2013•2014 master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Ontwerpen en opbouw van een ultrasone C-scanner voor detectie van inclusies in staal

Promotor : ing. Geert LEEN

Promotor : Dhr. JAN SCHAMP

Thomas Voets, Johnny Knops Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie

Gezamenlijke opleiding Universiteit Hasselt en KU Leuven



FACULTEIT INDUSTRIËLE INGENIEURSWETENSCHAPPEN



2013•2014 Faculteit Industriële ingenieurswetenschappen master in de industriële wetenschappen: energie

Masterproef

Ontwerpen en opbouw van een ultrasone C-scanner voor detectie van inclusies in staal

Promotor : ing. Geert LEEN

Promotor : Dhr. JAN SCHAMP

Thomas Voets , Johnny Knops

Proefschrift ingediend tot het behalen van de graad van master in de industriële wetenschappen: energie





Woord vooraf

Deze masterproef vond plaats bij ZF Wind Power in Lommel waar transmissies voor windmolens gemaakt worden. De opdracht van deze masterproef was om een automatische ultrasoonscanner te ontwerpen en op te bouwen. Met deze scanner kunnen dan proefstukken getest worden op inwendige defecten.

Wij hebben voor deze masterthesis gekozen omdat ze twee grote delen bevat. Een mechanisch deel en een automatiseringsdeel. Deze zaken vinden wij heel belangrijk voor een ingenieur en daarom zagen we deze opdracht als de ideale gelegenheid om een volledig project mechanisch uit te werken en te automatiseren. Omdat wij beide een verschillende studierichting hebben (Elektromechanica en Automatisering) konden we onze schoolervaring toetsen aan de realiteit.

Allereerst willen wij onze externe promotor, Ir. Jan Schamp, bedanken voor zijn enthousiast meewerken en meedenken aan deze opdracht. Hij heeft ons steeds voorzien van de correcte informatie.

Ten tweede willen we onze dank uiten aan onze interne promotor, Ing Geert Leen. We konden bij hem altijd terecht als we met een probleem zaten.

Ten derde, maar zeker niet in het minst, zouden we graag onze copromotor, David Chiaradia, en het personeel van het labo van ZF (Francis Emmers, Tom Belmans en Chris Bloemen) bedanken voor al de hulp die we van hun hebben gekregen. Ook de werksfeer binnen ZF was dankzij hen zeer prettig.

Als laatste bedanken we onze medestudent Siemen Gorissen voor zijn hulp bij de materiaalkundige uitwerking in deze masterproef.

Deze masterproef hebben we als zeer leerrijk ervaren en heeft zeer zeker bijgedragen in onze vorming tot industrieel ingenieur. Ervaring die we hier hebben opgedaan op zowel technisch, communicatief als sociaal vlak kunnen we zeker gebruiken in onze verdere carrière.

Lommel, 28 mei 2014 Johnny Knops en Thomas Voets

Inhoudsopgave

W	Voord v	oora	f	1
Li	ijst van	tabe	llen	9
Fi	iguurlijs	st		11
A	bstract			15
A	bstract	(Eng	lish)	17
1	One	derzo	eksopzet	19
	1.1	Situ	ering	19
	1.2	Prot	bleemstelling	19
	1.3	Doe	lstelling	20
	1.4	Mat	eriaal en methode	21
2	Ulti	rasoo	onmetingen	23
	2.1	Ultra	asoon geluid	23
	2.1.	.1	Algemeen	23
	2.1.	.2	Het gebruik van ultrasoongeluid	24
	2.1	.3	Signaal uit de sensor	25
	2.2	Soo	rten Scans	25
	2.2.	.1	A-scan	25
	2.2.	.2	B-scan	26
	2.2.	.3	C-scan	26
	2.3	Test	ten volgens de SEP 1927 norm	26
	2.3.	.1	Toepassingsgebied	26
	2.3.	.2	Testmateriaal	27
	2.3.	.3	Instellingen	28
	2.3.	.4	Testvolume	29
	2.3	.5	Testprocedure	29
	2.3.	.6	Evaluatie	31
	2.3.	.7	Testrapport	32
	2.4	Test	ten volgens de MIDAS-norm	32
	2.4.	.1	Technisch beschrijving van een MIDAS-test	32

	2.4.	2	Resultaat van een MIDAS-test	33
3	The	oreti	sche beschrijving	
-	3.1	Inlei	ding	
-	3.2	Ben	odigde functies	
	3.2.	1	Mobiel	
	3.2.	2	Aanpasbaar	35
	3.2.	3	Sonisch verbindingsmedium en immersiebad	35
	3.2.	4	XY-positioneersysteem: Translatie	
	3.2.	5	Poolcoordinaten: Rotatie	
	3.2.	6	Opspanmogelijkheden	36
4	Me	chani	sch ontwerp	37
2	4.1	Inlei	ding	37
2	1.2	Kar.		
	4.2.	1	Basis	
	4.2.	2	Aanpassingen	
2	1.3	Fran	ne	
	4.3.	1	Constructie	
	4.3.	2	Aanpasbaarheid	40
4	1.4	Wat	erreservoir	41
	4.4.	1	Eigenschappen	41
	4.4.	2	Constructie	41
2	4.5	XY-p	ositioneersysteem (translatiebeweging)	42
	4.5.	1	Beschrijving	42
	4.5.	2	Montage	43
4	4.6	Sens	sorbevestiging/verplaatsing	46
	4.6.	1	Constructie	46
2	4.7	Spar	ıplaat	47
	4.7.	1	Grondplaat	47
	4.7.	2	Balkvormige proefstukken	49
	4.7.	3	Cilindrische proefstukken	50
2	1.8	Mot	orarm	51
	4.8.	1	Eigenschappen	51
	4.8.	2	Constructie	51

	4.9	Toe	voegingen voor gebruiksgemak	55
	4.9	.1	Zichtbare meting	55
	4.9	.2	Wijzer voor sensor	55
5	Ma	teria	alkundige uitwerking	57
	5.1	Inle	iding	57
	5.2	Ond	lerwerpkeuze	57
	5.2.	.1	Het onderdeel	57
	5.2	.2	Brainstorming	59
	5.2	.3	Primaire objectieven	59
	5.2	.4	Secundaire objectieven	60
	5.2.	.5	Doelstellingen	60
	5.2.	.6	Beperkingen	60
	5.2.	.7	Vrije variabelen	60
	5.3	Scre	eening	61
	5.3	.1	Algemene screening	61
	5.3	.2	Massa minimaliseren	61
	5.3	.3	Beperking op vervorming bij torsie	67
	5.3	.4	Vermoeiing	68
	5.3	.5	Slijtvastheid	69
	5.3.6		Slag- en stootvastheid	69
	5.4	Mat	erialenlijst via CES (ranking)	69
	5.5	Ver	gelijking gekozen materialen	70
	5.5	.1	Roestvrij staal	70
	5.5	.2	Besluit	72
	5.6	Proc	ductieproces	73
	5.6.1		Delen van de as	73
	5.7 Eco		Audit	75
	5.7	.1	Massa van één as	75
	5.7.2		Gegevens	75
	5.7.	.3	Resultaten	76
	5.8	Con	clusie	77
6	Het	mee	etinstrument	79
	6.1	Inle	iding	79

	6.2	De L	JSK 7	79
	6.2	.1	Algemeen	79
	6.2	.2	Het sensorsignaal uitlezen	79
	6.3	De u	Iltrasoonsensor H 10 M	80
	6.3	.1	Keuze van de H 10 M	80
	6.3	.2	Applicaties	81
	6.3	.3	De geometrie	81
	6.4	De D	DAQ-kaart	81
7	Ele	ktrisc	he ontwerp	83
	7.1	Inlei	iding	83
	7.2	De n	notoren	83
	7.2	.1	De AM8121	83
	7.2	.2	De AS1060	83
	7.3	De P	PLC	84
	7.3	.1	De CX 9020	84
	7.3	.2	De EL 1008 en EL 2008	85
	7.3	.3	De EL 7201 – 0010	85
	7.3	.4	De EL 7041	85
	7.4	De e	elektrische voeding en verdeling	86
	7.4	.1	24V voeding	86
	7.4	.2	Klemmenstroken	86
	7.5	Beve	eiligingstoestellen	86
	7.6	De h	noofdschakelaar	87
	7.7	De e	elektrische kast	87
0	Da	Turin	CAT software	00
0	9 1			9 20
	0.1 Q 7		System Manager	20
	0.2	1	Connectie maken met CY	
	0.2	יד. כ		
	0.2	.∠ 		90
	0.5 0 1	1		دە تد
	ŏ.خ م م	.⊥ ⊃	De glebale variabelen	92
	ŏ.3.	.2		92
	8.3	.3	De action Enable	93

	8.3.	4	De FB VrijBewegen	93
	8.3.5		De FB BeweegXRichting	96
8.3.6		6	De FB BeweegYRichting	97
	8.3.	7	De FB DraaiAs	98
	8.3.	8	MAIN	99
8	3.4	Het	Bootproject	101
0	Lab		,	102
9			V	103
	9.1	iniei	laing	103
5	9.2	Aige	emeen	103
	9.3	Corr	Automaticatie tussen TwincAT en Labview	103
	9.3.	1	Activeren van Activex-bestand	
	9.3.	2	Opstarten van de communicatie.	
	9.3.	3	Creeren van de handle	
	9.3.	4	Bewerken van de variabele	
	9.3.	5	Verwijderen van de handle	
ç	9.4	DeS	Subvirs	
	9.4.	1	MeanderAlgoritme	
	9.4.	2	WriteStep	
	9.4.	3	SetBoolean I RUE	
	9.4.	4	SetBooleanFALSE	
	9.4.	5	TimeCalc	
C.	9.5	Inste	ellen van de DAQ-kaart	
	9.5.	1	Aansluiten van de USK 7	
	9.5.	2	Settings correct instellen	
ç	9.6	Het	Block Diagram	
	9.6.	1	Initialiseren	112
	9.6.	2	Vrij bewegen van de motoren.	112
	9.6.	3	Resetten van de motoren	114
	9.6.	4	Scannen van het werkstuk	115
	9.6.	5	Afbeelding opslaan	119
Ç	9.7	Prog	gramma voor ronde assen	119
10	Han	dleid	ding van de machine	121
	10.1	Inlei	- iding	121

10.2	Werkwijze	
10.2	.2.1 Opstart	
10.2	.2.2 Instellen van de machine	
10.2	.2.3 Het scannen	
10.2	.2.4 Het afsluiten	
10.3	Het frontpanel	
10.3	.3.1 Vierkante proefstukken	
10.3	.3.2 Ronde proefstukken	
11 Tes	stresultaten	
11.1	Beschrijving van de test	
11.2	Het resultaat	
11.3	Conclusie	
12 Toe	ekomstgericht	
12 Toe 12.1	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld	
12 Toe 12.1 12.7	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal	
12 Toe 12.1 12.: 12.:	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal	
12 Toe 12.1 12.2 12.2	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport	
12 Toe 12.1 12.1 12.1 12.2 12.3	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport Nieuwe software	
12 Toe 12.1 12.1 12.1 12.2 12.3 12.4	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport Nieuwe software Nieuwe soorten metingen	
12 Toe 12.1 12.1 12.2 12.2 12.3 12.4 12.5	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport Nieuwe software Nieuwe soorten metingen Complexe sturing	
12 Toe 12.1 12.1 12.2 12.2 12.3 12.4 12.5 13 Cor	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport Nieuwe software Nieuwe software Nieuwe soorten metingen Complexe sturing	
12 Toe 12.1 12.1 12.2 12.2 12.3 12.4 12.5 13 Cor	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport Nieuwe software Nieuwe software Nieuwe soorten metingen Complexe sturing	
 12 Toe 12.1 12.2 12.2 12.3 12.4 12.5 13 Cor 14 Lite 	ekomstgericht Overschakelen naar 3D beeld .1.1 CRT signaal .1.2 Digitaal Gegevensexport Nieuwe software Nieuwe software Nieuwe soorten metingen Complexe sturing Inclusie	129 129 129 129 129 130 130 130 130 130 131 131

Lijst van tabellen

Tabel 1: Geluidssnelheid in verschillende stoffen	23
Tabel 2: Gevoeligheidsklasse	29
Tabel 3: Restcategorieën	29
Tabel 4: Scanmethodes	30
Tabel 5: Gemeten en aangepaste lengte	31
Tabel 6: Resultaat van een MIDAS-test	33
Tabel 7: Riemberekening	52
Tabel 8 : Limieten	61
Tabel 9: Bekomen materialen	69
Tabel 10: Roestvaste stalen	71
Tabel 11: Corrosiebestendigheid	72
Tabel 12: Eco Audit – Gegevens	76
Tabel 13: Overzicht energie & CO2-uitstoot	77
Tabel 14: Gegevens H 10 M	81
Tabel 15: Geometrie H 10 M	81
Tabel 16: LabVIEW kleurcode	103
Tabel 17: Data-lengte	106
Tabel 18: volledige materialenlijst	186

Figuurlijst

Figuur 1: Proefstukken	20
Figuur 2: Golfvoorstelling van geluid	23
Figuur 3: Weerkaatsing van geluidsgolven	24
Figuur 4: patroon van weerkaatste puls	24
Figuur 5: Sonogram	25
Figuur 6: Beeld van een A-scan	25
Figuur 7: Beeld van een B-scan	26
Figuur 8: Beeld van een C-scan	26
Figuur 9: Proefstukken	27
Figuur 10: Meanderen	30
Figuur 11: Voorbeeld van gescand werkstuk	31
Figuur 12: Het standaard walsproces	32
Figuur 13: Totale machine	37
Figuur 14: Schematische weergave van de kar	
Figuur 15: Het frame	
Figuur 16: Dwarsdoorsnede van een profiel	
Figuur 17: Bevestigingskit	40
Figuur 18: Aanpasbaarheid frame	40
Figuur 19: Waterreservoir	41
Figuur 20: Positioneersysteem	42
Figuur 21: Werking positioneersysteem	42
Figuur 22: Skew	43
Figuur 23: Warp	43
Figuur 24: Verbindingsplaat	44
Figuur 25: Verbindingsmoer	44
Figuur 26: Verbinding met verstelbaarheid	45
Figuur 27: Sensorbevestiging (totaal)	46
Figuur 28: Sensorbevestiging	46
Figuur 29: Spanplaat	47
Figuur 30: Proefstukken	47
Figuur 31: Grondplaat	47
Figuur 32: T-gleuf	48
Figuur 33: Realisatie	48
Figuur 34: Stelvoet	49
Figuur 35: Handgreep	49
Figuur 36: Spanblok	49
Figuur 37: Lagerhuis	50
Figuur 38: As	50
Figuur 39: Motorarm	51
Figuur 40: Riemschijf	53
Figuur 41: Aandrijving	53
Figuur 42: Arm	54
Figuur 43: Arm - mannelijk	54

Figuur 44: Arm - vrouwelijk	54
Figuur 45: As	54
Figuur 46: Meetlatten	55
Figuur 47: Meetklem	55
Figuur 48: As – aanzichten	57
Figuur 49: Lagerhuis	58
Figuur 50: Opspanning proefstuk	
Figuur 51: As - afmetingen	59
Figuur 52 : Cilinder	61
Figuur 53: Doorbuiging	62
Figuur 54: Torsie	63
Figuur 55: Draaien	73
Figuur 56: Delen van de as	73
Figuur 57: As – afmetingen	75
Figuur 58 :Energie	76
Figuur 59: CO2-uitstoot	76
Figuur 60: De USK 7	79
Figuur 61: De H 10 M	
Figuur 62: Geluidsstraal H 10 M	
Figuur 63: De DAQ-kaart	82
Figuur 64: Kenplaatje AM 8121	83
Figuur 65: Kenplaatje AS1060	
Figuur 66: De CX 9020	
Figuur 67: De EL 7201	85
Figuur 68: De EL 7041	
Figuur 69: Schema elektrische kast	
Figuur 70: De werkelijke kast	
Figuur 71: Statusbalk	
Figuur 72: Gescande devices	90
Figuur 73: Instellen stappenmotorparameters	91
Figuur 74: Globale variabelen	92
Figuur 75: De Enabel action	93
Figuur 76: Lokale variabelen VrijBewegen	94
Figuur 77: Programma VrijBewegen	95
Figuur 78: Lokale variabelen BeweegXRichting	96
Figuur 79: Programma BeweegXRichting	96
Figuur 80: Lokale variabelen BeweegYRichting	97
Figuur 81: Programma BeweegYRichting	97
Figuur 82: Lokale variabelen DraaiAs	
Figuur 83: programma DraaiAs	
Figuur 84: Lokale variabelen MAIN	
Figuur 85: Het MAIN-programma	
Figuur 86: Command Prompt	
Figuur 87: Poortnummer zoeken	
Figuur 88: Communicatieopstart	

Figuur 89: Handle doorgeven	105
Figuur 90: variabele aanpassen	105
Figuur 91: Verwijderen van handle	106
Figuur 92: Meanderalgoritme	107
Figuur 93: Doorgeven van stapgrootte	108
Figuur 94: Boolean hoog maken	108
Figuur 95: Boolean laag maken	108
Figuur 96: Tijdsbepaling	109
Figuur 97: Tijdscalculatie	109
Figuur 98: De functie DAQ-Assistant	110
Figuur 99: De DAQ Assistant	111
Figuur 100: Initialisatie	112
Figuur 101: Vrijbewegen zonder opgegeven afstand	113
Figuur 102: Vrijbewegen met opgegeven afstand	114
Figuur 103: Positie resetten	115
Figuur 104: Hoofddeel van het programma	116
Figuur 105: Inlezen van sensorsignaal	116
Figuur 106: Bewegen naar volgende positie	117
Figuur 107: Bewegen naar volgende positieve x-positie	117
Figuur 108: Bewegen naar volgende negatieve x-positie	118
Figuur 109: Bewegen naar volgende y-positie	118
Figuur 110: Weergeven van de tijd	118
Figuur 111: Opslaan van gegevens	119
Figuur 112: Parameters invoegen (balkvormige proefstukken)	121
Figuur 113: Parameters invoegen (ronde proefstukken)	121
Figuur 114: Startknoppen	122
Figuur 115: Keuzeschakelaar ijlgang	122
Figuur 116: Bewegen zonder vooringestelde afstand	122
Figuur 117: Bewegen met vooringestelde afstand	123
Figuur 118: Reset motoren	123
Figuur 119: Tijdsweergave	123
Figuur 120: Opslagmedium bepalen	124
Figuur 121: Frontpanel vierkante proefstukken	125
Figuur 122: Frontpanel ronde proefstukken	126
Figuur 123: Eerste testresultaat	127
Figuur 124: USK7 Ultrasonic Flaw Detector	175
Figuur 125: Sluiting batterijklep	176
Figuur 126: Batterijklem en waarschuwing	176
Figuur 127: Geopende detector	176
Figuur 128: Printplaten: schroeven en scharnieren	
	177
Figuur 129: Printplaten: benaming	177 177
Figuur 129: Printplaten: benaming Figuur 130: CRT-beeld: piek door gate	177 177 178
Figuur 129: Printplaten: benaming Figuur 130: CRT-beeld: piek door gate Figuur 131: Uitgangssignaal op schema	177 177 178 178
Figuur 129: Printplaten: benaming Figuur 130: CRT-beeld: piek door gate Figuur 131: Uitgangssignaal op schema Figuur 132: DIN5M – aansluiting	177 177 178 178 178

179
181
182
183
183
184
184
184
184
185
185

Abstract

ZF Wind Power te Lommel maakt tandwielkasten voor windmolens. Om de duurzaamheid van deze tandwielkasten te garanderen, wordt er binnen het bedrijf onderzoek gedaan naar de kwaliteit van onderdelen. Daartoe worden uit deze onderdelen zowel plaatvormige, balkvormige als cilindrische proefstukken gemaakt die worden onderworpen aan ultrasoontesten. Om deze proefstukken te scannen, wordt in deze masterproef een ultrasoonscanner ontwikkeld en opgebouwd.

Als ultrasoon detectietoestel wordt er een USK 7 gebruikt, een analoog toestel van de Duitse fabrikant Kräutkrämer. Dit toestel heeft echter geen digitale interface om te communiceren met een PC. Om correct te meten moet de sensor in een xy-vlak kunnen bewegen. Ook is er ook nood aan één rotatie-as om het proefstuk te draaien. Om deze bewegingen mogelijk te maken zijn er motoren en een motorsturing vereist.

Eerst werd een mechanische concept ontworpen om verschillende proefstukken op te meten. De xybeweging wordt gerealiseerd met een positioneersysteem van BAHR. Hierna werd de motorsturing dat de motoren van dit systeem aandrijft ontwikkeld met behulp van de TwinCAT software van Beckhoff. LabVIEW stuurt commando's naar TwinCAT, leest de gegevens van de sensor in, en verwerkt ze. Ten slotte is een manier gevonden om het sensorsignaal in te lezen. De USK 7 geeft een alarmsignaal bij een detectie, dit signaal wordt met een DAQ-kaart ingelezen in LabVIEW. Hiernaast is het gelukt om alle onderdelen samen te laten werken als één geheel en dit systeem toch flexibel te houden.

Abstract (English)

ZF Wind Power Lommel produces transmissions used in wind turbines. The various transmission components are researched within the company to ensure the durability of these transmissions. Plate-shaped, beam-shaped as well as cylindrical test samples are made out of these components to be subjected to ultrasonic testing. To scan these samples, an ultrasonic scanner will be developed and built in this master's thesis.

The ultrasonic flaw detector is an USK 7, an analog device from german manufacturer Kräutkrämer. However, this device does not have a digital interface to communicate with a PC. For correct measurements, the sensor must be able to move through the xy-plane. Furthermore, there is also need for a rotational axis to rotate test samples. In order to make these movements possible, motors ans a motor control is required.

First, a mechanical concept was designed to measure the various test samples. The equipment's sensor is moved through the xy plane using a positioning system by BAHR. After this the control unit that drives the system's motors was developed using the Beckhoff TwinCAT software. LabVIEW sends commands to TwinCAT, reads the data from the sensor, and processes it. Finally, a way was found to read the sensor's signal. In case of detection, the USK 7 gives an alamrsignal, this will be read into LabVIEW using a DAQ card. In addition, the requirement to make all parts of the machine work as a whole and still keep this system flexible was fulfilled.

1 Onderzoeksopzet

1.1 Situering

ZF Wind Power Lommel is een bedrijf dat tandwielkasten maakt voor windmolens. Het bedrijf was voorheen gekend als Hansen Transmissions International n.v. maar werd door het Duitse bedrijf ZF overgenomen. ZF Wind Power is een onderdeel van ZF Friedrichshafen AG. ZF is wereldwijd actief en heeft vestigingen in Duitsland, China, Amerika, België, ... en maakt aandrijfsystemen voor auto's en andere transportmiddelen.

De fabriek in Lommel is opgedeeld in verschillende afdelingen, waaronder het labo dat zowel chemisch als metallurgish onderzoek uitvoert. Op chemisch vlak onderzoekt het labo o.a. de oliën en smeermiddelen die in een tandwielkast aanwezig zijn. Op metallurgisch vlak doet het labo onderzoek naar de eigenschappen van staal aan de hand van hardheidsmetingen, trekproeven, kerfslagproeven, ... De masterproef vindt plaats binnen het metallurgisch domein van het labo.

1.2 Probleemstelling

Omdat de tandwielkasten prijzig zijn, verwacht de klant een lange levensduur. Deze tandwielkasten zijn ontworpen voor een levensduur van 20 jaar, wat ongeveer overeenkomt met 30 tot 40 keer de gemiddelde werkingsuren van bv. een auto.

De kwaliteit van het staal is een zeer belangrijk item binnen het bedrijf. Door staal van lagere kwaliteit te gebruiken, kan de levensduur van deze kasten sterk afnemen.

Een belangrijke factor in de staalkwaliteit zijn de inwendige fouten die ontstaan bij het gietproces, bijvoorbeeld slakinsluitsels of luchtbellen. De inwendige fouten zijn meestal zeer klein maar kunnen toch leiden tot grote scheuren en eventueel tot het breken van het stuk. Een manier om deze fouten in kaart te brengen is dus nodig. Zo kan men de hoeveelheid, grootte, vorm, ... bepalen van de fouten in een aantal proefstukken die representatief zijn voor een grotere hoeveelheid staal.

Om volledige tandwielen te controleren is er in ZF een machine aanwezig. Maar om kleine proefstukken te testen is deze machine veel te omslachtig, tijdrovend en duur. Er is de mogelijkheid om deze testen door een externe firma te laten uitvoeren, maar ZF wil deze testen zelf kunnen uitvoeren.

De metingen die uitgevoerd moeten worden, zijn niet destructieve testen (NDT). In dit geval zal er gebruik gemaakt worden van scans met ultrasone golven die doordringen in het materiaal. ZF wil dus een machine om relatief kleine proefstukken volledig te scannen op interne defecten.

Een scan bestaat uit een 3D beeld waar op te zien is waar de inwendige fouten zich bevinden. Zo een scan noemt men in de vaktermen een C-scan. Op deze manier kunnen we de informatie samenvatten naar aantallen en groottedistributie van de interne defecten. Deze samenvatting (of testrapport) geeft dan alle informatie weer over het gescande stuk.

1.3 Doelstelling

Deze masterproef bestaat er dus uit om een machine te ontwerpen die geschikt is voor het onderzoeken van (relatief kleine) proefstukken met behulp van ultrasone geluidsgolven. Volgende afbeelding geeft een beeld van hoe de proefstukken eruit zien.



Figuur 1: Proefstukken

Op de tekening zijn telkens de maximum lengtematen gegeven die kunnen voorkomen. Elke kleinere maat is ook mogelijk.

De machine moet een automatische XY-beweging uitvoeren en indien het proefstuk een as is, moet die ook automatisch kunnen draaien.

Bij het scannen moeten de proefstukken zich onder water bevinden omdat het water hier zal functioneren als bindingselement voor de ultrasone geluidsgolven. Hierdoor moeten alle onderdelen die in aanraking komen met water ook waterbestendig zijn.

Tijd is bij het scanproces minder van belang, de nauwkeurigheid van de meting wel. Tijden van een halfuur tot enkele uren zijn acceptabel. Als de machine trager en nauwkeuriger wordt, is dit beter dan andersom. Om een goede nauwkeurigheid te bekomen spreken, moetn de scans een resolutie van 0,5mm tot 1mm hebben.

1.4 Materiaal en methode

Deze masterproef heeft een uitgebreide scope, namelijk van ontwerp van het toestel tot de indienstname. Dit bevat de constructie, programmatie en kalibratie. Deze opdracht in twee. In het eerste deel wordt de hardware voorzien voor de verschillende monstertypes, en in het tweede deel ligt de focus op de sturing voor de meting van balkvormige monsters. Hierna zullen ook de cilindervormige proefstukken worden aangevat. Ten slotte is het de doelstelling een aantal proefstukken op te meten en te evalueren.

De te ontwikkelen machine moet in staat zijn een XY-beweging uit te voeren. Omdat een dergelijk systeem haast onmogelijk zelf te ontwerpen is binnen een aanvaardbaar budget, hebben we ervoor gekozen om een systeem aan te kopen. Dit XY-systeem wordt aangedreven door 2 servomotoren. Voor de aansturing van dit systeem schrijven we een programma in LabVIEW.

Het positioneersysteem is op een frame gemonteerd dat wordt opgebouwd uit aluminium snelbouwprofielen. Dit is een eenvoudig systeem om in elkaar te zetten zonder al te veel, of zelfs geen bewerkingen. Dit heeft als voordeel dat het gemakelijk uitbreidbaar is in de toekomst mocht dit nodig zijn.

Voor het scannen van een proefstuk hebben we de opdracht gekregen om een USK 7 te gebruiken. Dit is een (analoog) meettoestel van de Duitse fabrikant Krautkramer, dat normaal met de hand bediend wordt. Het nadeel aan dit toestel is dat het geen digitale in – of uitgangskanalen heeft, enkel een uitgang om een alarm aan te sturen. Om deze beperking op te vangen bestaan er drie oplossingen. Een eerste optie is het alarmkanaal gebruiken om te zien of er een fout is gedetecteerd, maar dat geeft te weinig info. Een tweede optie, de methode die onze voorkeur geniet, is het aftappen van het CRT-signaal (het spanningssignaal dat naar het scherm van de oscilloscoop wordt gestuurd). Hiervoor zullen we het toestel moeten openmaken om het signaal trachten te vinden, met de nodige risico's zoals beschadiging of zelfs elektrocutie als gevolg. De derde optie, een noodoplossing, bestaat eruit om een camera op het toestel te plaatsen en zo naar het scherm van het toestel te kijken en te detecteren of er een fout is gevonden. Deze is echter duur en omslachtig.

Om het signaal (of beeld) in te lezen in een computerprogramma wordt opnieuw LabVIEW gebruiken. Omdat zowel voor het inlezen van het signaal als de aansturing LabVIEW gebruikt wordt kunnen we alles in 1 programma (al dan niet met sub-programma's) programmeren. Dat maakt het overzichtelijk en gebruiksvriendelijk.

