

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale

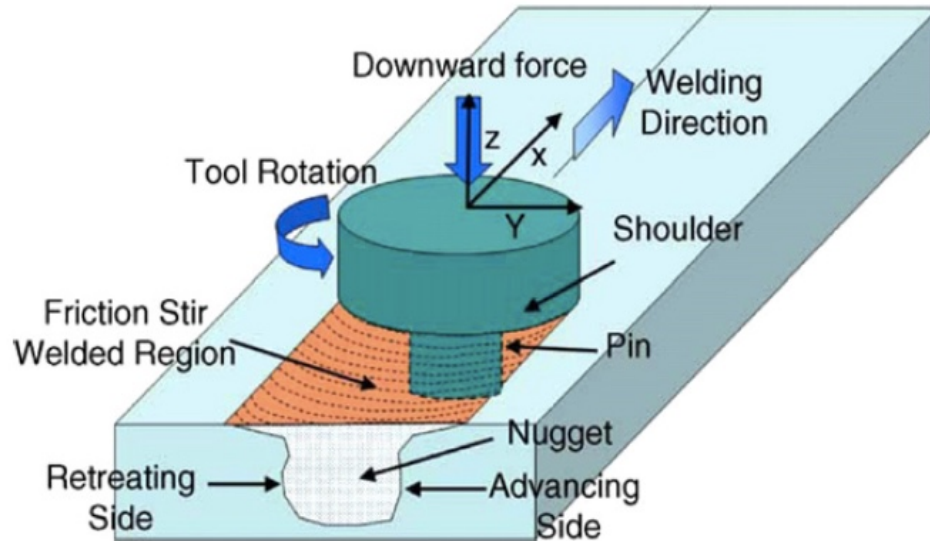
VALUTAZIONE DELLA RESISTENZA A FATICA DI GIUNZIONI SALDATE PER FRICTION STIR WELDING

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Luca Guerrini*

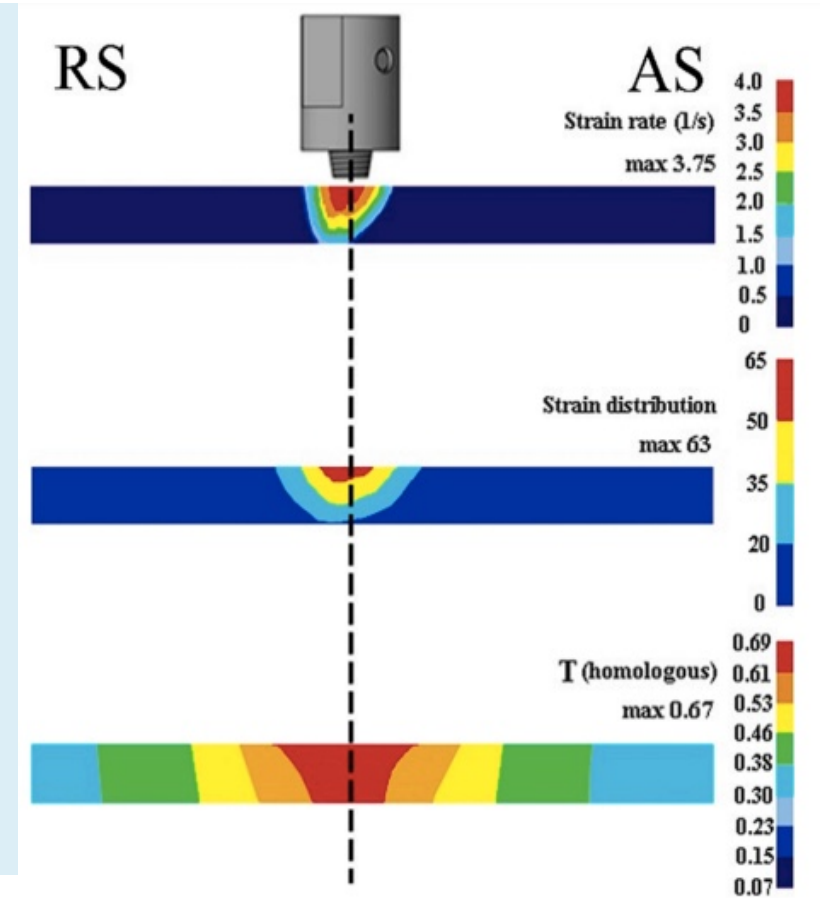
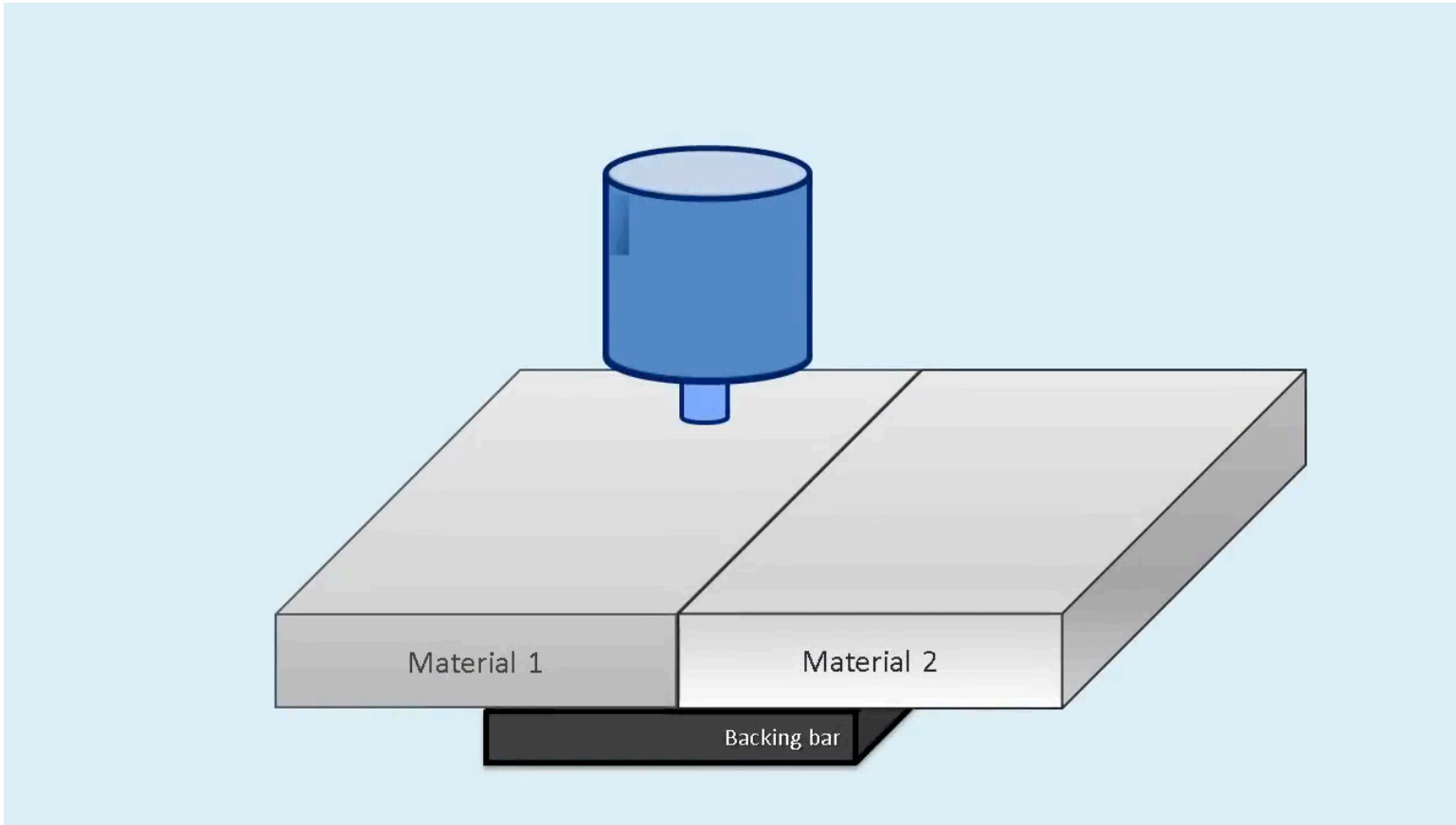
Padova, 22/09/2023

