BAB 6

KESIMPULAN dan SARAN

6.1. Kesimpulan

Peneletian ini berhasil memberikan tahapan dan hasil evaluasi konstruksi *moldbase* produk *acetabular cup* pada *artificial hipjoint* dalam proses *mold* berupa membuat arah *inner acetabular cup* menghadap ke bagian *core*, melakukan optimalisasi *runner system* berdasarkan anjuran dari MFA, *cooling channel* dengan *x-axis* satu arah dipilih karena memiliki nilai *shrinkage* dan *warpage* yang lebih kecil dibandingkan *y-axis.* Hasil parameter *setting* optimal untuk dilakukan proses pemesinan produk *artificial hipjoint* berdasarkan MFA yaitu pada kondisi *mold temperature* 40ºC, *melt temperature* 220ºC, *maximum injection pressure* 150 Mpa*, cooling time* 13.5s. Berdasarkan parameter tersebut berhasil mendapatkan nilai *volumetric shrinkage at ejection* sebesar 7.604%.

Optimasi menunjukan bahwa analasis yang dilakukan menggunakan *software Autodesk MoldFlow Adviser 2016* mampu mengurangi waktu serta proses *trial and error* yang dilakukan oleh *mold engineer* dalam menentukan *setting* parameter yang optimal. Analisis ini mampu memberikan prediksi cacat produk yang terjadi serta mendapatkan *setting* parameter injeksi optimal berdasarkan *volumetric shrinkage at ejection.* Hal ini terbukti dengan hasil analisis berhasil mendapatkan nilai *volumetric shrinkage at ejection <20%.* Melalui penelitian ini diharapkan dapat membantu *mold engineer* dalam mendesain dan melakukan *setting* proses injeksi serta mendapatkan produk *artificial hipjoint* terbaik untuk digunakan pada dunia medis.

6.2. Saran

Hasil analisis produk *artificial hipjoint* menggunakan *software CAE MoldFlow* dapat dijadikan acuan dalam menentukan *setting* parameter mesin yang optimal. Beberapa hal yang perlu diperhatikan oleh *mold engineer* antara lain:

A. Memberikan perhatian yang lebih pada desain dari *produk* AHJ yang memiliki perbedaan tebal tipis signifikan yang berpotensi memperbesar nilai *shrinkage.*
B. Mendesain *air venting* untuk area yang berpotensi adanya *air traps.*
C. Perlu adanya *verification trial* untuk memverifikasi prediksi adanya cacat produk sesuai analisis MFA.

Harapan kedepannya, CAE MoldFlow mampu diterapkan pada dunia pendidikan terutama pada kurikulum yang berkaitan dengan produksi dan *manufacturing.* Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan peneliti saat ini, CAE MoldFlow memiliki peran yang penting apabila diterapkan pada dunia pendidikan seperti hal nya mata kuliah *manufacture*, perancangan desain, dan *mold and dies* karena mampu memberikan simulasi dan masukan sebelum dilakukannya proses pembuatan sebuah produk sehingga dapat meminimalkan waktu, proses dan biaya yang akan dikeluarkan. Adanya CAE MoldFlow di dunia pendidikan diharapkan mampu mendorong dilakukannya penerapan teknologi berbasis komputer pada kurikulum saat ini.

Daftar Pustaka

Amri, A., 2009, Pengaruh Pendinginan Dalam Proses Injection Molding Pembuatan Acetabular Cup Pada Sambungan Hip, Skripsi pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

Anggoro, P.W., Bawono, B., Sujatmiko, I., 2015, Reverse Engineering Technology in Redesign Process Ceramics: Application for CNN Plate*, Procedia Manufacturing, 4, pp.* 251-257

Autodesk Simulation, 2015, Injection Molding Overview, https://www.youtube.com/watch?v=xn2HgMjbKf4, diakses pada 24 Desember 2019

Cahyono, I., 2011, Simulasi Kontak Komponen *Acetabular* Pada Sambungan Tulang Pinggul Buatan Menggunakan Metode Elemen Hingga, Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Semarang

Coates, J., dan Takafumi, A., 2019, Careers in Biomedical Engineering, Jilid III, edisi 1, *pp.* 37-65, *Academic Press, UK*

Fratila, D., dan Caizar, C. 2011, Application of Taguchi method to selection of optimal lubrication and cutting conditions in face milling of AlMg 3, *Journal of Cleaner Production*, 19 (6–7), pp. 640–645.

