

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale - Corso di laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

«Analisi della resistenza statica e a fatica di materiali polimerici per applicazioni strutturali»

Tutor Universitario: Prof. Giovanni Meneghetti

Laureanda: Corina Olteanu

Padova, 18/03/2022

Analisi della resistenza statica e a fatica di materiali polimerici per applicazioni strutturali
Corina Olteanu



Introduzione

La tesi indaga l'analisi statica e a fatica del ABS, PP e PLA per applicazioni strutturali, allo scopo di analizzarne le proprietà meccaniche al variare dei parametri considerati e della metodologia di fabbricazione adottata per i campioni da testare.

Punti focali:

- ❖ Analisi statica e a fatica di campioni IM di ABS, PP, PLA al variare della temperatura
- ❖ Polimeri stampati mediante la stampa 3D e analisi proprietà statiche e a fatica al variare dell'orientazione delle fibre
- ❖ Confronto delle proprietà meccaniche di campioni di ABS, PP, PLA stampati con IM e stampa 3D.



Confronto proprietà statiche a temperature diverse (IM)

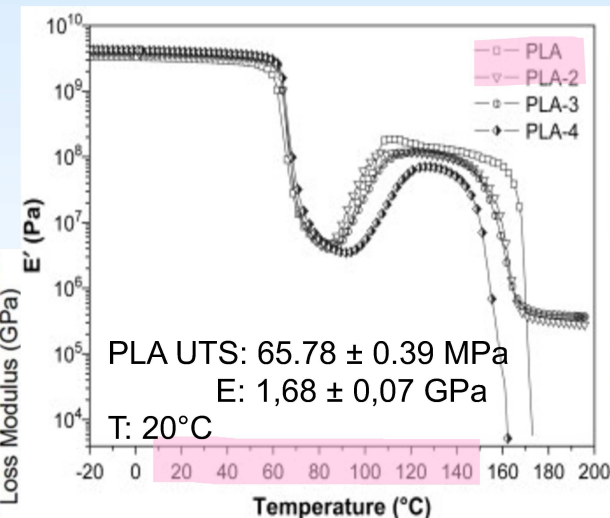
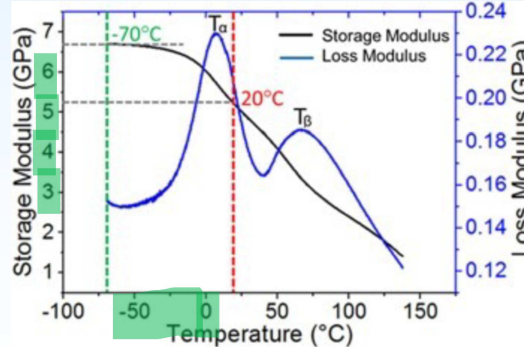
PC-ABS					ABS			
Test Temperature (°C)	Stress at Break (MPa)	Standard Deviation	Yield Stress (MPa)	Standard Deviation	Stress at Break (MPa)	Standard Deviation	Yield Stress (MPa)	Standard Deviation
22	45.2	1.2	52.7	0.6	37.3	0.6	43.8	1.2
85	33.7	1.7	34.6	1.2	17.7	1.5	24.4	1.3
-27	45.0	0.9	55.6	0.7	42.0	0.2	47.6	0.5

ABS

Materiale	Proprietà meccaniche		Energia di attivazione massimo U_0 (kJ/mole)
	σ_u (MPa) (μ, σ)	t_u (sec) (μ, σ)	
PP	35.20, 0.38	7.17, 0.32	193.0
PP-GF30%	103.30, 2.60	3.56, 0.15	222.3
PP-GF50%	109.51, 1.41	2.31, 0.19	203.4

