

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

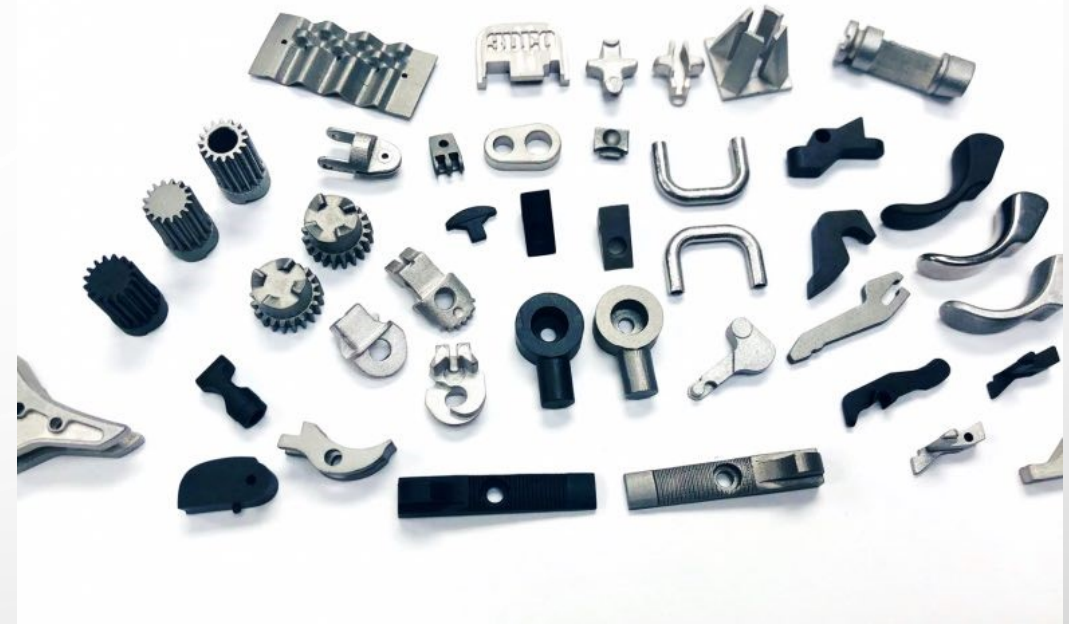
RESISTENZA A FATICA DI COMPONENTI OTTENUTI DA ADDITIVE MANUFACTURING

Canella Francesco

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Padova, 14/07/2022

- Fatica nei materiali metallici;
- Additive manufacturing: tecnologia e tecniche;
- Fatica per componenti AM;
- Orientamento di costruzione;
- Porosità;
- Confronto.

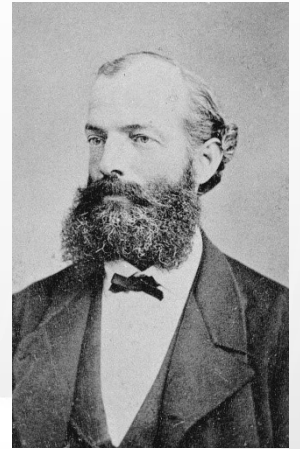


- I. Studio dalla letteratura proposta durante il triennio riguardante la fatica nei materiali metallici;
- II. Stesura di una mappa concettuale;
- III. Ricerca di letteratura riguardante gli argomenti della relazione;
- IV. Rielaborazione del materiale a disposizione.