Voor dit alles is er een sensor nodig. In samenspraak met het personeel binnen ZF, is er voor gekozen om de H 10 M van General Electronics te gebruiken. Dit is een sensor die onder water moet werken om een goede connectie te hebben tussen sensor en proefstuk. Hierdoor is het noodzakelijk om een aquarium of waterreservoir in onze machine te voorzien.

Uiteindelijk zullen er ook een paar onderdelen zelf gemaakt moeten worden. De ruwe materialen worden aangekocht via ZF. De bewerking van deze materialen worden op de machines in school. Daar staan een aantal CNC-machines, draai – en freesbanken.

2 Ultrasoonmetingen

2.1 Ultrasoon geluid [1]

2.1.1 Algemeen

Om een signaal met de USK 7 te versturen en te ontvangen is er een ultrasoonsensor of ultrasoontransducer nodig. Deze sensor zal een geluidsgolf uitsturen met een bepaalde frequentie. Deze frequentie is zo hoog dat het geluid niet hoorbaar is voor het menselijk oor. Geluid is een voorbeeld van longitudinale naar voor en naar achter oscillerend in de richting waarin de golf zich beweegt. Hierdoor ontstaan afwisselend gebieden van hoge of lage druk. Figuur 2: Golfvoorstelling van geluid geeft dit weer. De donkere zones zijn gebieden van hoge druk, de lichte zones zijn zones met lage druk.



Figuur 2: Golfvoorstelling van geluid [1]

De golflengte is afhankelijk van de frequentie f en geluidsnelheid c. Het verband is weergeven met volgende formule:

$$c = \lambda \cdot f$$
(1.1)
De golflengte is dus
$$\lambda = c/f$$
(1.2)

De geluidssnelheid is echter geen constante maar afhankelijk van het materiaal. Onderstaande tabel geeft voor enkele stoffen de geluidsnelheid uitgedrukt in m/s

Material	Velocity (m/s)
Air	330
Water	1497
Metal	3000 - 6000
Fat	1440
Blood	1570
Soft tissue	1540

Tabel 1: Geluidssnelheid in verschillende stoffen [1]

Als een ultrasone geluidsgolf van het ene medium overgaat in een ander medium (bijvoorbeeld van lucht naar metaal) zal een deel van golf weerkaatst worden. De verhouding tussen de amplitudes van de gereflecteerde puls en de oorspronkelijke puls noemt men de reflectie coëfficiënt. De verhouding tussen de amplitudes van oorspronkelijke puls en de doorgelaten puls noemt men de transmissie coëfficiënt. Beide zijn afhankelijk van het verschil in akoestische impedantie tussen de 2 materialen. De akoestische impedantie Z van een stof is de snelheid van het geluid vermenigvuldigd met de dichtheid.

$$Z = c \cdot \rho$$

(1.3)

Een gereflecteerde golf keert niet volledig loodrecht terug, ook de richting waaronder de golf invalt en de vorm van het oppervlak spelen een rol. Dit is te zien in Figuur 3: Weerkaatsing van geluidsgolven .



Figuur 3: Weerkaatsing van geluidsgolven [1]

Een ultrasoon geluid kan worden gegenereerd door een piezoelektrisch kristal dat trilt onder invloed van een wisselstroom die door het kristal loopt. Ditzelfde kristal kan ook als ontvanger dienen van ultrasoon geluid. De geluidsgolf zal het kristal laten trillen waardoor deze een spanning afgeeft.

2.1.2 Het gebruik van ultrasoongeluid

De transducer zal een ultrasone puls uitsturen. Een deel van de puls zal worden weerkaatst zodra hij het werkstuk tegenkomt. Het doorgelaten deel zal op de achterkant van het werkstuk min of meer volledig weerkaatsen en terugkeren naar de sensor. Op een scoopbeeld zouden er dan 2 bijna even hoge pieken te zien zijn op een bepaalde afstand van elkaar. Deze afstand is afhankelijk van de snelheid van de golf en is evenredig met de dikte van het werkstuk. De 2^e piek noemt men een backwall echo. Als er in het werkstuk een inwendig fout zit, zal een deel van de golf hierop weerkaatsen Bijgevolg zal er een 3^e piek gedetecteerd worden. Volgende Figuur 4: patroon van weerkaatste puls stelt dit schematisch voor.



Figuur 4: patroon van weerkaatste puls [1]

In deze figuur is:

- P de transducer,
- A de voorkant van het werkstuk,
- B een inwendige fout,
- C de achterkant van het werkstuk.

2.1.3 Signaal uit de sensor

Het signaal (geluidsgolf) dat de sensor verlaat is meestal van een vorm zoals te zien is in Figuur 5: Sonogram.



We onderscheiden hierin 2 grote delen:

- Een convergerend deel dat near field genoemd wordt,
- Een divergerend deel dat far field genoemd wordt.

Het overgangspunt tussen beide delen is de Focus. Op deze plaats is de geluidsbundel ook het dunst. Omwille van akoustische variaties in het near field wordt er liever niet gewerkt met het signaal in dit near field. Meten in dit gebied leidt niet tot correcte gegevens [3]

2.2 Soorten Scans [4]

2.2.1 A-scan

Bij dit type scan houdt men de sensor op 1 plaats. Een geluidsgolf zal dan ook op deze plaats het materiaal binnen dringen. Na weerkaatsing wordt het terug ontvangen door de sensor. Dit zal ook te zien zijn op het beeld. Men zal de beginimpuls samen met de achterwand echo zien en indien er een fout gevonden wordt, zal er een extra echo zichtbaar worden tussen de beginimpuls en de achterwand echo. Volgende afbeelding laat zien hoe een A-scan eruitziet



Figuur 6: Beeld van een A-scan [4]

2.2.2 B-scan

Bij een B-scan wordt er met de sensor in een rechte lijn over het werkstuk bewogen. Door voor elke positie op de rechte lijn een A-scan uit te voeren kan men een dwarsdoorsnede maken van het werkstuk. Volgende afbeelding geeft een B-scan weer



Lateral Position

Figuur 7: Beeld van een B-scan [4]

2.2.3 C-scan

Bij dit type scan wordt het werkingsprincipe van een B-scan gebruikt, maar de sensor wordt nu geautomatiseerd om zo het volledig oppervlak te scannen. Een beeld kan er als volgt uitzien



Figuur 8: Beeld van een C-scan [4]

2.3 Testen volgens de SEP 1927 norm [5]

Hieronder staat beschreven hoe een ultrasoontest moet worden uitgevoerd aan de hand van de SEP 1927 norm. [5]

2.3.1 Toepassingsgebied

Deze test specificaties zijn van toepassing op het geautomatiseerde ultrasoonscannen van ondergedompelde gewalste of gesmede proefstukken. Deze proefstukken hebben een massieve geometrie (blokken of cilinders). De dimensies zijn te zien in onderstaande afbeelding waar de aangegeven maten de maximum maten zijn.



Figuur 9: Proefstukken

Bij ultrassoontesten mogen de conclusies of inwendige detecties worden getekend in functie van grootte, positie, frequentie, ... De tests worden uitgevoerd met enkelvoudige transducers met normale longitudinale golven door gebruik te maken van de puls-reflectie methode. Deze test geeft de mogelijkheid om een beeld te krijgen waarmee de macroscopische zuiverheidgraad kan bepaald worden van het materiaal.

2.3.2 Testmateriaal

2.3.2.1 Scantoestel en onderdompelbad

Het correct uitvoeren van deze tests vereist een onderdompelbad van een passend formaat en een scantoestel. Het scanapparaat wordt bediend met behulp van een elektrische besturing die moet worden gekoppeld aan een computer.

2.3.2.2 Computer en software

De computer moet in staat zijn om het beeld te vormen van een C-scan. Het resultaat moet equivalent zijn aan het resultaat van een handmatige test. Het moet mogelijk zijn om evalutietechnieken toe te passen op de gegevens en een rapport te schrijven zoals beschreven staan in puntje 2.3.7 Testrapport

2.3.2.3 Ultrasoon intrument

Het ultrasoon intrument moet een A-scan scherm hebben en moet voldoen aan de norm EN 12668-1 (Non-destructive testing - Characterization and verification of ultrasonic examination equipment).

2.3.2.4 Ultrasoon probe

De ultrasoon sensor is een vlakke, ronde enkelvoudige transducer probe met diameter van $(6,3 \pm 0,3)$ mm. De nominale frequentie is 10MHz met een bandbreedte van (6 ± 1) MHz.

2.3.2.5 Referentieblok

Voor de kalibratie is er een referentieblok nodig. De blok moet vergelijkbare akoestische eigenschappen hebben als het materiaal dat getest wordt. Deze referentieblok bevat minstens 4 vlak geboorde gaatjes met een diameter van 1,0mm. De afstand tussen 2 gaatjes moet minstens 2 keer de transducerdiameter zijn. De afstand tussen de bodem van het gat en de achterkant van de blok moet minstens 2mm zijn. Hierdoor zijn pulsen die weerkaatsen op de bovenkant van de blok en pulsen die weerkaatsen op het gat goed te onderscheiden. Om corrosie van het gat te vermijden moet het gat worden afgedekt. Deze afdekking mag het gat niet opvullen om te vermijden dat de afdekking gaat gemeten worden.

2.3.2.6 Koppelingsmedium

Water moet worden gebruikt als koppelingsmedium. Additieven, bijvoorbeeld tegen corrosie, zijn toegelaten. De watertemperatuur moet tussen de 15° en 30° C liggen. Voor zowel kalibratie als meting moet hetzelfde koppelingsmedium gebruikt worden, om te voorkomen dat er geen verandering is in testgevoeligheid te wijten aan de chemische samenstelling van het bad. De Watertemperatuur tussen kalibratie en test mag niet meer dan 5° verschillen.

2.3.2.7 Inspectie van de testapparatuur

De testapparatuur moet regelmatig gecontroleerd worden met een referentie reflector. De verandering in echo amplitude tussen referentie reflector en gebruikte transducer mag niet meer dan $\pm 2dB$ bedragen. Als dit niet het geval is moeten alles samples na de vorige controle opnieuw geëvalueerd worden of opnieuw getest.

2.3.3 Instellingen

2.3.3.1 Geometrie van referentieblok

Voor cilindrische proefstukken moet de referentieblok een diameter hebben die zo dicht mogelijk bij de diameter van het proefstuk ligt. Het verschil in diameter tussen referentieblok en proefstuk mag niet meer dan \pm 20% van de proefstukdiameter zijn. Als de diameter van het proefstuk meer dan 100mm bedraagt, mogen rechthoekige referentieblokken gebruikt worden.

2.3.3.2 Afstand in water

De afstand in het water tussen sensoroppervlak en proefstuk moet liggen tussen de 40 en 45 mm, bij zowel kalibratie als testen.

2.3.3.3 Aanpassen van het test bereik

Om het test bereik (diepte aanpassing) aan te passen wordt de referentieblok gebruikt. Hierdoor kan het signaal correct gecorreleerd worden naar een diepte.

2.3.3.4 Gevoeligheid instellen

De gevoeligheid instellen moet gebeuren met een referentieblok.

De amplitude van een weerkaatste puls op een voorgeboord gat wordt noemt men V_J, en moet worden ingesteld op 80% van de schermhoogte. Een extra versterking V_K moet worden toegevoegd afhankelijk van welke gevoeligheid men wil bekomen. De waargenomen amplitude V_R is dus de som van V_J en V_K

$$V_{\rm K} = V_{\rm J} + V_{\rm K} \tag{2.1}$$

2.3.3.5 De gevoeligheidsklasse

De gevoeligheidsklasse moet worden afgesproken tussen de persoon die de testresultaten wil ontvangen (klant) en degene die test moet uitvoeren (leverancier). Als er geen specifieke afspraken zijn, moet klasse 1 gebruikt worden (zie tabel 2).

Onderstaande tabel geeft voor elke klasse de extra versterking die moet worden toegevoegd zoals besproken in tabel 2

Tabel 2: Gevoeligheidsklasse [5]						
Gevoeligheidsklasse	1	2	3	4	5	
VK [dB]	+6	+12	+15	+18	+21	

In geautomatiseerde toepassingen mag de signaal/ruisverhouding niet meer zijn dan 6dB.

2.3.4 Testvolume

Het minimum test volume moet opnieuw worden overeengekomen tussen de persoon die de testresultaten wil ontvangen (klant) en degene die test moet uitvoeren (leverancier). Dit gebeurt op basis van tabel ???. Als er niks specifiek wordt afgesproken moet voor een diameter kleiner dan 50 categorie b gebruikt worden en groter dan 50 categorie c.

Tabel 3: Restcategorieën [5]					
Testcategorie	а	b	С	d	
Testvolume [dm ³]	1	5	5	10	

Het testvolume mag altijd worden verhoogd voor betere statistische waarden te bekomen.

2.3.5 Testprocedure

2.3.5.1 Algemeen

De tests moeten worden uitgevoerd met een de puls-echo techniek en een automatisch ultrasoon systeem dat gebruikt maakt van één enkele transducer met rechte longitudinale golven. De vereisten voor de test zijn opgesomd in de puntje 2.3.2 Testmateriaal. De vereiste gevoeligheid, minimum testvolume en rapport moet worden besproken met de klant.

2.3.5.2 Scanmethode

Onderstaande tabel geeft aan hoe een werkstuk gescand moet worden.

Tabel 4: Scanmethe	odes [5]		
Geometrie	Sample dimensie [mm]	Scanmethode	Testrange
Vierkant	t ≤ 50	Meanderen op 2	Tot t
		zeiden, 90° gedraaid	
Vierkant	t > 50	Meanderen op 4	Tot ½ t
		zeiden	
Cirkel	d ≤ 50	Meanderen over 180°	Tot d
Cirkel	d ≤ 50	Meanderen over 360°	Van ½ d tot d
Cirkel	d ≤ 50	Spiraalvormig	Van ½ d tot d
Cirkel	d > 50	Meanderen over 360°	Tot ½ d
Cirkel	d > 50	Spiraalvormig	Tot ½ d

Volgende afbeelding geeft weer wat wordt bedoelt met meanderen



Figuur 10: Meanderen

De scan moet zo worden uitgevoerd dat de maximum afstand tussen 2 scans in de lengterichting 0,25mm bedraagt. Loodrecht hierop mag de afstand tussen 2 scans 1mm bedragen.

2.3.5.3 Snelheid

De snelheid moet zo gekozen worden dat elke vakje van de grid gescand wordt. De tijd tussen 2 pulsen mag dus niet groter zijn dan de tijd die nodig is om naar een nieuwe positie te bewegen

2.3.5.4 Evaluatietechnieken

Één enkele puls kan echo's veroorzaken van reflecties op verschillende dieptes. De grootste piek moet in alle geval geëvalueerd worden. In testen van rechthoeken van verschillende zijdes kan dubbele evaluatie van een defect voorkomen. Als kan worden aangetoond (met behulp van coördinaten) dat het om hetzelfde defect gaat, moet dit uiteraard maar als 1 geteld worden.

2.3.6 Evaluatie

2.3.6.1 Aantal echo's

Van zodra een de amplitude bij een positie een bepaalde waarde (threshold genoemd) overstijgt, moet de echo geëvalueerd worden. Dit noemt men een puntvormige indicatie. Bepaalde punten die langs elkaar liggen waarvan de amplitude groter is dan de threshold worden samengenomen tot 1 indicatie. Het aantal indicaties wordt bepaald door ze te tellen. Dit soort indicaties worden uitgebreide indicaties genoemd.

2.3.6.2 Lengte van een indicatie

De lengte van een indicatie wordt altijd gemeten in de lengte richting van het werkstuk. Voor de lengtebepaling wordt volgende onderscheid gemaakt:

- Puntvormige indicatie: lengte is 2 maal de stapgrootte in lengterichting,
- Uitgebreide indicatie: lengt is gelijk aan punten in lengterichting maal de stapgrootte in lengterichting.



Onderstaande figuur en tabel maken dit duidelijk.

Figuur 11: Voorbeeld van gescand werkstuk

In de volgende tabel staan de lengtes opgesomd

Tabel 5: Gemeten en aangepaste lengte

- and				
Nummer	Gemeten lengte	Aangepaste lengte		
1	1	2		
2	1	2		
3	2	2		
4	2	2		
5	3	3		
6	4	4		

2.3.6.3 Acceptatielevel

De resultaten van een ultrasone test worden gegeven in een C-scan beeld. De afstand tussen 2 indicatie moet minstens 1 rasterpunt bedragen, anders zullen ze als 1 indicatie worden gezien. Een acceptabele hoeveelheid indicaties dat een werkstuk mag bedragen moet overeengekomen worden door klant en producent. Dit geldt ook voor maximum lengte die een indicatie mag hebben.

2.3.7 Testrapport

Volgende puntjes moeten zeker in een testrapport staan:

- volgens welke norm de test is gedaan,
- naam van de fabrikant,
- ordernummer,
- identificatie van de teststukken,
- testparameters (volume, gevoeligheidsklasse, ...),
- behandelingsstap voorafgaande aan de test,
- sample dimensies,
- gebruikte testapparatuur,
- testresultaat,
- datum van de test,
- naam en handtekening van degene die de test uitvoert.

2.4 Testen volgens de MIDAS-norm [6]

2.4.1 Technisch beschrijving van een MIDAS-test

MIDAS staat voor Mannesmann Inclusion Detection by Analysing Surfboards. Dit wil dus zeggen dat er inclusies of defection worden opgespoort door het onderzoeken van platte platen (Surfboards). Deze platen ontstaan door een stuk metaal plat te walsen met een standaard walsprocedure. Deze procedure is te zien in onderstaande figuur.



Figuur 12: Het standaard walsproces [6]

De scans worden uitgevoerd met een ultrasoon geluidsignaal van 10MHz

2.4.2 Resultaat van een MIDAS-test

Onderstaande tabel geeft een overzicht van MIDAS-testresultaten. In de onderste rij van Tabel 6 is een afbeelding te zien van het gescande werkstuk. De lichtgrijze oppervlakte is foutloos materiaal, de zwarte puntjes zijn inwendige fouten. In de bovenste rijen zijn enkele gegeven terug te vinden zoals het aantal defecten, de dichtheid van deze defecten, de gemiddelde grootte van de defecten en de totale defect grootte.

Sample	C797-B1	C797-K1	C797-J2	C797-N
Number of defects	1	17	68	119
Density of defects (defects/dm ³)	<mark>1,3</mark>	21	80	158
Average defect size (mm ²)	1	2,3	3	4,9
Total defect size (mm²/dm³)	1,3	49	204	580
				C. C. C.

Tabel 6: Resultaat van een MIDAS-test [6]
3 Theoretische beschrijving

3.1 Inleiding

Om tot een goed concept te komen voor een project, is het van belang om eerst een goede reflectie te maken over de functies die benodigd zijn in dit project. Op deze manier kan er zich een degelijk idee vormen van alle onderdelen die voorkomen.

In dit hoofdstuk wordt een beschrijving gegeven van het hele concept, waardoor er een beschrijving van het denkproces kan worden weergegeven bij de uitwerking van de meetmachine.

3.2 Benodigde functies

Het concept bestaat uit 6 grote functies die de gehele meetmachine bepalen. Deze functies zullen uiteindelijk mechanisch, elektrisch of via software gerealiseerd worden.

3.2.1 Mobiel

In een labo-omgeving hebben de meeste toestellen een vaste plaats. Dit toestel zal echter relatief grote onderdelen opmeten, wat betekent dat deze machine ook groot zal zijn tegenover de andere toestellen. Daarom is het nodig dat de meetmachine, in beperkte mate, verplaatsbaar moet zijn. Daarom zal er op gelet moeten worden dat het geheel niet te groot wordt en ook niet te zwaar, zo is het ook toepasselijk om de machine van wielen te voorzien.

3.2.2 Aanpasbaar

Voor deze testopstelling is het van belang dat de mogelijkheden zo min mogelijk beperkt worden. Dit betekent dat de machine zo geconstrueerd wordt dat het gemakkelijk uitgebreid kan worden. Op deze manier wordt er de mogelijkheid gecreëerd om in de toekomst andere soorten metingen uit te voeren of extra functies toe te voegen. Mechanisch gezien zouden er bijvoorbeeld extra ruimte, gaten of vrijheidsgraden voorzien kunnen worden. In de elektronica is het altijd mogelijk om modulair te werken en op deze manier extra aansluitingen toe te voegen indien nodig. Zo is het is de bedoeling om op termijn van het analoog ultrasoon toestel over te schakelen naar een digitaal, en dan ook de volledige informatie van de A-scan in te lezen en te verwerken, ipv enkel het alarmsignaal. Softwarematig is het belangrijk dat de functies niet beperkt worden. Een juiste softwarekeuze kan worden gemaakt door bijvoorbeeld te letten op de communicatiemogelijkheden met andere software.

3.2.3 Sonisch verbindingsmedium en immersiebad

In de meettechniek is er bij ultrasone metingen altijd een koppelmedium nodig tussen de sensor en het te meten object, een zogenaamde transducer. Wanneer het meetproces wordt geautomatiseerd, zal er gebruik gemaakt worden van een immersiebad. In deze masterproef wordt er gebruik gemaakt van een mengels van water en een preserveermiddel. Voor de afmetingen van het immersiebad zal er rekening gehouden moeten worden met de afmetingen van de objecten die zich in het reservoir geplaatst worden, maar ook met de eigenschappen van de sensor die gebruikt wordt.

3.2.4 XY-positioneersysteem: Translatie

De positie van de sensor bepaalt mede de kwaliteit van de meting. Daarom is het belangrijk dat deze zo goed mogelijk gedaan kan worden. De positie van de sensor kan bepaald worden door de positie in het vlak, en de hoek waaronder de sensor zich bevindt.

3.2.4.1 Plaatsing van de sensor

In dit meetinstrument wordt enkel gemeten in het vlak, maar de hoogte van dit vlak wordt bepaald door het te meten object. Daarom zal de sensor in de Z-richting moeten verschuiven en gefixeerd worden. Dit zou zowel een manuele als een automatische oplossing kunnen hebben. de sensor kan tevens onder een kleine hoek verdraaid worden om een optimaal signaal te kunnen detecteren.

3.2.4.2 Verplaatsing van de sensor

Bij het geautomatiseerd meetproces zullen er vele metingen gemaakt worden op een klein oppervlak (een bepaalde resolutie), dit zal manueel nooit bereikt kunnen worden. Er zal dus een aangestuurde oplossing uitgewerkt moeten worden. Deze vele meetpunten zullen zich in dit project enkel bevinden in het XY-vlak waardoor een simpel positioneersysteem gebruikt kan worden.

In een later stadium zou er voor complexere objecten mogelijk ook een automatische Z-aansturing toegevoegd kunnen worden.

3.2.5 Poolcoordinaten: Rotatie

Om cilindrische proefstukken te kunnen opmeten, moet er een roterende beweging gerealiseerd kunnen worden. Een eerste mogelijkheid is om dit via de sensor te doen, maar deze oplossing zou in deze toepassing veel te omslachtig zijn omdat dit bijvoorbeeld meerassige robots zou kunnen omvatten. Daarom zal er een rotatie van het proefstuk uitgewerkt moeten worden. In dit geval zal er rekening gehouden moeten worden met de rondheid van het te meten object afhankelijk van de gebruikte rotatiemethode.

3.2.6 Opspanmogelijkheden

Omdat er in deze machine verschillende bewegende onderdelen zijn en omdat de metingen gebeuren onder water, is het mogelijk dat de proefstukken kunnen verplaatsen tijdens het meten. Dit is uit den boze wanneer de meetpunten zeer dicht bij elkaar liggen. Dit betekent dat de onveranderlijke positie van de proefstukken gegarandeerd moet kunnen worden. Deze positie kan verwezenlijkt worden met behulp van een klemsysteem. Mogelijke oplossingen zijn bijvoorbeeld mechanisch of elektromagnetisch. In deze masterproef is gekozen om de positie mechanisch te borgen met behulp van 1 aanslag waar het werkstuk tegen gelegd moet worden. Met behulp van een 2^e aanslag wordt het werkstuk vast gezet.

4 Mechanisch ontwerp

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk wordt besproken Hoe het hele concept voor de meetmachine uitgedacht is. Om deze machine uit te werken, zijn "uitbreidbaarheid" en "aanpasbaarheid" de sleutelwoorden. Om dit goed tot zijn recht te laten komen, is modulair werken een belangrijk idee. Door modulair te werken, kunnen de verschillende functies goed van elkaar onderscheiden worden en is ook ieder onderdeel eenvoudig uit te wisselen en te bespreken.

Omdat ZF Wind Power een zeer groot bedrijf is, zijn er vele faciliteiten beschikbaar. Zo is er bijvoorbeeld het magazijn waar diverse onderdelen zoals bouten, lagers en dichtingsringen verkrijgbaar zijn. Daarom is het voor deze toepassing, maar ook voor het labo algemeen, verantwoord om zoveel mogelijk onderdelen binnen ZF te verkrijgen.

Daarnaast zijn er ook vele leveranciers bekend in het systeem van ZF, maar het zou een lange tijd duren om een nieuwe leverancier toe te voegen. Om de administratieve en financiële molen zo min mogelijk te verstoren en om alles binnen het tijdsbestek van dit project te kunnen voltooien, wordt het aangeraden om ook alle aankopen via de gekende leveranciers te verrichten. Het voordeel is dat er zich een groot aantal leveranciers binnen dit systeem bevinden waardoor de kans klein is dat het gewenste product moeilijk te verkrijgen is.



Figuur 13: Totale machine



Figuur 14: Schematische weergave van de kar

De kar dient om de gehele machine gemakkelijk te transporteren doorheen het bedrijf, zo kan de mobiliteit gegarandeerd worden. Het frame en het waterreservoir zal op deze kar worden geplaatst, wat betekent dat de totale afmetingen van het frame ook binnen het oppervlak van deze kar moet passen. Hierdoor is ook meteen een richtwaarde voor de grootte van de machine gekend.

4.2.1 Basis

In ZF worden op verschillende plaatsen karren gebruikt om bijvoorbeeld werkstukken en materialen te verplaatsen. Zo een kar kan gemakkelijk gebruikt worden om alle onderdelen van de meetmachine op te monteren.

De hoofdafmetingen van deze kar zijn:

- tafel 1200x850mm + handvat,
- hoogte ongeveer 800mm.

De kar is voorzien van drie lagen, waardoor er dus een zeer groot oppervlak is om mee te werken.

4.2.2 Aanpassingen

Ergonomisch gezien wordt de hoogte van het werkgebied voor staande taken gezet op ongeveer 90 tot 110 cm. Dit betekent dus dat, wanneer het frame rechtstreeks op de tafel geplaatst zou worden, het veel te moeilijk zou worden om in het waterreservoir te werken omdat de armen te hoog geheven moeten worden. Om deze reden zal er in het bovenste tafelblad een opening gemaakt worden waardoor er wel op een geschikte hoogte gewerkt kan worden. Het geheel is dus verzonken in de tafel (zie Figuur 14)

Daarnaast zal de elektrische kast ook gemonteerd moeten worden op deze kar. Omdat deze makkelijk open en dicht moet kunnen en hierop ook de aan/uitknop zal staan, kan deze kast aan de zijkant vastgemaakt worden. De ruimte tussen de kast en het frame zal uiteindelijk de bekabeling bevatten.

De onderste laag kan gebruikt worden om eventueel andere werktuigen te leggen die van toepassing zijn bij het gebruik van het meettoestel. Daarnaast zou ook de lege ruimte onder het handvat gebruikt kunnen worden voor dit soort doeleinden.

4.3 Frame

De materialen waarmee het frame gemaakt wordt, moeten zorgvuldig gekozen worden omdat alle onderdelen hierop gemonteerd worden. Voor dit frame, en voor de hele machine is het belangrijk dat het polyvalent blijft. Dit wil zeggen dat ieder deel van de machine op een gemakkelijke manier bevestigd kan worden. Gaandeweg door het hele project is het altijd mogelijk dat een bepaalde positie van een onderdeel niet goed gekozen is. Hierdoor moet dat bepaalde onderdeel makelijk op een andere plaats kunnen worden ingebouwd.

4.3.1 Constructie

Voor het frame hebben is gekozen voor aluminium snelbouwprofielen van Item. Onderdelen kunnen door de gleuven in deze profielen gemakkelijk toegevoegd of verplaatst worden met behulp van verbindingssets. Als het frame op een goede manier ontworpen is, is zelfs het frame vlot aan te passen.



Figuur 15: Het frame

De hoofdafmetingen zijn 700x1000x460mm. Er is onder het frame een ruimte voorzien van 400mm zodat er voldoende ruimte is voor het waterreservoir.

Het frame bestaat, omdat het positioneersysteem gerealiseerd wordt met profielen van 60mm, uit Profil 6 60x60 profielen van Item. De onderdelen om dit frame te bouwen worden geleverd door PEC Products n.v



Figuur 16: Dwarsdoorsnede van een profiel [7]



Figuur 17: Bevestigingskit [8]

De Automatik verbindingsset 6 verzorgt een simpele loodrechte verbinding van twee profielen. Deze set bestaat uit 3 delen:

- Schroef M6,
- Inschroefdeel,
- Schuifblokje.