Questo elaborato ha l'obiettivo di studiare e analizzare le performance a fatica dei giunti saldati per **FSW**, partendo dallo studio dei classici provini saldati per "**Butt Joints**" in lega d'alluminio, arrivando ad analizzare altri tipi di materiali, quali leghe di vario genere, acciai, e giunzioni di forma diversa, più simili a reali componenti di uso industriale.

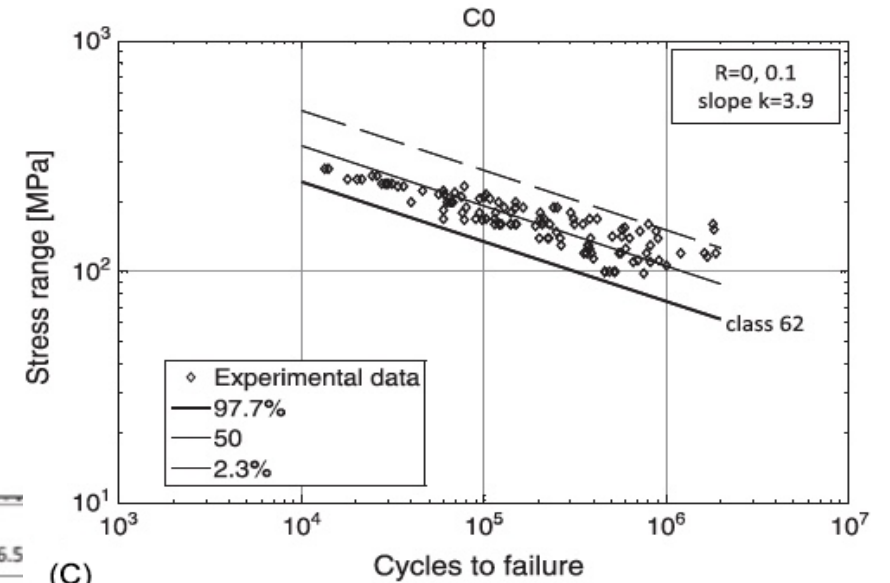
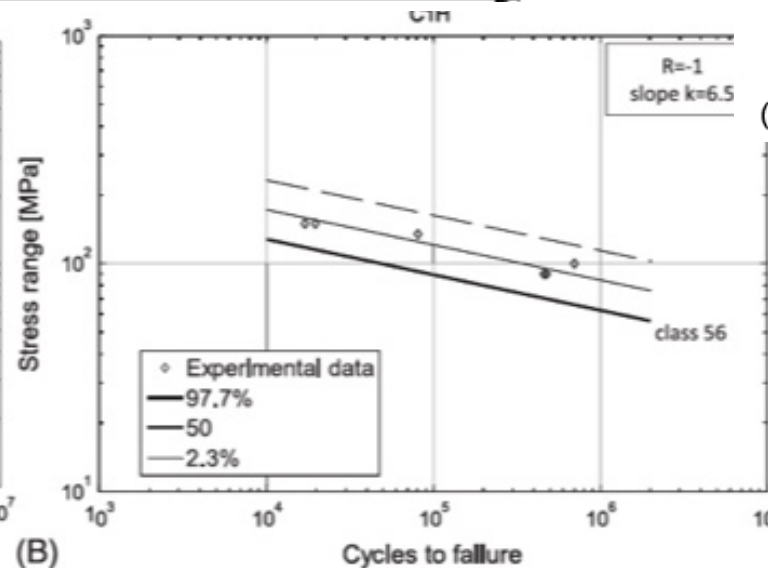
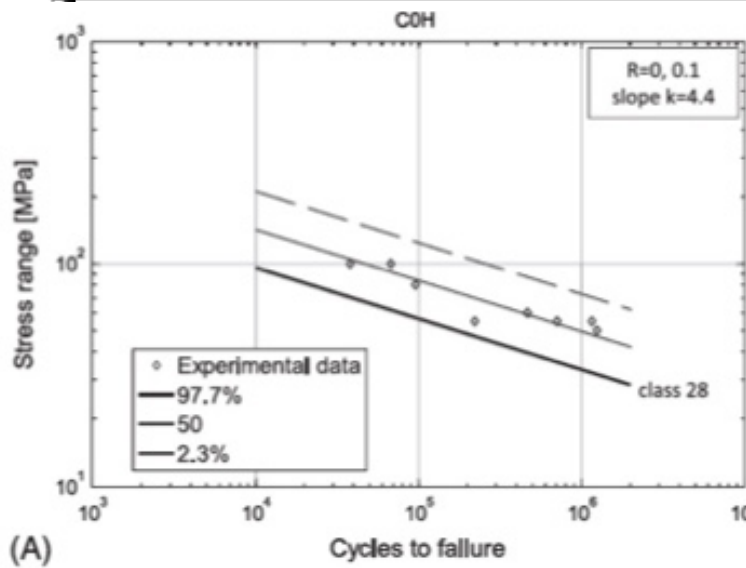
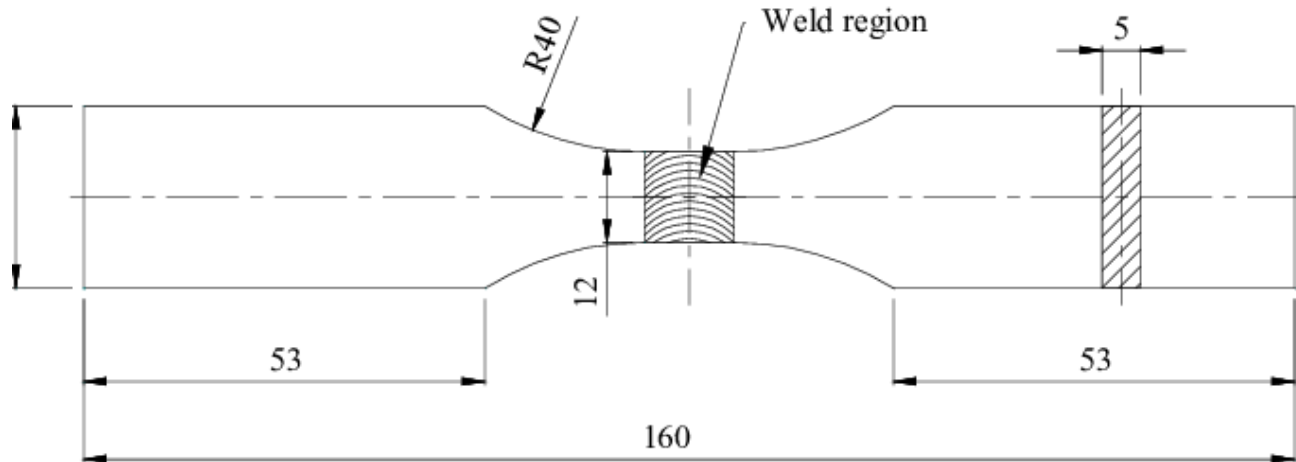