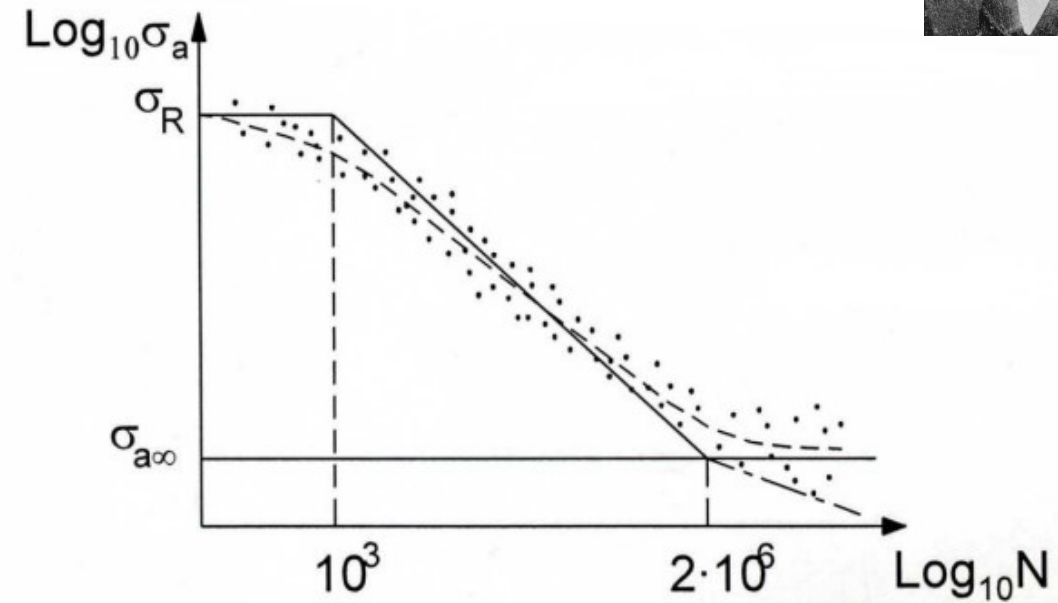


William Jhon Macquorn Rankine(1820-1872)
Ingegnere e fisico scozzese

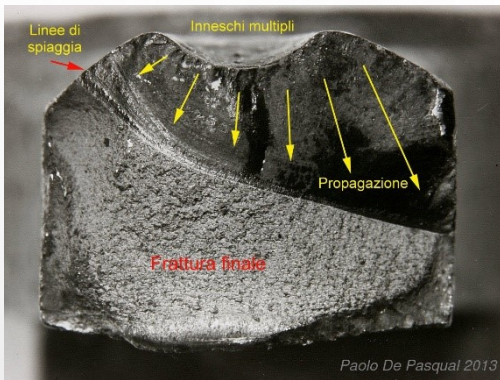
August Wöhler(1819-1914)
Ingegnere tedesco



Strage di Viareggio: 32 morti.
Causa: cedimento dell'asse di un carrello.