PP

PLA

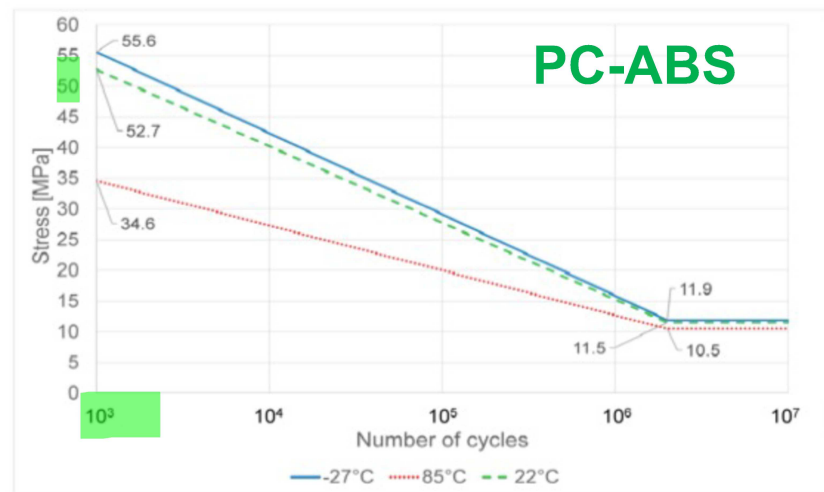
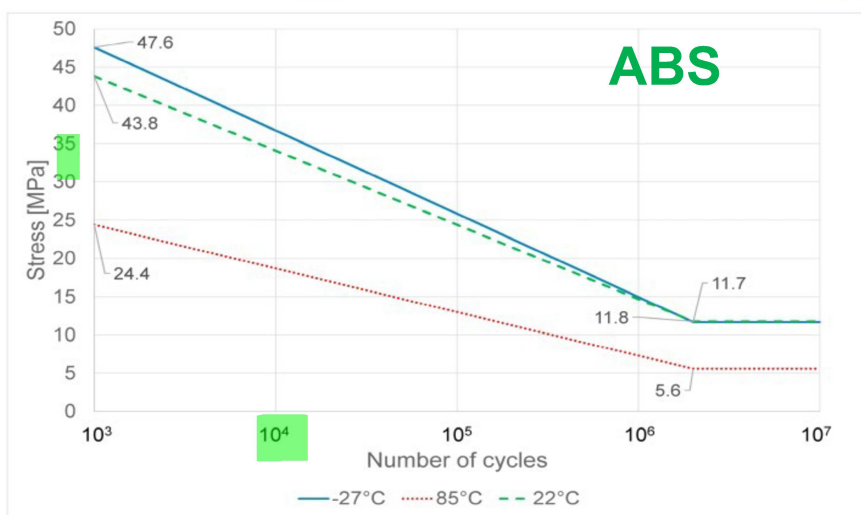


Temperatura (°C)	Modulo Young normalizzato (%)	UTS normalizzata (%)	Deformazione normalizzata (%)
23	100	100	100
85	55	46	281

PP-GF



Confronto delle proprietà a fatica a temperature diverse (IM)



Materiale	σ_f (MPa)	Media N_f (cicli)
PP	34	83 615
	32	261 323
GF-PP30%	31	897 053
	50	55 654
	45	219 004
	42	736 080
GF-PP50%	55	67 991
	50	212 693
	45	535 358



Confronto proprietà statiche con diverse orientazioni delle fibre (3D)

ABS

Table II Tension test results for the four FDM raster orientations and the injection-molded specimens

Raster orientation	Mean yield strength (MPa), SD	Mean ultimate strength (MPa), SD	Mean effective modulus (MPa), SD
Longitudinal (0°)	24.18, 1.11	25.15, 0.45	1,486.11, 48.14
Diagonal (45°)	9.40, 0.37	10.11, 0.40	1,042.98, 29.94
Transverse (90°)	8.55, 0.17	9.16, 0.01	1,041.60, 40.98
Default (+45°/-45°)	15.34, 0.10	16.90, 0.09	1,282.51, 17.44
Injection Molded	26.32, 0.81	27.00, 0.74	1,613.19, 60.94

