

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
Valutazione della resistenza a fatica di giunzioni saldate
tra componenti stampati 3D e componenti tradizionali

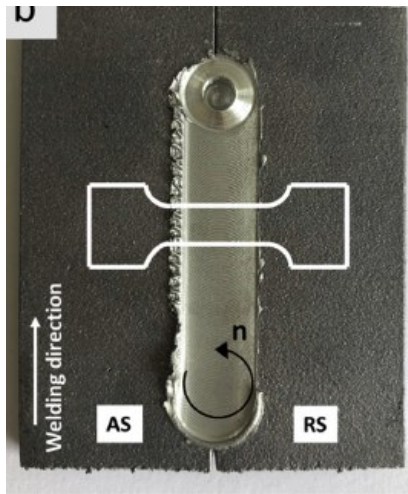
Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Casamatta Gianluca*

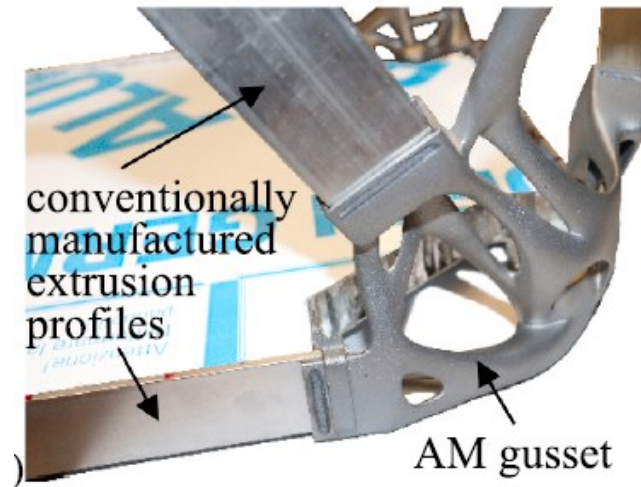
Padova, 16/09/2022

- Introduzione al problema.

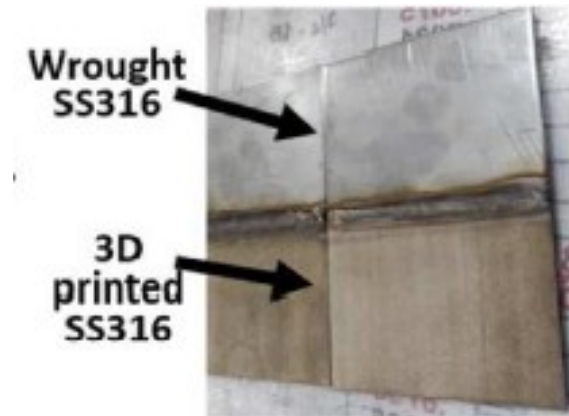
- Analisi delle tecnologie usate per la produzione e la saldatura.



Giunto AM-AM [1]



Nodo stampato AM [2]



Giunto ibrido [3]

- Descrizione dei parametri principali che influiscono sulla resistenza a fatica.

- Analisi delle curve a fatica di giunzioni ibride (AlSi10Mg-EN AW-6082 T6).

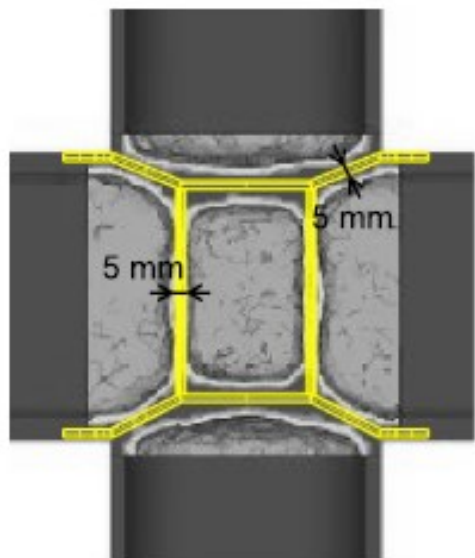
- Conclusioni finali.