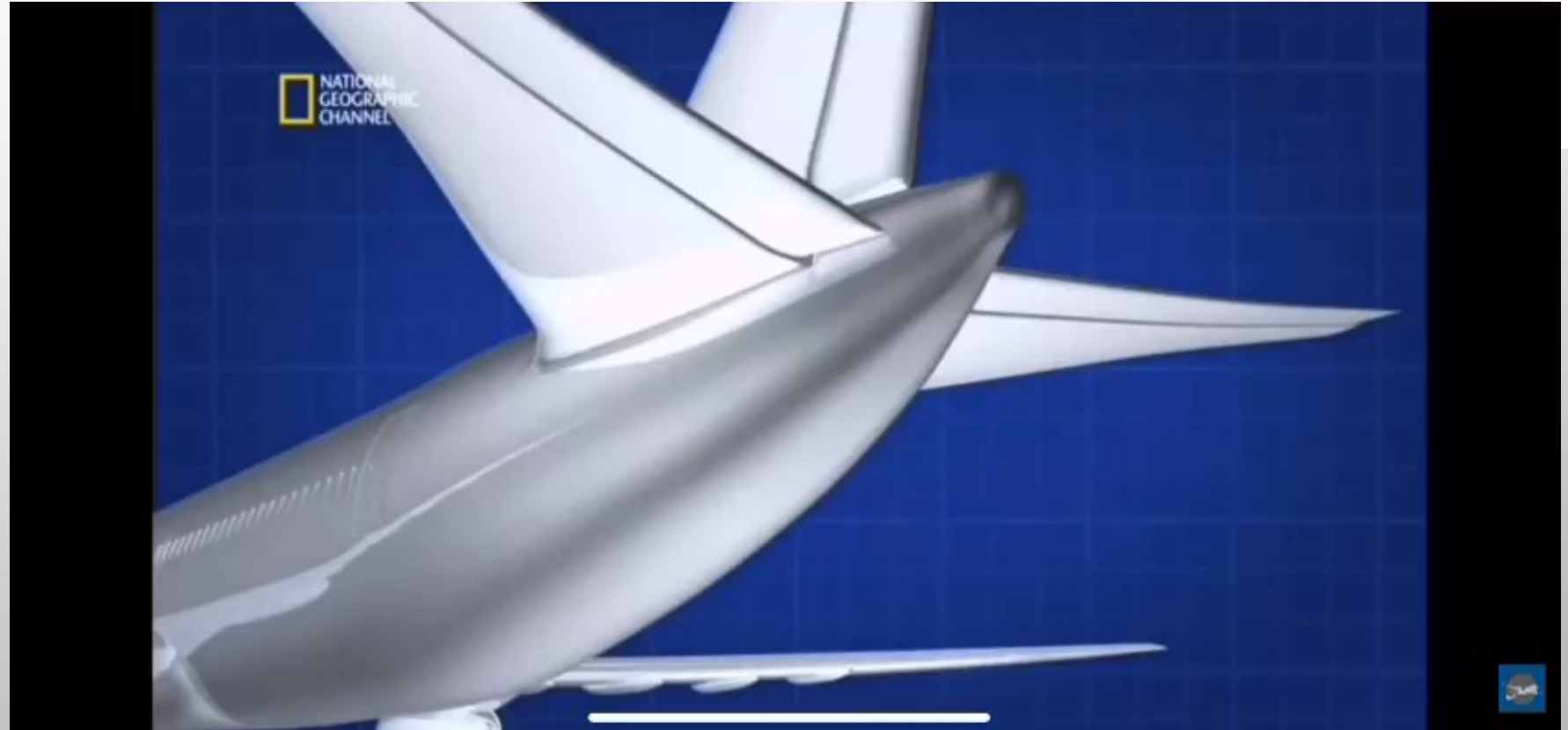


Curva di Whöler



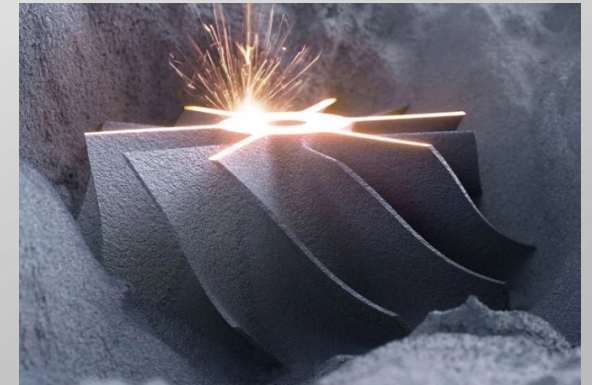
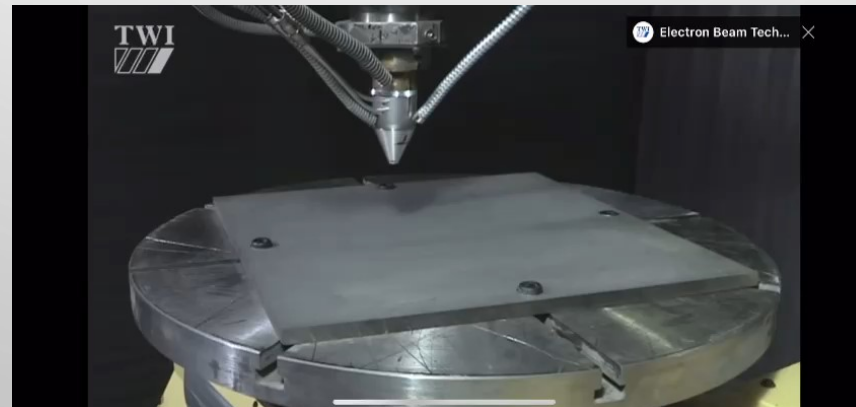
Rottura a fatica

Volo China Airlines 611
25 maggio 2002, 15:28
225 morti



Modello CAD 3D → **Suddivisione del componente in strati sottili** → **Stampa**

- **LOM** (Laminated object manufacturing) → alta produttività, costi contenuti.
- **PBF** (Fusione a letto di polvere) → leghe, particolari meccanici ad alta resistenza.
- **LMD** (Laser metal deposition) → riparazioni/aggiunta; settore navale, aeronautico.
- **Stampa 3D** (Binder Jetting/ Inkjet Printing) → alta produttività, utilizzo anche per polimeri.
- **DMP** (Stampa diretta in metallo), **DMLS** (Sinterizzazione diretta in metallo) → componenti piccoli, alte prestazioni.
 - **SLM**(Selective laser melting) → componenti con densità elevata.