Ghani, J.A., Choudhudy, I.A., dan Hasan, 2004, Applicaion of Taguchi method in the optimizaiont of end milling parameters, *Journal of Material Technology* 145, pp.84-92

Goodship, V., 2004, ARBURG: *Practical Guide to Injection Molding,* UK: Rapra Technology Limited.

Kurtz, S.M., 2015, UHMWPE BIOMATERIALS HANDBOOK—Ultra-High Molecular Weight Polyethlene in Total Joint Replacement and Medical Devices, USA: Elsevier

Kusuma, D.T., 2010, Usulan Perbaikan Desain Mold Pada Produk Plastik Handle di PT. Dharma Poliplast, Skripsi Program Studi Teknik Industri, Universitas Bina Nusantara

Lestari, W.D., Ismail, R., Jamari, J., Bayuseno, A.P., Anggoro, P.W., 2019, Optimization of CNC Milling Parameters Through the Taguchi and RSM Methods for Surface Roughness of UHMWPE Acetabular Cup*, International Journal of Mechanical Engineering and Technology,* 10, pp. 1762-1775

Nugraha, A., 2013, Perancangan dan Simulasi Pembentukan Hip Joint Prosthetic, Skripsi Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Ninggar, Y.A.W., 2019, Analisis Desain Eksperimen Taguchi-RSM Pada Komponen Acetabular Cup Yang Optimal Menggunakan Mesin CNC, Skripsi Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Pemerintah Indonesia, 2000, Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 102 Tahun 2000 Tentang Standarisasi Nasional, Presiden Republik Indonesia

Pradipta, S.A., 2018, Perancangan Insert Tips untuk Profil Under Cut pada Produk Acetabular Cup, Skripsi pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Pratama, T.A., 2016, Aplikasi MoldFlow Adviser pada Industri Plastik Modern Untuk Mendapatkan Parameter Mold Injeksi yang Optimal, Skripsi Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Roy, R.K., 2001, *Design Experiments Using Taguchi Approach:* 16 *Steps to Product and Process Improvement,* Canada: Willey

Riyanto, S.A., 2015, Optimalisasi Proses Injection Molding Menggunakan MoldFlow Dual Domain pada Desain Base Plate, Skripsi Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Tresno, S., 2010, *Defect* pada Produk Plastik, https://www.scribd.com/doc/139642252/Deffect-Pada-Produk-Plastik#scribd, diakses pada 5 Januari 2019

Utama, A.P., 2020, Perancangan Konstruksi Moldbase Acetabular Cup pada PT. ATMI, Skripsi Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Widyatmoko, R.H., 2017, Optimalisasi Parameter Injeksi Untuk Minimasi Shrinkage, Sinkmark, dan Warpage pada Industri Mold Modern, Skripsi Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Zulfah, F., 2016, Standar Sistem Manajemen Mutu Peralatan Kesehatan SNI ISO 13485 untuk Tujuan Regulasi sebagai Pengendali Jaminan Mutu, http://smtp.lipi.go.id/berita437-SNI-ISO-13485-untuk-Tujuan-Regulasi-sebagai-Pengendali-Jaminan-Mutu.html, diakses pada 24 September 2019