Giunzioni AM-AM sono necessarie, in quanto la camera di costruzione presenta delle dimensioni che limitano la grandezza dei componenti prodotti.

Esempio stampanti: LACM 100 105x105x100 mm
DMP factory 500 500x500x500 mm



Per produrre pezzi di grandi dimensioni bisogna necessariamente ricorrere alla saldatura.



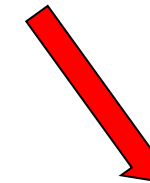
Nodo stampato [5]

Giunzioni AM-convenzionale sono raccomandate. Queste particolari unioni consentono di:

- Ridurre il numero di tagli e di saldature fatte;
- Produrre nodi stampati alleggeriti e ottimizzati.

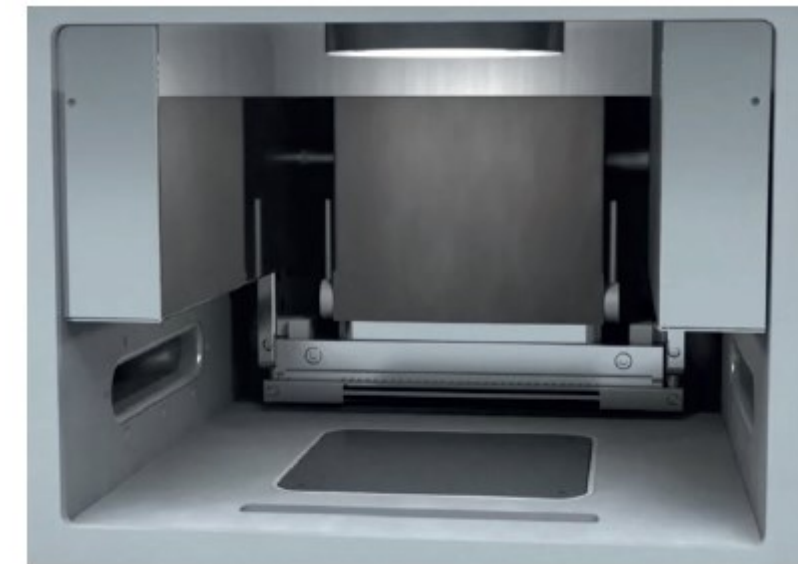


I giunti ibridi ottimizzati presentano sollecitazioni ridotte del 40% rispetto alle unioni non ottimizzate



Si interviene su: spessore, angoli, raccordi...

Esempio nodo stampato:
numero di tagli 6 0
numero di saldature 21 6



Camera di costruzione [4]