Om dit te monteren, wordt eerst het gedeelte dat voorzien is van schroefdraad in het profiel gedraaid. Dit is schroefdraad die zich automatisch vastzet in de gleuf, en kan dus op een eenvoudige manier gemonteerd worden doormiddel van een handboormachine. Als dit gedaan is, kan de schroef hierdoor gestoken worden en het schuifblokje op de schroef gedraaid worden. Op deze manier kunnen vervolgens twee profielstukken in elkaar geschoven worden.

4.3.2 Aanpasbaarheid



Figuur 18: Aanpasbaarheid frame

Dit frame is zo ontworpen dat enkele profielen nog een bepaalde vrijheidsgraad hebben. Op het bovenste profiel wordt de motorarm geplaatst die de te meten proefstukken zal roteren.

Het onderste profiel kan hoger of lager gezet worden zodat er eventueel meer ruimte kan vrijgemaakt worden voor het plaatsen van de spanplaat.

4.4 Waterreservoir

Dit waterreservoir kan uit een doorzichtig materiaal zoals plexiglas gemaakt worden. Hierdoor zou het gebruik vergemakkelijkt worden omdat men kan zien of de sensor het proefstuk raakt. Maar omdat het systeem ook kan worden voorzien van een meetlat, is dit overbodig. Omdat deze bak niet van plexiglas gemaakt hoeft te worden maar van roestvrijstaal of aluminium, kan deze ook binnen ZF gemaakt worden.



Figuur 19: Waterreservoir

4.4.1 Eigenschappen

Het reservoir moet, omdat het water een mengel is met preserverende middelen, van duurzaam materiaal gemaakt worden. Bij regelmatig gebruik zal dit mengsel al snel vertroebelen, zelfs met de middelen die dit effect vertragen. Om deze reden is er een afvoerkraan voorzien om de bak te kunnen ledigen.

4.4.2 Constructie

De dienst in ZF die dit soort reservoirs maken, noemen dit een lekbak. Omdat verschillende machines gebruik maken van vloeistoffen (water, koelvloeistof, ...) die ook opgevangen en afgevoerd moeten worden, zijn er regelmatig bakken nodig die deze functie vervullen.

Deze lekbakken worden vervaardigd uit roestvrij staal (RVS). Er is hierbij keuze uit verschillende diktes plaatmateriaal, variërend van 1 mm tot meer dan 5 mm. Om de kost te drukken, maar toch een stevig reservoir te hebben, is 2 mm een geschikte keuze.

De hoogte van dit reservoir wordt bepaald door zowel de uiteindelijke hoogte van het proefstuk als het near field van de sensor. De uiteindelijke hoogte is ongeveer 400mm.

4.4.2.1 Afvoer

Om de inhoud gemakkelijk te kunnen afvoeren, wordt de bodem in V-vorm gerealiseerd. Op het diepste punt wordt een aflaatkraan voorzien.

Omdat de bodem geen horizontaal vlak is en de metingen wel horizontaal gebeuren, zal dit gecompenseerd moeten worden bij de spanplaat.

4.5 XY-positioneersysteem (translatiebeweging)

In een scansysteem is het belangrijk dat scans in een zo kort mogelijke tijd gemaakt kunnen worden. Wanneer er veel meetposities zijn, speelt de verplaatsingstijd een grote rol. Daarom is het belangrijk dat het systeem zo snel mogelijk kan bewegen. Een voorwaarde voor snelle beweging, is dat er telkens maar een kleine massa verplaatst moet worden. Door gebruik te maken van servomotoren in het positioneringssysteem kan er een zeer grote meetresolutie bereikt worden. Ook kunnen er complexe bewegingen gemaakt worden.

4.5.1 Beschrijving



Figuur 20: Positioneersysteem [9]

Het XY-systeem wordt geleverd door Vansichen Lineairtechniek. Het is van het type ELZU 60 en heeft een herhaalnauwkeurigheid van $\pm 0,1$ mm.

De hoofdafmetingen zijn 700x800mm met slag in de X-richting 274mm en in de y-richting 470mm



Figuur 21: Werking positioneersysteem [9]

Dit is een portaalsysteem bestaande uit twee Y-assen en één X-as. [9]Het wordt aangedreven door één omringende riem die op diverse plaatsen omgebogen wordt. Verplaatsingen worden verwezenlijkt door twee servomotoren. Het grote voordeel aan dit systeem is dat er maar een kleine massa wordt verplaatst waardoor het hoge versnellingen kan bereiken.

Wanneer de motoren in tegengestelde zin draaien, wordt de loopkat in de Y-richting verplaatst. Als deze motoren in dezelfde zin draaien, wordt een verplaatsing in de X-richting verwezenlijkt.

4.5.2 Montage

Omdat het positioneersysteem met een grote nauwkeurigheid geconstrueerd is, is het ook belangrijk dat het op een juiste manier gemonteerd wordt op het frame. Wanneer hier geen rekening mee wordt gehouden, kan het systeem gaan trillen bij grotere of snellere bewegingen als gevolg van skew en warp.

4.5.2.1 Skew(schuintrekken)

Skew of schuintrekken kan beschreven worden als de hoekafwijking tussen twee zijden in het vlak. De hoek moet zo dicht mogelijk bij 90° liggen. Als dit niet zo is bij het systeem, kunnen ten gevolge van afwijkende afstanden tussen twee overstaande zijden zich 3 mogelijkheden voordoen (zie Figuur 22: Skew).

Deze gevallen, vertaald naar het positioneringssysteem zijn:

- 1. De Y-assen zijn t.o.v. elkaar verschoven,
- 2. Het systeem is schuin opgesteld,
- 3. De Y-assen staan onder een hoek t.o.v. elkaar.

Opmerking: er is nog een vierde mogelijkheid, maar deze is in werkelijkheid onmogelijk omdat daarvoor de Y-assen een verschillende lengte moeten hebben.



4.5.2.2 Warp (verwringing)

Onder warp of verwringing verstaat men de hoekverdraaiing tussen twee overstaande zijden. Vertaald naar het postitioneringssysteem wil dit zeggen dat de twee Y-assen mogelijk niet parallel aan elkaar staan. Dit betekent dus dat wanneer er warp aanwezig is, het systeem niet langer perfect in het vlak ligt. Er kan dan meer wrijving ontstaan in de geleiding aan één kant waardoor trillingen ontstaan door het achterblijven van die geleiding.



4.5.2.3 Correcte montage

Om het positioneringssysteem juist te monteren, kan men op twee manieren tewerk gaan. Ten eerste kan men door strikte plaatstoleranties te zetten op alle onderdelen die te maken hebben met de montage van het systeem vervormingen tegengaan. Op deze manier kan men de rechtheid garanderen. Omdat er echter met snelbouwprofielen gewerkt wordt, is dit geen geschikte methode daar de gleuven van deze profielen een zeer grote speling hebben. Ten tweede kan men ervoor zorgen dat de stukken die het systeem verbinden met het frame in lengte verstelbaar zijn. Op deze manier kan het mogelijke schuintrekken of verwringen door afwijkingen handmatig gecompenseerd worden. Er is dus bij de montage een initiële uitrichting nodig.

Omdat het frame zeer recht gemonteerd kan worden, zal er bij de montage vooral geconcentreerd moeten worden op de warp van het systeem. Skew kan dus verwaarloosd worden, zeker wanneer er gelet wordt op de volgorde van de montage. Als eerst één zijde volledig wordt vastgezet, bv. d.m.v. bouten, is de rechte positie verzekerd.

4.5.2.4 Huidig ontwerp

Het huidige ontwerp van de verbinding, houdt weinig of geen rekening met de speling veroorzaakt door afwijkingen in de onderdelen. Hierdoor ontstaan er dus problemen bij de montage als de onderdelen met een lage tolerantie vervaardigd worden. Na montage van het systeem zullen er stappen moeten ondernomen worden om het geheel juist uit te richten. Als dit niet gedaan wordt, is de kans zeer groot dat de machine gaat trillen.



Figuur 24: Verbindingsplaat

In het huidige ontwerp wordt het positioneringssysteem gemonteerd d.m.v. vier verbindingsplaten (zie Figuur 24: Verbindingsplaat) die vastgebout worden. Om in dit ontwerp trillingen te voorkomen, zal er iteratief gezocht moeten worden naar de juiste positie van het systeem. Iets dat zeer intensief werk is. Zo kan men de eerste Y-as volledig vastzetten en vervolgens bij de overige twee platen de bouten nog niet volledig vastdraaien. Op deze manier kan er handig gebruik gemaakt worden van de speling in de boutgaten. Omdat er nog speling aanwezig is, kunnen de hoeken van het systeem nog over een beperkte afstand verhoogd of verlaagd worden. Dit proces zou vergemakkelijkt kunnen worden door gebruik te maken van een bout en verbindingsmoer (zie Figuur 25: Verbindingsmoer). Als uiteindelijk de positie waarbij de minste trilling ontstaat gevonden is, kan deze gefixeerd worden.



Figuur 25: Verbindingsmoer

4.5.2.5 Concept verbeterde montage (uitrichten)

Om het positioneersysteem op eenvoudige wijze handmatig uit te richten, kunnen de verbindingsplaten opnieuw ontworpen worden. In plaats ven één volledige plaat te gebruiken, kan deze opgesplitst worden in twee delen die verbonden zijn met een geleiding. Hierdoor zijn de gaten verschuifbaar ten opzichte van elkaar. Wanneer één van de twee geleidingen van schroefdraad wordt voorzien, is het mogelijk om een bepaalde positie vast te zetten door bijvoorbeeld een moer. Als dit systeem voor minstens twee van de verbindingsplaten gebruikt wordt, kan het positioneersysteem juist afgesteld worden.



Figuur 26: Verbinding met verstelbaarheid

4.6 Sensorbevestiging/verplaatsing



Figuur 27: Sensorbevestiging (totaal)

De bevestiging voor de sensor zal op de loopkat van het xy-positioneersysteem gemonteerd worden.

Omdat deze sensor vele malen ingesteld zal worden, is het belangrijk dat dit op een eenvoudige manier kan gebeuren.

4.6.1 Constructie

Voor de sensor is er een liniaal nodig om de hoogte precies te kunnen bepalen. Deze zal bevestigd worden op een roestvrije staaf die in een houder geschoven wordt. De staaf kan gemakkelijk handmatig verschoven en gefixeerd worden met behulp van kartelschroeven.

Zoals in hoofdstuk 2.1.1 aangehaald, moet de sensor onder een kleine hoek geplaatst kunnen worden om het effect van echo's te vermijden. Dit kan gerealiseerd worden door in plaats van een boutgat een gebogen sleuf te plaatsen. In dit ontwerp kan de sensor ongeveer 10° kantelen (zie Figuur 28: Sensorbevestiging.). De sensor zelf wordt in deze kantelbare vastgezet met een stelschroef. Deze stelschroef maakt best geen rechtstreeks contact met de sensor omdat er dan krassen kunnen komen op dit dure gereedschap.



Figuur 28: Sensorbevestiging

4.7 Spanplaat



Figuur 29: Spanplaat

Deze spanplaat dient om de drie verschillende soorten onderdelen op te spannen (zie Figuur 30: Proefstukken.), daarom is er gezorgd voor uitwisselbare onderdelen.



Figuur 30: Proefstukken

Omdat deze spanplaat manueel gehanteerd gaat worden, is het belangrijke dat het geheel een lage massa heeft. Ook moet de plaat hanteerbaar zijn, dit kan bijvoorbeeld gedaan worden door handvaten toe te voegen. Daarnaast moet er op gelet worden dat het waterbestendig is.

4.7.1 Grondplaat

De grondplaat is de basis van de hele spanplaat. Omdat deze stukken zal moeten kunnen houden tot 400mm lang, wordt deze plaat al snel heel groot. Deze plaat wordt uit aluminium vervaardigd zodat het licht en waterbestendig is. Er worden gleuven en gaten voorzien voor de diverse functies die worden toegevoegd.



Figuur 31: Grondplaat

4.7.1.1 T-gleuf

Opdat de klemmen van de spanplaat gemakkelijk verschoven kunnen worden, wordt de grondplaat voorzien van T-gleuven (zie Figuur 32: T-gleuf.). Het gemakkelijkste in gebruik zijn T-gleuven over de volledige lengte omdat het hierdoor mogelijk is om de verschillende soorten klemmen in en uit te schuiven. Dit soort platen kunnen geleverd worden door externe fabrikanten.



Figuur 32: T-gleuf

Er is echter gekozen om deze plaat zelf aan te maken omdat er nog verschillende bewerkingen uitgevoerd moeten worden op deze plaat. Een probleem voor de meeste werkplaatsen is dat het benodigde gereedschap om een T-gleuf aan te maken meestal niet aanwezig is. Dit zijn vaak dure frezen. Het ontbreken van deze frezen hoeft niet zozeer een probleem te zijn omdat dezelfde werking bereikt kan worden door de plaat op een andere manier te construeren. Dit zou op twee manieren kunnen verwezenlijkt worden.

Ten eerste is het mogelijk om de grondplaat op te splitsen in meerdere platen en deze vervolgens als een puzzel in elkaar te passen met behulp van bouten. Dit wordt dan het beste gedaan doormiddel van precisieboren. Een nadeel aan deze manier is dat de onderdelen niet altijd evengoed op hun plek zitten. Omdat hierbij ook de bouten verzonken moeten worden, en de platen relatief dun worden, wordt dit ook moeilijker om een goed ontwerp te maken.

Ten tweede is het mogelijk om de onderzijde van de T-gleuf open te laten en de gleuf niet langer over de volledige lengte te maken (om de delen aan elkaar vast te laten). Zo kan de functionele vorm bereikt worden in twee freesbewerkingen. Het nadeel aan deze optie is dat, om onderdelen uit te wisselen, de bouten volledig losgedraaid moeten worden. De onderdelen kunnen met dit ontwerp niet langer in- en uitgeschoven worden (zie Figuur 33: Realisatie.). Het grote voordeel aan deze manier van werken, is dat de bewerkingen op een simpele manier uitgevoerd kunnen worden, en er geen extra gaten bepaald moeten worden.





Figuur 33: Realisatie

4.7.1.2 Stelvoeten

Als gevolg van de schuine ondergrond van het waterreservoir, zal er een manier moeten zijn om de spanplaat toch recht te zetten. Dit kan men doen door stelvoeten toe te voegen aan het ontwerp. Zo hebben zwenkbare stelvoeten een kogelscharnier om mogelijk te maken dat de draadstang van deze voet kan zwenken ten opzichte van de voetplaat. De universele toepasbaarheid van stelvoeten heeft ervoor gezorgd dat deze ook als standaardtypes worden uitgevoerd en dus makkelijk in de winkel verkrijgbaar zijn. Er hoeven enkel gaten met schroefdraad te worden voorzien in de grondplaat.



Figuur 34: Stelvoet

4.7.1.3 Draagbaarheid

Om eventueel stukken op te spannen buiten het reservoir, moet de spanplaat draagbaar zijn. Daarom worden er handvaten voorzien. Deze kunnen altijd losgeschroefd worden als deze niet nodig zijn of in de weg zitten.



4.7.2 Balkvormige proefstukken

Er zijn twee spanblokjes voorzien om balkvormige proefstukken of platen in op te spannen. In deze spanblokjes bevinden zich twee gaten zodat deze gemonteerd kunnen worden in de T-gleuf d.m.v. bouten.

Figuur 36: Spanblok

4.7.3 Cilindrische proefstukken

Er wordt gebruik gemaakt van twee centerpunten om cilindervormige proefstukken op te spannen. Op deze manier is het mogelijk om de hoek precies aan te sturen. Een andere manier om een hoekverdraaiing te realiseren, is door de cilindrische proefstukken te leggen op rollen. Het grote nadeel aan deze manier is dat er dan nog extra wiskunde komt kijken bij de juiste positionering, de diameters van zowel de rollen als de proefstukken moeten dan gekend zijn. Dit betekent dat de er extra mogelijk afwijkingen komen in het systeem met als gevolg dat de positioneernauwkeurigheid daalt. Een probleem dat bij beide opstellingen kan voorkomen, is slip. Dit kan vermeden worden door gebruik te maken van lage versnellingen. Wanneer men bij de huidige opstelling de slip wil elimineren, moet ervoor gezorgd worden dat er een rigide verbinding is tussen het proefstuk en de as.

De huidige opstelling bestaat uit een as die geplaatst wordt in een lagerhuis. Omdat dit lagerhuis onder water komt te staan, is het zeer belangrijk dat de lager afgeschermd wordt van dit water om latere problemen te voorkomen. Daarom wordt de hele opstelling voorzien van de nodige dichtingsringen en is de lager zelf ook afgedicht. Figuur 37 toont een doorsnede van het lagerhuis, hierop zijn duidelijk de twee dichtingsringen, een lager en een O-ring zichtbaar.



Figuur 37: Lagerhuis

4.7.3.1 Ontwerp van de assen

De as is voorzien van een centerpunt, zodat het proefstuk kan opgespannen worden via de voorziene centergaten. Om de axiale beweging veroorzaakt door het opspannen op te vangen, is er een kraag aanwezig. Ook is er een gleuf aangebracht in de as om een borgring in te plaatsen zodat de op zijn plek gehouden wordt. Een deel van het uiteinde van de as is afgevlakt om een gemakkelijke verbinding te kunnen maken met de aandrijving.



Figuur 38: As

Een probleem dat kan optreden bij dit ontwerp, is dat er bij hogere versnellingen of zwaardere proefstukken slip kan op treden als gevolg van de traagheid. Dit zou betekenen dat het proefstuk een kleinere hoek maakt dan verwacht wanneer de versnelling te groot is, of juist een grotere wanneer het proefstuk verder draait bij het snelle stoppen van de as.

Hoofdstuk 50mvat een uitgebreide uitwerking van het materiaal voor deze assen.

4.8 Motorarm



Figuur 39: Motorarm

Om proefstukken te roteren is er een aandrijving nodig, meerbepaald een stappenmotor. Dit soort motoren kan meestal niet onder water geplaatst worden (accuut gevaar voor kortsluiting of elektrocutie). Daarom moet er een manier zijn om de motor buiten het reservoir te plaatsen en toch een goede verbinding te hebben tussen de motor en het proefstuk.

4.8.1 Eigenschappen

Om de aanpasbaarheid van de constructie te behouden, is de aandrijving voor de cilindrische proefstukken uitgevoerd als een slinger. Op deze manier is er nog speling wanneer er iets zou worden aangepast. Zo kan de aandrijving ook gemakkelijk aan de kant worden gezet als deze niet nodig is.

Door de armen op deze manier te monteren (zie Figuur 39: Motorarm) zullen de assen altijd op dezelfde afstand blijven, en zullen er dus geen problemen optreden zoals een loskomende riem.

Er is een aansluiting voorzien om de as te verbinden met de centerpunt van de spanplaat die simpelweg met een inbussleutel kan worden vastgezet door middel van een stelschroef.

4.8.2 Constructie

Omdat er in deze motorarm verschillende bedenkingen gemaakt kunnen worden, wordt hier de constructie beschreven. Al deze onderdelen moeten op een correcte manier kunnen samenwerken en zijn dus sterk van elkaar afhankelijk.

4.8.2.1 Riem en riemschijven

De riem en riemschijven zijn standaardonderdelen, en worden dus volgens de regels van de machinebouw bepaald.

Zo werd er met behulp van Excel een berekening gemaakt van de riem in dit systeem. Onderstaande tabel geeft deze berekening weer. De gegevens die aangeduid zijn met een gele kleur zijn gekozen door de gebruiker.

Naam	Symbool	Waarde	Eenheid
Steek	р	5	mm
Asafstand	e'	445	mm
Aantal tanden schijf	z1	20	
	z2	20	
Overbrengingsverhouding	i	1,00	
Schijfdiameter	d1 (=dk)	31,83	mm
	d2 (=dg)	31,83	mm
Nodige riemlengte	ld'	990	mm
Berekende tanden riem	zr'	198	
Gekozen tanden riem	Zľ	198	
Vastgestelde riemlengte	ld	990	mm
Verstelweg (spanafstand)	X	4,95	mm
Definitieve asafstand	e	445	mm

Tabel 7: Riemberekening

Om de lengte van de riem te bepalen zijn er vier gegevens nodig, namelijk de steek, de asafstand en het aantal tanden van de riemschijven. Een steek van 5mm wordt in de machinebouw zeer veel gebruikt, en is meteen ook een geschikte waarde voor deze toepassing. De asafstand wordt in het scansysteem bepaald door de hoogte van de as van de motor t.o.v. de as van het proefstuk. Om een juiste aansturing te hebben van de positie en omdat de stappenmotor al is voorzien van een reductietransmissie, kan een overbrengingsverhouding van 1 op 1 gekozen worden. In een riemoverbrenging wordt, om een vloeiende beweging te creëren, een minimum tandenaantal van 13 aangeraden. Een riemschijf van 20 tanden is vlot in de handel verkrijgbaar, en is dus een goede keuze.

Riemen worden altijd volgens bepaalde tandenaantallen geproduceerd, deze aantallen zijn genormaliseerd en worden in tabellen opgenomen. Afhankelijk van deze aantallen zou het ontwerp eventueel aangepast moeten worden. Om deze reden is het belangrijk dat de gebruikte lengte in beperkte mate variabel is. Uit de berekeningen is gebleken dat de riem 990mm lang moet zijn, bij een steek van 5mm heeft deze riem 198 tanden. Dit aantal is ook terug te vinden in tabellen met als gevolg dat er niets aangepast moet worden aan de constructie.

Uit de berekeningen volgt ook een aangeraden verstelweg, een afstand die nodig is om de riem aan te spannen. Deze is nodig omdat de riem door externe factoren zou kunnen variëren in lengte. Hierdoor is het ook mogelijk dat de riem niet goed over de riemschijven rolt of kan loskomen.

De riem kan aangespannen worden op twee mogelijke manieren. Ten eerste zou er een extra wiel toegevoegd kunnen worden dat verplaatsbaar is opgesteld, in deze constructie is dit echter niet mogelijk. Ten tweede kan de asafstand variabel gemaakt worden over een beperkte lengte.

Uit sterkteberekeningen is gebleken dat de riem een minimale breedte van 20mm moet hebben, in dit ontwerp is gekozen voor een breedte van 25mm

De riemschijven worden in dit ontwerp voorzien van flensen om ervoor te zorgen dat de riem niet van de riemschijven kan afschuiven (zie ook Figuur 40: Riemschijf). In deze schijf is ook een gaat met schroefdraad aangebracht om deze vast te zetten op een as d.m.v. een stelschroef.



Figuur 40: Riemschijf

4.8.2.2 Lagerhuizen

Net zoals bij de spanplaat wordt er hier gewerkt met een lagerhuis dat onder water komt te staan. Daarom is het belangrijk dat de nodige afdichtingen aanwezig zijn.



Figuur 41: Aandrijving

4.8.2.3 Armen

De verbinding tussen de twee lagerhuizen, de eigenlijke armen (zie Figuur 42: Arm.), vervullen twee functies. Ten eerste wordt hiermee de zwenkbeweging verwezenlijkt. Ten tweede kan door de arm op te splitsen in twee delen en door toevoeging van een bout en geleiding de riem aangespannen worden. Dit is mogelijk omdat de bout ervoor zorgt dat de arm in lengte kan variëren.



Er zijn in deze arm drie belangrijke onderdelen, namelijk twee armdelen en een as die de twee armdelen verbindt en die functioneert als geleiding voor deze delen. In het eerste armdeel (zie Figuur 43: Arm - mannelijk.)kan de as vastgezet worden om te zorgen dat er minder speling is, het gat voor de as hoeft dus niet zo diep te zijn. In het tweede armdeel (zie Figuur 44: Arm - vrouwelijk) zal deze as moeten kunnen schuiven als men ervoor wilt zorgen dat het geheel in lengte kan variëren, In dit gat zal dus de nodige ruimte voorzien moeten worden. Wanneer er aan dit systeem nog een bout en een moer wordt toegevoegd, is het mogelijk om de gewenste lengte vast te zetten, en op deze manier de riem op te spannen.



In deze armen ontstaat er een probleem dat in het ontwerpproces vaak over het hoofd gezien wordt. Omwille van het feit dat hier gebruik gemaakt wordt van passingen, en de gaten voor de assen afgesloten zijn, zal er geen lucht kunnen ontsnappen. Wanneer er een as in de arm geperst zou worden, kan deze dan gaan barsten. Daarom is het nodig om op de geschikte plaatsen ontluchtingsgaten te voorzien.

4.9 Toevoegingen voor gebruiksgemak

De gebruiker zal voor metingen de machine moeten instellen. Zo zal men bijvoorbeeld de sensor tot op een bepaalde hoogte boven het proefstuk willen plaatsen. Daarnaast zal de mechanica op een juiste manier aan de software gekoppeld moeten worden. Het is bijvoorbeeld vanuit de software niet zichtbaar op welke reële positie de sensor zich bevindt, alleen de relatieve plaats is gekend.

4.9.1 Zichtbare meting

Om het bereik van het positioneringssysteem zo goed mogelijk te benutten, is het van belang dat het volledige bereik gemakkelijk zichtbaar is. Daarom worden er op de geleidingen meetlatten voorzien die de uiterste posities aantonen. In de software wordt er een positionering ingevoerd waarmee over een door de gebruiker bepaalde afstand bewogen kan worden. Dit betekent dat de plaats van de sensor vrij door de gebruiker kan worden bepaald.



Figuur 46: Meetlatten

4.9.2 Wijzer voor sensor

Om gemakkelijk te kunnen bepalen hoe diep de sensor zich in het reservoir bevindt, is er een klem ontworpen die op dezelfde staaf als de klem geschoven kan worden. Er zitten drie gaten in waarvan bij twee de schroefdraad aan de ene kant staat en bij het derde andersom. Op deze manier kan met de onderste twee gaten een wijzerplaatje vastgeschroefd worden en met het bovenste gat kan het blokje geklemd worden op de staaf.



Figuur 47: Meetklem

5 Materiaalkundige uitwerking

5.1 Inleiding

Het is lang geweten dat het belangrijk is om een goede materiaalkeuze te maken bij het ontwerpen van werktuigen, machines en andere toepassingen. Het aantal materialen waaruit ontwerpers vandaag kunnen kiezen is enorm, de opportuniteit voor innovatie is dan ook even uitgebreid. Maar vooruitgang is enkel mogelijk wanneer er ook een procedure bestaat om een rationele keuze te maken uit de materialen van deze grote menukaart, en – wanneer ze worden gebruikt – een manier om de juiste methode te vinden om deze materialen vorm te geven, te verbinden en af te werken.

Daarom wordt in dit project zo een materiaalkeuze gemaakt met de huidige mogelijkheden. Hiervoor zal er gebruik gemaakt worden van de Ashby methode 'Materials Selection in Mechanical Design', samen met het softwarepakket CES Edupack 2013.

5.2 Onderwerpkeuze

5.2.1 Het onderdeel

Het onderdeel dat het zwaarst te verduren zal krijgen, en dus ideaal is om onderzoek naar te doen, is de as die een proefstuk zal ondersteunen en roteren.

5.2.1.1 Uitzicht

De as is voorzien van een centerpunt, zodat het proefstuk kan opgespannen worden via de voorziene centergaten. Om de axiale beweging veroorzaakt door het opspannen op te vangen, is er een kraag aanwezig. Ook is er een gleuf aangebracht in de as om een borgring in te plaatsen zodat de op zijn plek gehouden wordt. Een deel van het uiteinde van de as is afgevlakt om een gemakkelijke verbinding te kunnen maken met de aandrijving.



Figuur 48: As – aanzichten

Deze as zal geplaatst worden in een behuizing die voorzien is van de nodige lagering en dichtingen. Deze dichtingen zijn nodig om de lager te beschermen tegen het binnendringen van water.



Figuur 49: Lagerhuis

5.2.1.2 Functie

De as zal cilindrische proefstukken ondersteunen via de voorziene centergaten. Op deze manier kan het stuk volgens een bepaalde hoek geroteerd worden, en dit onafhankelijk van de diameter (moest de as op rollen geplaatst worden, dan zou de diameter ook in rekening gebracht moeten worden).



Figuur 50: Opspanning proefstuk

De lengte van dit proefstuk varieert van 200 tot 400 mm, de diameter ligt tussen 50 en 100 mm

Dit betekent dus dat het grootst mogelijke proefstuk een lengte zal hebben van ongeveer **400 mm** en een diameter van **100 mm**. Omdat geweten is dat het proefstuk volledig uit staal bestaat (ρ =7,8 kg/dm³), kan de maximale massa berekend worden:

Gegeven:

- D = 100 mm
- L = 400 mm
- $\rho = 7.8 \text{ x} 10^3 \text{ kg/m}^3$

Berekening:

$$A = \frac{\pi . D^2}{4}$$

$$V = A. L = \frac{\pi . D^2}{4} . L$$

$$m = V. \rho = \frac{\pi . D^2}{4} . L. \rho$$

$$m = \frac{\pi . 0.1^2}{4} . 0.4 . 7.8 \times 10^3 = 24, 5 \ kg$$

Om het gemakkelijk te maken, kan deze massa afgerond worden naar 25 kg.

Omdat de cilinder ondersteund zal worden door twee assen, kan men er vanuit gegaan dat de te onderzoeken as een massa van **12,5 kg** zal ondersteunen.

5.2.1.3 Huidig ontwerp

Voor de ontworpen as is het belangrijk om te weten of deze geschikt is voor zijn taak. Onderstaande afbeelding toont de vormgeving en afmetingen van het stuk.



Figuur 51: As - afmetingen

Het materiaal waaruit deze as gemaakt zal worden is roestvrij staal met de codering RVS316L.

5.2.2 Brainstorming

Voor het ontwerp van de as dienen de volgende aspecten in rekening gebracht te worden:

- minimale kostprijs,
- minimale massa,
- doorbuiging/sterkte,
- trillingen,
- torsie (vanwege traagheid),
- radiaal-/axiaalkracht,
- waterbestendig,
- corrosiebestendig,
- slijtvastheid (hardheid),
- vormstijfheid,
- vermoeiing,
- slag-/stootvast

Er moet dus bepaald worden of de as overal dik genoeg is, niet te lang is en of het gekozen materiaal (RVS) geschikt is. Ook wordt er nagekeken of er geen beter materiaal is waaruit we de as vervaardigd zou kunnen worden. Verder is er ook de mogelijkheid om nabehandelingen van het materiaal te overwegen.

5.2.3 Primaire objectieven

Deze eisen zijn absoluut noodzakelijk voor het correct functioneren van de as.

a) <u>Waterbestendig</u>

De as zal voor lange periodes onder water komen te staan, dit mag dus geen problemen gaan vormen. Onder normale omstandigheden zal deze as enkel in zoet water terecht komen, maar de neutraalheid van het water is niet gegarandeerd.

b) <u>Corrosiebestendig</u>

De proefstukken waarmee het materiaal in contact komt, zijn van niet roestvast staal gemaakt en kunnen dus gaan roesten. Om de juiste werking van het onderdeel te garanderen (voldoende grip e.d.), mag dit zelf niet gaan corroderen. Het water waarin de as zich bevindt kan voorzien worden van corrosievertragende middelen, maar dit is dus niet altijd van toepassing. De as mag niet aangetast worden door andere materialen.

5.2.4 Secundaire objectieven

De materialen die aan de primaire vereisten voldoen worden vervolgens getest op de secundaire vereisten. Deze vereisten zijn geen verplichting maar zijn zeker niet onbelangrijk voor de materiaalkeuze.

a) <u>Massa</u>

Omdat de spanplaat gemakkelijk hanteerbaar moet zijn, is het van belang dat we alle onderdelen zo licht mogelijk proberen te houden.

b) Kostprijs

De as komt maar twee keer voor in de machine, maar om de gehele kostprijs te drukken wordt de prijs van het materiaal toch zo laag mogelijk houden. Op deze manier kan dit materiaal eventueel ook voor andere onderdelen worden gebruikt.

c) <u>Slijtvastheid/krasbestendigheid</u>

Een materiaal is slijtvast als de hardheid voldoende groot is. Dit betekent dus dat het harder moet zijn dan de voorwerpen waarmee het in contact komt. De proefstukken kunnen van gehard staal zijn, wat betekent dat er al over een hoge hardheid gesproken wordt.

d) <u>Vermoeiing</u>

Het is natuurlijk belangrijk dat de as een lange levensduur heeft, zodat deze niet om de haverklap vervangen moet worden. Het zou een kostelijke zaak kunnen worden, moest dit wel zo zijn. De verschillende kleine hoekverdraaiingen en de relatief grote massa kunnen al snel zorgen voor een daling van de toelaatbare spanning. Ook de vele opspanningen kunnen dit effect versterken.

e) <u>Slag-/stootvastheid</u>

Omdat bij het opspannen van proefstukken niet altijd even voorzichtig wordt omgegaan met de gegeven materialen, is het ook belangrijk dat de slag- en stootvastheid in rekening wordt gebracht. Het zou kunnen dat bij het (per ongeluk) stoten van proefstukken tegen de as, de punt afbreekt. Dit moet zoveel mogelijk vermeden worden.

5.2.5 Doelstellingen

Voor het bepalen van het materiaal van de as zijn de volgende eigenschappen van belang:

- Minimale massa,
- Minimale kost,
- Minimale vermoeiing.

5.2.6 Beperkingen

Om te zorgen dat het materiaal zo licht mogelijk blijft, moet er op gelet worden dat het niet blijft drijven aangezien alles onder water moet blijven staan. Dit betekent dus $\rho > 1000 \text{ kg/m}^3$.

5.2.7 Vrije variabelen

Er kan gespeeld worden met de diameter van de as, dit betekent dan wel dat de lagering of het lagerhuis mogelijk moet worden aangepast.

5.3 Screening

In dit hoofdstuk worden diverse materiaalindexen (MI's) bepaald. Deze worden daarna ingegeven in de software zodat het juiste materiaal bepaald kan worden. De uitgekomen grafieken en tabellen zijn te vinden in bijlage 0.

5.3.1 Algemene screening

Uiteindelijk werden volgende limieten opgesteld in de CES Edupack 2010 software.

Durability: Fluids & Sunlight		
Water (fresh)	Excellent	
Water (salt)	Excellent, acceptable	
Weak acids	Excellent, acceptable	
Weak alkalis	Excellent, acceptable	
Organic solvents	Excellent, acceptable	
UV radiation	Excellent, Good, Fair	
Density	>1000 kg/m ³	

Tabel 8 : Limieten

Er is voor gekozen om de UV-straling ook op te nemen in de screening om andere niet-destructieve testen niet uit te sluiten. Het is mogelijk dat de spanplaat ook bij andere proeven gebruikt zal worden.

5.3.2 Massa minimaliseren

De doelstellingsfunctie start vanuit de massa. Er wordt dus een formule opgesteld van de massa in functie van de diameter of de straal. Afhankelijk van het uitzicht van de volgende formules kan er dan gekozen worden tussen de twee. Dit om berekeningen eventueel makkelijker te maken.



Figuur 52 : Cilinder

L: lengte as d: diameter as r: straal as

$$m = L * \rho * \frac{\pi * d^2}{4}$$
Of

 $m = L * \rho * \pi * r^2$ (3.2.2) Om de verschillende materiaalindexen te bepalen, wordt de as bekeken op de volgende eigenschappen:

Doorbuiging



Figuur 53: Doorbuiging

Met:

- **F** de kracht op het uiteinde van de balk/as
- L de lengte van het uitstekende deel
- t de dikte van de balk/as

Elasticiteit (sterkte):

Omdat men voor de metingen een grote precisie wil bereiken, moet ervoor gezorgd worden dat de as minimaal zal doorbuigen. Daarom wordt de doorbuiging δ in rekening gebracht.

De doorbuiging:
$$\delta = \frac{F * L^3}{4 * E * I}$$
 (3.2.3)

Breuk (maximale buigspanning):

Uiteraard mag de as ook niet gaan breken, waardoor er ook met de buigspanning σ zal gerekend worden.

De buigspanning: $\sigma_1 = \frac{M*y}{I}$

Dit verder uitgewerkt naar de kracht geeft:

$$\sigma = \frac{F * L * y}{I} \tag{3.2.4}$$

<u>Torsie</u>



Figuur 54: Torsie

Met:

- **T** de torsie op de as,
- L de lengte van de as,
- θ de hoekverdraaiing.

Elasticiteit (sterkte):

Voor metingen wordt de hoekverdraaiing van het proefstuk belangrijk, dit betekent dat we ook de hoekverdraaiing moeten beperken.

De hoekverdraaiing:
$$\theta = \frac{L*T}{K*G}$$
 (3.2.5)

Met:

- **G** de glijdingsmodulus
- K het traagheidsmoment

Breuk (maximale afschuifspanning):

Als men wilt vermijden dat de as zal breken onder invloed van de torsie, moet ervoor gezorgd worden dat het materiaal resistent is tegen de afschuifspanning ontstaan door het torsiemoment.

$$\tau = \frac{T * r}{I_p}$$

Het polair traagheidsmoment voor een volle as is:

$$I_p = \frac{\pi}{2} * r^4$$

 I_p invullen in de afschuifspanningsvergelijking geeft ons:

$$\tau = \frac{2 * T * r}{\pi * r^4}$$

$$\tau = \frac{2 * T}{\pi * r^3}$$
(3.2.6)

5.3.2.1 Beperking op vervorming bij doorbuiging

Uit formule (3.2.3) komt:

$$\delta = \frac{F * L^3}{4 * E * I} = \frac{F * L^3}{4 * E * \frac{\pi * d^4}{64}}$$

Invullen in vergelijking (3.2.1) geeft dan:
$$m = L * \rho * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{F * L^3}{4 * E * \frac{\pi * \delta}{64}}\right)^{1/2}$$
$$m = L^{5/2} * \frac{\rho}{E^{1/2}} * \left(\frac{F}{\delta}\right)^{1/2}$$

Minimaliseren
$$\Rightarrow$$
$$MI_1 = \frac{E^{0.5}}{\rho}$$

 $\log E = 2\log(M.I.) + 2\log(\rho)$

5.3.2.2 Beperking op breuk bij doorbuiging

Uit formule (3.2.4) komt:

$$\sigma = \frac{F * L * d/2}{\frac{\pi * d^4}{64}} = \frac{F * L}{\frac{\pi * d^3}{32}}$$

Invullen in vergelijking (3.2.1) geeft dan:

$$m = L * \rho * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{F * L}{\frac{\sigma * \pi}{32}}\right)^{2/3}$$
$$m = L^{5/3} * \frac{\rho}{\sigma^{2/3}} * (F * 4)^{2/3}$$

Minimaliseren

$$\Rightarrow$$
$$MI_2 = \frac{\sigma^2_3}{\rho}$$

$$\log \sigma = \frac{3}{2} \log(M.I.) + 2 \log(\rho)$$

(3.2.2.1)

(3.2.1.1)

5.3.2.3 Beperking op vervorming bij torsie

Uit formule (3.2.5) komt:

$$\theta = \frac{L * T}{K * G} = \frac{L * T}{\frac{\pi}{2} * r^4 * G}$$
Invullen in vergelijking (3.2.2) geeft dan:

$$m = L * \rho * \pi * \left(\frac{2 * L * T}{\pi * G * \theta}\right)^{1/2}$$

$$m = L^{3/2} * \frac{\rho}{G^{1/2}} * \left(\frac{2*\pi * T}{\theta}\right)^{1/2}$$
(3.2.3.1)
Minimaliseren

$$\Rightarrow$$

$$MI_3 = \frac{G^{0.5}}{\rho}$$

 $\log G = 2\log(M.I.) + 2\log(\rho)$

5.3.2.4 Beperking op breuk bij torsie

Uit formule (3.2.6) komt:

$$r^{3} = \frac{2 * T}{\pi * \tau}$$
$$r^{2} = \left(\frac{2 * T}{\pi * \tau}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Invullen in vergelijking (3.2.2) geeft dan:

$$m = \pi * \left(\frac{2 * T}{\pi * \tau}\right)^{\frac{2}{3}} * l * \rho$$
$$m = \pi^{\frac{1}{3}} * (2 * T)^{\frac{2}{3}} * l * \frac{\rho}{\tau^{\frac{2}{3}}}$$

Minimaliseren

$$MI_4 = \frac{\tau^2_3}{\rho}$$

$$\log \tau = \frac{3}{2} \log(M.I.) + \frac{3}{2} \log(\rho)$$

In CES Edupack is echter geen materiaaleigenschap terug te vinden voor maximale toelaatbare afschuifspanning. Maar vanuit de sterkteleer is gekend dat $\tau = \frac{\sigma}{\sqrt{3}}$

(3.2.4.1)

Dit betekent dat τ vervangen kan worden door $\frac{\sigma}{\sqrt{3}}$, dit geeft de volgende logaritmische functie:

$$\log \frac{\sigma}{\sqrt{3}} = \frac{3}{2} \log(M.I.) + \frac{3}{2} \log(\rho)$$

5.3.2.5 Kostprijs minimaliseren

Kostprijs: $C = m * C_m$, met C_m de kost per kilogram. Een doelstellingsfunctie voor minimale massa werd reeds opgesteld en kan worden ingevuld in bovenstaande formule.

$$C = L * C_m * \rho * \frac{\pi * d^2}{4}$$
Of
$$C = L * C_m * \rho * \pi * r^2$$
(3.3.1)
(3.3.2)

5.3.2.6 Beperking op vervorming bij doorbuiging

Uit formule (3.2.3) komt:

$$\delta = \frac{F * L^3}{4 * E * I} = \frac{F * L^3}{4 * E * \frac{\pi * d^4}{64}}$$

Invullen in vergelijking (3.3.1) geeft dan:

$$C = L * C_m * \rho * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{F * L^3}{4 * E * \frac{\pi * \delta}{64}}\right)^{1/2}$$

$$C = L^{5/2} * \frac{C_m * \rho}{E^{1/2}} * \left(\frac{F}{\delta}\right)^{1/2}$$
(3.3.1.1)

Minimaliseren

~

$$MI_5 = \frac{E^{0.5}}{C_m * \rho}$$

 $\log E = 2\log(M.I.) + 2\log(C_m * \rho)$

5.3.2.7 Beperking op breuk bij doorbuiging

Uit formule (3.2.4) komt:

$$\sigma = \frac{F * L * d/2}{\frac{\pi * d^4}{64}} = \frac{F * L}{\frac{\pi * d^3}{32}}$$

Invullen in vergelijking (3.3.1) geeft dan:

$$C = L * C_m * \rho * \frac{\pi}{4} * \left(\frac{F * L}{\frac{\sigma * \pi}{32}}\right)^{2/3}$$
$$C = L^{5/3} * \frac{C_m * \rho}{\sigma^{2/3}} * (F * 4)^{2/3}$$

Minimaliseren

$$\square MI_6 = \frac{\sigma^{\frac{2}{3}}}{C_m * \rho}$$

$$\log \sigma = \frac{3}{2}\log(M.I.) + 2\log(C_m * \rho)$$

5.3.3 Beperking op vervorming bij torsie

Uit formule (3.2.5) komt:

$$\theta = \frac{L * T}{K * G} = \frac{L * T}{\frac{\pi}{2} * r^4}$$

Invullen in vergelijking (3.3.2) geeft dan:

$$C = L * C_m * \rho * \pi * \left(\frac{2 * L * T}{\pi * G * \theta}\right)^{1/2}$$

$$C = L^{3/2} * \frac{C_m * \rho}{G^{1/2}} * \left(\frac{2 * \pi * T}{\theta}\right)^{1/2}$$
(3.3.3.1)
Minimalization

Minimaliseren

$$\Rightarrow$$

$$MI_7 = \frac{G^{0.5}}{C_m * \rho}$$

 $\log G = 2\log(M.I.) + 2\log(C_m * \rho)$

(3.3.2.1)

5.3.3.1 Beperking op breuk bij torsie

Uit formule (3.2.6) komt:

$$r^{3} = \frac{2 * T}{\pi * \tau}$$
$$r^{2} = \left(\frac{2 * T}{\pi * \tau}\right)^{\frac{2}{3}}$$

Invullen in vergelijking (3.2.2) geeft dan:

$$m = \pi * \left(\frac{2 * T}{\pi * \tau}\right)^{\frac{2}{3}} * L * \rho * C_m$$

$$m = \pi^{\frac{1}{3}} * (2 * T)^{\frac{2}{3}} * L * \frac{C_m * \rho}{\tau^{\frac{2}{3}}}$$
(3.3.4.1)

Minimaliseren

$$\Rightarrow$$

$$MI_8 = \frac{\tau^{\frac{2}{3}}}{C_m * \rho}$$

$$\log \tau = \frac{3}{2}\log(M.I.) + \frac{3}{2}\log(C_m * \rho)$$

Hierbij moet τ nog vervangen worden door $\frac{\sigma}{\sqrt{3}}$:

$$\log \frac{\sigma}{\sqrt{3}} = \frac{3}{2} \log(M.I.) + \frac{3}{2} \log(C_m * \rho)$$

5.3.4 Vermoeiing

Om de vermoeiing te minimaliseren, moet de as schadetolerant zijn. Volgens Appendix C, tabel C.5 betekent dit dat voor een as de breuktaaiheid K_{1c} en de sterkte σ_f gemaximaliseerd moet worden. Dit is voor een op belasting gecontroleerd ontwerp. σ_f is eerder al gebruikt, dus het heeft weinig nut om deze opnieuw te verscherpen.

Om nog betere resultaten te verkrijgen, kunnen gekeken worden naar een op verplaatsing gecontroleerd ontwerp. Hierbij wordt $\frac{K_{1c}}{E}$ gemaximaliseerd.

Dit geeft de volgende materiaalindex.

Maximaliseren

$$\implies MI_9 = \frac{K_{1c}}{E}$$

 $\log E = \log(K_{1c}) - \log(M.I.)$

5.3.5 Slijtvastheid

Een materiaal is slijtvast als de hardheid voldoende groot is. Dit betekent dus dat het harder moet zijn dan de voorwerpen waarmee het in contact komt. De proefstukken kunnen van gehard staal zijn, wat betekent dat er over een hoge hardheid gesproken wordt.

Maximaliseren



Deze index wordt in het programma geplaatst door de x-as vast te zetten op 1 en op de y-as wordt dan de Vickers hardheid uitgezet.

Deze materiaalindex hoeft echter niet te streng te zijn omdat het materiaal eventueel nog gehard kan worden d.m.v. coatings of andere hardingsprocessen.

5.3.6 Slag- en stootvastheid

Om de slag- en stootvastheid te maximaliseren, kan simpelweg de breuktaaiheid gebruikt worden als materiaalindex. Deze meerekenen in CES kan op dezelfde manier als voor de hardheid.

Maximaliseren



5.4 Materialenlijst via CES (ranking)

Er is besloten om te zoeken naar materialen die hetzelfde of net iets beter zijn dan het huidige materiaal (RVS316L). Hierbij legt men de lijn altijd zo dat dit roestvrij staal nog net binnen de selectie valt. Na enkele malen itereren, komen er 6 verschillende materialen uit:



Tabel 9: Bekomen materialen

Het is duidelijk dat er uiteindelijk maar één materiaalsoort overblijft, namelijk het roestvrij staal. Verder is er keuze uit zowel austenitisch als martensitisch roestvast staal.

5.5 Vergelijking gekozen materialen

5.5.1 Roestvrij staal [10]

Roestvrij staal is een legering van ijzer met minimaal 12% chroom. Door deze hoeveelheid chroom vormt er zich een beschermende huid van chroomoxide in een oxiderende omgeving.

Roestvast staal wordt gegroepeerd op basis van het chroom- en nikkelpercentage. Metallurgisch en chemisch gezien bestaan er vijf verschillende hoofdgroepen van RVS, deze zijn:

- ferritisch
- austenitisch
- austenitisch-ferritisch (duplex)
- precipitatiehardend
- martensitisch

elke hoofdgroep bevat dan op zich weer een aantal types van materialen die aan specifieke eisen voldoen.

Omdat in dit onderzoek enkel austenitisch en martensitisch roestvast staal naar voren is gekomen, worden enkel deze besproken.

5.5.1.1 Austenitisch RVS

Door het toevoegen van nikkel aan de ijzer-chroomlegering ontstaat er austenitisch roestvast staal (γ ijzer met een dichtere atoomstapeling dan ferriet). De basissamenstelling bestaat uit gemiddeld 18%
chroom en 8% nikkel, dit percentage nikkel is nodig om de austenitische structuur te behouden bij
kamertemperatuur.

Austenitisch roestvast staal is door zijn goede corrosieresistentie en vanwege het hard en glad oppervlak veel gebruikt in de chemische en farmaceutische industrie, voor nucleaire installaties en in ziekenhuizen.

5.5.1.2 Martensitisch RVS

Door middel van warmtebehandelingen verkrijgt met martensitisch roestvast staal, het koolstofpercentage moet dan liggen tussen 0,2 en 1,2%. Door deze warmtebehandeling krijgt het RVS een hoge hardheid en sterkte. Op gebied van de overige mechanische eigenschappen, zoals de corrosieweerstand en de taaiheid, presteren ze tegenover de andere soorten roestvast staal minder goed. Dit vooral omdat het een hoger koolstofpercentage heeft. De corrosieweerstand kan wel verbeterd worden door het percentage nikkel en molybdeen te verhogen.

Een typische toepassing voor martensitisch RVS zijn turbinebladen en messen voor industrieel en huishoudelijk gebruik.
Stainless steel, austenitic, AISI 316L, wrought
Stainless steel, austenitic, AISI 316LN, wrought
Stainless steel, martensitic, AISI 403, wrought, hard temper
Stainless steel, martensitic, AISI 403, wrought, intermediate temper
Stainless steel, martensitic, AISI 414L, wrought, annealed
Stainless steel, martensitic, AISI 431, wrought, annealed, wire

Tabel 10: Roestvaste stalen

Hieronder wordt een beschrijving gegeven voor de uitgekomen stalen.

De **AISI 300** serie – austenitische chroom-nikkel legeringen:

- **Type 316** na 304 de meest algemene RVS-soort; gebruikt bij voeding en de medische sector; toevoeging van molybdeen voorkomt specifieke vormen van corrosie; corrosieve eigenschappen zijn superieur aan die van de meeste andere chroom-nikkel staaltypen;
- **Type 316L** er is minder koolstof toegelaten in het productieproces van dit staal waardoor het beter bestand wordt tegen kruip en het een hogere treksterkte heeft, hierdoor wordt het ook beter lasbaar; wordt meestal gebruikt in toepassingen op zee en grote drukvaten (nucleaire toepassingen);
- **Type 316LN** toevoeging van stikstof zorgt voor een hogere treksterkte.

De AISI 400 serie – ferritische en martensitische chroomlegeringen:

- **Type 403** hittebestendig; wordt vooral gebruikt voor turbinebladen en andere zeer hoog belaste onderdelen; er wordt
- **Type 414** betere bewerkbaarheid door toevoeging van zwavel;
- **Type 414L** de vermindering van het koolstofgehalte zorgt voor betere bestendigheid tegen kruip en voor een hoger treksterkte;
- **Type 431** decoratief, bv. Trimlijnen van auto's; goed vervormbaar; verminderde temperatuurs- en corrosieweerstand; wordt hoofdzakelijk gebruikt voor bevestigingsmiddelen.

Het is duidelijk dat bij de 400-reeks er een evenwicht gezocht is tussen maximale sterkte en de corrosieweerstand.

5.5.1.4 Levertoestand

- **"Wrought":** Het staal is gesmeed, dit betekent dat het in gewalste vorm geleverd wordt. Het is dus door koudvervorming verstevigd.
- **"tempered":** Het staal heeft een warmtebehandeling gehad die zorgt voor een evenwicht tussen hardheid en sterkte/brosheid.
- **"annealed":** Het RVS is gegloeid. Dit zorgt ervoor dat de interne spanning uit het materiaal gehaald is waardoor het beter bewerkbaar wordt (gaat niet kromtrekken)
- "wire": geleverd in draadvorm, het wordt dus geleverd op rol.

Hieruit kan men al afleiden dat Type 431 niet gebruikt kan worden in deze toepassing omdat het in een verkeerde toestand geleverd wordt.

5.5.1.5 Ranking volgens prijs

Een volgorde van de kostprijs van de stalen, volgens CES Edupack 2013, ziet er als volgt uit:

- 1. **316LN**: 4,37 4,81 €/kg,
- 2. **316L**: 4,35 4,79 €/kg,
- 3. **414L**: 1,38 1,51 €/kg,
- 4. **431**: 1,28 − 1,41 €/kg,
- 5. **403**: 0,844 0,931 €/kg.

Hiermee is duidelijk zichtbaar dat het Type 316 veel duurder is ten opzichte van de andere stalen, dit is vooral te wijten aan de verbeterde corrosieve eigenschappen.

5.5.1.6 Corrosiebestendigheid

Onderstaande tabel toont de corrosieweerstand van de gevonden AISI roestvaste staalsoorten in zeven categorieën.

Type -	UNS	Zoet	Atmosferisch		Zout	Chemisch		h
nummer	nummer	water	Industrie	Maritiem	water	Mild	Oxiderend	Reducerend
316L	(S31603)	Х	Х	х	Х	Х	Х	Х
316LN	(S31651)	Х	Х	х	Х	Х	х	Х
403	(S40300)	Х				Х		
414L	(S41400)	Х				Х		
431	(S43100)	Х	Х	х		Х		
	Tabel 11: Corrosiebestendigheid [11]							

Hierin is te zien dat de corrosiebestendigheid van AISI 316 superieur is aan de andere staalsoorten.

5.5.2 Besluit

Omdat de as die geproduceerd wordt voor lange tijd onder water kan komen te staan, is het belangrijk dat er zeer hoge eisen gesteld worden aan de corrosieweerstand. Daarom wordt er dus voor 316L of 316LN gekozen.

Het prijsverschil tussen 316L en 316LN is bijna te verwaarlozen, maar omdat prijzen altijd afhankelijk zijn van fluctuaties, is het mogelijk dat er toch een aanzienlijk prijsverschil kan ontstaan tussen 316L en 316LN. 316LN zou dan duurder moeten zijn vanwege de extra behandeling. Om deze reden is het dus het beste om te kiezen voor **"Stainless steel, austenitic AISI 316L, wrought"**.

Uiteindelijk betekent dit dat, als deze as op sterkte verbeterd zou worden, deze enkel behandeld moet worden met stikstof omdat het huidige staal RVS316L is.

5.6 Productieproces [12]

De gemakkelijkste manier om assen te produceren, is wellicht het draaien en frezen, twee verspanende bewerkingen. Deze as moet maar enkele malen gemaakt worden, waardoor er geen manier voor massaproductie nodig is.



Figuur 55: Draaien

5.6.1 Delen van de as



Figuur 56: Delen van de as

De as zelf kan worden opgedeeld in 5 verschillende delen die elk een apart soort draaien vereisen. De delen zijn:

- 1. Centerpunt,
- 2. Kraag,
- 3. Gleuf (voor een borgring),
- 4. Afvlakking (voor verbinding met een andere as),
- 5. Afschuiningen.

5.6.1.1 Centerpunt

Om de centerpunt te maken, wordt er gebruik gemaakt van het **conusdraaien**. Hiervoor zijn er twee mogelijke methoden. Bij de eerste methode zal men de gewenste hoek bereiken door de bovenslede van de draaibank onder een hoek te plaatsen. Bij kleinere draaimachines zal de beitel vervolgens handmatig langs het product worden bewogen d.m.v. de zwengel. Bij grotere machines is de as van de bovenslede aanstuurbaar, en kan dus meestal niet onder een hoek geplaatst worden. Daarom wordt er bij een tweede methode het product ingeklemd tussen twee centerpunten die niet op dezelfde lijn staan. Hierdoor is het product schuin ingeklemd en kan het conisch worden gedraaid.

5.6.1.2 Kraag

Men vertrekt van een as waarvan de diameter minstens even groot is als de diameter van de kraag. Op die manier kan men door een combinatie van **langsdraaien** en **dwarsdraaien** de as tot op de juiste diameter brengen. Bij langsdraaien verplaatst de beitel zich in een rechte lijn, parallel aan de as van het product. Bij het dwarsdraaien verplaatst de beitel zich uitsluitend dwars op het product. Dit wordt gebruikt voor eindvlakken of voor vertappingen naar een andere diameter. Meestal beweegt bij het voordraaien de beitel zich in de richting van het producten bij het nadraaien andersom.

5.6.1.3 Gleuf

Om de gleuf voor de borgring te fabriceren, zal men gebruik maken van het **insteken**. Hierbij beweegt het gereedschap zich in de richting van de as van het product. Op deze manier wordt er een om de as lopende groef gemaakt. Afhankelijk van het gebruikte gereedschap kan deze groef verschillende vormen hebben, in dit geval wordt er gebruik gemaakt van een rechte insteekbeitel.

5.6.1.4 Afschuiningen

De afschuiningen van de as zorgen ervoor dat er geen scherpe kanten aanwezig blijven. Hiermee wordt ervoor gezorgd dat er geen snijgevaar is, maar ook dat het product zelf steviger wordt omdat het gevaar op scheuren hierdoor verkleint. De afschuiningen worden gerealiseerd door met een **beitel waarvan het snijvlak schuin staat** langs de kanten af te gaan.

5.6.1.5 Afvlakking

Deze afvlakking zal gemaakt moeten worden met een **freesbewerking**. Het frezen wordt gebruikt om vlakke bewerkingen uit te voeren, en dit met behulp van een roterend gereedschap (de frees).

5.7 Eco Audit

5.7.1 Massa van één as

Voor de eco-audit in CES Edupack wordt er gevraagd naar de massa van het product

Om het gemakkelijk te maken, wordt er gerekend met een volle as, omdat dit toch het uitzicht is alvorens het tot het ontwerp wordt bewerkt. Volgende gegevens zijn dus nodig:



Figuur 57: As – afmetingen

- Max. lengte L: 100 mm
- Max. diameter **D**: 25 mm
- Massadichtheid ρ : 7870 tot 8070 kg/m³ => gemiddeld 7970 kg/m³

Volume $\mathbf{V} = \frac{\pi * D^2}{4} * L = 49,087 \times 10^{-6} \text{ m}^3$

Massa $\mathbf{m} = \rho * V = 0.391$ kg

De massa is dus ongeveer 400 gram.

5.7.2 Gegevens

De assen worden geproduceerd door een wals- of smeedproces. Er zijn voor de spanplaat maar 2 assen nodig, dus kan dit ook zo ingegeven worden. Omdat deze assen gemaakt worden in een bedrijf, zal de as na zijn levensduur ook gerecycleerd worden.

Er is vanuit gegaan dat de as maar over een korte afstand zou vervoerd moeten worden, omdat dit materiaal gemakkelijk in België verkrijgbaar is. Voor een goede schatting van de levensduur voor deze as is 10 jaar genomen.

٨	1. Material, manufacture and end of life 3								
	Qty.	y. Component name Material			Recycled content	Mass (kg)	Primary process	End of life	
	2	As		Stainless steel, aus	teniti	Virgin (0%)	0,4	Rough rolling, forging	Recycle
	2. Transport Q								
	Name Trans		sport type Dista		ance (km)				
	Trans	port	Light	goods vehicle	80				
∧ 3. Use ②									
P	Product life: 10 Years								
С	Country electricity mix: World 🔹								

Tabel 12: Eco Audit – Gegevens

<u>Opmerking</u>: omdat er geen beschikking is over het "Enhanced Eco Audit Tool", kunnen er geen secundaire processen ingevoegd worden zoals het draaien en frezen.



5.7.3 Resultaten

Figuur 58 :Energie



Figuur 59: CO2-uitstoot

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	80.6	97.1	5.01	96.6
Manufacture	1.77	2.1	0.133	2.6
Transport	0.0896	0.1	0.00636	0.1
Use	0	0.0	0	0.0
Disposal	0.56	0.7	0.0392	0.8
Total (for first life)	83	100	5.18	100
End of life potential	-64.4		-3.74	

Tabel 13: Overzicht energie & CO2-uitstoot

Deze grafiek geeft weer dat de productie van het materiaal een véél grotere voetafdruk heeft tegenover manufacturing en transport. Tijdens het gebruik van de as zal deze <u>geen</u> CO_2 uitstoten, wat voor zich spreekt omdat dit geen biologisch of organisch product is.

Op het einde van de levensduur heeft dit materiaal nog een groot recuperatiepotentieel omdat de meeste staallegeringen nog "eenvoudig" te recycleren zijn.

Het volledige overzicht van de Eco Audit kunt u terugvinden in de bijlage

5.8 Conclusie

Dankzij dit materiaalonderzoek is duidelijk dat voor deze as vast en zeker roestvast staal gekozen moet worden, als het materiaal verbeterd moet worden t.o.v. het huidige.

De beste materiaalkeuze is uiteindelijk **"Stainless steel, austenitic AISI 316L, wrought"**.Dit is de oorspronkelijke keuze (RVS316L), wat betekent dat er eigenlijk van het begin af aan al goed gekozen is. Eventuele nabehandelingen van het staal zouden nog overwogen kunnen worden. Zo is er bijvoorbeeld een warmtebehandeling met stikstof naar boven gekomen, maar dit is een overbodige behandeling en maakt het materiaal alleen maar duurder.

Daarnaast is gebleken dat dit materiaal een lage impact heeft op het milieu, er is enkel een CO₂-uitstoot bij het produceren van dit staal. Het is ook zeer goed te recycleren op het einde van zijn levensduur, iets wat een groot voordeel is voor een bedrijf, aangezien hierdoor een deel van de oorspronkelijke productiekost valt terug te winnen.

6 Het meetinstrument

6.1 Inleiding

Voor het maken van een scan zijn er uiteraard enkele apparaten nodig. In het geval van deze masterproef zijn dit een ultrasoonscanner, een ultrassoonsensor en een DAQ-kaart. De ultrasoonscanner krijgt het signaal van de sensor binnen en geeft dit weer op een CRT-scherm. Via een DAQ-kaart wordt dit signaal naar de PC gestuurd. Hoe deze 3 componenten werken wordt verder besproken.

6.2 De USK 7

6.2.1 Algemeen

De USK 7 is een meettoestel van de Duitse fabrikant Krautkramer. Het is een toestel dat volledig handmatig moet worden ingesteld. Deze detector wordt vooral gebruikt om defecten te vinden die ingesloten zijn in een materiaal. Het bedieningspaneel ziet er als volgt uit.



Figuur 60: De USK 7

6.2.2 Het sensorsignaal uitlezen

Het nadeel aan dit toestel is dat het geen digitale in – of uitgangskanalen heeft, enkel een uitgang om een alarm (geluidsbron of lampje) aan te sturen. Hierdoor is elke rechtstreekse communicatie via een PC quasi onmogelijk zonder aanpassingen aan het toestel. Omwille van deze beperking zijn er 3 mogelijke oplossingen. Ofwel wordt het alarmkanaal gebruikt om te zien of er een fout is gedetecteerd, dit geeft echter geen info over de diepte waarop de fout zich bevindt. Een 2^e oplossing is het aftappen van het CRT-signaal (Cathode Ray Tube – signaal, het spanningssignaal dat naar het scherm van de oscilloscoop wordt gestuurd). Hiervoor zal het toestel moeten worden opengemaakt om het signaal trachten te vinden, met de nodige risico's zoals beschadiging of zelfs elektrocutie als gevolg. Een noodoplossing bestaat eruit om een camera op het toestel te plaatsen en zo naar het scherm van het toestel te kijken en te detecteren of er een fout is gevonden. Uit tijdsgebrek is er in deze masterproef gekozen voor optie 1, het alarmsignaal. Meer info over deze opties en hoe deze gevonden zijn staan beschreven in de bijlage.

6.3 De ultrasoonsensor H 10 M

6.3.1 Keuze van de H 10 M

De gebruikte sensor is bepaald door de heer Frank Labiauvan de firma Brutsaert Ingenieurs nv. Dit omdat hij veel ervaring heeft met dit soort toepassingen en hij dus goed kan beoordelen welke de geschikte sensor was voor het probleem. Het is dus uiteindelijk de H 10 M geworden. Deze is te zien in onderstaande afbeelding.



Figuur 61: De H 10 M

Deze sensor is van de firma GE, measurement & control

De H 10 M is een ultrasoontransducer die geschikt is voor het werken onder water. Dit wil dus zeggen dat er water moet gebruikt worden als koppelmedium tussen sensor en werkstuk. De uitgezonden (en ontvangen) geluidsgolf heeft een frequentie van 10 MHz. De sensor diameter is 5mm. Deze diameter is verantwoordelijk voor de vorm van de geluidsstraal. Op de volgende figuur is de geluidsstraal van deze sensor getekend onder 10-5.



Figuur 62: Geluidsstraal H 10 M [13]

Uit deze afbeelding kan worden afgeleidt dat er 40mm water tussen de sensor en het werkstuk moet zitten. Deze 40mm komt overeen met het near field, zoals ook te zien is in Figuur 5: Sonogram in hoofdstuk 2

Ultrasoonmetingen

6.3.2 Applicaties

Deze sensor is geschikt voor werkstukken met een onregelmatig vorm en kan gebruikt worden in geautomatiseerde mechanische scantoestellen. Hij is ook uitermate geschikt voor het scannen van platen, staven, schijven en assen. Aangezien dit alles voorkomt in de beschouwde toepassing is deze sensor een goede oplossing. Volgende tabel geeft meer informatie over verschillende sensoren.

Туре	Order Code	D mm in	f (MHz)	۱ mm	l in	Notes	Sketch
Z 1 N	53317	20 0.79	1	64	2.5		
Z 2 N	53318	20 0.79	2	127	5.0		Type 33
Z 4 N	53319	20 0.79	4	254	10.0		71
Z 5 N	54705	20 0.79	5	318	12.5		
Z 2 K	53341	10 0.39	2	32	1.3	High sensitivity (gain	
Z 4 K	53342	10 0.39	4	64	2.5	reserve) for testing small to	Type 34
Z 5 K	53732	10 0.39	5	80	3.1	mid-size objects.	type 54
Z 10 K	54704	10 0.39	10	160	6.3		
Z 5 M	55468	5 0.20	5	20	0.8		
Z 10 M	53367	5 0.20	10	40	1.6		Type 35
Z 15 M	55576	5 0.20	15	60	2.4		
11.1.1	57042	20 0.70		64	2.5		
HIN	53042	20 0.79	1	127	2.5		Type 33
	53045	20 0.79	2	127	5.0	Shock wave transducers	
H 2 K	53300	10 0.39	2	32	1.3	especially suitable for	
H5K	53032	10 0.39	5	80	3.1	thickness measurement or	Type 34
H 10 K	55818	10 0.39	10	160	6.3	other applications requiring	
H 5 M	53258	5 0.20	5	20	0.8	high resolution.	Type 35
H 10 M	53041	5 0.20	10	40	1.6		type 55
L 1 N	57177	20 0.70	1	63	25		
L 2 N	53135	20 0.79	2	127	5.0		Type 33
1.2.14	55134	10 0.75	2	727	3.0	Broadband for applications	
LZK	53137	10 0.39	2	32	1.3	requiring high resolution.	Type 34
LSK	53139	10 0.39	5	80	5.1		
I C M			-		0.0		

Tabel 14: Gegevens H 10 M [14]

In de datasheet in de bijlage is meer technische informatie over deze sensor te vinden.

6.3.3 De geometrie

Uit voorgaande tabel blijkt dat onze sensor een Type 35 is. Bijgevolg kunnen we de geometrie bepalen.

Tabel 15: Geometrie H 10 M [14]



6.4 De DAQ-kaart

Met een DAQ-kaart of data acquisition kaart wordt het alarmsignaal ingelezen in de PC. Dit zal gebeuren met de USB 6009 van national instruments.



Figuur 63: De DAQ-kaart [15]

Het alarmsignaal heeft een frequentie f van 1923Hz, wat overeenkomt met een periode T gelijk aan 0,0005s. De DAQ-kaart heeft een sampling rate van 48kS/s, dit wil zeggen 48000metingen per seconde. Met de regel van 3 wordt bepaald hoeveel samles er in 1 periode liggen van het signaal 1s => 48000S

0,0005S => 25S

25S is ruim voldoende om het signaal in te lezen zonder al teveel verlies aan informatie. In de bijlage is meer technische informatie te vinden over dit toestel.

7 Elektrische ontwerp

7.1 Inleiding

Om de machine ook effectief te laten werken is ook hardware nodig. Zo is er een PLC nodig met drivers om de motoren te sturen, een elektrische voeding, een hoofdschakelaar,... Al deze elektrische componenten worden in dit hoofdstuk beschreven.

7.2 De motoren

De motoren die hieronder beschreven staan zijn gekozen in samenspraak met de heer Kerkhofs Koen van de firma Beckhoff. De selectie is gebeurt via het software programma Cymex van Wittenstein. In dit software programma moeten een aantal parameters zoals, geometrie van de motorkoppeling, snelheid, afstand, tijd, ... worden ingegeven, de software bepaald dan op basis van deze parameters welke motor het meest geschikt is voor de toepassing.

7.2.1 De AM8121

De AM8121 is een servomotor die gebruikt wordt voor de positionering van de sensor. Zoals eerder vermeldt zijn er 2 motoren nodig om de XY-beweging mogelijk te maken. Hierdoor zijn er 2 van deze motoren terug te vinden in de opstelling.

De motoren van de AM81xx serie zijn geschikt om te werken met een EL 7201 servomotor driver, gebruiken de One Cable Technology (OCT) en hebben een geïntegreerde absolute encoder. [16] Onderstaande figuur is een afbeelding van het kenplaatje van de AM8121.

BE	CKHO	FF	.01
AM8 M0 I0 UN	0,5Nm 4,0Arms 48Vdc	IP54 Thermo KTY	Made in Germany
nN 30 PN 0 ThCl File E3	000rpm ,16kW F C 55768 TO	NUS C	

Figuur 64: Kenplaatje AM 8121

De gebruikte motoren zijn voorzien van een gearbox met een overbrengingsverhouding van 5.

7.2.2 De AS1060

De AS1060 is een stappenmotor die gebruikt wordt om ronde proefstukken te draaien. Als de as een aantal graden gedraaid moet worden komt die overeen met bepaald aantal stappen dat de motor moet zetten.

De motoren van de AM10xx serie zijn robuust en hebben een hoog houdkoppel. Dankzij het geïntegreerde micro-stepping systeem is de positioneren zeer precies, zelfs zonder een feedback systeem. [17]

Onderstaande figuur is een afbeelding van het kenplaatje van de AM8121



De gebruikte motor is voorzien van een gearbox met een overbrengingsverhouding van 7.

7.3 De PLC

De PLC met toebehoren die hieronder beschreven staan zijn gekozen in samenspraak met de heer Kerkhofs Koen van de firma Beckhoff.

7.3.1 De CX 9020

De CX9020 van Beckhoff is een compacte ethernet controller met een 1GHz ARM CortexTM-A8 CPU. Dit toestel heeft 2 poorten voor microSD, een intern RAM geheugen en 128kB NOVRAM (= Non-Volatile Random Access Memory). Verder zijn er ook nog 2 RJ 45 aansluitingen voor Ethernet, 4 USB-2.0 interfaces en een DVI-D interface. Als besturingssoftware wordt er gebruik gemaakt van Microsoft Windows Embedded Compact 7. [18]

Volgende figuur geeft aan hoe een CX 9020 er uit ziet.



Figuur 66: De CX 9020

Meer (technische) informatie is te vinden in de datasheets op het einde van dit hoofdstuk. Deze CX 9020 is de basis van de motorsturing, met behulp van de motor drivers (die in de volgende delen aan bod komen) zorgt dit toestel voor een correcte aansturing van de motoren. Zoals verder beschreven staat, wordt dit toestel geconfigureerd met de TwinCAT software om de correct werking mogelijk te maken.

7.3.2 De EL 1008 en EL 2008

De EL 1008 is een 8-kanaals digitale input kaart, terwijl de EL 2008 een 8-kanaals digitale output kaart is. Beide werken met 24V DC. In de huidige configuratie worden deze kaarten niet gebruikt. Alle controle knoppen worden digitaal weergeven met behulp van het LabVIEW programma, hierdoor wordt de EL 1008 niet gebruikt. De EL 2008 wordt niet gebruikt omdat er naast de motoren niets anders wordt aangestuurd.

Mocht er in de toekomst toch een fysieke knop geïnstalleerd worden, of moet er toch een lampje gaan branden bij een bepaalde handeling kunnen deze kaarten gebruikt worden.

7.3.3 De EL 7201 – 0010

De EL 7201 – 0010 is een servomotor driver. De snelle controle technologie, gebaseerd op FOC (Field-Oriented Control) en een PI speed control, zorgt voor een snelle en dynamische positiesturingen. Deze kaart monitort verschillende parameters (overspanning, overstroom, temperatuur,...) waardoor een grote bedrijfszekerheid gegarandeerd wordt. [19] Volgende figuur geeft de aansluitingen weer van deze kaart.



Aangezien er 2 servomotoren moeten worden aangestuurd zijn er in de huidige configuratie 2 van deze kaarten geïnstalleerd.

Hoe deze kaart moet worden ingesteld voor een correcte werking is te lezen in puntje 8.2.2.1. Meer (technische) informatie is te vinden in de datasheets op het einde van dit hoofdstuk.

7.3.4 De EL 7041

De EL 7041 is een stappenmotor driver. Het gebruikte PWM signaal stelt deze kaart in staat om een groot bereik van spanningen en stromen te gebruiken voor de aansturing van stappenmotoren. De 64-voudige microstappenverdeling zorgt voor een stille en precieze werking van de stappenmotor. Volgende figuur geeft de aansluitingen weer van deze kaart. [20]



Figuur 68: De EL 7041

Merk op dat deze kaart voorzien is om een positieterugkoppeling toe te staan. Dit wordt echter niet gebruikt in de huidige configuratie om dat de motor maar enkele stappen per keer aan een laag tempo moet draaien. Hierdoor is de kans klein dat er een stap gemist wordt.

Hoe deze kaart moet worden ingesteld voor een correcte werking is te lezen in puntje 8.2.2.2. Meer (technische) informatie is te vinden in de datasheets op het einde van dit hoofdstuk.

7.4 De elektrische voeding en verdeling

7.4.1 24V voeding

Een 24V spanningsbron van Phoenex, de TRIO-PS/1AC/24DC/10 zal voor de spanning zorgen die de PLC en de 3 motoren nodig hebben. Dit apparaat gebruikt hiervoor de netspanning (230V, 50 Hz) De maximale stroom die deze bron kan leveren is 10A.

Meer (technische) informatie is te vinden in de datasheets op het einde van dit hoofdstuk.

7.4.2 Klemmenstroken

Er zijn 2 klemmenstroken voorzien. Op 1 klemmenstrook komt de +24V toe van de spanningsbron. Vanuit deze klem vertrekken dan 4 aftakkingen naar de CX, de 2 servomotoren en de stappenmotor. Op de 2^e klemmenstrook komt de 0V toe van deze 4 toestellen. Vanuit deze klem worden ze dan naar de 0V van de voeding gebracht.

7.5 Beveiligingstoestellen

Aangezien de drivers van de motoren geen hogere spanningen kunnen leveren dan waarvoor ze geprogrammeerd zijn, zijn de motoren automatisch beveiligd tegen overspanningen. De beveiliging tegen overstroom wordt verzekerd door 3 zekeringen van elk 5A.

Let op: De stappenmotor kan 5A aan, maar aangezien deze dit nooit zal moeten leveren is er toch voor een zekering voor 5A gekozen. Het voordeel hierdoor is dat de 3 zekeringen dezelfde waarde hebben en dus vergissing (bij een eventuele vervanging) uitgesloten is.

7.6 De hoofdschakelaar

Tussen de netspanning en de 24V voedingsbron zit er een schakelaar. Deze schakelaar is dus in staat om de machine zonder of onder stroom te zetten op een veilige manier. Deze schakelaar heeft 2 contacten:

- Contactnummer 3: aan de netspanningskant,
- Contactnummer 4: aan de spanningsbronkant.

Bij deze schakelaar is er geen terugkoppeling naar de PLC mogelijk.

7.7 De elektrische kast

Al de voorgaande elektrische componenten zijn samen gebracht in een elektrische kast. Onderstaand schema geeft weer hoe deze is opgebouwd.



Figuur 69: Schema elektrische kast

In deze afbeelding vindt men:

- 1. De PLC,
- 2. De 5A-zekeringen,
- 3. De Klemmenstroken,
- 4. De 24V voeding,
- 5. De hoofdschakelaar.

In werkelijkheid ziet deze kast met zijn componenten er als volgt uit.



Figuur 70: De werkelijke kast

8 De TwinCAT-software

8.1 Inleiding

De software is opgedeeld in 2 grote blokken: LabVIEW en TwinCAT. Het TwinCAT-gedeelte zorgt ervoor dat de motoren de commando's, die in LabVIEW gegeven worden, uitvoeren. Dit project maakt gebruikt van TwinCAT 2. Het TwinCAT-programma in deze versie bestaat uit 2 delen, namelijk de System Manager en de PLC Control.

8.2 De System Manager.

In de system manager moet de volledige PLC geconfigureerd worden. In het volgende wordt besproken hoe dit moet gebeuren.

8.2.1 Connectie maken met CX.

Om te starten moet er een connectie gemaakt worden met de CX. Dit gebeurt via volgende Werkmethode:

- nieuw project aanmaken;
- verbinding maken met een TwinCAT systeem via de knop Choose Target;
- indien het gewenste systeem nog niet in de lijst staat op "Search" klikken;
- twinCAT systemen op netwerk zoeken via de knop Broadcast Search;
- het gewenste systeem selecteren;
- bij voorkeur connectie via IP-adress door IP Adress aan te vinken;
- route toevoegen aan route-tabel via de knop Add Route;
- inloggegevens invullen;
- "Add Route Dialog" afsluiten via de knop Close;
- selecteer het target systeem;
- klik op OK.

[21]

De status balk geeft in het rood de naam en het AMS-netID weer van het target systeem alsook de status.

CX-162395 (5.22.35.149.1.1) Timeout

Figuur 71: Statusbalk

Vervolgens moet de IO hardware gescannend worden. . Dit gebeurt via volgende Werkmethode: plaats het Target systeem in Config-mode m.b.v. het TwinCAT icoontje in het menu;

- open de I/O Configuration;
- rechtsklik op de I/O Devices;
- scan Devices.

[21]

Dit levert volgend resultaat



Figuur 72: Gescande devices

8.2.2 Drivers instellen

8.2.2.1 De EL7201 - 0010

Om een driver in te stellen moet deze eerst geopend worden, dit gebeurt door op het kruisje te klikken naast de kaart die men wenst aan te passen (zie vorige afbeelding). In het tabblad Configuration is een afbeelding van een motor te zien onder Channel A => Parameter => Motor and Feedback. Als op deze afbeelding geklikt wordt, opent zich er een nieuw venster waar de gewenste motor kan geselecteerd worden. Doormiddel van de juiste motor te selecteren worden alle motorparameters (max. stroom, snelheidslimiet, ...) automatisch ingevuld. De enige parameter die handmatig moet ingesteld worden, is de parameter Feed constant onder Scalings and NC Parameters. Deze kan men vinden op volgende manier:

Feed constant =
$$\frac{x}{i}$$
 (7.1)

met x de afstand die overeenstemt met 1 omwenteling i de overbrengingsverhouding van de gearbox

In de huidige opstelling wordt dit dus

Feed constant =
$$\frac{130}{5}$$
 (7.2)
= 26

Door vervolgens op Save te klikken is de driver volledig geconfigureerd.

Omdat er gebruik wordt gemaakt van 2 servomotoren moet dit voor iedere kaart apart gebeuren. Let vooral op dat de Reference Velocity van beide drivers dezelfde is, als dit niet zo is draaien beide motoren met verschillende snelheden zelfs al wordt voor beide dezelfde snelheid opgegeven.

8.2.2.2 De EL7041

Bij stappenmotoren moeten de belangrijkste motorparameters handmatig worden ingevoerd. Om dit te doen moet TwinCAT gestart worden in Config mode m.b.v. het het TwinCAT icoontje in het menu. Vervolgens moet de driver geopend worden zoals eerder beschreven. Onder het tabblad CoE-online staat STM Motor Settings Ch.1.

General EtherCAT	DC Process Data Star	tup CoE - Online Diag	g History Online	
Update List Auto Update		☑ Single Update ☑ Si	how Offline Data	
Advanced				
Add to Startu	up Offline Data	Module OD (AoE		
Index	Name	Flags	Value	
<u>⊞</u> 8010:0	STM Motor Settings Ch.1	RW	> 17 <	
8010:01	Maximal current	RW	0x1388 (5000)	
8010:02	Reduced current	RW	0x09C4 (2500)	
8010:03	Nominal voltage	RW	0xC350 (50000)	
8010:04	Motor coil resistance	RW	0x0064 (100)	
8010:05	Motor EMF	RW	0x0000 (0)	
8010:06	Motor fullsteps	RW	0x00C8 (200)	
8010:07	Encoder increments (4-fold)	RW	0x0000 (0)	
8010:09	Start velocity	RW	0x0000 (0)	
8010:10	Drive on delay time	RW	0x0064 (100)	
8010:11	Drive off delay time	RW	0x0096 (150)	
÷8011:0	STM Controller Settings Ch.1	RW	> 8 <	
⊕ 8012:0	STM Features Ch.1	RW	> 54 <	
± 8013:0	STM Controller Settings 2 Ch.1	RW	> 8 <	

Figuur 73: Instellen stappenmotorparameters

Daar op het plusteken te klikken naast deze naam opent er zich een lijst met motor parameters. De parameters die zeker moeten worden nagekeken zijn de eerste 4. De waardes die parameter 1, 3 en 4 moeten hebben staan in de Beckhoff Information system en moeten als volgt worden ingesteld:

- Maximum current = 5000 [mA],
- Reduced current = 2500 [mA],
- Nominal voltage = 24000 [mV],
- Motor coil resistance = $360 \text{ [m}\Omega\text{]}$.

De andere parameters mogen op hun standaardwaarde blijven staan.

8.3 De PLC Control

In de PLC Control wordt het PLC-programma opgebouwd om de motoren aan te sturen. Dit PLC programma maakt gebruik van 4 zelfgeschreven functieblokken, 2 voorgeprogrammeerde functieblokken en 1 Action. Voor de eenvoud wordt er gebruik gemaakt van ladderdiagrammen (LD) en functieblokdiagrammen (FBD) als programmeertalen.

8.3.1 TcMc2 libary

Voor het aansturen en programmeren van de motoren wordt er gebruik gemaakt van FB's die standaard niet beschikbaar zijn. In de Libary Manager kan de libary "TcMc2" worden toegevoegd. Dit gebeurt op volgende manier:

- selecteer tabblad "Resources",
- dubbelklik op "Library Manager",
- rechtsklik in venster linksboven,
- klik op "Additional library ...",
- zoek en selecteer "TcMc2".

[21]

De FB's, in de programma's die volgen, uit deze library zijn herkenbaar doordat ze beginnen met MC_.

8.3.2 De globale variabelen.

Onderstaande figuur geeft een lijst van de gebruikte globale variabele. Globaal wilt zeggen dat ze bruikbaar zijn in alle delen van het programma. Dit in tegenstelling tot lokale variabelen die enkel bruikbaar zijn binnen een bepaalde functie, functieblok, ...

0001 VAF	R GLOBAL					
0002	-					
0003	(* Volgende variabelen geven de motoren weer *)					
0004	StappenMotor			:AXIS_R	EF;	
0005	ServoMotor_1			:AXIS_R	EF;	
0006	ServoMotor_2			:AXIS_R	EF;	
0007	ResetMotoren	AT	%M*	:BOOL;	(* TRUE = posities worden 0 *)	
0008						
0009	(* Met deze ivariabelen kuni	nen c	le motore	n gestuur	d worden *)	
0010	VrijBewegenToestaan	AT	%M*	:BOOL;		
0011	BeweegVrij_PosX	AT	%M*	:BOOL;		
0012	BeweegVrij_NegX	AT	%M*	:BOOL;		
0013	BeweegVrij_PosY	AT	%M*	:BOOL;		
0014	BeweegVrij_NegY	AT	%M*	:BOOL;		
0015	BeweegRechtsom	AT	%M*	:BOOL;		
0016	BeweegLinksom	AT	%M*	:BOOL;		
0017						
0018	Beweeg_PosX	AT	%M*	:BOOL;		
0019	Beweeg_NegX	AT	%M*	:BOOL;		
0020	Beweeg_PosY	AT	%M*	:BOOL;		
0021	Beweeg_NegY	AT	%M*	:BOOL;		
0022						
0023	Stapgrootte_Xrichting	AT	%M*	:LREAL;		
0024	Stapgrootte_Yrichting	AT	%M*	:LREAL;		
0025	Hoekverdraaiing	AT	%M*	:LREAL;		
0026						
0027 END	D_VAR					

Figuur 74: Globale variabelen

Al deze globale variabelen worden gestuurd via LabVIEW.

8.3.3 De action Enable

Een action wordt toegevoegd door met de rechtermuisknop op het MAIN programma te klikken en vervolgens op Add Action. In de action wordt onderstaand programma geprogrammeerd in LD



Figuur 75: De Enabel action

Zoals te zien is in bovenstaande figuur worden de 3 motoren geactiveerd met behulp van de functieblok MC_Power. Om de motoren de tijd te geven wordt er 1 seconden gewacht. Hiervoor wordt er een On-Delay Timer gebruikt (TON). Hierdoor zal na 1 seconden de merker "MotorenKlaar" hoog worden.

Omdat dit in een Action gebeurt zal dit deel slechts 1 keer worden uitgevoerd.

8.3.4 De FB VrijBewegen

8.3.4.1 Lokale variabelen

Onderstaande figuur geeft de lokale variabelen weer in de FB VrijBewegen.



Figuur 76: Lokale variabelen VrijBewegen

8.3.4.2 Het programma

Onderstaande afbeelding laat de netwerken zien die nodig zijn om de sensor te laten bewegen zolang dat 1 van de 6 merkers (PosX, NegX, PosY, NegY, Rechtsom of Linksom) hoog zijn. Extra voorwaarde is dat de functieblok enabled moet zijn of met andere woorden dat de merker Enable moet hoog zijn.





In netwerk 1 beweegt ServoMotor_1 voorwaarts als zowel NegX en Enable hoog zijn. Als PosX en Enable hoog zijn, draait de motor de andere kant uit. In net werk 2 gebeurt exact hetzelfde maar dan voor ServoMotor_2. Beide motoren draaien altijd dezelfde kant op bij zowel het commando PosX als NegX. Hierdoor is een beweging van de sensor in de x-richting mogelijk.

In netwerk 3 beweegt ServoMotor_1 voorwaarts als zowel PosY en Enable hoog zijn. Als NegY en Enable hoog zijn, draait de motor de andere kant uit. In net werk 4 gebeurt exact het tegenovergestelde maar dan voor ServoMotor_2. Beide motoren draaien altijd de tegenovergestelde kant op bij zowel het commando PosY als NegY. Hierdoor is een beweging van de sensor in de y-richting mogelijk. In netwerk 5 draait de stappenmotor rechtsom als zowel Rechtsom en Enable hoog zijn. Als Linksom en Enable hoog zijn, draait de stappenmotor linksom.

8.3.5 De FB BeweegXRichting

8.3.5.1 Lokale variabelen

Onderstaande figuur geeft de lokale variabelen weer in de FB BeweegXRichting.



Figuur 78: Lokale variabelen BeweegXRichting

8.3.5.2 Het programma

De functieblok bevat 2 netwerken. Deze zijn weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 79: Programma BeweegXRichting

In netwerk 1 beweegt ServoMotor_1 voorwaarts als zowel PosX en Enable hoog zijn. Als NegX en Enable hoog zijn, draait de motor de andere kant uit. In net werk 2 gebeurt exact hetzelfde maar dan voor ServoMotor_2. Beide motoren draaien altijd dezelfde kant op bij zowel het commando PosX als NegX. Hierdoor is een beweging van de sensor in de x-richting mogelijk. De afstand waarmee dit gebeurt is afhankelijk van de waarde van de variabele Stapgrootte.

8.3.6 De FB BeweegYRichting

8.3.6.1 Lokale variabelen

Onderstaande figuur geeft de lokale variabelen weer in de FB BeweegYRichting.



Figuur 80: Lokale variabelen BeweegYRichting

8.3.6.2 Het programma



De functieblok bevat 2 netwerken. Deze zijn weergegeven in onderstaande figuur.

Figuur 81: Programma BeweegYRichting

In netwerk 1 beweegt ServoMotor_1 voorwaarts als zowel PosY en Enable hoog zijn. Als NegY en Enable hoog zijn, draait de motor de andere kant uit. In net werk 2 gebeurt exact het tegenovergestelde maar dan voor ServoMotor_2. Beide motoren draaien altijd de tegenovergestelde kant op bij zowel het commando PosY als NegY. Hierdoor is een beweging van de sensor in de y-richting mogelijk. De afstand waarmee dit gebeurt is afhankelijk van de waarde van de variabele Stapgrootte.

8.3.7 De FB DraaiAs

8.3.7.1 Lokale variabelen

Onderstaande figuur geeft de lokale variabelen weer in de FB DraaiAs.



8.3.7.2 Het programma



Figuur 83: programma DraaiAs

In dit netwerk zal de StappenMotor rechts of links draaien als Enable hoog is. De positie waarnaar de motor zal draaien wordt opgegeven daar de variabele Hoek. Deze hoek is eigenlijk ook gewoon een afstand maar ze komt overeen met een bepaalde hoek.

8.3.8 MAIN

8.3.8.1 Lokale variabelen

Onderstaande figuur geeft de lokale variabelen weer in de MAIN.

0001 PROGRAM MAIN 0002 VAR 0003 0004 (* Functieblokken voor de motoren te activeren *) 0005 MC_Power_ServoMotor_1: MC_Power; MC_Power_ServoMotor_2: MC_Power; 0006 0007 0008 MC_Power_StappenMotor: MC_Power; 0009 (* Timer om te wachten tot motoren actief zijn (2sec), met een BOOL wordt dit weergegeven *) 0010 Timer_1: TON; 0011 MotorenKlaar: BOOL; 0012 0013 (* Functieblokken om de positie van de motoren mee te reseten *) 0014 Reset_ServoMotor_1: MC_SetPosition; 0015 Reset_ServoMotor_2: MC_SetPosition; 0016 Reset_Stappenmotor: MC_SetPosition; 0017 0018 (* Een functieblok om de vrije bewegingen mogelijk te maken *) 0019 VrijBewegen: VrijBewegen; 0020 0021 (* Functieblokken om gestuurde bewegingen mogelijk te maken *) 0022 BeweeqXRichting: BeweeqXRichting; 0023 BeweegYRichting: BeweegYRichting; 0024 0025END_VAR 0026

Figuur 84: Lokale variabelen MAIN

8.3.8.2 Het programma

De functieblok bevat 6 netwerken. Deze zijn weergegeven in onderstaande figuur.

0001	1				
0001	De motoren worden geactiveerd				
	MAIN.Enable				
0002					
	De motoren kunnen vrij worden aangestuurd				
	MotorenKlaar VrijBewegenToestaan VrijBewegen				
	BeweegVrij_PosX-PosX BeweegVrij_NegX-NegX				
	BeweegVrij_PosY				
	BeweegVrij_NegY-NegY BeweegBechtsom-Bechtsom				
	BeweegLinksom-Linksom				
0003	De posities van de motoren worden gereset				
	Reset_ServoMotor_1				
	MotorenKlaar ResetMotoren MC_SetPosition				
	FALSE-Mode Error				
	ServoMotor_1–Axis ⊳				
	Reset_ServoMotor_2				
	0-Position Busy-				
	ServoMotor_2−Axis ⊳ Recet Steppermeter				
	MC_SetPosition				
	FALSE-Mode Error				
	Options ErrorID SteppenMotor_Avis ⊳				
0004					
0004	Verplaatsing in de X-richting				
	BeweegXRichting				
	BeweegXRichting				
	Beweeg_PosX				
	Stapgrootte_Xrichting-Stapgrootte				
0005	Verplaatsing in de Y-richting				
	Beweea\Bichting				
	MotorenKlaar BeweegYRichting				
	Enable Beweeg PosY-PosY				
	Beweeg_NegY-NegY				
	Stapgrootte_vrichting- <u>Stapgrootte</u>				
0006					
	Verdraaien van de as				
	DraaiAs MotorenKlaar DraeiAe				
	Enable				
	BeweegRechtsom-DraaiRechts				
	Hoekverdraaiing-Hoek				

Figuur 85: Het MAIN-programma

Het eerste netwerk wordt de eerder beschreven Action Enable opgeroepen. Doordat de Action in het eerste netwerk staat wordt dit als eerste uitgevoerd en erna niet meer. Het 2^e netwerk zorgt ervoor dat de motoren vrij kunnen worden aangestuurd met behulp van de FB VrijBewegen. Dit enkel wanneer MotorenKlaar en VrijBewegenToestaan hoog zijn. In het 3^e netwerken worden de posities van de motoren op 0 gezet met behulp van de FB MC_SetPosition als MotorenKlaar en ResetMotoren beide hoog zijn. Netwerk 4 en 5 zorgen ervoor dat de servomotoren naar de volgende positie worden gestuurd als MotorenKlaar hoog is, netwerk 6 doet dit voor de stappenmotor.

8.4 Het Bootproject

Het is belangrijk om een bootproject te hebben. Een bootproject is namelijk het programma dat in de CX wordt ingeladen bij opstart. Zou dit niet gebruikt worden dan wordt het MAIN programma niet ingeladen bij opstart en zullen de motoren ook niet werken, ongeacht wat er gebeurt in LabVIEW. Een Bootproject wordt aangemaakt in het menu Online in de PLC control, een meldingsvenster geeft weer of dit gelukt is. Als er aanpassingen gebeuren aan het programma is het belangrijk om het Bootproject te overschrijven met het nieuwe programma. Dit gebeurt op dezelfde manier als eerder beschreven. [21]

9 LabVIEW

9.1 Inleiding

In dit deel wordt het Block Diagram van het LabVIEW-programma besproken. Dit is de code die er voor zorgt dat alle stappen in het scanproces worden doorlopen. Ook worden de correcte commando's verstuurd naar TwinCAT om aan te geven welke actie de motoren moeten ondernemen. De basisprincipes worden uitgelegd aan de hand van het programma om vierkante werkstukken te scannen. In het kort worden de verschillen met het programma van ronde assen toegelicht. Hoe het Front Panel bediend moet worden is te verderop in deze bundel te lezen in hoofdstuk 10

9.2 Algemeen

Onderstaande tabel geeft een overzicht van de betekenis van de kleuren die in LabVIEW schema terug te vinden zijn.

Datatype	Kleur
Integer	Blauw
Double	Oranje
String	Roze
Boolean	Groen
ActiveX	Grijsgroen
	Tabel 16: LabVIEW kleurcode

9.3 Communicatie tussen TwinCAT en LabVIEW

Deze communicatie is gebaseerd op het document "Using Labview Full Development Software with Beckhoff Ethernet/IP Hardware for Connection to Real World Digital and Analog I/O". [22]

9.3.1 Activeren van ActiveX-bestand

Om de communicatie tussen 2 softwarepakketten mogelijk te maken is het gebruik van ActiveX noodzakelijk. ActiveX maakt het mogelijk om softwarefunctionaliteiten aan te bieden in andere programma's. [23] Het bestand dat hiervoor nodig is noemt AdsOcx.ocx. Dit bestand is echter niet rechtstreeks bruikbaar binnen LabVIEW. Het moet eerst geactiveerd worden met het Command Prompt van Windows. De code hiervoor nodig staat in onderstaande afbeelding.



Figuur 86: Command Prompt

9.3.2 Opstarten van de communicatie.

Allereerst moet er een "ActiveX container" geplaatst worden op het Front Panel. Deze is te vinden onder het menu ".NET and ActiveX". Vervolgens moet er een ActiveX object worden toegevoegd door met de rechtermuisknop op de container te klikken en te kiezen voor "insert ActiveX Object". In de lijst die verschijnt moet AdsOcx.ocx worden aangeklikt. De volgende stap is om te definiëren met welke PLC LabVIEW moet communiceren. In het Block Diagram Window voegen wordt hiervoor een "Property Node" toegevoegd, in het menu "Connectivity" is deze terug te vinden. Hierna moet de "Property Node" met het AdsOcx-sysbool worden verbonden. Dit geeft de mogelijkheid om met de rechtermuisknop de eigenschappen van de "Property Node" te veranderen naar "AdsAmsSeverNetId". Door vervolgens de onderkant van de "Property Node" naar beneden te slepen, is er een extra vakje beschikbaar. Op dezelfde manier als eerder beschreven moet deze veranderd worden naar "AdsAmsServerPort" mocht dit nodig zijn. De eigenschappen van beide vakjes naar op "Write" zetten, wat wil zeggen dat deze eigenschappen kunnen aanpast worden door er iets naar toe te schrijven gebeurt op volgende manier. Via rechtermuisknop en vervolgens "Change to Write" te klikken. Tenslotte worden er 2 constante toegevoegd via opnieuw rechtermuisknop, "create" en "constant". Deze constanten worden bepaald in het volgende puntje.

De uitgang van de AdsOcx wordt in het volgende de communicatielijn genoemd.

9.3.2.1 Bepalen van de constanten

Voor de goede communicatie zijn er 2 constanten nodig. In het paarse vakje moet het "AMS Net Id". Dit "AMS Net Id" adres is te vinden in de statusbalk, zoals ook te zien is in Figuur 71: Statusbalk" Deze cijfer combinatie moet worden overgetypt in het paarse vakje.

In het blauwe vakje moet het poortnummer, dit is te vinden in de System Manager onder PLC – Configuration en vervolgens het tabblad PLC Settings (Target). Naast het Run-Time System staat het poortnummer, in dit geval is dat 801.

Version (Target) Plc Settings (Target)	
Number of Run-Times:	Apply
Boot Project:	Load/Store Retain Data:
1. Run-Time System (Port: 801)	1. Run-Time System (Port: 801)
🔽 Clear Invalid Retain Data	Enable Dynamic Symbols
Clear Invalid Persistent Data	Dynamic Handles: 8192 🚔
Connection Timeout (ms): 8000	
Enable Task Priority Assignment	
Enable Folder View	

Figuur 87: Poortnummer zoeken

Na dit alles krijgt men onderstaand beeld.



Figuur 88: Communicatieopstart

9.3.3 Creëren van de handle

Als eenmaal beslist is met welke PLC er gecommuniceerd moet worden, wordt er een handle aangemaakt. Aan de hand van deze handle weet TwinCAT welke variabelen er bewerkt gaat worden. Allereerst moet er een "Invoke Node" geplaatst worden in het Block Diagram. In het menu "Connectivity" is deze terug te vinden. Hierna verbindt men de "Invoke Node" met de communicatielijn. Dit laat toe om "Method" te veranderen in "AdsCreateVarHandle". De ingang van varName is Sting en bevat de naam van de variabele die veranderd zal worden. De ingang van hVar is het getal nul als integer. Dit geeft aan dat hVar ook een integer zal zijn.

Deze blok creëert dus een pointer (hVar), deze wordt door TwinCAT teruggegeven. Dit werkt als volgt. Eerst wordt er vanuit LabVIEW de naam van de variabele (als String) naar de PLC gestuurd. TwinCAT antwoordt hierop met de handle (hVar). TwinCAT houdt zelf bij met welke variabele deze handle gelinkt is. Hierdoor kan je de variabele lezen of schrijven door enkel deze handle te gebruiken. Het programma ziet er als volgt uit

AdsOcx	Communicatielijn			
5 22 35 149 1 1 mm A L A C	N	<mark>}→</mark>	AdsOcx	21
801 AdsAmsServerNetid	variName	AdsC	varName	dle
	0	•	hVar	•

Figuur 89: Handle doorgeven

Opmerking: om een globale variabel in de PLC Control te kunnen bewerken moet de naam in LabVIEW met "." beginnen. Dus stel dat de globale variabele "Stapgrootte" willen aanpassen dan moet er voor varName ".Stapgrootte" worden ingevuld.

9.3.4 Bewerken van de variabele

Om de variabele te bewerken voegt men nog een "Invoke Node" toe. Na het verbinden van deze "Invoke Node" met de vorige kan "Method" veranderd worden in de actie die moet gebeuren. In onderstaand voorbeeld is gekozen voor "AdsSyncWriteDoubleVarReq".



Figuur 90: variabele aanpassen

Voor de correcte werking moeten volgende stappen ondernomen worden:

- hVar verbinden met de vorige hVar,
- de waarde van length invullen met behulp van Tabel 17,
- pData invullen met de waarde van het getal dat men in de variabele wilt schrijven.

Tabel 17: Data-lengte [24]

Length of Visual Basic 6.0 variables

VB-Variable type	Variablelength in byte
Boolean	2
Integer	2
Long	4
Single	4
Double	8
String	Number of character * 2
Byte	1

Deze tabel is voor Visual Basic, maar is ook geldig in LabVIEW aangezien de datatypes niet veranderen.

9.3.5 Verwijderen van de handle

Als laatste moet de handle verwijderd worden. Ook hiervoor is een "Invoke Node" nodig. Op analoge manier als eerder beschreven bekomt men onderstaand programma.



Figuur 91: Verwijderen van handle

9.4 De SubVI's

In het hoofdprogramma worden 4 SubVI's gebruikt. Deze zullen nu achtereen volgens besproken worden.

9.4.1 MeanderAlgoritme

In deze subVI wordt het logaritme gevolgd om een werkstuk te scannen. Zoals aangehaald in hoofdstuk 2.3.5.2
Scanmethode, moet die gebeuren in een meanderbeweging. Aan de hand van de X-positie, X-lengte, Y-positie en Y-lengte wordt er nagegaan wat de volgende stap moet zijn die de motoren moeten verwezenlijken. De code hiervoor is weergegeven in volgende figuur.



Figuur 92: Meanderalgoritme

9.4.1.1 Bewegen in de y-richting

Allereerst wordt er bepaald of de Y-positie even of oneven is. Dit gebeurt door het controleren van de rest van de deling van Y-positie door 2. Als deze rest nul is, is Y-positie een even getal. Als de rest niet nul is Y-positie een oneven getal. Vervolgens is er een controle of de Y-positie moet worden verhoogd. Dit is in 2 gevallen, namelijk als de Y-lengte gelijk is aan de Y-positie of als de Y-Positie gelijk is aan nul. Het probleem is nu echter dat de Y-Positie in het begin ook nul is, om te voorkomen dat er dan een stap in de y-richting wordt gezet zijn extra voorwaarden nodig. Deze staan hieronder opgesomd:

- Y-lengte = Y-positie AND Y-positie is even,
- Y-positie = 0 AND Y-positie is oneven.

In beide gevallen is selectieY gelijk aan 0 en zal de Y-positie met 1 worden verhoogd.

Tenslotte mag er om problemen te vermijden als er in y-richting wordt bewogen geen verandering in x-richting plaatsvinden. Als aan 1 van bovernstaande voorwaardes is voldaan zal de EnableX laag worden waardoor er geen beweging in de x-richting mogelijk is. In alle andere geval dan hierboven is EnableX hoog. Dit staat hieronder opgesomd:

- EnableX is hoog als niet aan bovenstaand voorwaarde is voldaan;
- EnableX is laag als er aan bovenstaand voorwaarde is voldaan.
- •

9.4.1.2 Bewegen in de x-richting

Welke beweging er moet gebeuren in de x-riching is afhankelijk van de Y-positie. Bij een even Ypositie komt SelectieX overeen met een 0, bij een oneven Y-positie is SelectieX een 1. Dit zijn dus 2 mogelijkheden:

- SelectieX = 0 => x-waardes lopen op in stappen van 1;
- SelectieY = 1 => y-waardes tellen af in stappen van 1.

Dit veroorzaakt een meanderende beweging. De code hiervoor staat in puntje 9.6.4.2 Bewegen naar volgende positie..

9.4.2 WriteStep

De SubVI WriteStep zorgt ervoor dat het hoofdprogramma in staat is om de opgegeven stapgrootte in te laden in TwinCAT. Allereerst zijn er 3 variabelen

- Automation Refnum in
- varName
- Afstand

De eerste variabelen moet gekoppeld worden aan de Communicatielijn, de 2^e is naam van de merker in het TwinCAT programma die de informatie moet ontvangen en de 3 is de informatie die in de merker wordt geschreven. De code hiervoor is weergegeven in volgende figuur.



Figuur 93: Doorgeven van stapgrootte

9.4.3 SetBooleanTRUE

De SubVI SetBooelanTRUE zorgt ervoor dat het hoofdprogramma in staat is om de opgegeven Boolean TRUE te maken. Allereerst zijn er 2 variabelen, namelijk "Automation Refnum in" en "varName". De eerste variabelen moet gekoppeld worden aan de Communicatielijn, de 2^e is naam van de Boolean in het TwinCAT programma die op TRUE moet worden gezet. De code hiervoor is weergegeven in volgende figuur.

Automation Refnum in					
	AdsOcx		AdsOcx		AdsOcx ₽
varName	AdsCreateVarHandle	•	AdsSyncWriteBoolVarReq	•	AdsDeleteVarHandle+
<u>apc</u>	 varName 	•	• hVar	•	• hVar •
0	• hVar	₁ 1	 cbLength 	•	
I			• pData	•	

Figuur 94: Boolean hoog maken

9.4.4 SetBooleanFALSE

Deze subVI is identiek aan SetBooleanTRUE, het verschil is enkel dat de Boolean nu op FALSE gezet wordt. Dit gebeurt met volgende code.

Automation Refnum in					
	AdsOcx		AdsOcx		AdsOcx
varName	AdsCreateVarHandle •		AdsSyncWriteBoolVarReq		AdsDeleteVarHandle
abc	 varName 		• hVar •		• hVar •
0	• hVar •	1	cbLength		
F			• pData •		

Figuur 95: Boolean laag maken

9.4.5 TimeCalc

Deze subVI heeft als functie het nagaan hoelang een scan gaat duren. Dit wordt uitgedrukt in uren, minuten en seconden. Als eerste moet er berekende worden hoeveel seconden het scannen van een volledig werkstuk duurt. De formules hiervoor worden afgeleidt met behulp van Figuur 96: Tijdsbepaling" waar elke vierkante millimeter van een werkstuk van 5 op 5 uit elkaar zijn getrokken. De X - en Y - lengte zijn dus 5.



Figuur 96: Tijdsbepaling

Zoals te zien is zijn er 25 vakjes, in elke van deze vakjes wordt er een bepaalde tijd gewacht om een scan te nemen. Deze tijd is de Scantijd (in ms), afgekort ST. In formule vorm

 $t1 = X \cdot Y \cdot ST$

(7.3)

In de x- en y-richting is er 4 keer een opening. Deze opening stelt de tijd voor die er bewogen wordt tussen 2 posities. Deze tijd bedraagt 100ms. Per rij zijn er zo 4 openingen en er zijn 5 rijen, dit is te zien in de eerste term in onderstaande formule. De 2^e term houd rekening met de openingen tussen de rijen

$$t2 = (X-1) \cdot Y \cdot 100 + (Y-1) \cdot 100$$
(7.4)
= [(X-1) \cdot Y + (Y-1)] \cdot 100 (7.5)

 $= [(X-1) \cdot Y + (Y-1)] \cdot 100$

Door formule (7.3) en (7.5) op te tellen bekomen we de scantijd in milliseconden. Dit getal is in het integerformaat. Omdat delen met integers niet mogelijk is wordt dit geconvergeerd naar een double om vervolgens te delen door 1000. Hierdoor bekomen we de scantijd in seconden. Dit alles is te zien in het linkse deel van onderstaande afbeelding.



Figuur 97: Tijdscalculatie

In het rechtse deel worden de seconden omgezet in uren, minuten en seconden. De code hiervoor is afkomstig van een website op het forum van National Instruments. [25]

9.5 Instellen van de DAQ-kaart

9.5.1 Aansluiten van de USK 7

De USK 7 geeft een analoge spanning af via pin 1 en 4. Pin 4 is de positieve klem en moet verbonden worden met klem AI0+ van de DAQ-kaart. Pin 1 is de negatieve klem en moet verbonden worden met klem AI0- van de DAQ-kaart.

9.5.2 Settings correct instellen

Via het DAQmx – Data Acquisition Palette is de functie DAQ Assistant te vinden. Met deze functie kunnen we het signaal uitlezen.



Figuur 98: De functie DAQ-Assistant

Door op deze functie te dubbel klikken verschijnt het scherm dat op de volgende pagina te vinden is.



Figuur 99: De DAQ Assistant

In dit scherm moet de maximum spanning op 8V worden ingesteld en de minimum spanning op 0V. Dit zijn de grensspanningen die uit de USK 7 komen. In het laboverslag, wat te vinden is in de bijlage, staat beschreven hoe deze spanningen zijn gevonden. Een laatste parameter die moet worden aangepast is de Acquisition Mode, deze moet op Continuous Samples staan. Hierdoor zal de DAQkaart continue samples blijven nemen.

9.6 Het Block Diagram

Het Block Diagram bestaat uit 4 hoofddelen. Deze zullen nu achtereen volgens besproken worden.

9.6.1 Initialiseren

In de eerste stap moet het werkstuk geïnitialiseerd worden. Hiervoor moeten de lengte en breedte van het werkstuk worden opgegeven. Ook de grootte van een stap die de motoren moeten realiseren moet worden meegegeven. De LabVIEW code die hiervoor gebruikt wordt ziet er als volgt uit.



Zoals te zien is, is de X- en Y-lengte die worden doorgegeven de opgegeven waarden gedeeld door de stapgrootte. Stel dat een werkstuk 50mm lang is en er wordt een stapgrootte van 0,5mm gebruikt. Zoals verder zal blijken tellen we na elke stap 1 op bij de X-positie. Als we 50mm niet delen door 0,5 zal LabVIEW wel tellen tot 50, maar in werkelijk zetten de motoren stappen van 0,5mm waardoor er maar een afstand van 25mm wordt afgelegd. Door een lengte van 100 (= 50 / 0,5) door te geven en stappen te zetten van 0,5 wordt er wel in werkelijkheid 50mm bewogen, LabVIEW telt in dit geval tot 100. In dit programmadeel is ook te zien dat de X- en Y – Positie op nul wordt gezet.

9.6.2 Vrij bewegen van de motoren.

9.6.2.1 Zonder voorbepaalde afstand.

In volgende afbeelding is de code te zien die het mogelijk maakt om de motoren vrij aan te sturen. Met behulp van 4 merkers (BeweegVrij_PosX, BeweegVrij_NegX, BeweegVrij_PosY en BeweegVrij_NegY) kan de sensor in 4 mogelijke richtingen bewegen. Dit is mogelijk zolang Ijlgang_Toestaan hoog is, van zodra deze laag wordt, wordt deze geïnverteerd en zal de stopvoorwaarde hoog worden. Hierdoor wordt de While Loop (dit is de grijze rechthoek) beëindigd. De 3 oranje lijnen onderaan zijn X-lengte, Y-lengte en stapgrootte, maar deze worden in dit deel van het programma niet gebruikt. Het groene rechthoekje rechtsboven is de communicatielijn die binnenkomt. Deze is nodig voor de aansturing van de 5 merkers zoals eerder beschreven.



Figuur 101: Vrijbewegen zonder opgegeven afstand

9.6.2.2 Met voorbepaalde afstand

In volgende afbeelding is de code te zien die het mogelijk maakt om de motoren een bepaald afstand in een bepaalde richting te laten bewegen. Met behulp van 4 merkers (Beweeg_PosX, Beweeg_NegX, Beweeg_PosY en Beweeg_NegY) kan de sensor in 4 mogelijke richtingen bewegen. Dit is mogelijk zolang Positie Correct laag is, van zodra deze hoog wordt zal de stopvoorwaarde hoog worden. Hierdoor wordt de While Loop (dit is de grijze rechthoek) beëindigd. De 3 oranje lijnen onderaan zijn X-lengte, Y-lengte en stapgrootte, maar deze worden in dit deel van het programma niet gebruikt. De 3 groene rechthoekjes rechtsboven zijn de communicatielijnen die binnenkomen. Deze zijn nodig voor de aansturing van de 4 merkers zoals eerder beschreven.



Figuur 102: Vrijbewegen met opgegeven afstand

9.6.3 Resetten van de motoren

In dit deel worden de posities van de motoren op nul gezet als ResetMotoren hoog wordt. Dit deel van het programma sluit als StartScan hoog wordt. Opnieuw zijn de 3 lijnen vanonder X-lengte, Y-lengte en stapgrootte die ook hier niet gebruikt worden. Het groene rechthoekje rechtsboven is ook hier weer de communicatielijn die binnenkomt.



9.6.4 Scannen van het werkstuk

In het laatste deel van het programma wordt het werkstuk gescand. Hiervoor zijn 2 delen nodig: het inlezen van het alarmsignaal en het sturen naar de volgende positie. Globaal zit dit er als volgt uit:



Figuur 104: Hoofddeel van het programma

9.6.4.1 Inlezen van het sensorsignaal



Figuur 105: Inlezen van sensorsignaal

De 2 oranje lijnen aan de linkerkant zijn de X– en Y–lengte, hiervan is de meest linkse de X-lengte. Ongeveer vanboven in het midden is te zien dat zowel X- als Y-lengte vermindert worden met 1. Dit is gedaan omdat LabVIEW begint te tellen van 0 in plaats van 1. Dus stel dat een werkstuk 100 lang is, begint LabVIEW te tellen van 0 tot 100. Dit met gevolg dat er 101 stappen gezet zijn. Voor het gebruiksgemak is de gebruiker nog steeds in staat om effectief 100 in te voegen in plaats van 99, omdat LabVIEW er nu zelf 99 van maakt.

In deze afbeelding is een Case Structure te herkennen. Deze Case is enkel TRUE bij de eerste oproeping. In dat geval wordt er via de blok *"Initialize Array"* een Array gemaakt met dimensies Xlengte en Y-lengte. Elk element in de Array krijgt als begin waarde nul. Als de Case FALSE is wordt de vorige C-scan gebruikt als Array. Deze Array wordt buiten de Case Structure gebracht om vervolgens bij een bepaalde X- of Y-positie een nieuwe waarde in de Array te schrijven. Dit gebeurt met het blok *"Replace Array Subset"*. Deze waarde is het alarm signaal dat we inlezen. De nieuwe Array wordt dan weergegeven via de Indicator C-scan. Hoelang deze stap duurt, en dus hoeveel tijd de scanner heeft om te scannen wordt meegegeven via Scantijd (in ms).

In de onderste Flat Sequence wordt het sensor signaal verwerkt. In het eerste frame wordt het voltsignaal ingelezen via de functie "*DAQ Assistant*". Met de functie "*Amplitude and Level Measurements*" wordt dit signaal omgezet naar haar RMS-waarde. In het volgende frame wordt deze RMS-waarde vergeleken met een grenswaarde. Deze grenswaarde is $4V_{RMS}$., en is proefondervindelijk bepaald. Hierdoor zijn er 2 gevallen mogelijk:

- Gemeten RMS is kleiner dan 4V_{RMS}. => er is een fout gedetecteerd => doorgegeven waarde is 10;
- Gemeten RMS is groter dan 4V_{RMS}. => er is geen fout gedetecteerd => doorgegeven waarde is 5.