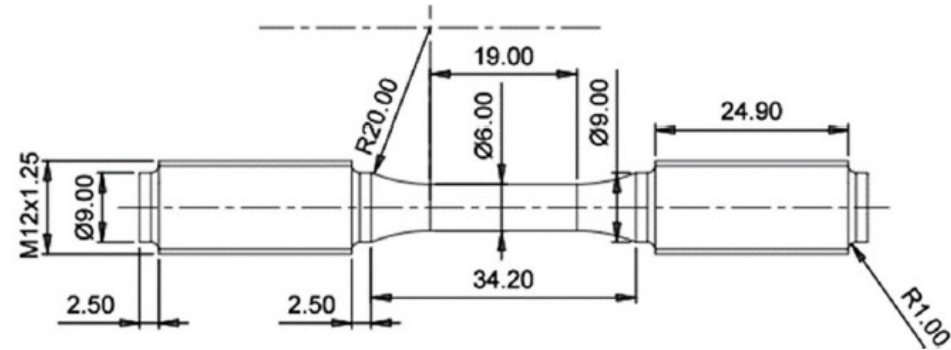


METODI E MATERIALI

- Provini ad osso di cane prodotti tramite SLM (selective laser melting);
- Provini sottoposti a trattamenti termici di SR ed HIP;
- Test di trazione mono-assiale.

RISULTATI

- Per i provini sottoposti a SR si osserva un addolcimento del materiale;
- Per i provini sottoposti a HIP non si notano rilevanti scostamenti tra CCS e curva σ - ϵ



CONCLUSIONI

- È ϵ che influenza maggiormente la vita a fatica, non il TT

Al	V	O	N	C	H	Fe	Y	Ti
5.50 - 6.50	3.50 - 4.50	< 0.15	< 0.04	< 0.08	< 0.012	< 0.25	< 0.005	Bal.

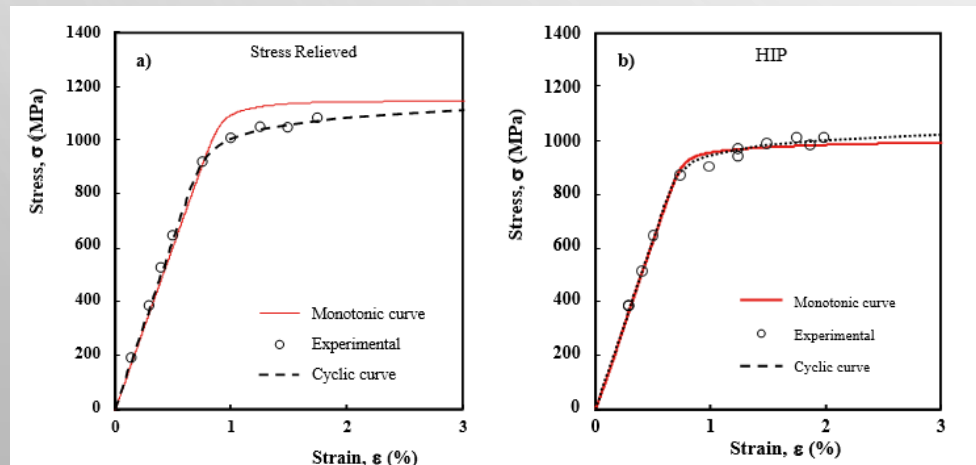


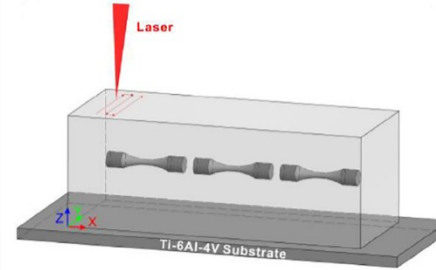
Figura 1: confronto tra la curva monotona e la CCS per le due famiglie di provini; a) TT di distensione, b) TT HIP.

TT	σ [MPa]	Durezza [HV1]	K' [Mpa]	n'
SR	1144	405	1314	0.0432
HIP	995	350	1176	0.0364
TT	σ_f^c (MPa)	b	ϵ_f^c (%)	c
SR	3055.6	-0.163	89.380	-0.853
HIP	21150.1	-0.129	67.164	-0.764

Tabella 4.3.3: valori ottenuti empiricamente dai test

METODI E MATERIALI

- Provini in Ti-6Al-4V ricavati da un blocco prodotto tramite DED;
- TT a 600°C per quattro ore circa (riduzione tensioni interne));
- Test a fatica.



Main components			Impurities components				
Ti	Al	V	Fe	C	N	H	O
Bal.	6.10	4.15	0.16	0.04	0.02	0.01	0.13

Laser power (W)	Scanning speed (mm/min)	Hatching space (mm)	Layer thickness (mm)
5000	1000 ± 100	3	0.9

RISULTATI E CONCLUSIONI

- La presenza dei pori influenza negativamente le prestazioni a fatica;
- Le cricche inoltre si propagano più velocemente nell'aria, più lentamente nel vuoto.
- ΔK : fattore di intensificazione degli sforzi, funzione della geometria del corpo e del difetto, delle sollecitazioni applicate.

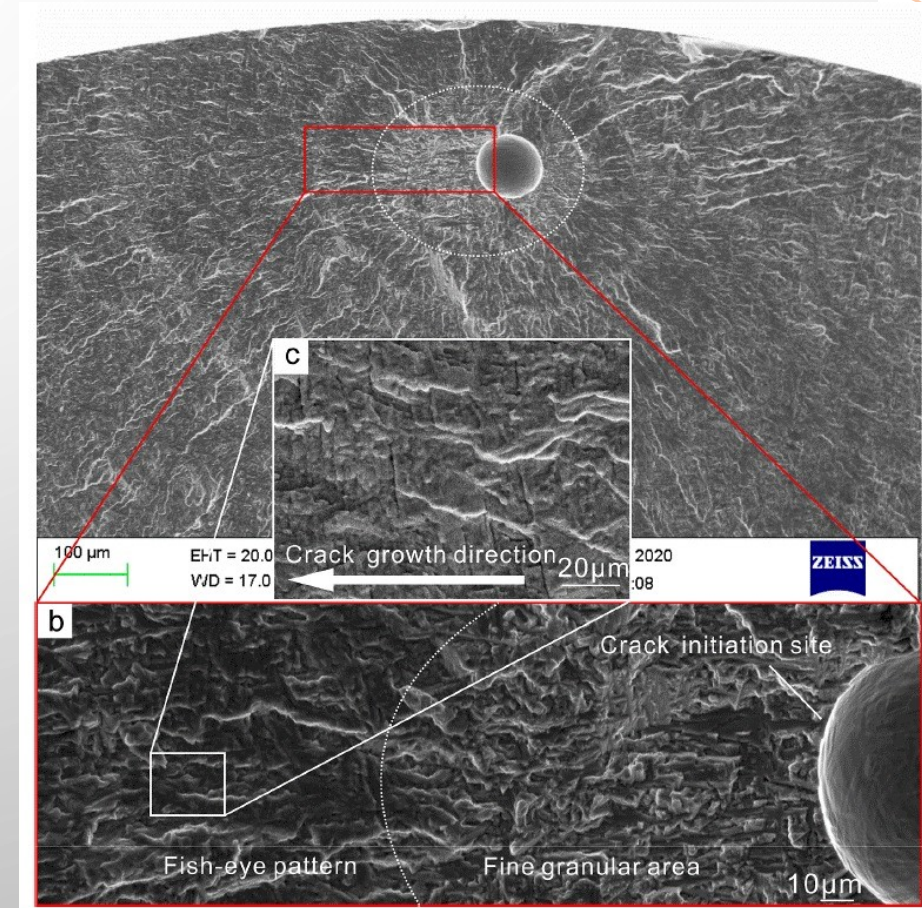
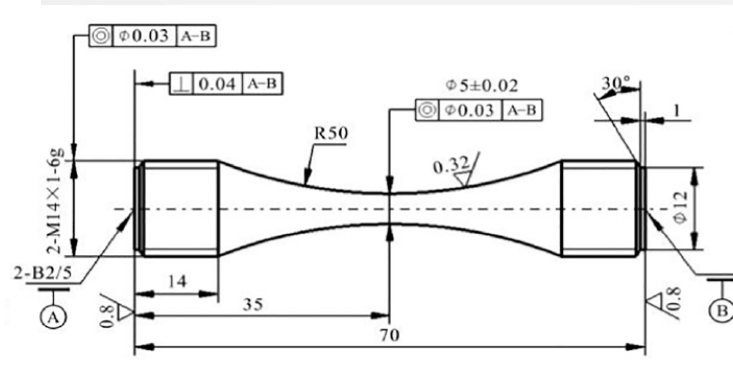
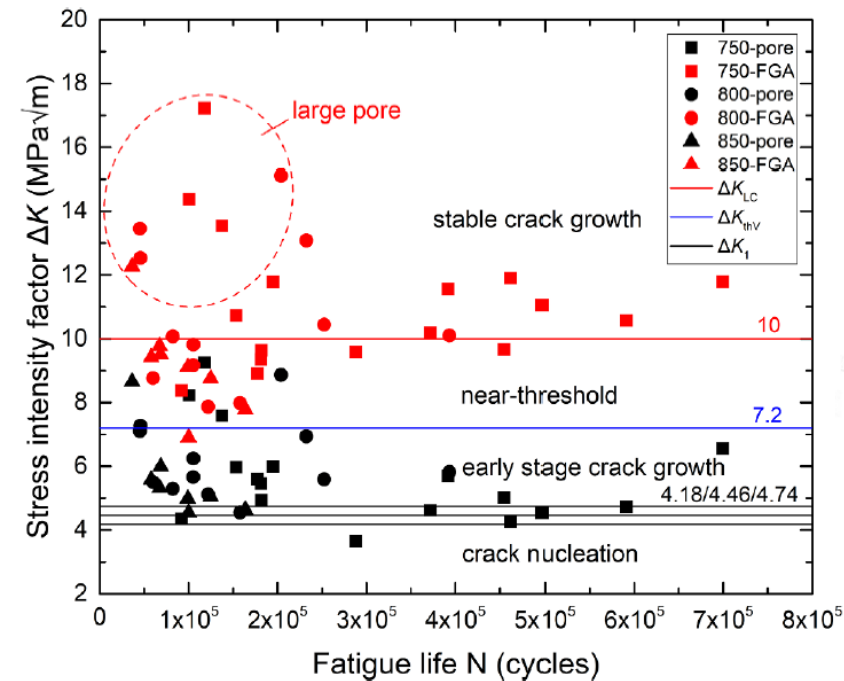