LAMPIRAN

Lampiran Tabel Spesifikasi Mesin LS Mtron

Model Name				LGE200II			LGE250II			LGE300II			LGE450II			LGE550II		
사출장치 Injection Unit																		
스크류기호 Screw Code				Y	*A	B	Y	*A	B	Y	*A	B	Y	*A	B	Y	*A	B
스크류 직경 Screw Diameter			mm	36	40	45	40	45	50	50	55	60	65	70	80	70	75	85
이론사출용적 Injection Capacity Calculated			cm^3	204	251	318	276	350	432	491	594	707	1,278	1,482	1,935	1,616	1,856	2,383
사출량 Injection Capacity		PS	g	187	231	293	254	322	397	452	546	650	1,175	1,363	1,780	1,487	1,707	2,193
		PE	g	149	183	232	202	255	315	358	434	516	933	1,082	1,413	1,180	1,355	1,740
표준 Standard	최대 사출압력 Max. Injection Pressure		Mpa	254	206	163	261	206	167	216	178	150	219	191	146	235	204	163
			kgf/cm^2	2,590	2,100	1,660	2,660	2,100	1,700	2,200	1,820	1,530	2,150	1,870	1,430	2,300	2,000	1,600
	최대보압 Max. Holding Pressure		Mpa	229	185	147	235	185	150	194	161	135	176	153	117	188	163	131
			kgf/cm^2	2,331	1,890	1,494	2,394	1,890	1,530	1,980	1,638	1,377	1,790	1,557	1,191	1,915	1,665	1,332
	사출율 Injection Rate		cm^3/s	153	188	239	188	239	295	295	356	424	531	616	804	616	707	908
	사출속도 Injection Speed		mm/sec	150			150			150			160			160		
고속 High Speed (Option)	최대 사출압력 Max. Injection Pressure		Mpa	239	194	153	261	206	167	196	162	136	200	173		173	153	
			kgf/cm^2	2,440	1,980	1,560	2,660	2,100	1,700	2,000	1,650	1,390	1,960	1,700		1,700	1,500	
	최대보압 Max. Holding Pressure		Mpa	215	175	138	235	185	150	177	146	123	160	139		139	122	
			kgf/cm^2	2,196	1,782	1,404	2,394	1,890	1,530	1,800	1,485	1,251	1,632	1,416		1,416	1,249	
	사출율 Injection Rate		cm^3/s	204	251	318	251	318	393	393	475	565	664	770		770	884	
	사출속도 Injection Speed		mm/sec	200			200			200			200			200		
초고속 또는 고압 Super High Speed or High Pressure (Option)	최대 사출압력 Max. Injection Pressure		Mpa											235	219	212	187	199
			kgf/cm^2											2,300	2,145	2,078	1,833	1,946
	최대보압 Max. Holding Pressure		Mpa											188	175	170	150	159
			kgf/cm^2											1,840	1,716	1,662	1,467	1,557
	사출율 Injection Rate		cm^3/s											770	1,005	770	884	908
	사출속도 Injection Speed		mm/sec											200		200		150
계량 Charging	가소화 능력 Plasticizing Capacity(PS)		kg/h	80	93	112	93	112	128	128	159	172	197	282	336	282	310	370
	스크류 회전수 Screw Speed		rpm	~300			~250			~250			~210			~210		
형체장치 Clamping Unit																		
형체력 Clamping Force			ton(kN)	200(1,960)			250(2,450)			300(2,940)			450(4,420)			550(5,390)		
타이바 간격 Tie Bar Distance			mm	580 x 580			640 x 640			715 x 715			830 X 830			900 X 900		
형체행정 Clamping Stroke			mm	500			550			600			800			900		
최대형판간격 Daylight			mm	1,050			1,180			1,300			1,550			1,700		
형판치수 Die Plate Dimension			mm	860 x 835			935 x 970			1,030 x 1,070			1,200 x 1,200			1,335 x 1,335		
금형두께 Mold Thickness			mm	270 ~ 550			300 ~ 630			350 ~ 700			350 ~ 750			400 ~ 800		
압출력 Ejector Force			ton	4.6			4.6			6.2			10			13		
압출행정 Ejector Stroke			mm	120			140			150			180			200		
공통 General																		
히터 용량 Electric Heater			kw	11.2	16.4	18.2	16.4	18.2	21	21.0	23.9	31.9	23.31			30.40		
기계크기 Machine Dimension : LxWxH			m	6.04 x 1.54x 2.05			6.42 x 1.7 x 2.05			7.34 x 1.77 x 2.16			8.94 X 2.18 X 2.27			9.52 X 2.37 X 2.27		
기계중량 Machine Weight			ton	10.5			14.5			17.5			28			31.5		

Lampiran nilai yang direkomendasikan untuk suhu *demoulding* plastik yang berbeda