Material	Technology	infill density [%]	specimen orientation	infill pattern	E [GPa]	σ_Y [MPa]	σ_{UTS} [MPa]	ϵ_B [%]	references
vPP	IM	\	\	\	2.2	n.a.	33.5	n.a.	Pegoretti and Ricco (2000)
					1.3	31.6	31.6	n.a.	Fu et al. (2000)
					1.4	n.a.	41	n.a.	Carneiro et al. (2015)
					n.a.	n.a.	33	n.a.	Abdelhaleem et al (2017)
rPP	IM	\	\	\	n.a.	n.a.	21	n.a.	Abdelhaleem et al (2017)
vPP	FDM	100	F	0°	1.22	n.a.	33	n.a.	Carneiro et al. (2015)
				45°	0.98	n.a.	31.9	n.a.	Carneiro et al. (2015)
				90°	1.03	n.a.	32.7	n.a.	Carneiro et al. (2015)
				0°/90°	1.05	n.a.	31.5	n.a.	Carneiro et al. (2015)
				±45°	1.02	n.a.	27.6	n.a.	Carneiro et al. (2015)

PP

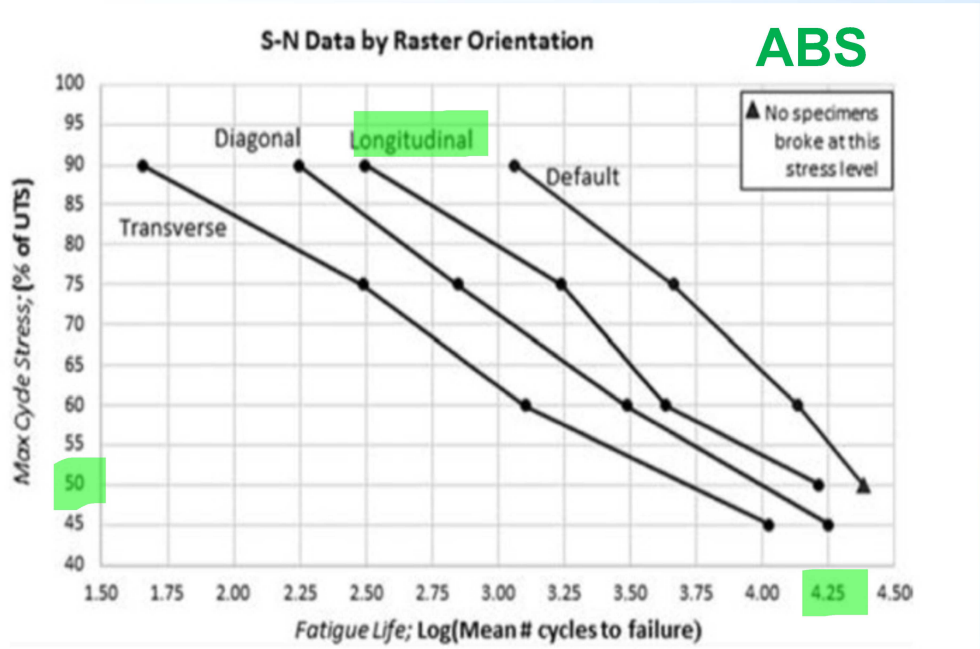
PLA

Orientation of specimen	Ultimate tensile stress (UTS) σ_u (MPa)	Modulus of elasticity (MPa)
PLA-X	38.7	1538
PLA-Y	31.1	1246
PLA-45°	33.6	1350

Analisi della resistenza statica e a fatica di materiali polimerici per applicazioni strutturali
Corina Olteanu

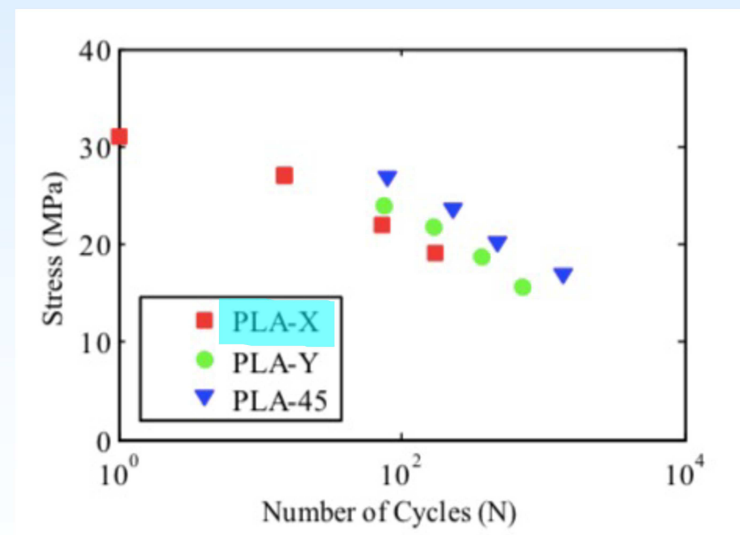


Confronto delle proprietà a fatica con diverse orientazioni delle fibre (3D)