De waarde 10 komt overeen met een rode kleur en de waarde 5 komt overeen met een groene kleur in het beeld dat gemaakt wordt. Dit geeft snel weer waar er fouten gedetecteerd zijn.

9.6.4.2 Bewegen naar volgende positie.

Zoals eerder vermeld wordt er via de SubVI Program Select bepaald welke actie er moet ondernomen worden om naar de volgende positie te bewegen. Volgende afbeelding geeft dit weer.



Figuur 106: Bewegen naar volgende positie

In deze afbeelding staan 2 Case Structures. Welke Case er moet worden uitgevoerd wordt bepaald door de subVI Meander Algor. De bovenste Case Structure bepaald welke beweging er in de x-richting moet gezet worden. Als de case 0 is ziet de code er als volgt uit.



Figuur 107: Bewegen naar volgende positieve x-positie

Allereerst wordt de X-Positie met 1 verhoogd. In het volgende frame wordt de stapgrootte doorgeven aan de PLC. Vervolgens wordt de merker Beweeg_PosX hoog. In deze stap wordt er ook 100ms

gewacht om de motoren de kans te geven om te bewegen. In de laatste stap tenslotte wordt deze merker terug laag gezet.

Als de Case 1 is gebeurt exact hetzelfde, maar nu wordt er bewogen in de negatieve x-richting.



Figuur 108: Bewegen naar volgende negatieve x-positie

Zoals te zien is in de vorige 2 afbeelding is er nog een Case Structure rond de besproken Case Structure. Deze kan TRUE zijn of FALSE. In het geval TRUE kan er effectief bewogen worden zoals hierboven beschreven staat. In het geval FALSE is de Cas Structure leeg en gebeurt er niets in de x-richting.

De beweging in de y-richting gebeurt met behulp van onderstaande code.



Figuur 109: Bewegen naar volgende y-positie

Deze beweging gebeurt volledig analoog zoals hierboven besproken als de Case 0 bedraagt. Is de Case 1 dan gebeurt er geen beweging in de y-richting, de Case Structure is dan leeg.

9.6.4.3 Weergeven van de tijd

In het midden van afbeelding ??? is de subVI TimeCalc geplaatst om de scantijd weer te geven.



Figuur 110: Weergeven van de tijd

9.6.5 Afbeelding opslaan

Als laatste stap worden de gegevens op een bepaalde manier opgeslaan. [26] Dit gebeurt met een Case Structure die 3 Cases bevat.



Figuur 111: Opslaan van gegevens

Deze 3 gevallen zijn:

- Case is 0: zowel afbeelding als Excelbestand maken,
- Case is 1: enkel een Excelbestand maken,
- Case is 2: enkel een afbeelding maken.

Welke Case er uitgevoerd moet worden, wordt meegeven in het getal "Gegevensverwerking".

9.7 Programma voor ronde assen.

Het programma voor ronde assen ziet er in grote lijnen hetzelfde uit. Enkel bij het scannen van het werkstuk is de sturing van de x-positie vervangen door de sturing van de ronde as. Dit heeft als gevolg dat er geen Y-lengte moet worden opgegeven maar een hoek en een hoekgrootte (de hoek waarmee de motor de as verdraait.

Dit programma werkt dus volledig analoog aan het eerder beschreven programma. Er is een lengtemaat die overeenkomt met de Y-lengte en een hoek die overeenkomt met de X-positie. Als het scannen begint wordt eerst de Y-lengte gescand alvorens de as te draaien. Als de as gedraaid is beweegt de sensor terug tot de beginpositie om vervolgens de as opnieuw te draaien. Dit proces loopt zo verder tot de volledige hoek (die is opgegeven) is gescand.

10 Handleiding van de machine

10.1 Inleiding

In deze handleiding wordt er verondersteld dat de gebruiker van de machine al kan werken met de ultrasoonscanner, meerbepaald de USK 7. In deze handleiding wordt enkel uitgelegd hoe er correct met de machine moet gewerkt worden.

10.2 Werkwijze

10.2.1 Opstart

Stap 1: controleer of de ethernetkabel is aangesloten op de PC.

Stap 2: zet de machine aan door de knop in de stand AAN te zetten.

Als de machine opstart worden de motoren automatisch geactiveerd.

Stap 3: start het LabVIEW-programma

Op het bureaublad van de PC staat in icoontje met de naam ??? voor het scannen van rechte werkstukken en een icoontje met de naam ??? voor het scannen van assen. In puntje ??? staat van beide programma's het hoofdvenster

10.2.2 Instellen van de machine

```
Stap 4: vul de parameters in
```

Het invullen van de parameters gebeurt in volgende vakjes

X-lengte	X-Positie	Stapgrootte		
0	0	0		
Y-lengte	Y-Positie	Scantijd (in ms)		
0	0	7 0		

Figuur 112: Parameters invoegen (balkvormige proefstukken)

Lengte	Hoek	Stapgrootte
0	0	0
Hoek	Lengte	Hoekgrootte
0	0	0
		Scantijd
		0

Figuur 113: Parameters invoegen (ronde proefstukken)

Stap 5: Start het programma

Hiervoor zijn 2 mogelijkheden. De 2 symbolen in onderstaande afbeelding zijn ook te zien linksboven in het LabVIEW-programma. Met beide kan het programma gestart worden.



Door op de linkse knop te duwen wordt het programma 1 maal uitgevoerd. Bij de rechterknop zal het programma automatisch terug opnieuw beginnen als het is afgelopen. Het is aangeraden om de linkse knop te gebruiken

Het scannen van een werkstuk

Stap 6: Motoren vrij bewegen zonder vooringestelde afstand Zet de schakelaar "Ijlgang Toestaan" in de gewenste stand.



Figuur 115: Keuzeschakelaar ijlgang

Als de schakelaar de ijlgang toelaat kan met behulp van volgende knoppen kan de sensor naar iedere willekeurige positie worden bewogen. Hierdoor is een snelle, grove positionering mogelijk.

RIGHT	LEFT			
UP	DOWN			

Figuur 116: Bewegen zonder vooringestelde afstand

Wordt er geweigerd, dan gaat de machine automatisch naar de volgende stap.

Stap 7: Motoren vrij bewegen met vooringestelde afstand

Met behulp van volgende knoppen kan de sensor over een bepaalde afstand bewegen in een gewenste positie.



Figuur 117: Bewegen met vooringestelde afstand

De afstand dat er moet bewogen worden kan meegegeven worden in het middelste vakje, de eenheid is mm. De maximum afstand in 100mm.

Door op de knop "Positie Correct" te klikken wordt er bevestigd dat de sensor zich in de begin positie bevindt.

Stap 7: Reseten van de motoren

Vervolgens moet de positie van de motoren worden gereset. Dit gebeurt door op volgende schakelaar te klikken.



Figuur 118: Reset motoren

Dit is niet verplicht, maar wordt toch aangeraden.

10.2.3 Het scannen

Stap 8: Start de scan

Door op de knop "Start de scan" te klikken begint de machine met het uitvoeren van de scan. Met een tijdsberekening wordt er aangegeven hoelang de scan ongeveer gaat duren.

Uren	Minuten	Seconden
0	0	0

Figuur 119: Tijdsweergave

Stap 9: Opvragen gegevens

Van zodra de scan gestart is, kan er geselecteerd worden hoe de testresultaten moeten worden weergegeven. Dit kan met volgende knop



Figuur 120: Opslagmedium bepalen

In deze lijst zijn er 3 opties:

- Afbeelding + Excel: er wordt zowel een afbeelding in JPEG formaat gegenereerd als een Excelsheet met de bekomen data
- Excel: enkel een Excelsheet wordt gegenereerd
- Afbeelding: enkel een afbeelding in JPEG formaat wordt gegenereerd

10.2.4 Het afsluiten

Stap 10: het beëindigen van het programma

Na het opslaan van de bekomen resultaten kan ook het LabVIEW-programma worden gesloten. Als er gevraagd wordt om de wijzigingen op te slaan kan dit best geweigerd worden.

Stap 11: machine afschakelen

Om de machine volledig te stoppen draait men de hoofdschakelaar in de stand UIT.

10.3 Het frontpanel

Volgende afbeeldingen geven weer hoe het besturingsvenster in LabVIEW eruitziet. De knoppen staan beschreven in puntje 10.2. In het zwarte scherm wordt het beeld gevormd van de C-scan.

10.3.1 Vierkante proefstukken



Figuur 121: Frontpanel vierkante proefstukken

10.3.2 Ronde proefstukken



Figuur 122: Frontpanel ronde proefstukken

11 Testresultaten

11.1 Beschrijving van de test

Op het moment dat deze test is uitgevoerd is, was er niemand aanwezig in het labo van ZF die de USK 7 correct kon kalibreren en instellen. Om deze reden is er gekozen om een stukje van de opspanplaat te meten. Als de sensor zich boven het aluminium bevindt krijgen we een puls terug, bevindt de sensor zicht boven een gleuf dan komt er geen puls terug Een terugkerende puls kunnen we dan beschouwen als een defect dat gevonden wordt. Bij het uitvoeren van de test was het onderdeel om de sensor vast te maken aan de staaf nog niet ter beschikking. De sensor was daarom met 2 kabelbinders rechtstreeks bevestigd aan de staaf.

Het gebied dat is opgemeten is 50 mm op 50 mm. Dit gebied bevat een stukje van gleuf die 10mm breed is. De stapgrootte is ingesteld op 1mm en de scantijd op 1000ms.

11.2 Het resultaat



Onderstaande afbeelding geeft het beeld weer van deze test

: Eerste testresultaat

In deze figuur is duidelijk een groene band te herkennen. Deze band komt overeen met de gleuf. We weten dat deze gleuf 10mm breed is. Als we dan terug naar de figuur kijken zien we dat deze gleuf in het begin ongeveer 7mm (= 26mm - 19mm) breed is. Dit is te weinig en daarom is de USK 7 wat bijgeregeld vanaf 9mm in de breedte. Dit verklaart ook de groene streepjes op deze hoogte. Vanaf 10mm in de breedte is de gleuf 12mm (= 29mm - 17mm) breed. Soms wordt ook een breedte van 13mm gemeten. Dit is al beter dan voordien maar nog niet volledig het verwachte resultaat.

Een mogelijke verklaring hiervoor is te vinden in de constructie van de spanplaat. Na het frezen van de gleuf zijn er spanen ontstaan op de rand van deze gleuf, er wordt dus nadien kort met een vijl overgegaan om de spanen te verwijderen (om bv. mogelijke kwetsing te voorkomen). Dit heeft als gevolg dat de rand een kleine afschuining heeft. Wanneer nu recht op deze rand gemeten wordt, worden de geluidsgolven in een andere richting weerkaatst met als gevolg dat er niets gedetecteerd wordt in deze opstelling. Met een stapgrootte van 1mm is het resultaat dus een "vergroting" van 1mm aan beide zijden van de gleuf.

11.3 Conclusie

Uit deze eerste test kunnen we concluderen dat alle onderdelen zeer goed samenwerken. De DAQkaart en de software kunnen het signaal van de USK 7 goed verwerken en de motorsturing stuurt de sensor naar de juiste posities. Het is echter wel van zeer groot belang dat de USK 7 en de hoek van de sensor correct worden ingesteld.

12 Toekomstgericht

Er werd al vaker vermeld dat dit project voorzien werd op mogelijke uitbreidingen van het scansysteem. Daarom worden er in dit hoofdstuk enkele mogelijkheden overlopen. Deze uitbreidingen kunnen verbeteringen of toevoegingen zijn aan de machine, zowel op niveau van de mechanica als software en elektronica.

12.1 Overschakelen naar 3D beeld

In het huidige systeem wordt er gebruik gemaakt van een simpele 2D-weergave in LabView. Omdat er gebruik gemaakt wordt van het alarmsignaal van de USK7, is er enkel een hoog/laag-signaal beschikbaar om in te lezen. Hiermee kan men dus enkel een weergave maken de positie van defecten, en heeft men dus een minder goed zicht op de diepte van deze defecten. Er zou wel, door de instellingen van het meettoestel te veranderen (bijvoorbeeld de treshold verscherpen en de gates verplaatsen), op een iteratieve manier gezocht kunnen worden naar de diepte van het defect.

Om de metingen te verbeteren, zal er gebruik gemaakt moeten worden van een uitgebreider signaal, dat vervolgens in LabView verwerkt kan worden. Zo is het mogelijk om het volledige beeld dat bij een ultrasoonmeting hoort (de A-scan) op te slaan per punt. Hiermee kan men dan met behulp van Labview voor elk punt bepalen of er een defect aanwezig is, en hoe diep het zit. Uiteindelijk kan hiermee zelfs een 3D-beeld gemaakt worden in LabView.

Dit betere signaal kan op diverse manieren verkregen worden. Zo kan men bijvoorbeeld het huidige meettoestel aanpassen, het signaal kan zelf gemaakt worden of er kan een modern toestel gebruikt warden dat voorzien is van een digitale output.

12.1.1 CRT signaal

De Kräutkrämer USK7 werkt net hetzelfde als een oscilloscoop. Dit betekent dat, als het CRT-signaal (Cathode Ray Tube) van het meettoestel naar buiten wordt gebracht, het mogelijk is om dit in te lezen via de DAQ-kaart en te verwerken met een PC. Hiervoor is echter een grondige kennis van de elektronica nodig (zie ook het laboverslag in de bijlage).

12.1.2 Digitaal

12.1.2.1 Pulser/receiver + KSO

Er bestaat literatuur die beschrijft hoe een ultrasoon signaal gemaakt en verwerkt wordt. Belangrijke onderdelen om dit te realiseren zijn een pulser/receiver en een oscilloscoop. Wanneer men bij een dergelijke opstelling een digitale oscilloscoop gebruikt met een digitale output, kan men op eenvoudige wijze het signaal inlezen naar een PC.

12.1.2.2 Nieuwe toestel

Nieuwere toestellen, die ook door de fabrikant Krautkrämer geleverd worden zijn vaak voorzien van een digitale output. Wanneer zo een toestel beschikbaar is, kan er een communicatie opgesteld worden tussen de PC en dit meettoestel.

12.2 Gegevensexport

In LabView is het mogelijk om de ingelezen data te exporteren naar een Excel-bestand. Dit betekent dat het mogelijk is om deze gegevens te verwerken naar een digitaal beeld van de interne structuur van het proefstuk. Zo zou er bijvoorbeeld een rekenblad gemaakt kunnen worden in Excel dat deze gegevens gebruikt.

Naast Excel kunnen ook andere programma's gebruikt worden om gegevens te verwerken. Zo kan bijvoorbeeld, wanneer LabView of Excel niet langer zouden voldoen, een programma geschreven worden in MatLab om een grondige analyse te doen van de gegevens. Verder is de optie om zelf een programma te schrijven niet uitgesloten

12.3 Nieuwe software

Met enkel LabView en TwinCAT zijn de mogelijkheden van de machine in zekere zin beperkt. LabView heeft vele mogelijkheden, maar communicatie met andere programma's verloopt niet altijd even vlot. Vooral het verschil in cyclustijden kan een probleem vormen. Bij de communicatie met TwinCAT wordt de tijd een beperkende factor. Dit probleem zou een grote verbetering kennen wanneer er eigen software ontwikkeld wordt voor een vlotte communicatie met TwinCAT te garanderen. Met deze software is er dan zelfs de mogelijkheid om het meettoestel uit te werken tot een volwaardige CNC-machine.

12.4 Nieuwe soorten metingen

In dit project worden de mogelijkheden tot nieuwe metingen niet uitgesloten. Met deze opstelling is het mogelijk om andere soorten proefstukken op te meten met een minimale aanpassing van de machine. Zo kunnen bijvoorbeeld lagers worden opgemeten.

12.5 Complexe sturing

Omdat er gebruik gemaakt wordt van Beckhoff PLC Sturing kan in een later stadium ook de Beckhoff Motion Maker software aangekocht worden. Met deze software is het mogelijk om de servomotoren van de machine aan te sturen voor complexe bewegingen. Hiermee kunnen dus ook veel moeilijkere object opgemeten worden dan de drie basisvormen.

13 Conclusie

Als slot voor deze masterthesis worden de belangrijkste verwezenlijkingen nog eens samengevat. Het mechanische concept is ontworpen om verschillende proefstukken op te meten, zowel ronde als rechthoekige proefstukken. De xy-beweging van de sensor wordt gerealiseerd met een positioneersysteem van BAHR en de draaiende beweging met een zelf ontworpen, watervast mechanisme. De motorsturing die de motoren van dit systeem aandrijft, is ontwikkeld met behulp van de TwinCAT software van Beckhoff.. Het LabVIEW-programma stuurt commando's naar TwinCAT. Dit wil dus zeggen dat de volledige stuurlogica is opgebouwd in LabVIEW, TwinCAT voert enkel de commando's uit. De gegevens van de sensor worden verwerkt in hetzelfde LabVIEW-programma. Omdat de USK 7 geen digitale interface heeft wordt het alarmsignaal van het toestel gebruikt om een detectie waar te nemen. Dit signaal wordt met een DAQ-kaart ingelezen in LabVIEW.

Ondanks het feit dat de eerste test niet kon worden uitgevoerd zoals het moest (USK 7 niet correct ingesteld) kan er toch geconcludeerd worden dat de verschillende onderdelen goed met elkaar samenwerken als 1 geheel. De sensor wordt naar de correcte positie gestuurd en de meting wordt correct weergegeven op het scherm.

Naar de toekomst toe zijn er op deze masterproef nog enkele uitbereidingen mogelijk. Denk hier bijvoorbeeld aan het gebruiken van een digitaal meettoestel, het scannen van lagerschalen en zoveel meer. Bij het maken van dit apparaat is hier zoveel mogelijk rekening mee gehouden. Zo is het heel eenvoudig om enkele zaken bij te monteren op het frame en is het simpel om het LabVIEWprogramma aan te passen. Zelfs de TwinCAT-software is mits enige kennis makkelijk te begrijpen zodat deze nog kan worden uitgebreid.

14 Literatuurlijst

- A. Stoylen, "Basic ultrasound, echocardiography and Doppler for clinicians," NTNU Norwegian University of Science and Technology, http://folk.ntnu.no/stoylen/strainrate/Ultrasound/, 2014.
- [2] "Sonogram," 2013.
- [3] NDT Resource Center, "Radiated Fields of Ultrasonic Transducers," [Online]. Available: http://www.ndted.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/EquipmentTrans/radiatedfields.h tm. [Geopend 25 Mei 2014].
- M. L. e. G. Reenaers, "Het operationeel maken en optimaliseren van ultrasone opstellingen,"
 [Online]. Available: https://doks.khlim.be/do/files/FiSe40288a222915f156012916ef0ef601a5/Het%20operatione el%20maken%20en%20optimaliseren%20van%20ultrasone%20opstellingen.pdf;jsessionid=5B 83EE4CDEA62A6BF67968F7A76D8A6F?recordId=SIWT40288a222915f156012916ef0ef601a4.
 [Geopend 14 5 2014].
- [5] SEP 1927, "Ultraschall Tauchtechnik Prüfung zur Bestimmung des makroskopischen Teinheitsgrades von gewalzten oder geschmiedeten Stäben aus Stahl," 2010.
- [6] D. Chiaradia, "MIDAS," Hansen Transmissions, 2011.
- [7] Item, "Profil 6 60x60 leicht, natur," Item, [Online]. Available: http://www.item24.nl/nl/home/producten/productcatalogus/productdetails/products/konstr uktionsprofile-6/profil-6-60x60-leicht-natur-41909.html. [Geopend 2013 oktober 2013].
- [8] Item, "Automatik-Verbindungssatz 6, rostfrei," Item, [Online]. Available: http://www.item24.nl/nl/home/producten/productcatalogus/productdetails/products/autom atik-verbindungssaetze/automatik-verbindungssatz-6-rostfrei-44167.html. [Geopend 2013 oktober 6].
- [9] BAHR, BAHR modultechnik, BAHR, 2013.
- [10] woonen.nl, "Roestvast staal in kaart gebracht," [Online]. Available: http://www.woonen.nl/woon_7/pdf/roest.pdf. [Geopend 20 December 2013].
- [11] nickelinstitute, "nickelinstitute," [Online]. Available: www.nickelinstitute.org. [Geopend 2 Januari 2014].
- [12] Wikipedia, "Draaien (verspaningstechniek)," [Online]. Available: http://nl.wikipedia.org/wiki/Draaien_(verspaningstechniek). [Geopend 20 December 2013].
- [13] Krautkrämer, Palperurs outils de précision pour vos contrôles par ultrasons, Krautkrämer.
- [14] GE, Ultrasonic Transducers, For Flaw Detection and Sizing, GE.
- [15] NI, "NI USB-6009," National Instrumnets, [Online]. Available: http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/nl/nid/201987. [Geopend 10 April 2014].
- [16] Beckhoff, "Beckhoff servomotor AM81xx," Beckhoff, [Online]. Available: http://www.beckhoff.com/english.asp?drive_technology/am81xx.htm. [Geopend 5 Maart 2014].
- [17] Beckhoff, "Beckhoff stappenmotor AS10xx," [Online]. Available:

http://www.beckhoff.com/english.asp?drive_technology/as10xx.htm.

- [18] Beckhoff, "Beckhoff PLC CX9020," [Online]. Available: http://www.beckhoff.com/english.asp?embedded_pc/cx9020.htm. [Geopend 7 maart 2014].
- [19] Beckhoff, "Beckhoff driver EL7201," Beckhoff, [Online]. Available: http://www.beckhoff.com/english.asp?ethercat/el7201.htm. [Geopend 7 Maart 2014].
- [20] Beckhoff, "Beckhoff driver EL 7041," Beckhoff, [Online]. Available: http://www.beckhoff.de/english.asp?ethercat/el7041.htm. [Geopend 7 Maart 2014].
- [21] Beckhoff, Curcus TwinCAT, Beckhoff, 2014.
- [22] Beckhoff, "Using Labview Full Development Software with Beckhoff Ethernet/IP Hardware for Connection to Real World Digital and Analog I/O," [Online]. Available: http://rubben.weebly.com/uploads/8/7/2/3/8723959/opstelling_26_xas___06_deel1.pdf. [Geopend 8 Maart 2014].
- [23] Wikipedia, "Wikipedia ActiveX," [Online]. Available: http://nl.wikipedia.org/wiki/ActiveX. [Geopend 30 April 2014].
- [24] Beckhoff, "Beckhoff Information system," Beckhoff, [Online]. Available: http://infosys.beckhoff.com/english/. [Geopend 2 Maart 2014].
- [25] NI Forum, "NI Forum," [Online]. Available: http://208.74.204.114/t5/LabVIEW/Convert-Seconds-to-Hours-Minutes-Seconds/td-p/2214246. [Geopend 12 April 2014].
- [26] NI Forum, "NI Forum," [Online]. Available: http://forums.ni.com/t5/LabVIEW/How-to-saveintensity-graph-to-jpeg-file/td-p/453706. [Geopend 20 april 2014].

15 Bijlagen

A.	Stukli	isten en Tekeningen
1	Stul	lijsten
2	Stul	tekeningen139
	2.1	Grondplaat139
	2.2	Sensorbevestiging140
	2.3	Handgreep_bevestiging141
	2.4	Lagerhuis_spanplaat142
	2.5	Spanblok
	2.6	Lagerhuis_motor144
	2.7	Lagerhuis_aandrijving145
	2.8	Bevestigingskop146
	2.9	Bevestigingsprofiel147
	2.10	Montageplaat148
	2.11	Arm149
	2.12	Verbindingsplaat_smal150
	2.13	Meetwijzer151
	2.14	Koppelstuk_20-12152
	2.15	Koppelstuk_19-12_spie153
	2.16	Deksel_spanplaat154
	2.17	Deksel_motorarm155
	2.18	Staaf_lang156
	2.19	Assen_motorarm157
	2.20	As_Positionering158
	2.21	As_ondersteuning159
	2.22	As_handgreep160
	2.23	Afstandsbussen161
	2.24	Lekbak+afsluiter162
В.	Resul	taten uit CES Edupack 2013163
1	Tab	ellen en grafieken163
	1.1	Stage 1: Limieten
	1.2	Stage 2: Massa minimaliseren m.b.v. vervorming bij doorbuiging (Elasticiteitsmodulus) 164
	1.3	Stage 3: Massa minimaliseren m.b.v. breuk bij doorbuiging (Rekgrens)164

	1.4	4	Stage 4: Massa minimaliseren m.b.v. vervorming bij torsie (Glijdingsmodulus)
	1.	5	Stage 5: Massa minimaliseren m.b.v. breuk bij torsje (Rekgrens)
	1.0	6	Stage 6: Kostprijs minimaliseren m.b.v. vervorming bij doorbuiging (Elasticiteitsmodulus) 166
	1.	7	Stage 7: Kostprijs minimaliseren m.b.v. breuk bij doorbuiging (Rekgrens)166
	1.8	8	Stage 8: Kostprijs minimaliseren m.b.v. vervorming bij torsie (Glijdingsmodulus)
	1.9	9	Stage 9: Kostprijs minimaliseren m.b.v. breuk bij torsie (Rekgrens)167
	1.:	10	Stage 10: Vermoeiing minimaliseren door breuktaaiheid te maximaliseren168
	1.:	11	Stage 11: Slijtvastheid maximaliseren door hardheid te maximaliseren
	1.:	12	Stage 12: Slag- en stootvastheid maximaliseren door breuktaaiheid te maximaliseren.169
2	2	Eco /	Audit
C.	La	bov	erslag over USK 7
1	.	Inlei	ding175
2	2	Bend	odigdheden
	}	Uitv	oering175
	3.:	1	Openen van de detector
D.	Da	atasl	neets
1	_	De C	X 9020
2	2	De E	L7201 – 0010
	5	De E	L 7041 – 1000
E.	La	bVI	W functies
1		Prop	erty Node
2	2	Invo	ke Node
	5	Initia	alize Array184
Z	L	Repl	ace Array Subset
5	5	DAQ	Assistant
6	;	Amp	litude and Level Measurements
7	, ,	Writ	e JPEG File.vi
F.	Vo	olled	lige materialenlijst

A. Stuklijsten en Tekeningen

1 Stuklijsten

	7 Cilinderkopschr. met binnenzesk. D		DIN EN ISO 4762	M8x12	RVS
	18	Cilinderkopschr. met binnenzesk.	DIN EN ISO 4762	M8x16	RVS
	4	Cilinderkopschr. met binnenzesk.	DIN EN ISO 4762	M8x20	RVS
	4	Cilinderkopschr. met binnenzesk.	DIN EN ISO 4762	M8x30	RVS
	10	Cilinderkopschr. met binnenzesk.	DIN EN ISO 4762	M8x40	
	4	Cilinderkopschr. met binnenzesk.	DIN EN ISO 4763	M6x50	Verzinkt
	8	Moer	DIN EN ISO 4033	M6	
	2	Kartelschroef	DIN 653	M6x30	RVS
	7	Stelschroef	ISO 4029/DIN916	M4x8	RVS
	8	Zeskantpasbout	DIN 609	M8x25	
	4	Zwenkbare stelvoet		M8x30	
	8	T-blok met schroefdraad	DIN 650	M8	Verzinkt
	2	RVS schijf		d=12, D 32, dikte = 3	
	2	RVS schijf		d=20, D=40, dikte = 3	
	2	Borgring	DIN 471	12x1	
2		Borgring	DIN 471	20x1,2	
2		Dichtingsring	RWDR DIN 3760	AS12x22x7	
	4	Dichtingsring	RWDR DIN 3760	AS20x30x7	
	1	O-ring	DIN 3771	30x2,65	
	2	O-ring	DIN 3771	45x3,5	
	2	Lager	DIN 625	S 6001 - 2RS	
2		Lager	DIN 625	S 6204 - 2RS	
2		Tandriemschijf	GATES	T5-20 - 6F b=25	
	1	Tandriem	IPL	PU T5-990-25 - Std	
	4	Profil 6	ltem	60x60x400	
	2	Profil 6	ltem	60x60x580	
	2	Profil 6	ltem	60x60x1000	
	52	Automatik-verbindingsset 6	ltem		
	1	Positioneersysteem	Bahr	ELZU 60	
	4	Bevestigingsflens+schroeven	Bahr		
	2	Servomotor	Beckhoff	AM8121	
	1	Stappenmotor	Beckhoff	AS1060 - 0000	
	1	Motorreductor	Beckhoff	AG2250PLE60M0151B1	
Stuknr.	Aantal	Benaming	Norm/Fabrikant	Afmetingen/Code	Opmerkingen
		Stuklijst va	n de aankoo	opdelen	
Stud	ent1:	Naam : Johnny Knops		Groep: Ma-EM2	Datum:25/05/14
Sudent2:		Naam : Thomas Voets		Groep: Ma-AUT1	
KHLim		Titel: Meetmachine		Sam. Nr.:	
www.kniim.oo					