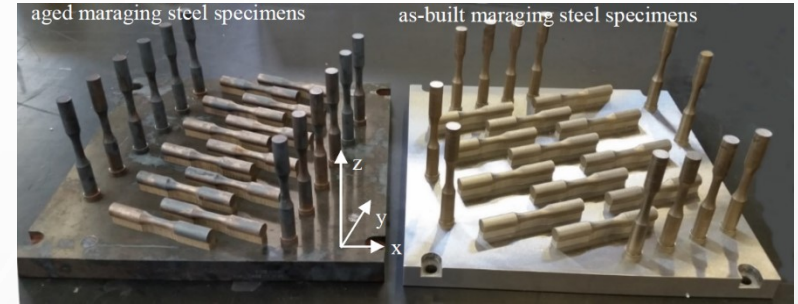
Figura 3: relazione tra ΔK e N ; ΔK_{LC} , ΔK_{th} , ΔK_i ; soglie per la classificazione degli stadi di crescita delle cricche.

METODI E MATERIALI

- Provini in acciaio maraging MS1 EOS prodotti da DMLS, con direzione del provino a 0° e 90°;
- TT di indurimento sul 50% dei provini;
- Prove statiche di trazione e prove di fatica a carico controllato, frequenza tra 10Hz e 30Hz;

RISULTATI E CONCLUSIONI

- I provini con orientamento di costruzione di 0° hanno una resistenza a fatica inferiore di quelli a 90°;
- Il TT ha migliorato la resistenza a fatica dei provini a 0° e lasciato invariata quella dei provini a 90°.



Fe	Ni	Co	Mo	Ti	Al	Cr	Cu	C	Mn	Si	P	S
(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)	(wt-%)
balance	17-19	8.5-9.5	4.5-5.2	0.6-0.8	0.05-0.15	≤ 0.5	≤ 0.5	≤ 0.03	≤ 0.1	≤ 0.1	≤ 0.01	≤ 0.01