●	INTRODUZIONE ALLA FRICTION STIR WELDING - FSW
●	LA FATICA NELLA FSW
●	I DIFETTI DELLA FSW
●	COME MIGLIORARE PERFORMANCE A FATICA DELLA FSW
●	GIUNZIONI PER FSW NON CONVENZIONALI – “LAP JOINTS”
●	GIUNZIONI PER FSW NON CONVENZIONALI – MATERIALI DISSIMILI
●	CONFRONTO TRA SALDATURE CONVENZIONALI (MIG, MAG, TIG) E FSW
●	PERFORMANCE A FATICA DI COMPONENTI INDUSTRIALI
●	CONCLUSIONI

La **Friction Stir Welding (FSW)** è un processo di saldatura allo stato solido di relativamente nuova concezione, inventato nel 1991 dal The Welding Institute (TWI) in UK.

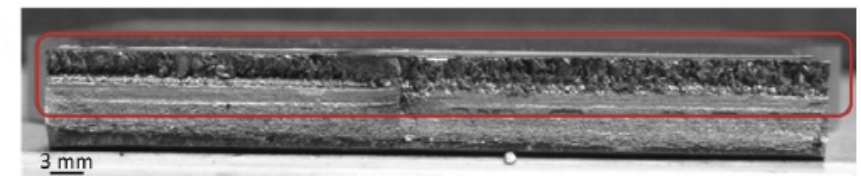
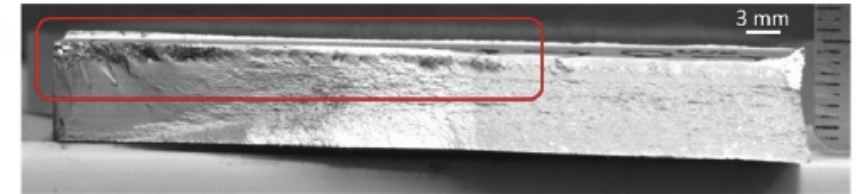
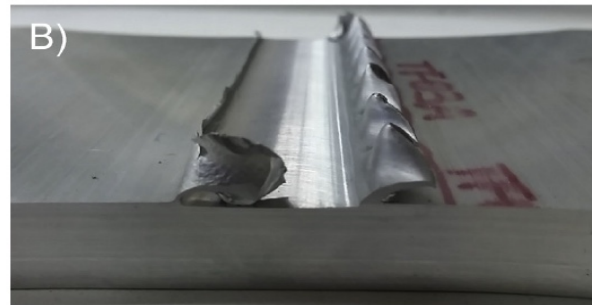
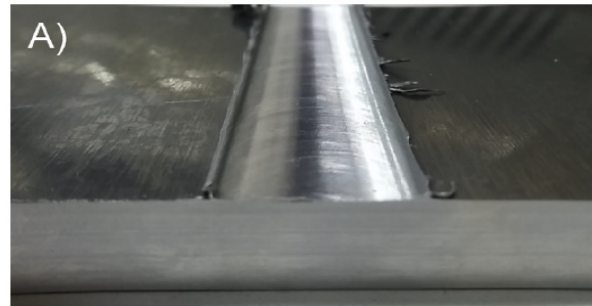
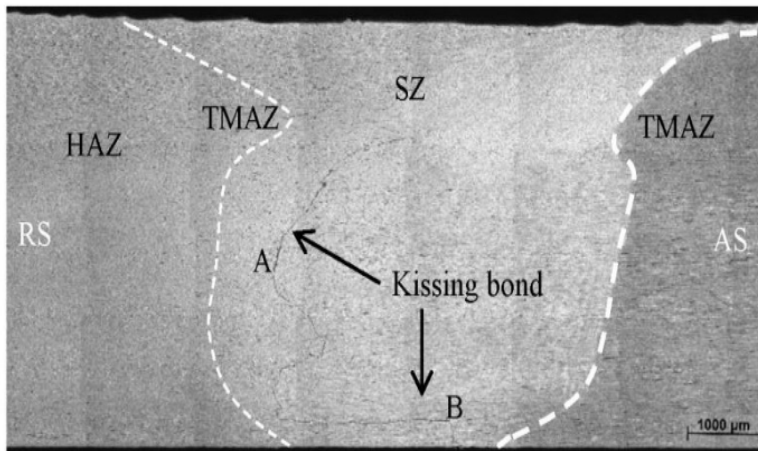


La fatica è un fenomeno che si verifica quando un materiale viene sottoposto a sforzi ciclici o alternati nel tempo. Questi sforzi possono essere di natura statica o dinamica, ma è la loro ripetizione nel tempo a causare il danneggiamento del materiale.



Fonte: friction stir welds in aluminium: design s-n curves from Statistical analysis of literature data E. Maggiolini¹ | d. Benasciutti¹ | I. Susmel² | d.g. hattingh³ | m.n. james

DIFETTO	CARATTERISTICHE
KISSING BOND	Lo si può trovare nella parte opposta della linea di saldatura, non è altro che uno strato di ossido che si forma e compromette la perfetta saldatura. (fig. a sinistra)
TOE FLASH	Causato da un'eccessiva penetrazione dell'utensile nei componenti da saldare. Visibile esternamente. (fig. centrale)
WORMHOLE	Più semplicemente "tunnel", una cavità completamente al di sotto della superficie di saldatura, non rilevabile dall'operatore. (fig. a destra) La principale causa del difetto è il flusso anomalo del materiale durante la saldatura.



I Test delle performance a fatica dei provini difettati, vengono svolti inducendo artificialmente il difetto da studiare nella giunzione. Dopodichè i provini ottenuti vengono testati con le metodologie convenzionali.

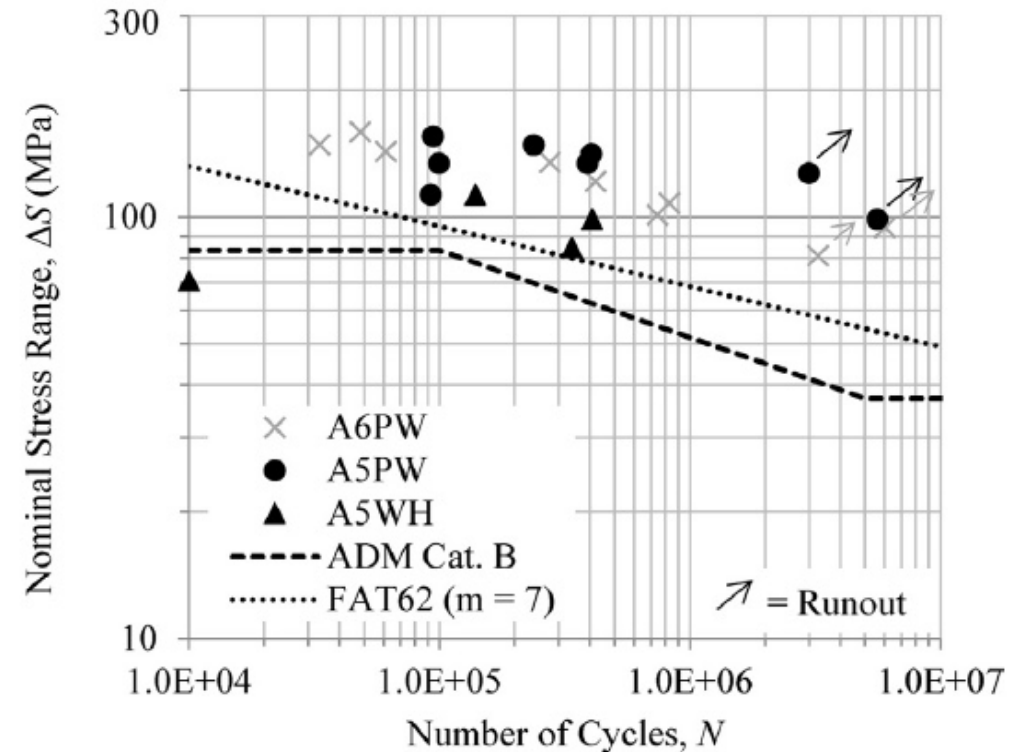
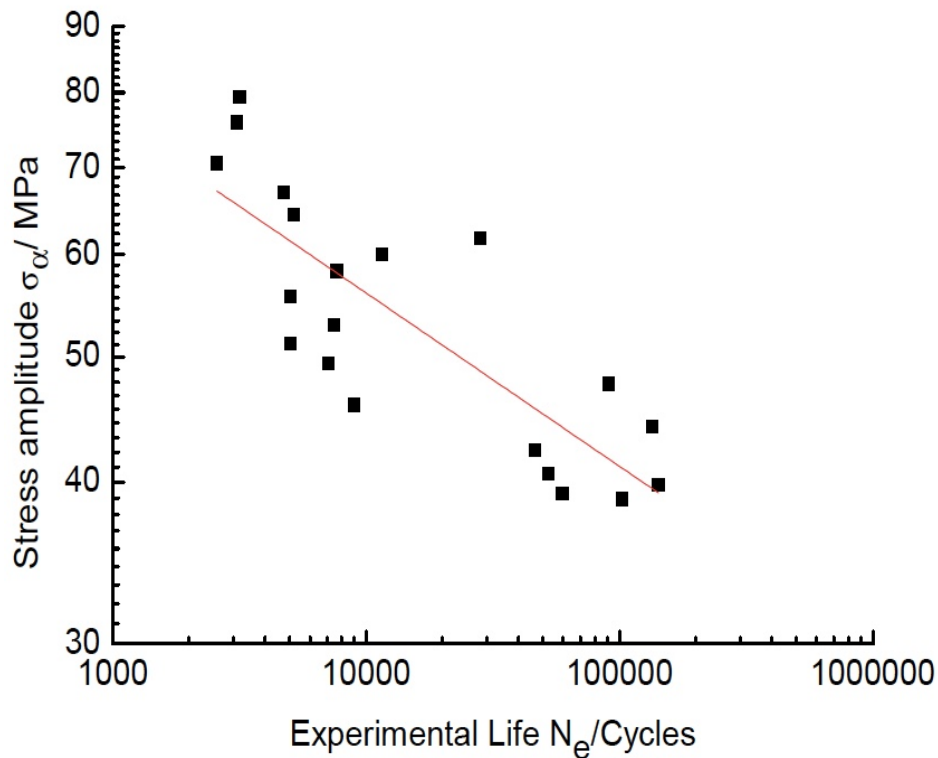


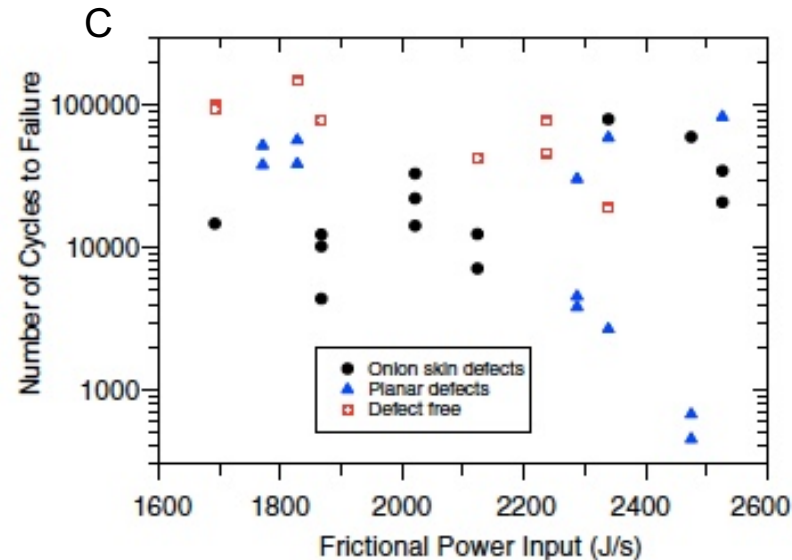
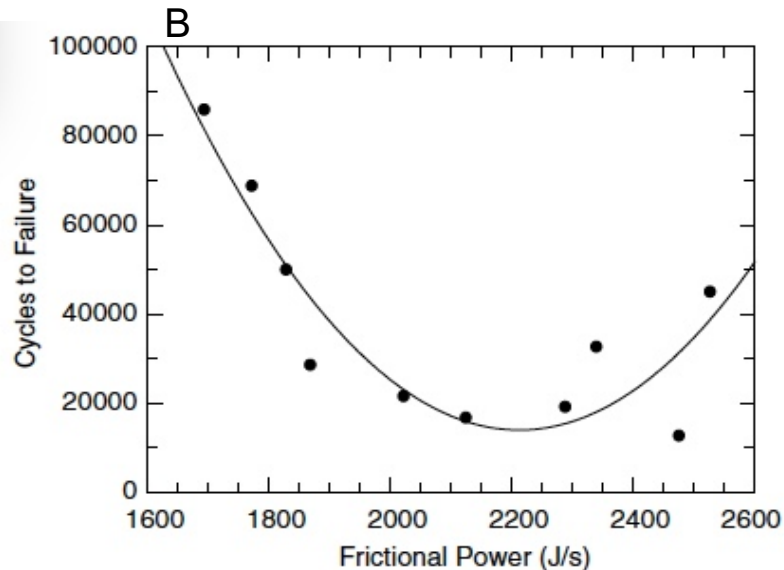
Grafico a sinistra, rappresenta la curva con provino (Al 5083) con difetto KB, grafico a destra curva provino (Al 6061) con difetto WormHole confrontato con provino senza difetti.

Fonte: study on fatigue strength of fsw joints of 5083 aluminum alloy with kissing bond Defect Ruijie wang and peng mi Faculty of mechanical and electrical engineering, kunming university of science and technology, kunming 650500, china

I parametri e l'ottimizzazione del processo nelle giunzioni per FSW, quali velocità rotazione utensile, velocità avanzamento e la forza applicata, incidono molto sulle sue caratteristiche meccaniche, sui difetti e di conseguenza sulle performance a fatica.