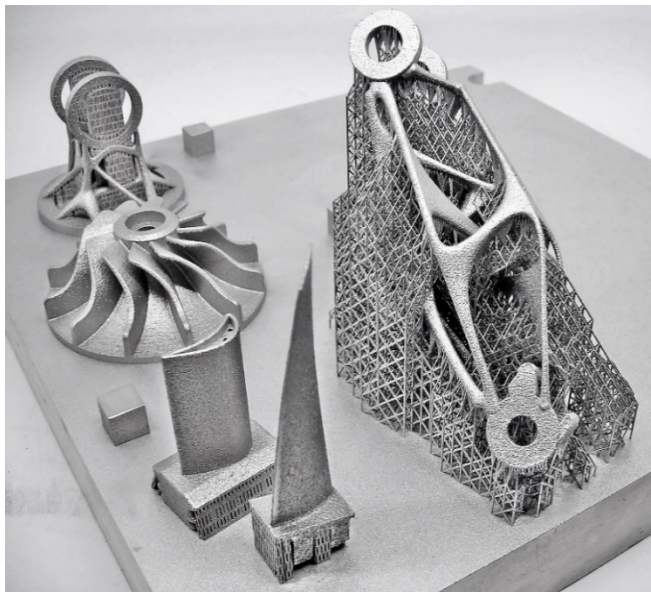
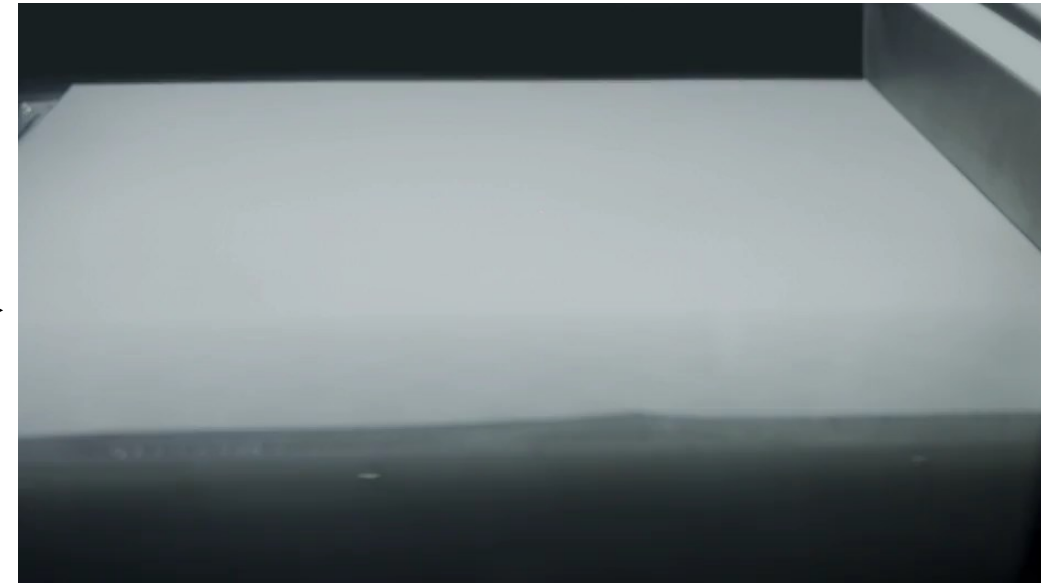
SLM (selective laser melting)

Caratteristiche:

- È il metodo più usato;
- Consente di produrre componenti strato per strato, utilizzando una stampante 3D adatta;
- La camera di costruzione presenta delle dimensioni limitate;
- I componenti finali mostrano una buona finitura superficiale.

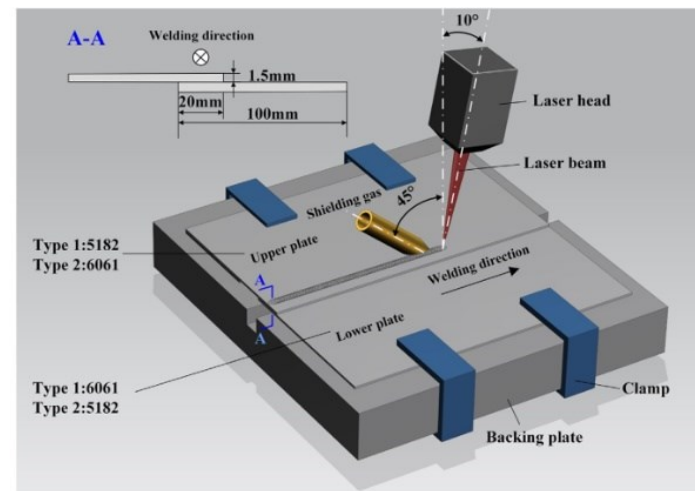
Materiali più utilizzati:

- Titanio 6Al4V;
- AlSi10Mg;
- Acciaio inox AISI 316L.