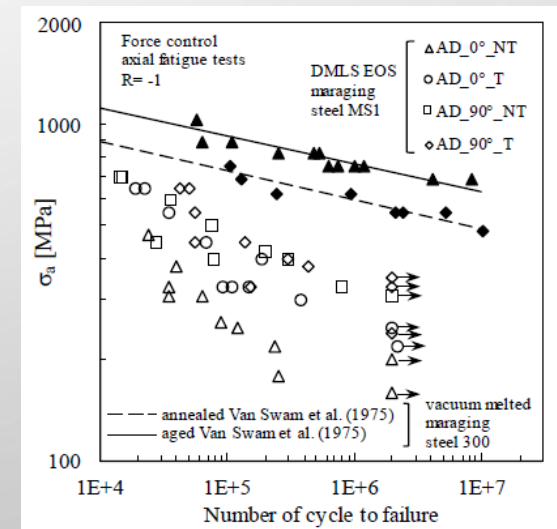
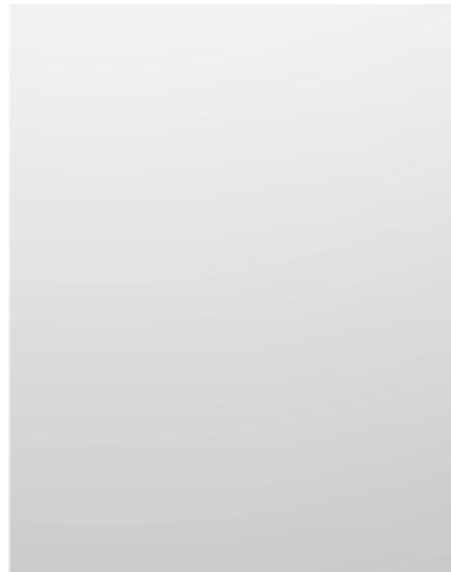
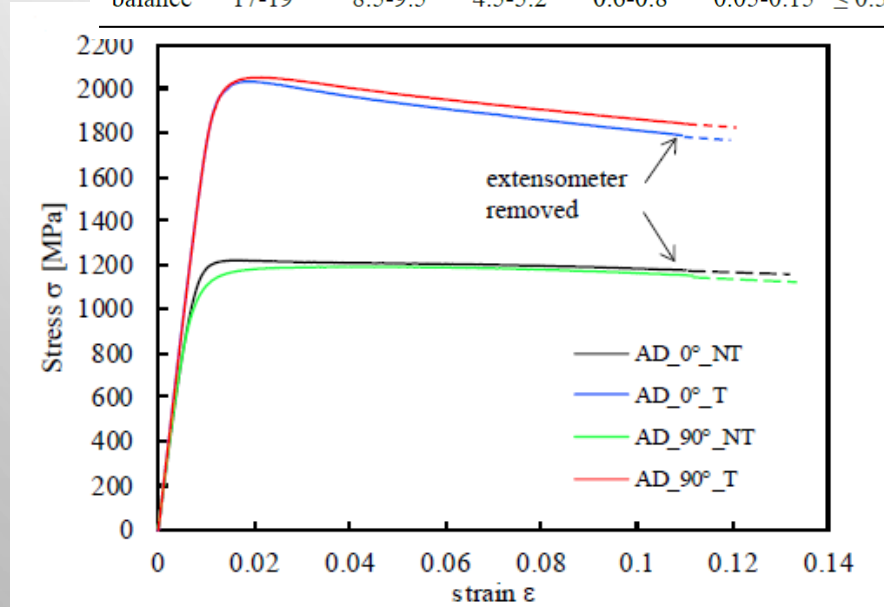


Figura 2: Curve sforzo-deformazione dei campioni DMLS testati nelle condizioni as-built (NT non trattato) e invecchiato (T trattato) con differenti.

risultati delle prove di fatica in termini di ampiezza di sollecitazione nominale per i provini DMLS testati nell'as-built (NT non trattato) e invecchiati (TT).

PRO

- **Meno utensili;**
- **Geometrie molto complesse;**
- **Rapida ed economica;**
- **Customizzazione;**
- **Assenza di scarti;**
- **Leghe alto-resistenziali.**

CONTRO

- **Near-net-shape;**
- Impianti **costosi e complessi;**
- **Comportamento a fatica peggiore;**
- **No produzioni in serie;**

- ϵ governa la vita a fatica, indipendentemente dal TT;
- **Proprietà meccaniche** simili per orientazioni di 0° e 90° ;
- **Resistenza a fatica** provini a 0° inferiore che a 90° ;
- **TT**: resistenza a fatica provini 0° inferiore che a 90° ;
- **Porosità**: influenza negativa su vita a fatica;
- ΔK : correlazioni geometria porosità - vita a fatica.