PP virgin

IM	26.2 [MPa]*
FDM_0°	-51%
FDM_45°	-81%
FDM_90°	-84%



Stampaggio ad iniezione-stampa 3D

Stampaggio ad iniezione (IM):

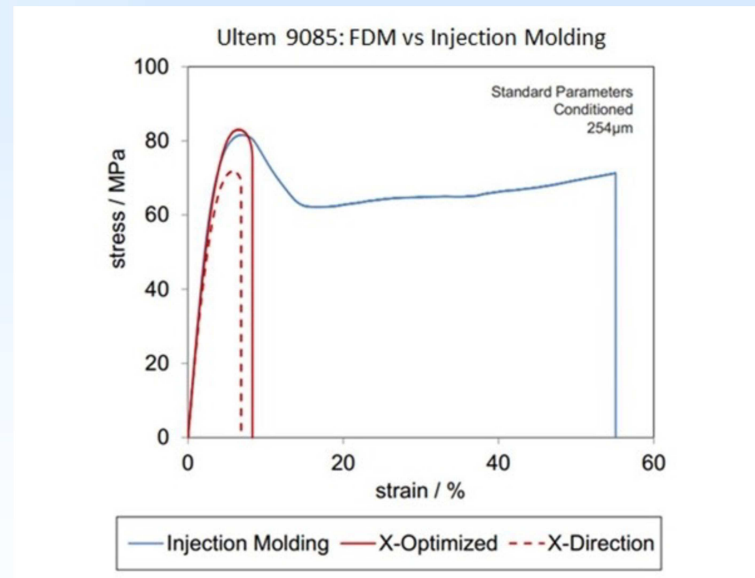
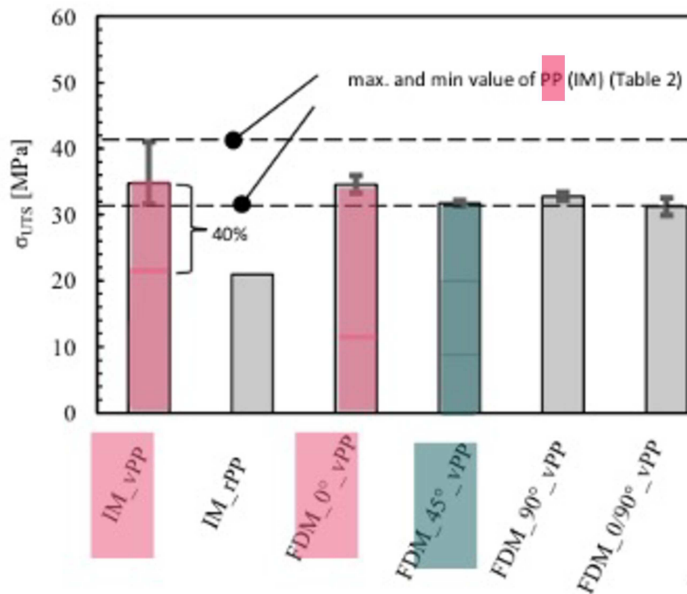
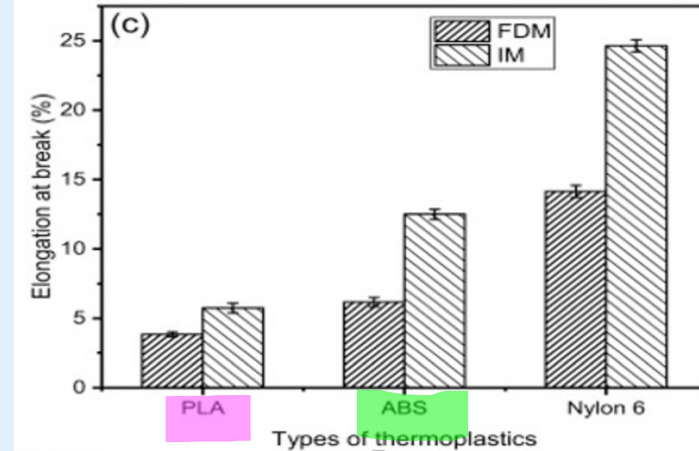
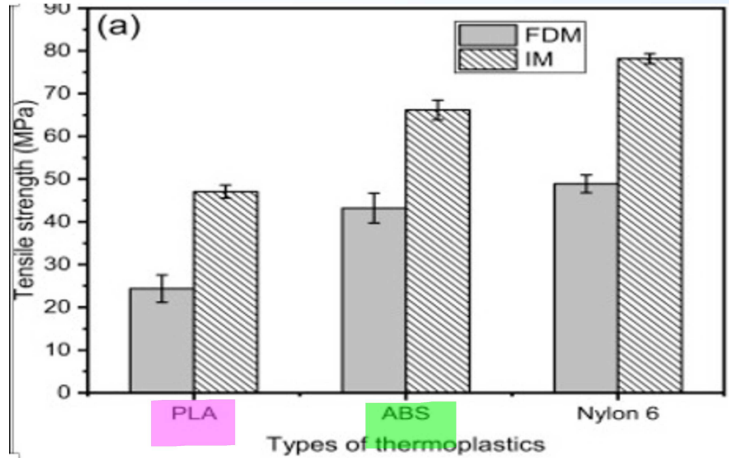
- Il processo consiste essenzialmente nel fondere il materiale in un cilindro riscaldato e nell'iniettarlo sotto pressione nella cavità di uno stampo, dove solidifica per raffreddamento.
- Il vantaggio di questa tecnologia è la resistenza dei pezzi realizzati e l'elevato volume di produzione.