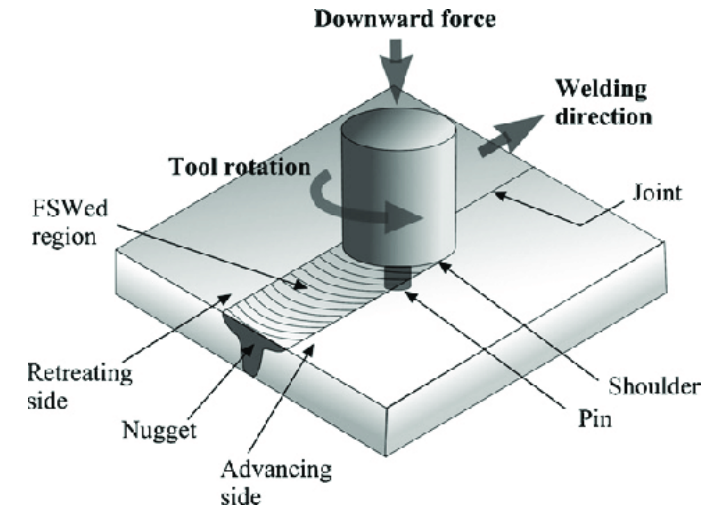
Componenti vari [6]

Saldatura a laser



[7]

Saldatura FSW



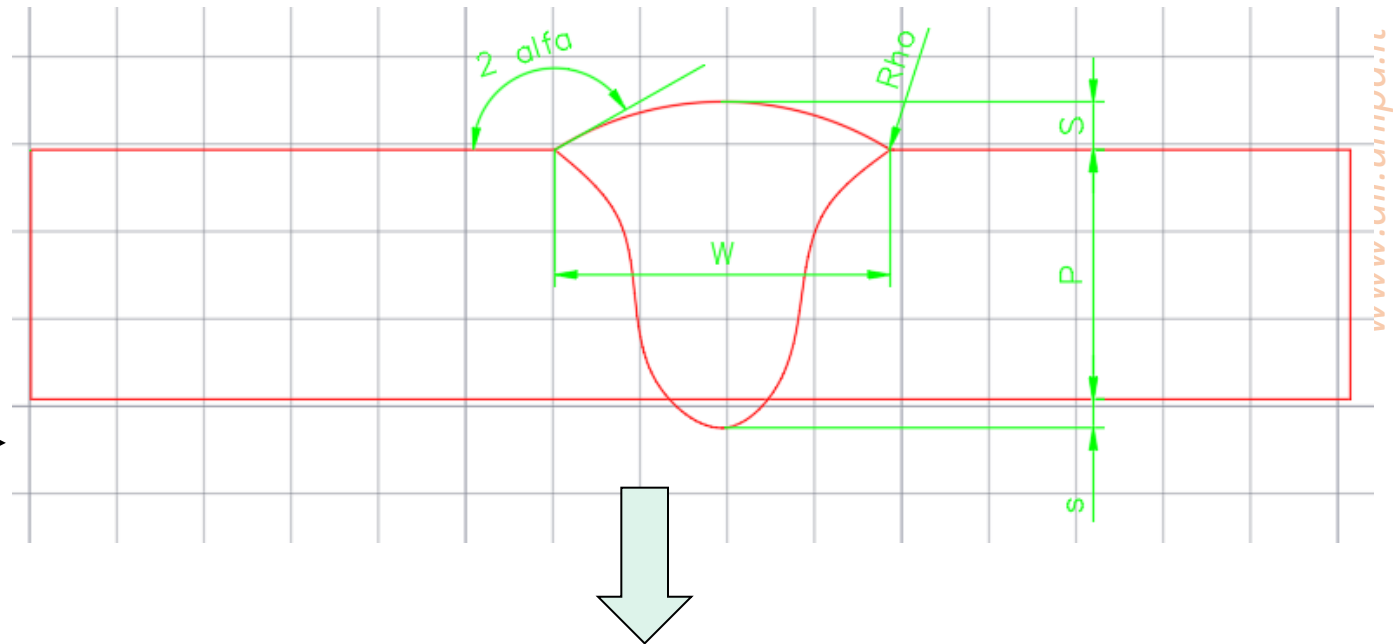
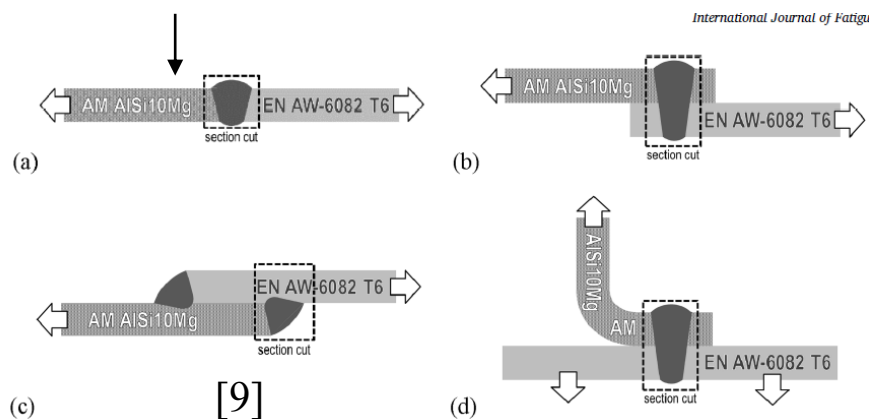
[8]

FATTORE DI INTAGLIO

Dipende da:

Tipo di saldatura

Geometria del giunto



Se variano questi parametri la vita a fatica cambia.

ANISOTROPIA MICROSTRUTTURALE

- Direzioni di costruzione diverse implicano vite a fatica diverse;
- FSW 0-0 è la combinazione migliore rispetto a tutte quelle possibili;
- I componenti FSW presentano un comportamento a fatica peggiore dei giunti SLM (LFC);
- Per basse ampiezze di deformazioni l'anisotropia non incide nella vita a fatica (l'intaglio predomina).

POROSITÀ → problema rilevato nelle unioni effettuate tramite saldatura laser.

La porosità dipende dalla velocità di saldatura.

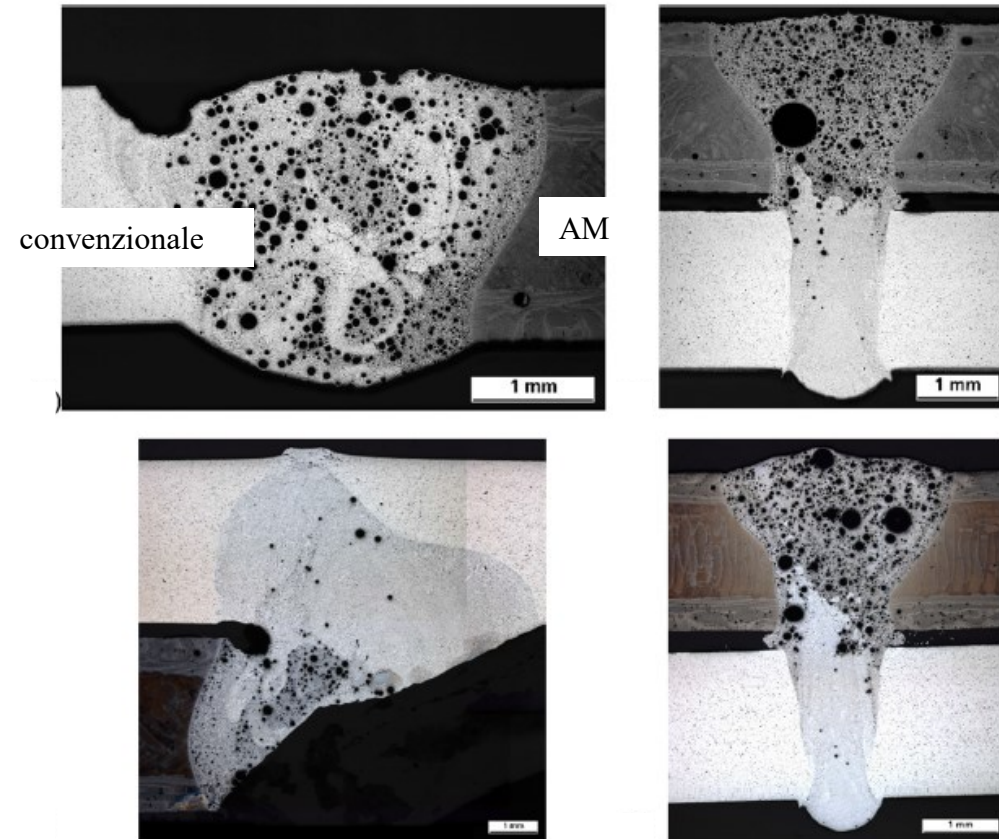
Al diminuire della velocità di saldatura:

La porosità aumenta → La sezione resistente diminuisce

↓
Porosità prevale sull'intaglio

↓
Rottura può avvenire al centro del cordone

*Nota bene:
La porosità è maggiore
nel lato AM.*



[10]

LUNGHEZZA DEL CORDONE DI SALDATURA

→ Saldature lunghe

→ Saldature corte

➤ Saldature corte presentano migliore comportamento a fatica.

Vengono assegnate classi FAT per le giunzioni ibride in alluminio AM-convenzionale.

Classi FAT: sono degli intervalli di sollecitazione assegnati a $2 \cdot 10^6$ cicli.

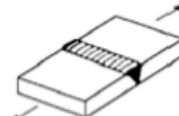

Esse dipendono da: materiale, intaglio e qualità della saldatura.

Curve a fatica:

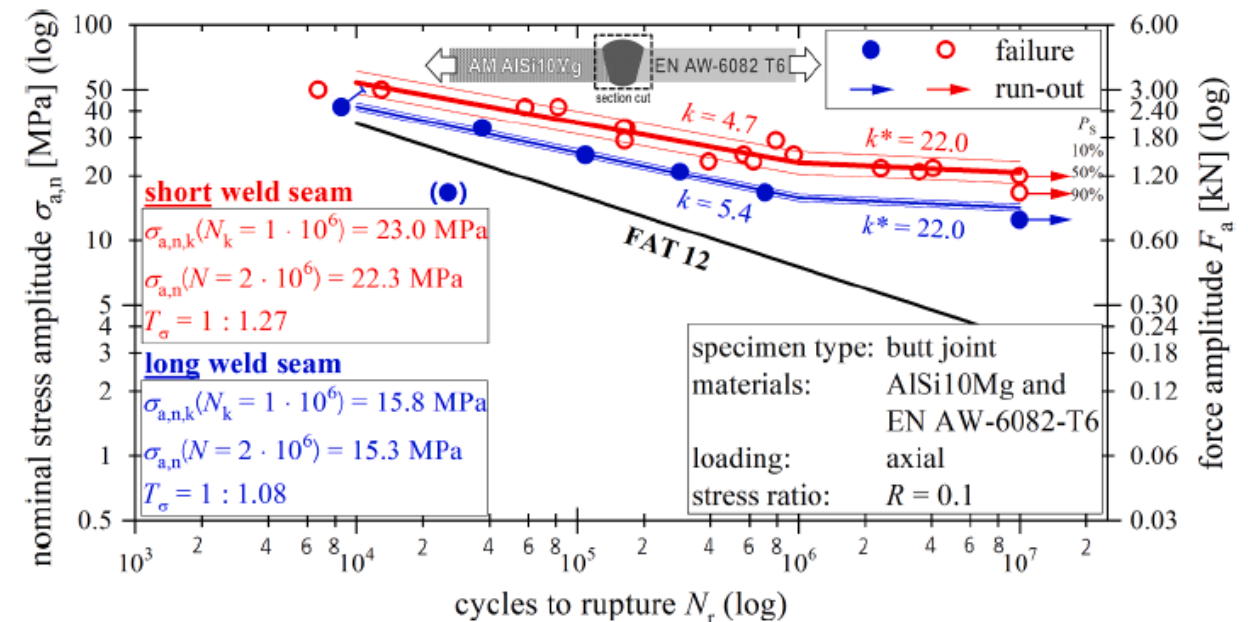
- Valutate con l'approccio nominale;
- A sx del ginocchio presentano un tratto studiato con il criterio MLE;
- A dx del ginocchio presentano una pendenza impostata a $k^*=22$;

Nota bene:

Lunghezze di saldature diverse presentano sigma e pendenze diverse.

No.	Structural Detail	Description	FAT
200		Butt welds, transverse loaded	
216		Transverse butt welds welded from one side without backing bar, full penetration Root checked by appropriate NDT including visual inspection	28
		NDT without visual inspection No NDT	20 12
600		Lap joints	
614		Transverse loaded overlap joint with fillet welds Stress in plate at weld toe (toe crack)	22
		Stress in weld throat (root crack)	12

[11]



[12]

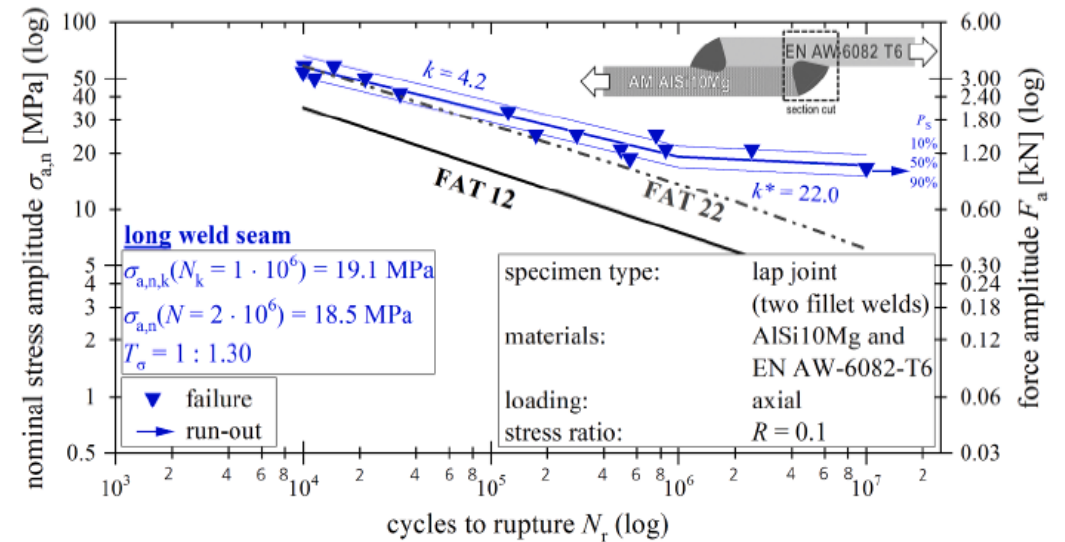
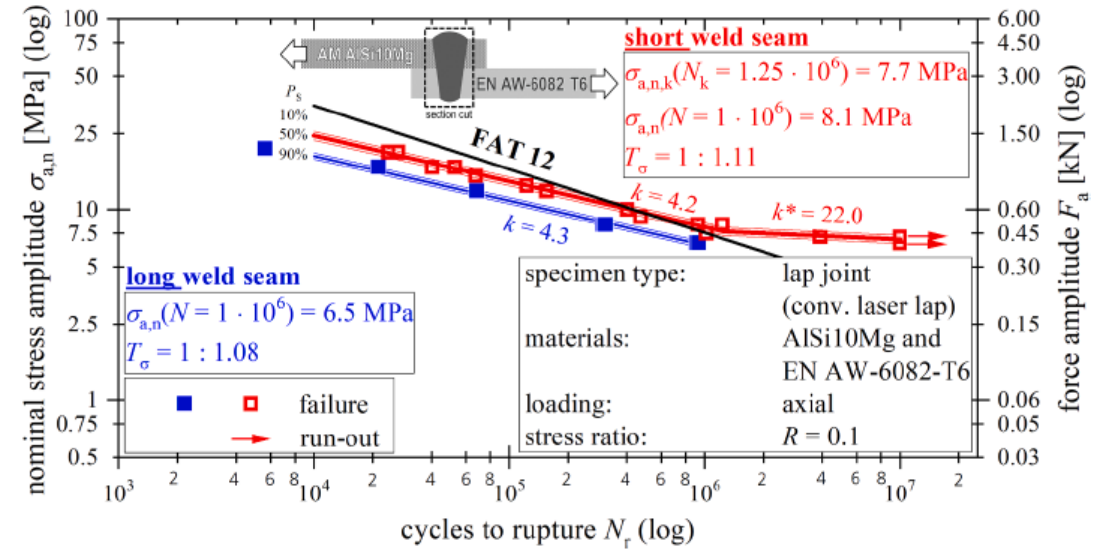
Giunti sovrapposti
con saldature
diverse