				T			
				1 1		1	
				1 1			
				+			
				+		1	
				+		1	
				+		1	
				+			
	24	1	Waterreservoir	RVS		plaat 2mm	
	23	2	Afstandsring	Alu		ø50x20	
	23	2	Afstandsbus	Alu		ø30x40	
	22	2	As handgreep	Alu		ø16x200	
	21	1	As Ondersteuning	RVS		ø25x85	
	20	1	As Positionering	RVS		ø25x110	
	19	1	As motor	RVS		ø12x80	
	19	1	As Aandriiving	RVS		ø12x150	
	11	4	As arm	RVS		ø6x75	
	18	1	Staaf lang	RVS		ø10x1000	
	17	2	Deksel Motorarm	Alu		ø80x19	
	16	2	Deksel spanplaat	Alu		#80x19	
	15	1	Konpelstuk 19-12 Spie	Alu		ø45x50	
	14	1	Konnelstuk 20-12	Alu		#45x50	
	13	1	Meetwiizer blok	Alu		60x30x20	
	13	1	Meetwijzer Plaat	RVS		30x40x2	
	12	4	Verhindingsplaat smal	Alu		194x64x19	
	11	4	Arm Mannelijk	Alu		20x10x230	
	11	4	Arm Vrouwelijk	Alu		20x10x230	
	10	1	Montagenlaat	Alu		150x150x17	
	9	1	Revestigingenrofiel	Alu		144-74-44	
	8	1	Bevestigingsproner	Alu		E4v20v20	
	7		Legenbuis eandriiving	Alu		104v104v64	
┣───┥	5	1	Lagerhuis_motor	Alu		144-124-64	
	5	2	Casehlok	Alu		164-24-19	
	4	2	I producio soponiant	Alu		124-124-24	
		4	Lagernus_spanpiaat	Alu		74x24x24	
	2	1	Concorbevectiging	Alu		CAv2Av20	
 	1	1	Grondolaat	Alu		22v210v530	
Stuker	Tok pr	Apet	Bonaming	Materiaal	Norm	Duumatan	Opportingen
Stukin.	Tek.m.	Adrit.	Stublict v	an de s	anmaakdala	Nuwmaten	opmennigen
~	-		Stukiijst v	an de a	anmaakuere	n	
Student	1:	Naam	: Johnny Knops		Groep: Ma-EM2		Datum: 25/05/14
Student	2:	Naam	: Thomas Voets		Groep: Ma-AUT1		
Titel: Meetmachine			ie		Sam. Nr	r.:	

2 Stuktekeningen









2.4 Lagerhuis_spanplaat


2.5 Spanblok



2.6 Lagerhuis_motor



2.7 Lagerhuis_aandrijving





2.9 Bevestigingsprofiel



2.10 Montageplaat





2.13 Meetwijzer







2.15 Koppelstuk_19-12_spie





2.18 Staaf_lang





2.19 Assen_motorarm



2.20 As_Positionering





2.22 As_handgreep



2.23 Afstandsbussen



2.24 Lekbak+afsluiter

B. Resultaten uit CES Edupack 2013

1 Tabellen en grafieken

1.1 Stage 1: Limieten

1585 van de 3087 materialen

EDUPACK	Stage 1
lick on the headings to show/hide select	ion criteria
General properties	
	Minimum Maximum
Density	kg/m^3
Price	EUR/kg
Aaterial form	
Composition overview	
Composition detail (metals, cerami	cs and glasses)
Composition detail (polymers and	natural materials)
Mechanical properties	
Thermal properties	
Electrical properties	
Optical properties	
Durability: flammability	
Durability: fluids and sunlight	
Vater (fresh)	Excellent
Nater (salt)	Acceptable Excellent
Veak acids	Acceptable Excellent
Strong acids	Acceptable Excellent
Veak alkalis	Acceptable Excellent
Strong alkalis	Acceptable Excellent
Organic solvents	Acceptable Excellent
JV radiation (sunlight)	Poor Fair Good Excellent
Oxidation at 500C	Excellent
Primary material production: energy	gy, CO2 and water
Material processing: energy	
Material processing: CO2 footprint	
Material recycling: energy, CO2 an	d recycle fraction



1.2 Stage 2: Massa minimaliseren m.b.v. vervorming bij



1.4 Stage 4: Massa minimaliseren m.b.v. vervorming bij torsie (Glijdingsmodulus)



1.6 Stage 6: Kostprijs minimaliseren m.b.v. vervorming bij doorbuiging (Elasticiteitsmodulus)

1507 van de 3087 materialen 1000 100 10 Shear modulus (GPa) 0.1 0.01 0.001 1e-4 1e- $G^{0.5}$ $MI_7 =$ Density * Price $\overline{C_m * \rho}$ 100 1000 10000 1e7

1.9 Stage 9: Kostprijs minimaliseren m.b.v. breuk bij torsie (Rekgrens)



1.8 Stage 8: Kostprijs minimaliseren m.b.v. vervorming bij torsie (Glijdingsmodulus)



1.10 Stage 10: Vermoeiing minimaliseren door breuktaaiheid te maximaliseren



1.12 Stage 12: Slag- en stootvastheid maximaliseren door breuktaaiheid te maximaliseren

2 Eco Audit

Eco Audit Report ICES 2013 1 EDUPACK Product Name As Product Life (years) 10 **Energy and CO2 Footprint Summary:** 100-80-60-40-Energy (MJ) 20. 0 -20



Energy Details ...



CO2 Details...

Phase	Energy (MJ)	Energy (%)	CO2 (kg)	CO2 (%)
Material	80.6	97.1	5.01	96.6
Manufacture	1.77	2.1	0.133	2.6
Transport	0.0896	0.1	0.00636	0.1
Use	0	0.0	0	0.0
Disposal	0.56	0.7	0.0392	0.8
Total (for first life)	83	100	5.18	100
End of life potential	-64.4		-3.74	

NOTE: Differences of less than 20% are not usually significant. See notes on precision and data sources. Page 1 of 5 20 December 2013



Energy Analysis

Energy and CO2 Summary

	Energy (MJ)/year
Equivalent annual environmental burden (averaged over 10 year product life):	8.25

Detailed breakdown of individual life phases

Material:

Component	Material	Recycled content* (%)	Part mass (kg)	Qty.	Total mass	Energy (MJ)	%
As	Stainless steel, austenitic, AISI 316L, wrought	Virgin (0%)	0.4	2	0.8	81	100.0
Total				2	0.8	81	100

*Typical: Includes 'recycle fraction in current supply'

Manufacture:

Component	Process Amount process		Energy (MJ)	%
As	Rough rolling, forging	0.8 kg	1.8	100.0
Total			1.8	100

Transport:

Energy and CO2 Summary

Energy and CO2 Summary

Breakdown by transport stage Total product mass = 0.8 kg

Stage name	Transport type	Distance (km)	Energy (MJ)	%	
Transport	Light goods vehicle	80	0.09	100.0	
Total		80	0.09	100	

Breakdown by components

Component	Component mass (kg)	Energy (MJ)	%
As	0.8	0.09	100.0
Total	0.8	0.09	100

Use:

Energy and CO2 Summary

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	Energy (MJ)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

Page 2 of 5 20 December 2013

Energy and CO2 Summary

Disposal:

Energy and CO2 Summary

Component	End of life option	Energy (MJ)	%
As	Recycle	0.56	100.0
Total		0.56	100

EoL potential:

Component	End of life option	Energy (MJ)	%
As	Recycle	-64	100.0
Total		-64	100

Notes:

Energy and CO2 Summary



CO2 Footprint Analysis

Energy and CO2 Summary

	CO2 (kg)/year
Equivalent annual environmental burden (averaged over 10 year product life):	0.518

Detailed breakdown of individual life phases

Material:

Energy and CO2 Summary

Component	Material	Recycled content* (%)	Part mass (kg)	Qty.	Total mass	CO2 footprint (kg)	%
As	Stainless steel, austenitic, AISI 316L, wrought	Virgin (0%)	0.4	2	0.8	5	100.0
Total				2	0.8	5	100

*Typical: Includes 'recycle fraction in current supply'

Manufacture:

Component	Process	Amount processed	CO2 footprint (kg)	%
As	Rough rolling, forging	0.8 kg	0.13	100.0
Total			0.13	100

Transport:

Energy and CO2 Summary

Energy and CO2 Summary

Breakdown by transport stage Total product mass = 0.8 kg

Stage name	Transport type	Distance (km)	CO2 footprint (kg)	%
Transport	Light goods vehicle	80	0.0064	100.0
Total		80	0.0064	100

Breakdown by components

Component	Component mass (kg)	CO2 footprint (kg)	%
As	0.8	0.0064	100.0
Total	0.8	0.0064	100

Use:

Energy and CO2 Summary

Relative contribution of static and mobile modes

Mode	CO2 footprint (kg)	%
Static	0	
Mobile	0	
Total	0	100

Disposal:

Energy and CO2 Summary

Component	End of life option	CO2 footprint (kg)	%
As	Recycle	0.039	100.0
Total		0.039	100

EoL potential:

Component	End of life option	CO2 footprint (kg)	%
As	Recycle	-3.7	100.0
Total		-3.7	100

Notes:

Energy and CO2 Summary

C. Laboverslag over USK 7

1 Inleiding

De USK 7 is een (oud) meettoestel, dat normaal met de hand bediend wordt, van de Duitse fabrikant Krautkramer. Deze detector wordt gebruikt om defecten te vinden die ingesloten zijn in een materiaal. Het nadeel aan dit toestel is dat het geen digitale in – of uitgangskanalen heeft, enkel een uitgang om een alarm aan te sturen. Omwille van deze beperking hebben zijn er 3 mogelijke oplossingen. Een eerste is het gebruik van een alarmkanaal om te zien of er een fout is gedetecteerd, dit geeft echter te weinig info. Een 2^e manier is het aftappen van het CRT-signaal (het spanningssignaal dat naar het scherm van de oscilloscoop wordt gestuurd). Hiervoor zal het toestel moeten worden opengemaakt om het signaal trachten te vinden, met de nodige risico's zoals beschadiging of zelfs elektrocutie als gevolg. Een laatste oplossing bestaat eruit om een camera op het toestel te plaatsen en zo naar het scherm van het toestel te kijken en te detecteren of er een fout is gevonden. Dit is echter duur en omslachtig.



Figuur 123: USK7 Ultrasonic Flaw Detector

2 Benodigdheden

Om dit alles tot een goed einde te brengen, worden de volgende materialen gebruikt:

- De USK 7,
- Documentatie (elektrische schema's) van de detector,
- Een sensor om het signaal te kunnen activeren,
- Een oscilloscoop (KSO) en toebehoren om enkele signalen zichtbaar te kunnen maken,
- Diverse schroevendraaiers voor de nodige schroeven,
- Enkele draadjes om verbinding te kunnen maken met de KSO.

3 Uitvoering

3.1 Openen van de detector

Het openen van deze detector begint met het verwijderen van de batterijklep. Dit gebeurt door de vier uitsteeksels aanwezig op de klep in te drukken. Als men deze indrukt, vervolgens een beetje verdraait en dan loslaat, springen deze verder uit waardoor deze geopend zijn.



Figuur 124: Sluiting batterijklep

Als de klep verwijderd is, kan de batterij gemakkelijk uit het instrument gehaald worden doormiddel van een lint dat erachter geplaatst is. Nadat de batterij uit de detector gehaald is, verschijnen er twee schroeven om het omhulsel van het instrument te scheiden. Ook verschijnt er een waarschuwing omdat de CRT (Cathode Ray Tube) een hoogspanning nodig heeft van ongeveer 7 kV.



Figuur 125: Batterijklem en waarschuwing

Wanneer de schroeven achteraan de detector losgemaakt zijn, kan de elektronica uit het omhulsel geschoven worden. Het uiteindelijke resultaat wordt in onderstaande figuur afgebeeld.



Figuur 126: Geopende detector

Om aan de elektronica van de detector te kunnen, moet deze ook zichtbaar gemaakt worden. Hiervoor moeten eerst enkele schroeven losgedraaid worden, deze zijn zowel op de printplaten als op onderstaande afbeelding in het rood aangeduid. Wanneer dit gebeurd is, kunnen de printplaten openscharnieren waardoor de elektronica bereikbaar is.



Figuur 127: Printplaten: schroeven en scharnieren

3.1.1 Waarnemingen

3.1.1.1 De printplaten

Na een vergelijking tussen printplaten en de schema's (zie bijlage), kan dat de configuratie als volgt bepaald worden.



Figuur 128: Printplaten: benaming

- 1. Main Board / Grundplatte G
- 2. Amplifier / Verstärker V
- **3.** Power Supply / Spannungswandler **S**

Dit is van belang om de overige signalen te kunnen vinden.

3.1.1.2 Het alarmsignaal

Het alarmsignaal wordt geactiveerd wanneer er een piek door de gate gaat. Dit betekent dat er een echo is gevonden op een bepaalde (vooraf ingestelde) diepte. Dit signaal uit zich als een ledlamp die oplicht, maar ook als een audiosignaal via de aansluiting aanwezig op de machine. Het alarmsignaal kan getriggert worden door de gate te verplaatsen naar een zelf opgewekte piek.







Figuur 130: Uitgangssignaal op schema

Deze figuur geeft aan waar het uitgangssignaal te vinden is op het schema, samen met de ledlamp. De led wordt aangeduid met **D51**, de uitgang met **PL51/1**

3.1.3 Aansluiting

De aansluiting op de detector is van het type **DIN5M**. Dit is een connector met 5 pinnen, en wordt vaak gebruikt voor audiosignalen. Via deze aansluiting kan de batterij worden opgeladen en de USK voorzien worden van stroom.



Figuur 131: DIN5M – aansluiting

De nummering is als volgt:

- 1. Massa,
- 2. Live ('+'-klem),
- **3.** Return ('-'-klem).

Dit betekent dat pin 4 en 5 gebruikt worden om een audiosignaal aan te sturen.

Merk op dat de genummerde figuur een weergave is van de stekker (plug), dit betekent dus dat deze bij het stopcontact (socket) in spiegelbeeld is.
3.1.4 Meting

Als de massapin gekend is, kunnn er gemakkelijk signalen zichtbaar gemaakt worden op de oscilloscoop. Wanneer één aansluiting op pin 1 blijft steken, kunnen met pin 4 en 5 tonen.de volgende 2 signalen getoond worden als er een piek door de gate gaat.



Het signaal tussen pin 1 en 4 is een **blokgolf** die loopt van **0 tot 6V** en een frequentie van ongeveer **1923 Hz** (een periode van 520 μ s). Dit komt overeen met een audiosignaal. Het tweede signaal loopt mooi in fase met het eerste en zit tussen -600 mV en + 600 mV. Als er niks gedecteerd wordt is het signaal tussen pin 1 en 4 ongeveer 6V.

3.1.5 Het CRT-signaal

In dit onderzoek was het ook de bedoeling om het CRT-signaal te vinden, zodat dit eventueel afgetapt zou kunnen worden om in te lezen naar de computer.

3.1.6 Schema

Het signaal dat binnenkomt, zal versterkt moeten worden naar een degelijke grootte zodat het ook voor de detector "leesbaar" gemaakt kan worden. Dit zou moeten te zien zijn op de versterkerplaat.

Op de figuur is te zien dat bij de aansluiting **23** "final stage" staat en ook "video endstufe". Deze aansluiting gaat rechtstreeks naar de CRT en is dus heel waarschijnlijk het gewenste signaal.



Figuur 133: CRT-signaal op schema

3.1.7 Conclusie

Nu het alarmsignaal hebben gevonden is, is het geen probleem om het te gebruiken in onze masterproef. Dit is eenvoudig in te lezen met behulp van een DAQ-kaart. Deze kaart zal ons in staat stellen om het signaal te gebruiken in LabVIEW.

Voor het gebruik van het CRT-signaal zullen er nog verdere testen moeten worden uitgevoert. Om te kunnen werken met dit signaal is het belangrijk om de grootte en golfvorm ervan te kennen.

D. Datasheets

1 De CX 9020

Technical data	CX9020
Processor	ARM Cortex™-A8, 1 GHz
Flash memory	256 MB microSD (optionally expandable), 2 x microSD card slot
Internal main memory	1 GB DDR3 RAM
Persistent memory	128 KB NOVRAM integrated
Interfaces	2 x RJ 45 (Ethernet, internal switch), 10/100 Mbit/s, DVI-D, 4 x USB 2.0, 1 x optional interface
Diagnostics LED	1 x power, 1 x TC status, 2 x flash access, 2 x bus status
Clock	internal battery-backed clock for time and date (battery exchangeable)
Operating system	Microsoft Windows Embedded Compact 7, English
Control software	TwinCAT 2 PLC runtime or TwinCAT 2 NC PTP runtime
Power supply	24 V DC (-15 %/+20 %)
Dielectric strength	500 V (supply/internal electronics)
NOVRAM	128 kbytes
Current supply I/O terminals	2 A
Max. power loss	5 W (including the system interfaces)
Dimensions (W x H x D)	85 mm x 100 mm x 91 mm
Operating/storage temperature	-25+60 °C/-25+85 °C
Relative humidity	95 %, no condensation
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4
Protection class	IP 20

Figuur 134: Datasheet CX 9020 [18]

2 De EL7201 - 0010

Technical data	EL7201-0010					
Number of channels	1 servomotor, absolute feedback, motor brake, 2 digital inputs					
Connection method	direct motor connection					
Load type	permanent-magnet synchronous motors					
Nominal voltage	850 V DC					
Output current IN	2.8 A (rms)/4 A (peak value)					
Peak current IN	5.7 A (rms)/8 A (peak value) for 1 s					
Frequency range	01 kHz					
PWM clock frequency	16 kHz					
Current controller frequency	double PWM clock frequency					
Rated speed controller frequency	16 kHz					
Output voltage motor brake	24 V DC (+6 %/-10 %)					
Output current motor brake	max. 0.5 A					
Current consumption power contacts	typ. 50 mA + holding current motor brake					
Current consumption E-bus	120 mA					
Special features	compact design (only 12 mm wide), absolute feedback, One Cable Technology (OCT), plug-and-play					
Weight	approx. 60 g					
Operating/storage temperature	0+55 °C/-25+85 °C					
Relative humidity	95 %, no condensation					
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27					
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4					
Protect. class/installation pos.	IP 20/see documentation					

Figuur 135: Datasheet EL7201 – 0010 [19]

3 De EL 7041 - 1000

Technical data	EL7041 ES7041	EL7041-1000				
Technology	direct motor connection					
Number of outputs	1 Stepper Motor, 2 phases					
Number of inputs	2 limit position, 4 for an encoder s	system				
Number of channels	1 stepper motor, encoder input, 2	2 digital inputs				
Load type	uni- or bipolar stepper motors					
Nominal voltage	850 V DC					
Power supply	via the E-bus					
Max. output current	5 A (overload- and short-circuit-	proof)				
Maximum step frequency	1,000, 2,000, 4,000 or 8,000 fulls	steps/s (configurable)				
Step pattern	64-fold micro stepping					
Current controller frequency	approx. 30 kHz					
Diagnostics LED	error phase A and B, power, ena	able				
Resolution	approx. 5,000 positions in typ. ap	oplications (per revolution)				
Electrical isolation	500 V (E-bus/signal voltage)					
Current consumption power contacts	typ. 50 mA					
Current consumption E-bus	typ. 140 mA					
Distributed clocks	yes					
Control resolution	approx. 5,000 positions in typ. ap	oplications (per revolution)				
Encoder signal	524 V DC, 5 mA, single-ended					
Pulse frequency	max. 400,000 increments/s (with	4-fold evaluation)				
Special features	travel distance control, encoder input	for resonance-critical applications, encoder input				
Weight	approx. 90 g					
Operating/storage temperature	0+55 °C/-25+85 °C					
Relative humidity	95 %, no condensation					
Vibration/shock resistance	conforms to EN 60068-2-6/EN 60068-2-27					
EMC immunity/emission	conforms to EN 61000-6-2/EN 61000-6-4					
Protect. class/installation pos.	IP 20/see documentation					
Pluggable wiring	for all ESxxxx terminals					
Approvals	CE					

Figuur 136: Datasheet EL 7041 – 1000 [20]

E. LabVIEW functies

Deze afbeeldingen komen rechtsteeks uit de LabVIEW-software

1 Property Node



Gets (reads) and/or sets (writes) properties of a reference. Use the property node to get or set properties and methods on local or remote application instances, VIs, and objects. You also can use the Property Node to access the private data of a LabVIEW class.

Figuur 137: Property Node

2 Invoke Node



Invokes a method or action on a reference. Most methods have associated parameters.

Figuur 138: Invoke Node

3 Initialize Array



Creates an n-dimensional array in which every element is initialized to the value of **element**.

Figuur 139: Initialize Array

4 Replace Array Subset



Replaces an element or subarray in an array at the point you specify in **index**.

Figuur 140: Replace Arra Subset

5 DAQ Assistant



Creates, edits, and runs tasks using NI-DAQmx. Refer to the NI-DAQmx Readme for a complete listing of devices NI-DAQmx supports.

When you place this Express VI on the block diagram, the DAQ Assistant launches to create a new task. After you create a task, you can double-click the DAQ Assistant Express VI to edit that task. For continuous measurement or generation, place a while loop around the DAQ Assistant Express VI.

For continuous single-point input or output, the DAQ Assistant Express VI might not provide optimal performance. Refer to the Cont Acq&Graph Voltage-Single Point Optimization VI in examples\DAQmx\Analog In\Measure Voltage.IIb for an example of techniques to create higher-performance, single-point I/O applications.

Figuur 141: DAQ Assistant

6 Amplitude and Level Measurements



Performs voltage measurements on a signal.

This Express VI is configured as follows:

Measurement: RMS Voltage Window: Off

Figuur 142: Amplitude and level measurements

7 Write JPEG File.vi



Figuur 143: Write JPEG File.vi

F. Volledige materialenlijst

Tabel 18: volledige materialenlijst

	Component	Aantal	Prijs/aantal	Prijs	Leverancier	Offerte
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M5x50 - 8,8	4				
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M6x16 - 8,8	32				
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M6x20 - 8,8	2				
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M8x16 - 8,8	196				
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M8x20 - 8,8	6				
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M8x25 - 8,8	37				
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M8x30 - 8,8	4	n.v.t.	47,56	Maximo	n.v.t.
	Bout: DIN EN ISO 4762 - M8x35 - 8,8	8				
	Moer: DIN EN ISO 4033 - M8	16				
:	Borgring: DIN 471 - 12x1	2				
ten	Borgring: DIN 471 - 20x1,2	2				
noc	Lager: DIN 625 - S 6001 - 2RS	2				
'n, k	Dichtingsring: RWDR DIN 3760 - AS12x22x7	2				
eve	Imbusschroef: DIN 912 - M8x12	500	0,0864	43,20		
hro	Imbusschroef: DIN 912 - M8x16	200	0,0866	17,32		
Sc	Bout: DIN 609 - M8x25	25	1,4161	35,40		
	Stelschroef: DIN 916 - M4x8	500	0,0097	4,85		
	Kartelmoer: DIN 653 - M4x8	25	3,5784	89,46	Baudion	Baudion
	Lager	5	9,9900	49,95	baddion	Baddion
	Dichtingsring: 20x30x7	5	0,3000	1,50		
	Dichtingsring: 12x20x7	5	0,3000	1,50		
	O-ring 30x2,5	5	0,0269	0,13		
	O-ring 45x3,5	5	0,8964	4,48		
	Tandriem	1	14,3600	14,36	Brammer	Brammer
	Tandriemschijf	2	32,8900	65,78	טומוווווכו	טומווווכו

RVS schijf: d = 12mm, D = 32mm, dikte =					
3mm	4	9,9200	39,68		
RVS schijf: d = 20mm, D = 40mm, dikte =					
3mm	4	9,9200	39,68		
Stelvoet	4	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Subtotaal			454,86		
RVS316L staaf dia.25 x 200mm	1	25,00	25,00		
RVS316L staaf dia.12 x 300mm	1	20,00	20,00		
RVS316L staaf dia.10 x 1000mm	1	150,00	150,00		
RVS316L buis dia. 50x5x200mm	2	21,00	42,00		
Aluminium AlCuMgBi dia.80 x 100mm	2	25,00	50,00	Baudion	Baudion
Aluminium AlCuMgBi dia.50 x 200mm	1	20,00	20,00		
Aluminium AlCuMgBi dia.16 x 250mm	2	15,00	30,00		
Aluminium AlMgSi1 plat 3000x200x70mm	1	780,00	780,00		
Aluminium AlMgSi0,5 plat 3000x80x40mm	1	168,00	168,00		
Subtotaal			1285,00		
Profilé 60x60x1000	2		79,04		
Profilé 60x60x580	2		47,83		ltere
Profilé 60x60x400	4		68,92	PEC	item
Automatic-verbindingsset	60	3,23	193,80		
Subtotaal			389,59		
Bahr (7000041) ELZU 60-X	1				
Bahr (8000041) ELZU 60-Y	1				
Bahr (01861) Motoradaptor	2		3500	Vansichen	Vansichen
Bahr (03410) Halve koppeling Rotex 14	2				
Bevestigingsflens + schroeven	1				

Subtotaal			3500,00		
CPU module: CX9020	1	745,00	745,00		
8-kanaal ingangskaart: EL1008	1	35,00	35,00		
8-kanaal uitgangskaart: EL2008	1	38,50	38,50		
Servomotorkaart: EL7201-0010	2	298,00	596,00		
Stappenmotorkaart: EL7041	1	225,40	225,40		
Eindkaart: EL9011	1	2,80	2,80		
Servomotor: AM8121	2	320,00	640,00	Vansichen	Beckhoff
Smooth shaft + one cable technology	2	165,00	330,00	Vansienen	Deckhon
Motorkabel: ZK4704-0421-2050	2	65,50	131,00		
Reductor: AG2250PLE60M0151B1	2	183,60	367,20		
stappenmotor: AS1060 - 0000	1	275,00	275,00		
Motorkabel: ZK4000 - 6200 - 2050	1	11,50	11,50		
Reductor: AG1000PM81.7	1	172,00	172,00		
Transport	1	15,00	15,00		
Subtotaal			3584,40		
24V DC voeding	1	111,7371	111,74		
DIN-rail	1	6,9600	6,96		
Behuizing 500x500x210	1	64,8000	64,80		
Wandbebestigingsbeugel	1	7,9800	7,98	D	Rovagro
Klemmenstrook deel 1	4	0,5788	2,32	Rovagro	
Klemmenstrook deel 2	4	0,5788	2,32		
Klemmenstrook deel 3	1	1,7340	1,73		
Schakelaar	1	8,9375	8,94		
Zekeringen	3	0,0000	0,00	Maximo	
Subtotaal			206.78		

Motoren en toebehoren

Elektrische materiaal

188

Rijdende tafel	1	0,00	0,00	ZF	n.v.t.
USK 7	1	0,00	0,00	Krautkramer	n.v.t.
Sensor H 10 M	1	0,00	0,00	GE	n.v.t.
Subtotaal			0,00		
Waterreservoir met V-bodem	1	505,88	505,88	ZF	Waterreservoir
Signaalinleestoestel	1	0,00	0,00	ZF	
Totaalprijs			9926,51		

scanner

Opmerking: Prijzen zijn zonder BTW

Auteursrechtelijke overeenkomst

Ik/wij verlenen het wereldwijde auteursrecht voor de ingediende eindverhandeling: Ontwerpen en opbouw van een ultrasone C-scanner voor detectie van inclusies in staal

Richting: master in de industriële wetenschappen: energie-automatisering Jaar: 2014

in alle mogelijke mediaformaten, - bestaande en in de toekomst te ontwikkelen - , aan de Universiteit Hasselt.

Niet tegenstaand deze toekenning van het auteursrecht aan de Universiteit Hasselt behoud ik als auteur het recht om de eindverhandeling, - in zijn geheel of gedeeltelijk -, vrij te reproduceren, (her)publiceren of distribueren zonder de toelating te moeten verkrijgen van de Universiteit Hasselt.

Ik bevestig dat de eindverhandeling mijn origineel werk is, en dat ik het recht heb om de rechten te verlenen die in deze overeenkomst worden beschreven. Ik verklaar tevens dat de eindverhandeling, naar mijn weten, het auteursrecht van anderen niet overtreedt.

Ik verklaar tevens dat ik voor het materiaal in de eindverhandeling dat beschermd wordt door het auteursrecht, de nodige toelatingen heb verkregen zodat ik deze ook aan de Universiteit Hasselt kan overdragen en dat dit duidelijk in de tekst en inhoud van de eindverhandeling werd genotificeerd.

auteur(s) van de eindverhandeling identificeren en Universiteit Hasselt zal mij als zal geen wijzigingen aanbrengen aan de eindverhandeling, uitgezonderd deze toegelaten door deze overeenkomst.

Voor akkoord,

Voets, Thomas

Knops, Johnny

Datum: 16/06/2014