartez amaierako geometria bat eman diogu piezari.

Gainera, aurreko forma horri dagokionez, birabarkiaren mekanizazioarako aukerarik onena dela aurretik erabaki dugun arren, prozesu-orria garatu ondoren hartutako erabakia egiaztatu dezakegu, proposatutako mekanizazio eragiketa guztiak era eraginkorrean egitea ahalbidetzen baitigu. Era berean, esan genezake piezaren materialak kalkuluak baldintzatu dituela, baina kalkulaturako parametroak onargarriak direla ondorioztatzen da, eta gainera birabarkiaren funtzionamendurako ezaugarri egokiak dituen materiala dela azpimarratu behar da.

Bestalde, erabakitako makina ere egokia izango litzatekela proposatutako operazioak aurrera eramateko. Makinaren ezaugarri geometrikoek pieza onartzen dute, eta prozesu orrian aipatutako eragiketa guztiak bideratu ditzakegu makina honetan. Gainera, ez potentzia maximoa ez biraketa abiadura maximoa ez da eragiketa batean ere gainditzen.

Hala eta guztiz ere, prozesu hau ikasketa eta proposamen teoriko bat besterik ez da birabarkiaren mekanizazioaren inguruan, eta praktikara eramatea ezinezkotzat hartzen da. Enpresa batek prozesu hau edo antzeko bat aurrera eramatea erabakiko balu, proiektuaren errentagarritasuna kalkulatu beharko luke, baina ez da lan honen eginbearra, ordea, hau kalkulatzeko, gure eskumenetik kanpo geratzen baitzaigu. Beraz, praktikara eramatea nahi izango balitz ikasketa sakonagoa egin beharko litzateke.

Gainera, normalean automozioko piezak fabrikatzen dituen halako enpresa batek, bezeroaren nahien arabera diseinatzen du fabrikazio prozesua, beraz hau ere kontuan hartzeko faktore bat izango litzateke.

10. ERREFERENTZIAK ETA BIBLIOGRAFIA

ERREFERENTZIAK

- ¹ **ACICAE**-ren web orritik eratorritako datuak, Euskadiko automozio erakundea.
<https://www.acicae.es/>
- ² **ACICAE**-ren web orritik eratorritako datuak, Euskadiko automozio erakundea.
<https://www.acicae.es/>
- ³ **Observatorio Industrial del Sector del Metal**. *ESTUDIO DE COMPETITIVIDAD DEL SECTOR INDUSTRIAL DEL MECANIZADO EN ESPAÑA (PROYECTO AVIVA)*. (2012). pp-20-26.
Eskuragarri:
<http://www.mincotur.gob.es/industria/observatorios/SectorMetal/Actividades/2011/C ONFEMETAL/Estudio de Competitividad del Sector Industrial del Mecanizado en Espa %C3%B1a Proyecto AVIVA.pdf> -n.
- ⁴ **BaseLogica.com**. *Componentes del motor: Órganos del movimiento alternativo*. (online).
Eskuragarri: <https://www.baselogica.com/componentes-del-motor-organos-del-movimiento-alternativo/> -n.
- ⁵ **Fazermotos.com** web-orritik eskuratutako argazkia. Eskuragarri:
<http://www.fazermotos.com/Rectificacion-de-ciguenales-de-motos.htm> -n.
- ⁶ **Guardiola, F. (UPM)**. *Desarrollo y suministro de un cigüeñal de forja para el mercado del recambio en el sector de la automoción*. Gradu Amaierako Lanetik eskuratutako argazkia.
- ⁷ **IndherPro** enpresaren web-orritik eskuratutako argazkia. Eskuragarri:
<http://indherpro.com.mx/project/torneado/> -n.
- ⁸ **IMH-Fabrikazioaren zentro aurreratua**-ren web-orritik eskuratutako argazkia.
Eskuragarri: <http://www.imh.eus/es/comunicacion/dokumentazio-irekia/manuales/introduccion-a-los-procesos-de-fabricacion/conformacion-por-mecanizado/mecanizado-por-arranque-de-viruta/fresado> -n.
- ⁹ UPV/EHU -ko **Teknologia Mekanikoa** ikasgaiko apunteetatik ateratako argazkiak. (7,8,9,10,11,12 eta 13 Irudiak iturri beretik hartu dira.)
- ¹⁰ **MAG** enpresaren web-orritik eskuratutako argazkia. Eskuragarri: <http://www.mag-ias.com/web/en/produkte/produktseite.php>
- ¹¹ 3. Eranskina. *Forjako plano* -ren xehetasuna.
- ¹² Hau zein 25. Irudiak **WFL M60 MillTurn Complete Crankshaft Machining - MARTECH Machinery, NJ - USA** bideotik ateratako argazkiak.
<https://www.youtube.com/watch?v=81UjjSH2iFw>

BIBLIOGRAFIA

Valladares, S. *Cigüeñal, Qué Es, Cómo Funciona, Partes, Ubicación y Por Qué Falla.* (online). Mundo del motor. Eskuragai <https://www.mundodelmotor.net/ciguenal/> -n.

Arias Paz, M. (2004). *Manual de automóviles, 1977-1978.* 55. edizioa. Madrid: Dossat. pp. 53-81.

Ikastaroak.ulhi.net. *Procesos de mecanizado por arranque de viruta.* (online) Eskuragai: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMC/M/DPMC01/es_PPFM_DPMC01_Contentidos/website_index.html -n.

Guardiola, F. *Desarrollo y suministro de un cigüeñal de forja para el mercado del recambio en el sector de la automoción.* Trabajo de Fin de Grado. Universidad Politécnica de Madrid.

TLV-Compañía Especialista en Vapor. *Fundición VS. Forjado?.* (online). Eskuragarri: <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/casting-and-forging.html> -n.

WFL. *M40/M40-G/M50 Clamp once-machine complete.* (pdf) Eskuragarri: <https://www.wfl.at/es> -n.

Ingenieritza Mekaniko Saila – UPV/EHU. *Teknologia Mekanikoa-Mekanizazioa.* Gelako apunteak. 2017-2018 Ikasturtea

Ikastaroak.ulhi.net. *3.1.-Máquinas.* (online) Eskuragarri: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMC/M/DPMC01/es_PPFM_DPMC01_Contentidos/website_31_mquinas.html -n.

Saarstahl. *Material specification sheet – 37Cr4 / 37CrS4.*

MAG. *Crankshaft Machining-Our expertise.* (pdf). Eskuragarri: <http://www.mag-ias.com/web/en/produkte/produktseite.php> -n

Sandvik Coromant. *Catálogo Principal.* pp D2-D181.

Sandvik.coromant.com. *CoroPlus ToolGuide.* (online). Eskuragarri: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/products/Pages/toolguide.aspx> -n.

Sandvik.coromant.com. *Grupos de materiales de pieza.* (online). Eskuragarri: <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/materials/workpiece-materials/workpiece-material-groups/pages/default.aspx> -n.

Deutsches Institut für Normung. *DIN EN-10083-3. Steels for quenching and tempering-Part 3.* (2007).