Intagli differenti

Saldatura
convenzionale a
completa penetrazione

Saldatura
ad angolo

Sono le migliori in questo caso perché soddisfano
anche FAT 22.



Quindi ricapitolando si è visto che:

- Agendo sulla **geometria dei nodi ibridi** si riescono a ridurre le sollecitazioni fino al 40%;
- Il fattore predominante della vita a fatica è **il coefficiente di intaglio**, ma può passare di seconda importanza in casi di elevata porosità se quest'ultima è superiore al 15%;
- I giunti SLM mostrano un migliore comportamento a fatica a bassi numeri di cicli rispetto alle giunzioni FSW;
- I componenti **FSW 0-0** presentano la migliore vita a fatica rispetto alle altre combinazioni;
- Le giunzioni ibride proposte soddisfano **FAT12** (alcune FAT 22), la quale rappresenta la classe più bassa che si può applicare per le saldature in alluminio.

- [1] G. Moeini, S.V. Sajadifar, T. Wegener, F. Brucia, T. Niendorf, S. Boemia, On the low-cycle fatigue behavior of friction stir welded Al–Si12 parts produced by selective laser melting, in *Materials Science and Engineering A*, [Volume 764](#), 9 September 2019, 138189.
- [2, 5] M. Chierici, F. Berto, A. Kanyilmaz, Resource-efficient joint fabrication by welding metal 3D-printed parts to conventional steel: A structural integrity study, in *Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures*, 17 Gennaio 2021.
- [3] V. Dimatteo, E. Liverani, A. Ascari, A. Fortunato, Weldability and mechanical properties of dissimilar laser welded aluminum alloys thin sheets produced by conventional rolling and Additive Manufacturing, in *Journal of Materials Processing Tech*, [Volume 302](#), April 2022, 117512.
- [4] https://www.mosttech.at/wp-content/uploads/2021/01/Build_Envelope_SLM280_2.0.png.
- [6] <https://3dmetal.it/additive-manufacturing/wp-content/uploads/2019/03/DSCN1086.jpg>.
- [7] Lin Chen, Chunming Wang, Lingda Xiong, Xiong Zhang, Gaoyang Mi, Microstructural, porosity and mechanical properties of lap joint laser welding for 5182 and 6061 dissimilar aluminum alloys under different place configurations, in *Materials and Design*, [Volume 191](#), June 2020, 108625.
- [8] <https://www.researchgate.net/profile/G-Elatharasan/publication/275539996/figure/fig1/AS:613947552063490@1523387911035/The-friction-stir-welding-process.png>
- [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] B. Möller, K. Schnabel, R. Wagener, H. Kaufmann, T. Melz, Fatigue assessment of additively manufactured AlSi10Mg laser beam welded to rolled EN AW-6082-T6 sheet metal, in *International Journal of Fatigue*, [Volume 140](#), November 2020, 105805.