Table 4.1 Recommended values for the demoulding temperature of different plastics			
Short designation according to DIN 7728	**Demoulding temperature (°C)**		
	Lower temperature	**medium temperature**	**upper temperature**
PS	20-35	35-45	45-60
SB	20-35	35-50	50-65
SAN	35-50	50-70	70-85
ABS	35-55	55-75	75-90
PVC rigid	45-65	65-80	80-100
PVC soft	25-35	35-45	45-55
CA	35-50	50-65	65-80
CAB	30-45	45-60	60-75
CP	30-40	40-55	55-70
PMMA	50-70	70-90	90-110
PPE mod.	65-80	80-95	95-110
PC	60-85	85-110	110-130
PAR	120-140	140-160	160-185
PSU	100-130	130-160	160-190
PES	130-145	145-165	165-185
PEI	135-150	150-170	170-190
PAI	200-220	220-230	230-240
PE soft	30-40	40-50	50-65
PE rigid	40-50	50-60	60-75
PP	45-55	55-65	65-80
PA6	50-70	70-90	90-110
PA 6.6	75-90	90-120	120-150
PA 6.10	40-55	55-70	70-85
PA 11	60-80	80-105	105-130
PA12	40-60	60-80	80-100
PA amorphous	55-70	70-85	85-100
POM	60-80	80-100	100-130
PET	75-95	95-120	120-150
PBT	60-75	75-90	90-120
PPS	120-145	145-170	170-190
FEP	160-180	180-200	200-220
ETFE	140-150	150-160	160-180
PAEK	120-145	145-160	160-180
LCP	60-100	100-140	140-180
TPE-E	25-35	35-50	50-65
PF	mould temperature		
UF	mould temperature		
MF	mould temperature		
UP	mould temperature		
EP	mould temperature		
LSR	mould temperature		
Notes: PF = phenol-formaldehyde, UF = urea-formaldehyde, MF = melamine-formaldehyde, PAR = polyacrylate, PSU = polysulfone, PAI = polyamidimide, PAEK = polyaryl ether ketone, TPE-E = thermoplastic elastomer (type E ethylene), UP = unsaturated polyester			

Lampiran Nilai Kontrol Untuk Pemrosesan

Table 8.2 Control values for processing

Material	Nozzle-side cylinder temperature[1, 2] (°C)	Mould temperature (°C)	Injection pressure (Bar)	Holding pressure (Bar)	Back pressure (Bar)	Remarks, see footnotes
PS	160-230	20-80	650-1550	350-900	40-80	
SB	160-250	50-80	650-1550	350-900	40-80	
SAN	200-260	40-80	650-1550	350-900	40-80	
ABS	180-260	50-85	650-1550	350-900	40-80	
PPO mod.	245-290	75-95	1000-1600	600-1250	60-90	
PVC - hard	160-180	20-60	1000-1550	400-900	40-80	3, 5, 8
PVC - soft	150-170	20-60	400-1550	300-600	40-80	3, 5, 8
CA	165-225	60-80	650-1350	400-1000	40-80	3, 4, 8
CAB	160-190	60-80	650-1350	400-1000	40-80	3, 4, 8
CP	160-190	60-80	650-1350	400-1000	40-80	3, 4, 8
PMMA	220-250	20-90	1000-1400	500-1150	80-120	4
PC	290-320	85-120	1000-1600	600-1300	80-120	4
PES	320-390	100-160	900-1400	500-1100	80-120	4
PE - soft	210-250	20-40	600-1350	300-800	40-80	
PS - hard	250-300	20- 60	600-1350	300-800	60-90	
PP	220-290	20-60	800-1400	500-1000	60-90	
PA 6,6	270-295[9]	20-120	450-1550	350-1050	40-80	4, 8
PA 6	230-260[9]	40-120	450-1550	350-1050	40-80	4, 8
PA 6,10	220-230[9]	20-100	450-1550	350-1050	40-80	4, 8
PA 11	200-250[9]	20-100	450-1550	350-1050	40-80	8
PA 12	200-250[9]	20-100	450-1550	350-1050	60-90	
PA amorph.	260-300	70-100	900-1300	300-600	60-90	
POM	185-215	80-120	700-2000	500-1200	40-80	3, 8
PET	260-280	20-140	800-1500	500-1200	80-120	
PBT	230-270	20-60	800-1500	500-1200	80-120	
PPS	300-360	20-200	750-1500	350-750	40-80	
FEP	340-370	150				5
ETFE	315-365	80-120				5

1. If no other empirical values are available: nozzle temperature = set nozzle-side cylinder temperature. Cylinder temperatures falling in direction of material throat, drop of 5-10 °C for each heating zone; max. temperature difference between nozzle-side and throat 20 °C. For more than 2 heating zones, set nozzle-side heating zone and the following to same temperature.
2. For heat-sensitive compounds set higher temperatures only for short cycle times (shorter dwell time in cylinder).
3. Heat-sensitive.
4. Process only dry granules.
5. Do not use shut-off nozzles, only open nozzles.
6. Injection without non-return valve recommended.
7. Work only without non-return valve.
8. Work only with low back pressure.
9. To improve material feed behaviour: set temperature at same level or slightly rising towards throat.

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA