

GRADUA: INDUSTRIA TEKNOLOGIEN
INGENIERITZA
GRADU AMAIERAKO LANA

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

***1. ERANSKINA MATERIALAK ISO 513: 2004 ARAUAREN
ARABERA***

Ikaslea: ARRIZABALAGA SAGASTA, JON

Zuzendaria: CELAYA EGÜEN, AINHOA

Ikasturtea: 2017-2018

Data: Bilbon, 2018ko Uztailaren 24an

AURKIBIDEA

1. Sarrera.....	3
2. ISO P: Altzairua.....	4
3. ISO M: Altzairu herdoilgaitza.....	5
4. ISO K: Burdinurdua.....	6
5. ISO N: Ez-burdinezko materialak.....	7
6. ISO S: Superaleazio termo-erresistenteak eta titanioa.....	8
7. ISO H: Altzairu tenplatua.....	9
8. TAULAK.....	10

1. SARRERA

Mekanizazio industriak produzitzen duen material ezberdinez egindako pieza mekanizatuen aniztasuna sekulakoa da. Material bakoitzak, aleazio elementuek, tratamendu termikoak, gogortasunak, eta beste hainbeste faktorek ematen dizkieten berezko ezaugarriak aurkezten ditu. Ezaugarri hauek, gainera, eragin handia dute erremintaren geometria, kalitate eta datuen aukeraketan.

Hori dela eta, materialak ISO arau baten bitartez 6 talde handietan banatzen dira. Talde bakoitzak berezitasun propioak ditu mekanizagarritasunari eta erremintari aurkezten dizkieten eskaerei dagokienez. Hauek 1.Irudian agertzen direnak dira:

ISO P	Acero	ISO M	Acero inoxidable	ISO K	Fundición
ISO N	Aluminio	ISO S	Superalaciones termo-resistentes	ISO H	Material endurecido

1. Irudia. Materialen sailkapena ISO aruaren arabera.

2. ISO P: ALTZAIRUA

Altzairua material talde hauen artean handiena da. Barne hartzen ditu bai material ez aleatuak zein aleazio altuko materialak, altzairurtua eta altzairu herdoilgaitz ferritikoa edo martensitikoa. Orokorrean txirbil luzea osatzen dute eta bere fluxua jarraia izan ohi da.

Jarraian altzairuaren ezaugarriak azalduko dira:

- Karbono edukieraren arabera aldakuntza nagusienak ematen dira (Karbono kontzentrazio altuko materialak setatsuagoak dira, eta karbono kontzentrazio baxukoak material hauskorragoa).
- Altzairua tenplatu, edo tenplatu eta irautua izan ohi da, 400HB-rainoko gogortasunarekin.
- Altzairua konposatu nagusia burdina duen aleazio bat da.
- Aleazio gabeko altzairuek %0,8 baino Karbono kontzentrazio baxuagoa dute, eta ez dute beste aleaziorik. Aleaziodunek, ordea, %1,7 baino baxuagoa, eta Ni, Cr, Mo eta beste aleazio elementuak dituzte.

Mekanizazioari dagokionez, ISO P materialaren ezaugarriak:

- Txirbil luzeko materiala.
- Txirbil kontrol erraza eta uniforme.
- Karbono edukiera baxuko altzairuek sorbatz zorrotzak eskatzen dituzte.
- Ebaketa Indar espezifiko $k_c=1500-3000 \text{ N/mm}^2$.
- Material hauek mekanizatzeko ebaketa indarra eta potentzia ez dira asko aldatzen.

2.1. MC kodea altzairuentzat

Altzairuak lau taldetan banatzen dira haren mekanizagarritasunaren arabera: Altzairu ez aleatuak, aleazio baxuko altzairuak, aleazio altuko altzairuak eta sinterizatuak. Lau talde hauek ondoren beste talde ezberdinetan banatu daitezke Karbono edukiaren, fabrikazio prozesuaren, tratamendu termikoaren eta gogortasunaren arabera. Sailkapen hau 1. Taulan adierazten da.

3. ISO M: ALTZAIRU HERDOILGAITZA

Material hauen aplikazio sektore nagusiak prozesamendua, bridak, hodiak, petrolioa, gasa eta sektore farmazeutikoa dira. Mekanizazioan, txirbil laminarra eta irregularra sortzen da, ebaketa indarra altzairu normalean baino handiagoa baita. Txirbil honen haustura aleazio ezaugarrien eta tratamendu termikoaren araberakoa da.

Altzairu herdoilgaitzaren ezaugarriak:

- Gutxienez %12ko Kromo kontzentrazioarekin aleatuak.
- Karbono edukiera oso murriztua izan ohi da.
- Nagusiki, Nikel-, Molibdeno- edo Titanio-aleazioak dira.
- Altzairuaren gainazalean osatzen den Cr_2O_3 azalak korroigaitza bihurtzen du.

Mekanizazioari dagokionez, ISO M materialaren ezaugarriak:

- Txirbil luzeko materiala.
- Txirbil kontrola uniforme da material ferritiko eta martensitikoetan, baina konplexuagoa izan daiteke beste kasu batzuetan.
- Ebaketa indar espezifikoak: $k_c=1800-2850 \text{ N/mm}^2$.
- Noizean behin sufrea (S) gehitzen zaie mekanizagarriagoak egiteko.

3.1. MC kodea altzairu herdoilgaitzentzat.

Kasu honetan sailkapen nagusia altzairu ferritiko/martensitikoa, altzairu austenitikoa, super-austenitikoa, edo duplex-a den arabera egiten da. Ondoren, aurreko kasuan bezala, mekanizagarritasunaren, fabrikazio prozesuaren, tratamendu termikoaren eta gogortasunaren araberako sailkapena egiten da. Sailkapen hau 2. Taulan adierazten da.

4. ISO K: BURDINURTUA

Burdinurtua, altzairua ez bezala, txirbil motza sortzen duen materiala da. Burdinurtu grisa (GCI) eta burdinurtu xaflagarria (MCI) oso errazak dira mekanizatzeke. Ordea, burdinurtu nodularrak (NCI), burdinurtu trinkotuak (CGI) eta burdinurtu austenperizatuak (ADI) zailtasun gehiago aurkezten dituzte. Talde honetako materialak mekanizatzeke potentzia murriztua izan ohi da.

Burdinurtuaren ezaugarriak:

- Burdinurtua kontsideratzen da Si elementuaren edukiera erlatiboki altua (%1-3) duen Fe-C konposatu bat.
- 3 burdinurtu nagusi daude: burdinurtu grisa (GCI), nodularra (NCI) eta trinkotuak (CGI).
- Karbono edukiera %2 baino altuagoa da.
- Cr, Mo eta V-k karburoak osatzen dituzte, zeintzuek erresistentzia eta gogortasuna handitzen duten baina mekanizagarritasuna murriztu.

Mekanizazioari dagokionez, ISO K-ren ezaugarriak:

- Txirbil motzeko materiala.
- Txirbil kontrol ona edozein ezaugarrientzat.
- Ebaketa indar espezifikoa: $k_c=790-1350 \text{ N/mm}^2$.
- Ebaketa indar murriztuak.
- Abiadura handiko mekanizazioak urraduraren ondoriozko higadura sor dezake.

4.1. MC kodea burdinurtuarentzat

Mekanizagarritasunari dagokionez, burdinurtuak hurrengo taldetan banatzen dira: xaflagarriak, grisak, nodularrak, trinkotuak (CGI) eta harikor austenperizatuak (ADI). Burdinurtu nodular eta austenperizatuak gogortasun balio altuenak aurkezten dituzte. Sailkapen hau 3. Taulan adierazten da.

5. ISO N: EZ-BURDINEZKO MATERIALAK

Material hauen erabilpena batez ere industria aeroespazialean, abiazioan, eta automoziorako hagunetan ematen da. Nahiz eta mm³ bakoitzeko potentzia baxuagoa behar duten, txirbil harroketako abiadura altuak direla eta, eragiketetarako beharrezko potentzia maximoa kalkulatzeko gomendatzen da.

Ez-burdinezko materialen ezaugarriak:

- Bigunagoak dira, 130HB baino gogortasun baxuagoekin. Esaterako aluminioa, kobrea, latoia...
- Orokorrean, ebaketa abiadura altuak eta erremintaren bizitza erabilgarri luzeak lor daitezke, sorbatz zorrotzen erabilpenaren bidez.
- %12-13 Si edukiera baino gutxiago duten aluminio-aleazioak talde honen zati zabalena dira.

Mekanizazioari dagokionez, ISO N-ren ezaugarriak:

- Txirbil luzeko materiala.
- Aleatuta badago, txirbil kontrola erraza da.
- Sorbatz zorrotzak eskatzen ditu.
- Ebaketa indar espezifikoak $k_c=350-1350 \text{ N/mm}^2$.
- Material hauek mekanizatzeko ebaketa indarra eta potentzia ez dira asko aldatzen.

5.1. MC kodea burdinurtuarentzat

Talde honetan, materialak Aluminio, Magnesio, Kobre edo Zinc oinarrizkoak izan daitezke. Ondoren, beste kasuetan bezala, azpisailkapena konposatuen edukia, tratamendu termikoaren, fabrikazio prozesuaren eta gogortasunaren arabekoak egiten da. Sailkapen hau 4. Taulan adierazten da.

6. ISO S: SUPERALEAZIO TERMO-ERRESISTENTEAK ETA TITANIOA

Sektore aeroespaziala, gas turbinen sektorea edo energia sorkuntza sektorea dira material hauen erabilpen handiena egiten dutenak. Superaleazio termo-erresistenteak (HRSA ingelesez) ISO-M materialen antzekoak dira baina mekanizatze askoz konplikatuagoak eta hortaz, erremintaren bizitza erabilgarria askoz gehiago murrizten dute.

ISO-S-en ezaugarriak:

- Nikel, Kobalto, Burdin edo Titanio oinarritun aleazio altuko material aniztasuna aurkezten dute.
- Aleazio eduki handia edukitzeak erresistentzia termiko hobe eskaintzera ahalbidetzen ditu material hauek, eta baita trakzio eta korrosioarekiko erresistentzia.

Mekanizazioari dagokionez, ISO-S-ren ezaugarriak:

- Txirbil luzeko materialak.
- Txirbil kontrol zaila.
- Ebaketa indar espezifikoa $k_c=2400-3100 \text{ N/mm}^2$ HRSA-entzat eta $1300-1400 \text{ N/mm}^2$ titanioarentzat.
- Behar diren ebaketa indar eta potentzia nahiko altuak dira.

6.1. MC kodea superaleazio termo-erresistenteentzat

Mekanizagarritasunaren ikuspuntutik, HRSA-k burdin, kobalto eta nikel oinarritun materialetan banatzen dira. Bestalde, titanioa komertzial purua, alfa aleazioa, ia-alfa aleazioa, alfa/beta aleazioa edo beta aleazioa izan daiteke. Sailkapen hau 5. Taulan adierazten da.

7. ISO H: ALTZAIRU TENPLATUA

Material hauek sektore askotan aurkitu daitezke, automozioan, makinen fabrikazio sektorean...

Altzairu tenplatuaren ezaugarriak:

- Talde hau talderik txikiena da mekanizazioari dagokionez.
- 45-65 HRC gogortasuna edo gehiago duten altzairu tenplatu eta irautuak, talde honetan sartzen dira.
- Pieza gogorren torneaketa 55-68 HRC mailan egin ohi da.

Mekanizazioari dagokionez, ISO H-ren ezaugarriak:

- Txirbil luzeko materiala.
- Txirbil kontrol erregularra.
- Ebaketa indar espezifikoa $k_c=2550-4870 \text{ N/mm}^2$.
- Beharrezko ebaketa indarra eta potentzia nahiko altuak dira.

7.1. MC kodea altzairu tenplatuentzat

Esan den bezala, talde hau txikiena da, eta horregatik haren sailkapena murriztuago dago. Sailkapen hau 6. Taulan adierazten da.

8. TAULAK
MC Kodearen sailkapena

1. Taula. MC kodearen sailkapenak altzairuarentzat.

Código MC	Grupo de materiales	Subgrupo de materiales	Proceso de fabricación	Tratamiento térmico	nom	Fuerza de corte específica, k_{c1} (N/mm ²)	m_c				
P1.1.Z.AN	1	1	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	125 HB	1500	0.25		
P1.1.Z.HT					HT	endurecido+revenido	190 HB	1770	0.25		
P1.2.Z.AN		1	2	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	190 HB	1700	0.25	
P1.2.Z.HT						HT	endurecido+revenido	210 HB	1820	0.25	
P1.3.Z.AN		no aleado Mn<1.65	3	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	190 HB	1750	0.25	
P1.3.Z.HT						HT	endurecido+revenido	300 HB	2000	0.25	
P1.4.Z.AN			1	4	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	220 HB	1180	0.21
P1.5.C.HT							HT	sin tratar	150 HB	1400	0.25
P1.5.C.AN			1	5	C	fundición	AN	endurecido+revenido	300 HB	2880	0.25
P2.1.Z.AN							HT	sin tratar	150 HB	1400	0.25
P2.2.Z.AN	baja aleación (elementos de aleación ≤5%)		1	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	175 HB	1700	0.25	
P2.3.Z.AN						AN		240 HB	1950	0.25	
P2.4.Z.AN			AN	260 HB	2020	0.25					
P2.5.Z.HT			AN	225 HB							
P2.6.C.UT		2	6	C	fundición	UT	sin tratar	200 HB	1600	0.25	
P2.6.C.HT						HT	endurecido+revenido	380 HB	3200	0.25	
P3.0.Z.AN		alta aleación (elementos de aleación >5%)	0	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	200 HB	1950	0.25	
P3.0.Z.HT						HT	endurecido+revenido	380 HB	3100	0.25	
P3.0.C.UT			0	C	fundición	UT	sin tratar	200 HB	1950	0.25	
P3.0.C.HT						HT	endurecido+revenido	340 HB	3040	0.25	
P3.1.Z.AN	3		1	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	250 HB	2360	0.25	
P3.2.C.AQ						HT	recocido/templado con agua o recocido	300 HB	3000	0.25	
P4.0.S.NS	4	0	S	sinterizado	NS	sin especificar	150 HB				

1. ERANSKINA. MATERIALAK ISO 513:2004 ARAUAREN ARABERA

2. Taula. MC kodearen sailkapenak altzairu herdoilgaitzarentzat.¹

Código MC	Grupo de materiales	Subgrupo de materiales	Proceso de fabricación	Tratamiento térmico	nom	Fuerza de corte específica, k_{c1} (N/mm ²)	m_c			
P5.0.Z.AN	5	0 grupo principal	Z forjado/laminado/estirado en frío	AN	recocido	200 HB	1800	0.21		
P5.0.Z.HT				HT	endurecido+revenido	330 HB	2300	0.21		
P5.0.Z.PH				PH	templado por precipitación	330 HB	2800	0.21		
P5.0.C.UT			5	0	C fundición	UT	sin tratar	250 HB	1900	0.25
P5.0.C.HT						HT	endurecido+revenido	330 HB	2100	0.25
P5.1.Z.AN			5	1 acero de fácil mecanizado	Z forjado/laminado/estirado en frío	AN	recocido	200 HB	1650	0.21
M1.0.Z.AQ	1	0 grupo principal	Z forjado/laminado/estirado en frío	AQ	recocido/templado con agua o recocido	200 HB	2000	0.21		
M1.0.Z.PH				PH	templado por precipitación	300 HB	2400	0.21		
M1.0.C.UT			C	fundición	UT	sin tratar	200 HB	1800	0.25	
M1.1.Z.AQ		1	1 maquinabilidad mejorada (como SANMAC)	Z forjado/laminado/estirado en frío	AQ	recocido/templado con agua o recocido	200 HB	2000	0.21	
M1.1.Z.AQ			2 acero de fácil mecanizado		AQ		200 HB	1800	0.21	
M1.3.Z.AQ			3 estabilizado Ti	Z	AQ		200 HB	1800	0.21	
M1.3.C.AQ			3	C fundición	AQ		200 HB	1800	0.25	
M2.0.Z.AQ		2	0 grupo principal	Z forjado/laminado/estirado en frío	AQ	recocido/templado con agua o recocido	200 HB	2300	0.21	
M2.0.C.AQ					C		fundición	AQ	200 HB	2150
M3.1.Z.AQ		3	1 >60% ferrita (regla práctica N<0.10%)	Z forjado/laminado/estirado en frío	AQ	recocido/templado con agua o recocido	230 HB	2000	0.21	
M3.1.C.AQ	C fundición			AQ	230 HB		1800	0.25		
M3.2.Z.AQ	2 <60% ferrita (regla práctica N≥0.10%)		Z forjado/laminado/estirado en frío	AQ	260 HB		2400	0.21		
M3.2.C.AQ			C fundición	AQ	260 HB		2200	0.25		

¹ Argazki honetan altzairu ferritiko/martensitikoak ISO P taldean dago sartuta, baina altzairu herdoilgaitzen multzokoa kontsideratzen da.

3. Taula. MC kodearen sailkapenak burdinurtuarentzat.

Código MC	Grupo de materiales		Subgrupo de materiales		Proceso de fabricación		Tratamiento térmico		nom	Fuerza de corte específica, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
K1.1.C.NS	1	maleable	1	baja resist. a la tracción	C	fundición	NS	sin especificar	200 HB	780	0.28
K1.2.C.NS	1		2	alta resist. a la tracción	C		NS		260 HB	1020	0.28
K2.1.C.UT	2	gris	1	baja resist. a la tracción	C	fundición	UT	sin tratar	180 HB	900	0.28
K2.2.C.UT	2		2	alta resist. a la tracción	C		UT		245 HB	1100	0.28
K2.3.C.UT	2		3	austenítico	C		UT		175 HB	1300	0.28
K3.1.C.UT	3	nodular	1	ferrítico	C	fundición	UT	sin tratar	155 HB	870	0.28
K3.2.C.UT	3		2	ferrítico/perlítico	C		UT		215 HB	1200	0.28
K3.3.C.UT	3		3	perlítico	C		UT		265 HB	1440	0.28
K3.4.C.UT	3		4	martensítico	C		UT		330 HB	1650	0.28
K3.5.C.UT	3		5	austenítico	C		UT		190 HB		
K4.1.C.UT	4	CGI	1	baja resist. a la tracción (perlita <90%)	C	fundición	UT	sin tratar	160 HB	680	0.43
K4.2.C.UT	4		2	alta resist. a la tracción (perlita ≥90%)	C		UT		230 HB	750	0.41
K5.1.C.NS	5	ADI	1	baja resist. a la tracción	C	fundición	NS	sin especificar	300 HB		
K5.2.C.NS	5		2	alta resist. a la tracción	C		NS		400 HB		
K5.3.C.NS	5		3	muy alta resist. a la tracción	C		NS		460 HB		

4. Taula. MC kodearen sailkapena ez-burdinezko materialentzat.

Código MC	Grupo de materiales	Subgrupo de materiales		Proceso de fabricación		Tratamiento térmico		nom	Fuerza de corte específica, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
N1.1.Z.UT	aleaciones con base de aluminio	1	comercial puro	Z	fundición	UT	sin tratar	30 HB	350	0.25
N1.2.Z.UT		2		Z		UT		60 HB	400	0.25
N1.2.Z.AG		2	aleaciones AlSi, Si ≤1%	Z		AG	ervejecido	100 HB	650	0.25
N1.2.S.UT		2		S	sinterizado	UT	sin tratar	75 HB	410	0.25
N1.2.C.NS		2		C	fundición	NS	sin especificar	80 HB	410	0.25
N1.3.C.UT		3	aleaciones de fundición AlSi, Si ≤1% y <13%	C		UT	sin tratar	75 HB	600	0.25
N1.3.C.AG		3		C		AG	ervejecido	90 HB	700	0.25
N1.4.C.NS		4	aleaciones de fundición AlSi, Si ≥13%	C		NS	sin especificar	130 HB	700	0.25
N2.0.C.UT		2	aleaciones con base de magnesio	0	grupo principal	C	fundición	UT	sin tratar	70 HB
N3.1.U.UT	aleaciones con base de cobre	1	aleaciones de cobre sin plomo (incl. cobre electrolítico)	U	sin especificar	UT	sin tratar	100 HB	1350	0.25
N3.2C.UT		2	latón y bronce al plomo (Pb ≤1%)	C	fundición	UT		90 HB	550	0.25
N3.3.S.UT		2		S	sinterizado	UT		35 HB		
N3.3.U.UT		3	aleaciones de fácil mecanizado con base de cobre (Pb >1%)	U	sin especificar	UT		110 HB	550	0.25
N3.4.C.UT		4	bronce de alta resistencia (>225HB)	C	fundición	UT		300 HB		
N4.0.C.UT	4	aleaciones con base de zinc	0	grupo principal	C	fundición	UT	sin tratar	70 HB	

5. Taula. MC kodearen sailkapena HRSA eta Titanioarentzat.

Código MC	Grupo de materiales	Subgrupo de materiales	Proceso de fabricación	Tratamiento térmico	nom	Fuerza de corte específica, k_{c1} (N/mm ²)	m_c			
S1.0.U.AN	1 aleaciones sin base	1 grupo principal	U sin especificar	AN	recocido	200 HB	2400	0.25		
S1.0.U.AG				AG	envejecido	280 HB	2500	0.25		
S2.0.Z.AN	2 aleaciones con base de níquel	0 grupo principal	Z forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	250 HB	2650	0.25		
S2.0.Z.AG				AG	envejecido	350 HB	2900	0.25		
S2.0.Z.UT				UT	sin tratar	275 HB	2750	0.25		
S2.0.C.NS				C	fundición	NS	sin especificar	320 HB	3000	0.25
S3.0.Z.AN	3 aleaciones con base de cobalto	0 grupo principal	Z forjado/laminado/ estirado en frío	AN	recocido	200 HB	2700	0.25		
S3.0.Z.AG				AG	envejecido	300 HB	3000	0.25		
S3.0.C.NS				C	fundición	NS	sin especificar	320 HB	3100	0.25
S4.1.Z.UT	4 aleaciones con base de titanio	1	comercial puro (>99.5% Ti)	Z	forjado/laminado/ estirado en frío	UT	sin tratar	200 HB	1300	0.23
S4.2.Z.AN		2	aleaciones alfa y casi alfa	Z		AN	recocido	320 HB	1400	
S4.3.Z.AN		3	aleaciones alfa/beta	Z		AN	330 HB	1400		
S4.3.Z.AG		3		Z		AG	envejecido	375 HB	1400	
S4.4.Z.AN		4	aleaciones beta	Z		AN	recocido	330 HB	1400	
S4.4.Z.AG		4		Z		AG	envejecido	410 HB	1400	
S5.0.U.NS	3 base de tungsteno	0 grupo principal	U sin especificar	NS	sin especificar	120 HB				
S6.0.U.NS	3 base de molibdeno	0 grupo principal	U sin especificar	NS	sin especificar	200 HB				

6. Taula. MC kodearen sailkapena altzairu tenplatuentzat.

Código MC	Grupo de materiales	Subgrupo de materiales	Proceso de fabricación	Tratamiento térmico	nom	Fuerza de corte específica, k_{c1} (N/mm ²)	m_c
H1.1.Z.HA	1	1 Nivel de dureza 50	Z	HA endurecido (+revenido)	50 HRc	3090	0.25
H1.2.Z.HA	1	2 Nivel de dureza 55	Z		55 HRc	3690	0.25
H1.3.Z.HA	1	3 Nivel de dureza 60	Z		60 HRc	4330	0.25
H1.4.Z.HA	1	4 Nivel de dureza 63	Z		63 HRc	4750	0.25
H2.0.C.UT	2 fundición en coquilla	0 grupo principal	C fundición	UT sin tratar	55 HRc	3450	0.28
H3.0.C.UT	3 fundición en coquilla	0 grupo principal	C fundición	UT sin especificar	40 HRc		
H4.0.S.AN	4 fundición en coquilla	0 grupo principal	S sinterizado	AN recocido	67 HRc		