Stampa 3D (FDM):

- Una stampante 3D è un tipo di robot industriale che dispone strati successivi di materiali su un vassoio di costruzione per creare un oggetto 3D che può essere di qualsiasi forma e geometria indipendentemente dal fatto che il materiale sia plastica, metallo o cemento.
- Il vantaggio di questa tecnologia è il suo carattere «rapido» ma è adatta a volumi di produzione piccoli e minore coesione tra le fibre.



Confronto proprietà stampaggio IM vs 3D



Analisi della resistenza statica e a fatica di materiali polimerici per applicazioni strutturali
Corina Olteanu



Conclusioni

- ❖ I polimeri sono materiali con scarsa resistenza al calore, di conseguenza necessitano di un rinforzo per essere impiegati in strutture meccaniche in modo da fornire resistenza.
- ❖ Il PP rinforzato con GF triplica la propria di resistenza in condizioni di sollecitazione statica a temperatura ambiente (da circa 35 MPa a 103 MPa) ma sperimenta un crollo significativo a temperature elevate (85°C da 100 a 46 MPa) ed un infragilimento a temperature sotto lo 0°.
- ❖ A basse temperature (-27°C) soltanto l'ABS conserva buone proprietà meccaniche (42 MPa), addirittura lievemente migliori rispetto ai 22°C (37 MPa) .
- ❖ A fatica il PP ha riportato il numero di cicli a rottura maggiore a parità di sforzo a temperatura ambiente sia nel caso di PP puro che del PP-GF (confrontati rispettivamente all' ABS E PC-ABS)
- ❖ L'ABS sperimenta un deterioramento della vita a fatica a temperature elevate (da 15 MPa (10⁶ cicli) a 5 MPa (10⁶ cicli)) mentre continua a garantire buone proprietà a basse temperature.
- ❖ Con il PC-ABS la vita a fatica del componente risulta indipendente dalla tre temperature in prossimità dei 10⁶ cicli (13 MPa)
- ❖ L'anisotropia dei materiali stampati con la stampa 3D influisce sulle proprietà di questi limitandone la risposta a trazione ma anche a fatica. L'orientazione longitudinale delle fibre è la più efficace indipendentemente dal tipo di sforzo applicato causa maggiore coesione delle fibre .
- ❖ La IM è la tipologia di stampa più efficace per conferire proprietà meccaniche elevate specialmente nel caso del PLA e ABS