A Fatigue life for each combination of process parameters

RPM	400	266	201	
Pitch (mm/rev)	0.21	0.32	0.42	
Feed ^a (mm/min)	85	85	85	
Fatigue life ^b (cycles)	21521	68798	50000	
RPM	635	423	318	254
Pitch (mm/rev)	0.21	0.32	0.42	0.51
Feed (mm/min)	135	135	135	135
Fatigue life (cycles)	74616	12746	14818	28624
RPM	870	617	436	348
Pitch (mm/rev)	0.21	0.30	0.42	0.53
Feed (mm/min)	185	185	185	185
Fatigue life (cycles)	32694	85897	16792	45021

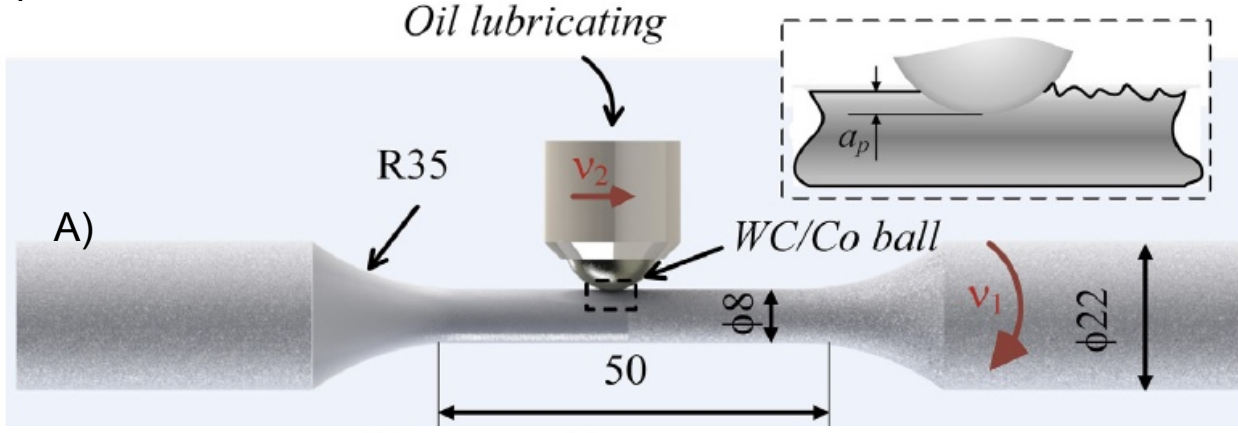


$$Q_{in1} = \eta \frac{2\pi\omega \text{Torque}}{f}$$

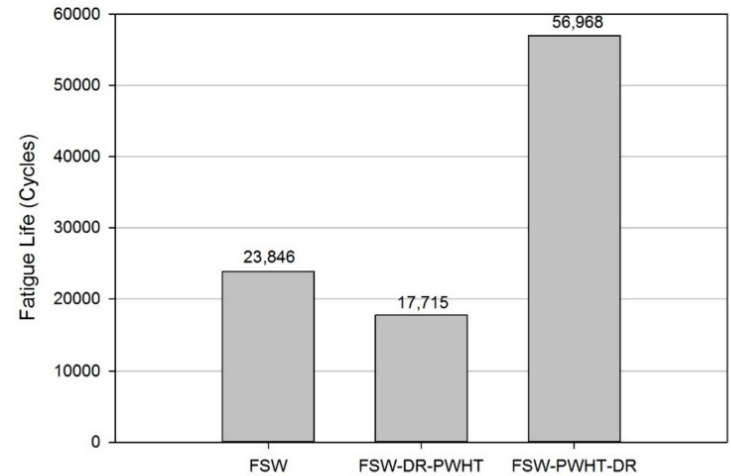
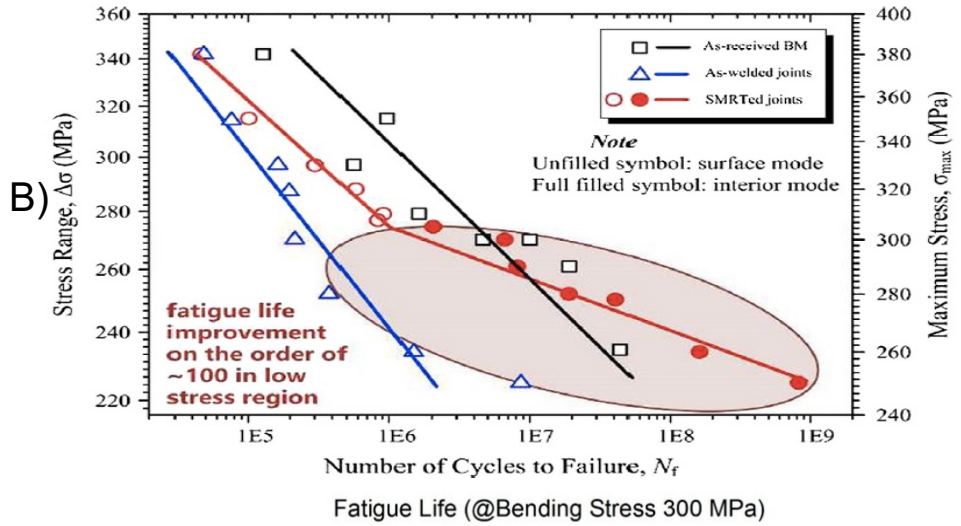
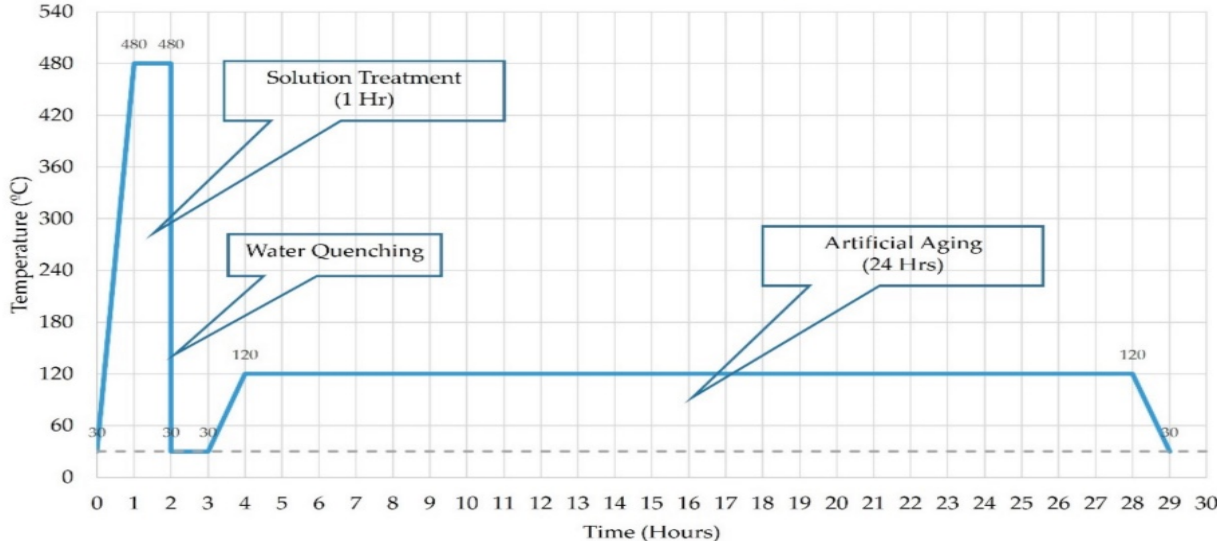
$$P_{in1} = \frac{4}{3} \pi \mu F_z \omega r$$

Fonte: optimising fsw process parameters to minimise defects And maximise fatigue life in 5083-h321 aluminium alloy H. Lombard a,b, d.g. hattingh b, a. Steuwer a,c, m.n.

Molto spesso le cricche a fatica nelle giunzioni per FSW si verificano nella superficie della linea di saldatura, se non sono presenti altri difetti all'interno di essa.

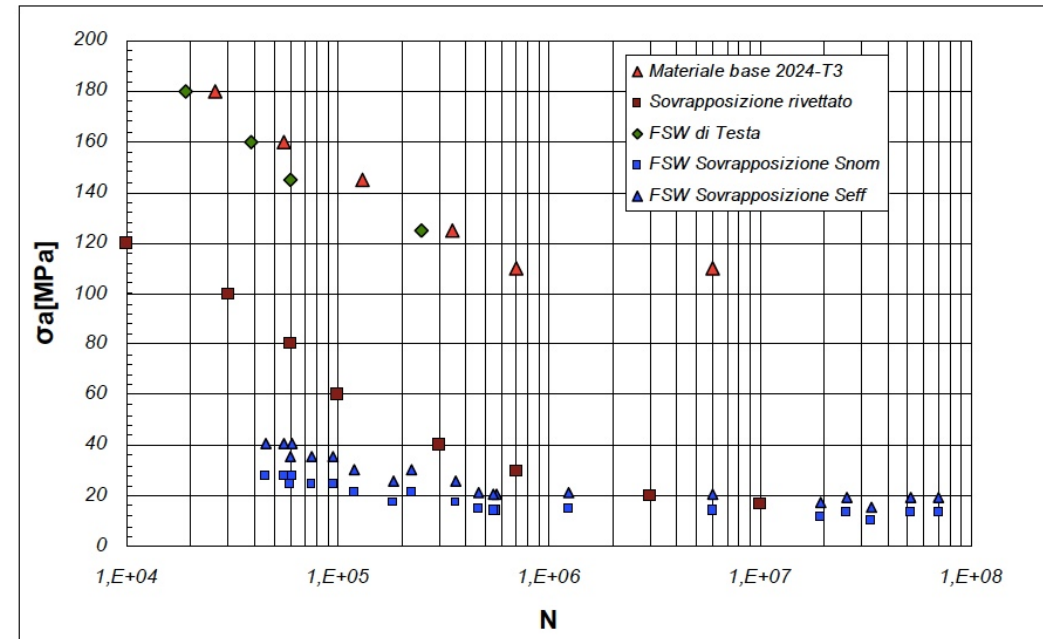
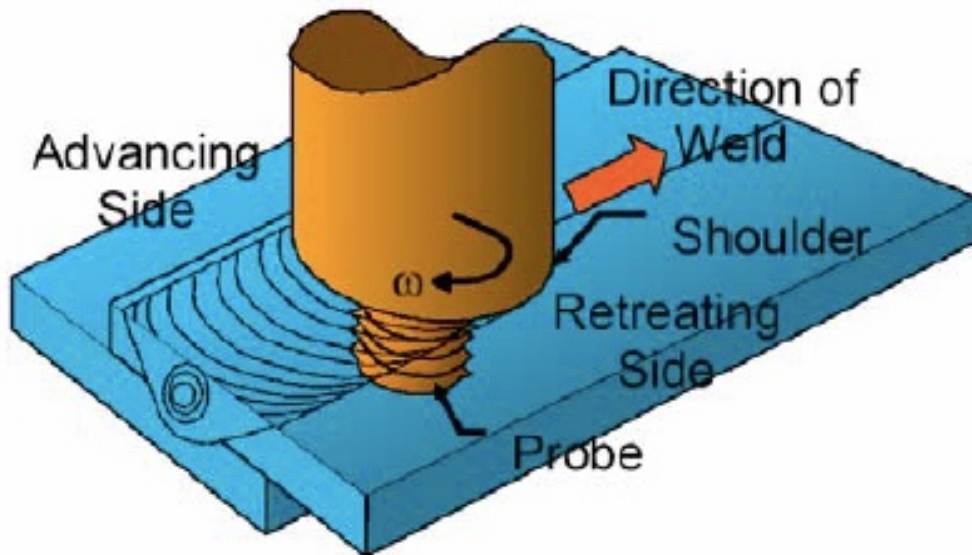
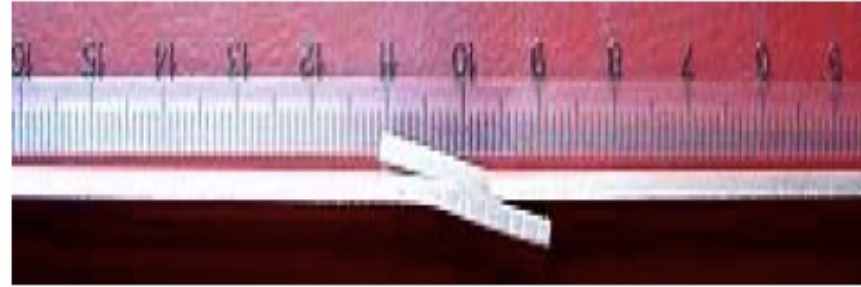
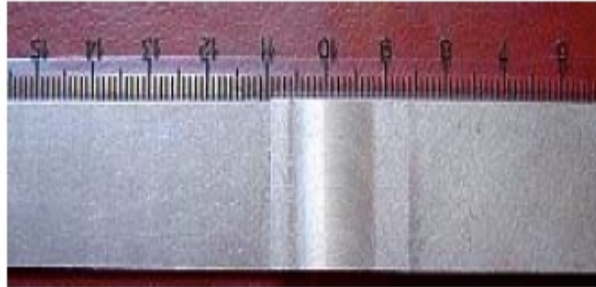


Post Weld Heat Treatment Diagram

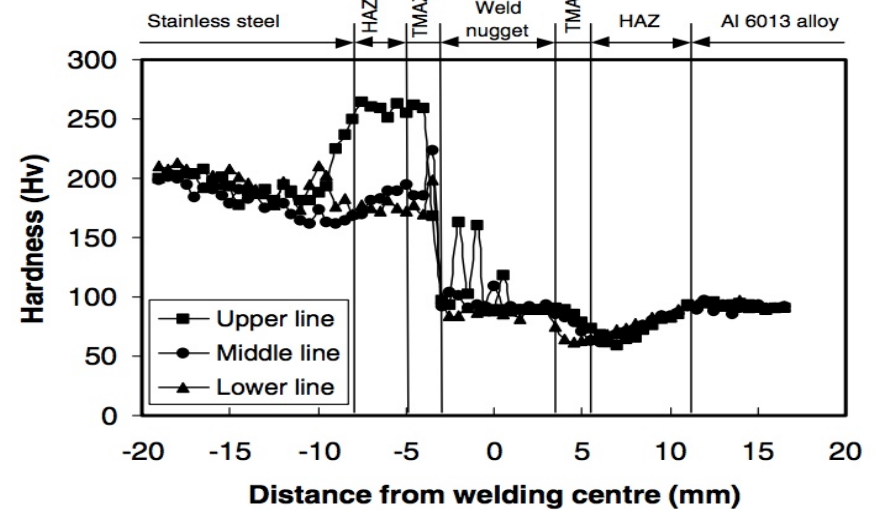
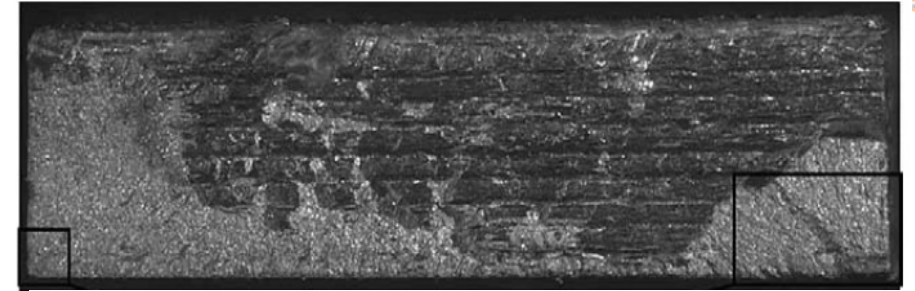
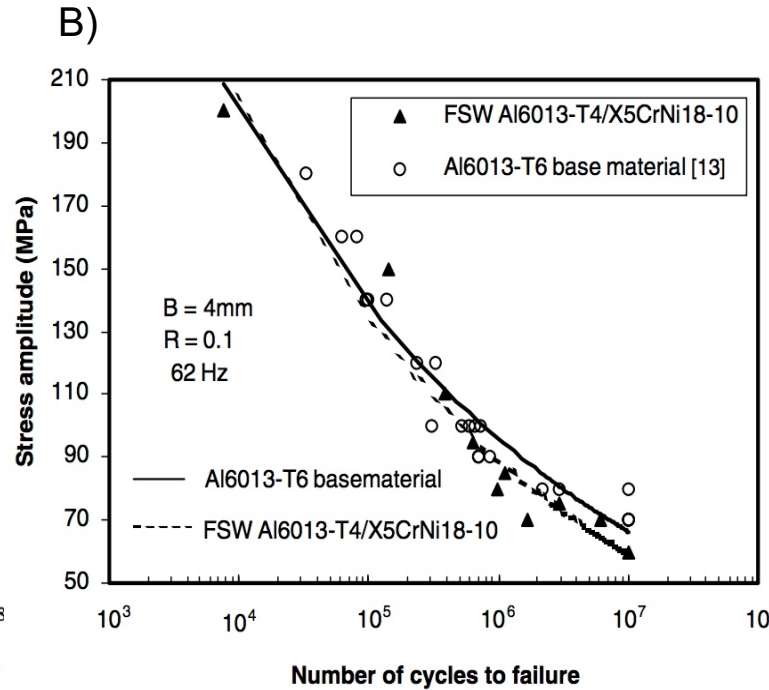
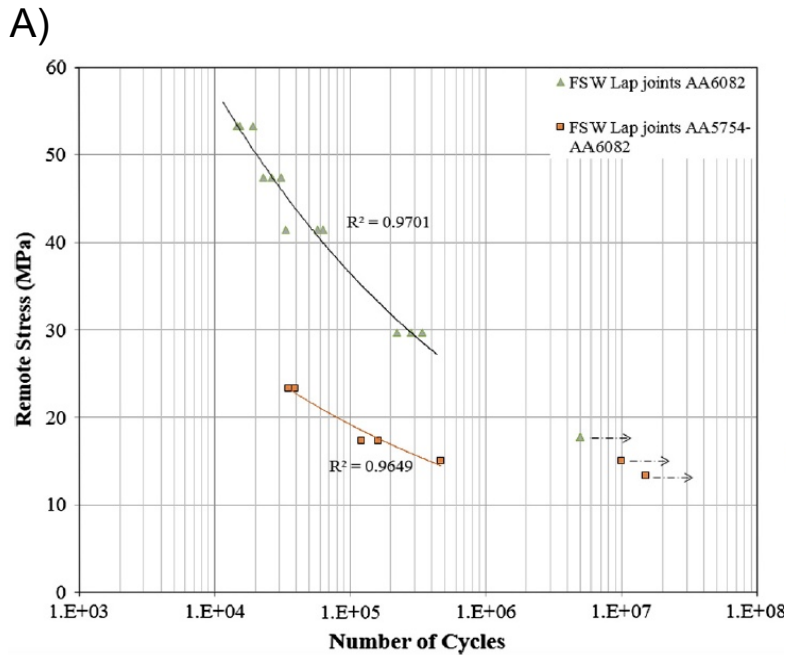


Fonte: incredible improvement in fatigue resistance of friction stir welded 7075- T651 aluminum alloy via surface mechanical rolling treatment Peng donga, □, zepeng liua, xin zhaia, zhifeng yana, wenxian wanga, peter k. Liaw

Fino ad ora abbiamo sempre considerato le giunzioni di testa, ma come anticipato nell'introduzione, esistono altri tipi di giunzione, come quella per sovrapposizione (Lap Joints).



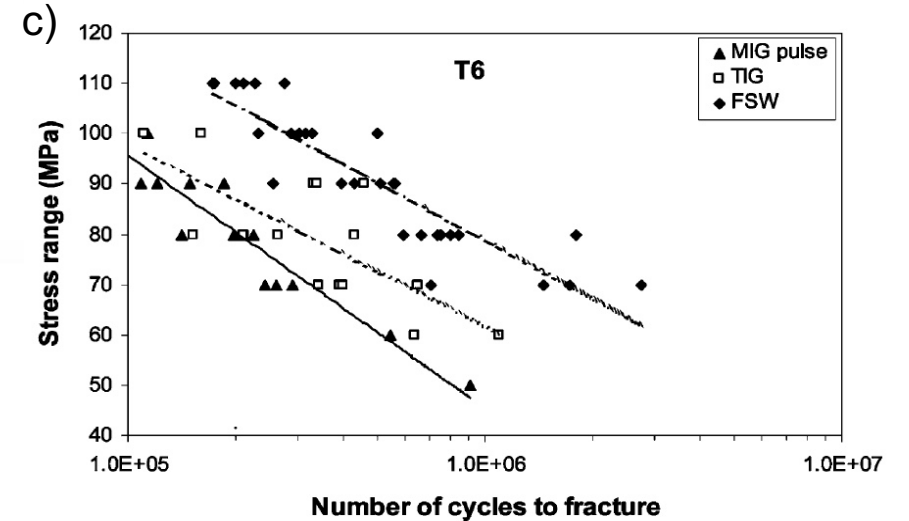
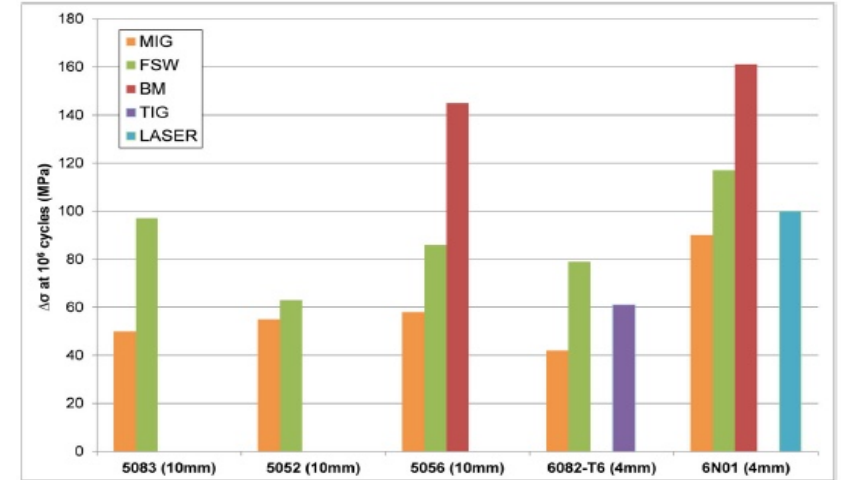
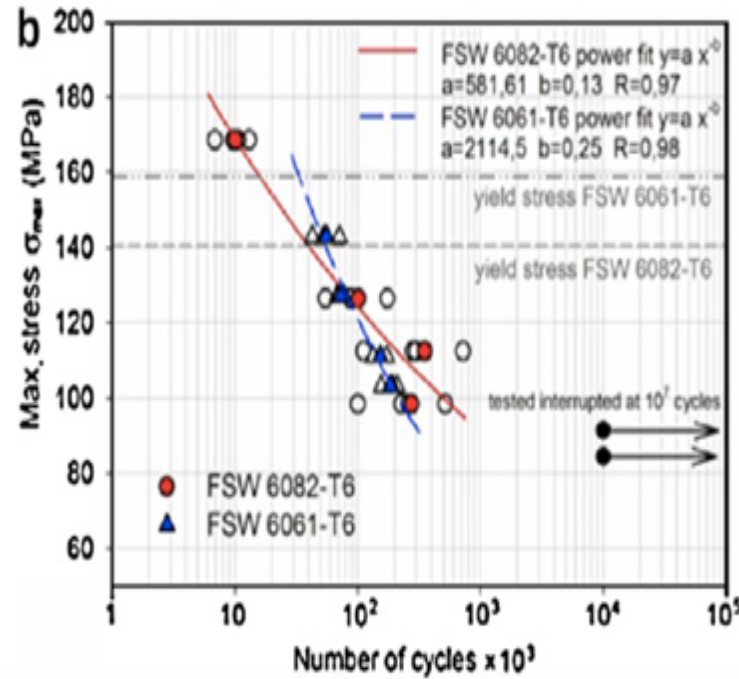
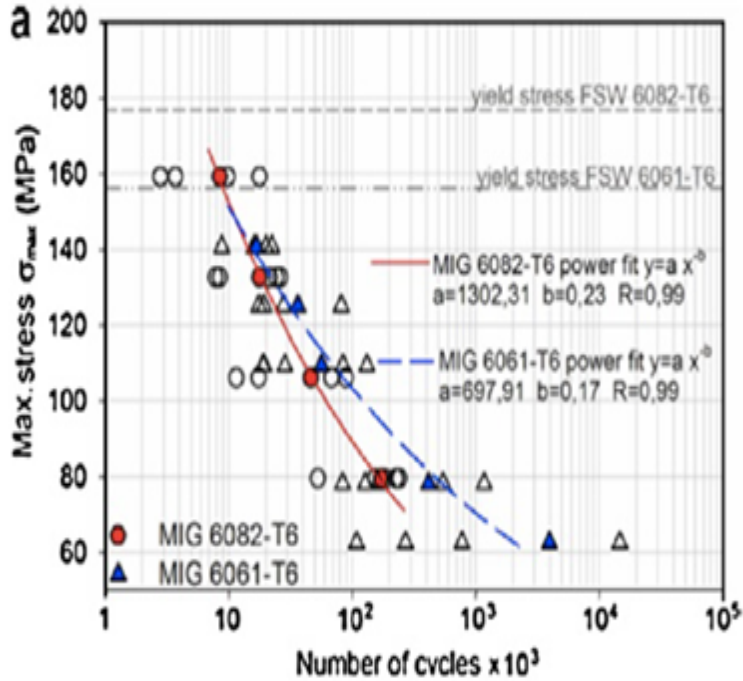
Recenti ricerche hanno studiato la possibilità e fattibilità della giunzione tramite FSW su leghe d'alluminio diverse tra loro, cosa non eseguibile con le comuni tecniche di saldatura ad arco.



- A) Curve S-N per giunzioni per FSW confronto tra giunzioni dissimili Al6082/Al5754 e giunzioni tra Al6082;
- B) Curve S-N per giunzioni per FSW confronto tra giunzioni dissimili Al6013/X5CrNi18-10 e materiale base Al6013.

Fonte: study of the fatigue behaviour of dissimilar aluminium joints produced By friction stir welding V. Infante a,†, d.f.o. braga b, f. Duarte b, p.m.g. moreira b, m. De freitas a, p.m.s.t. de castro

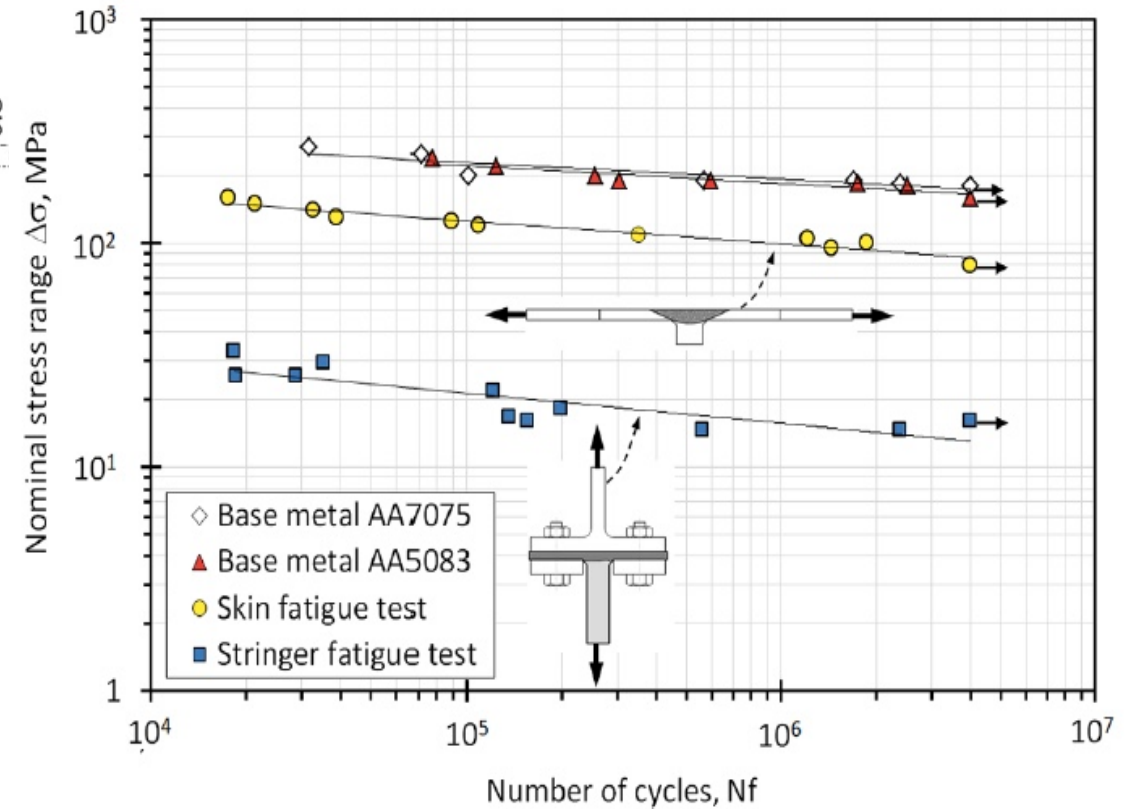
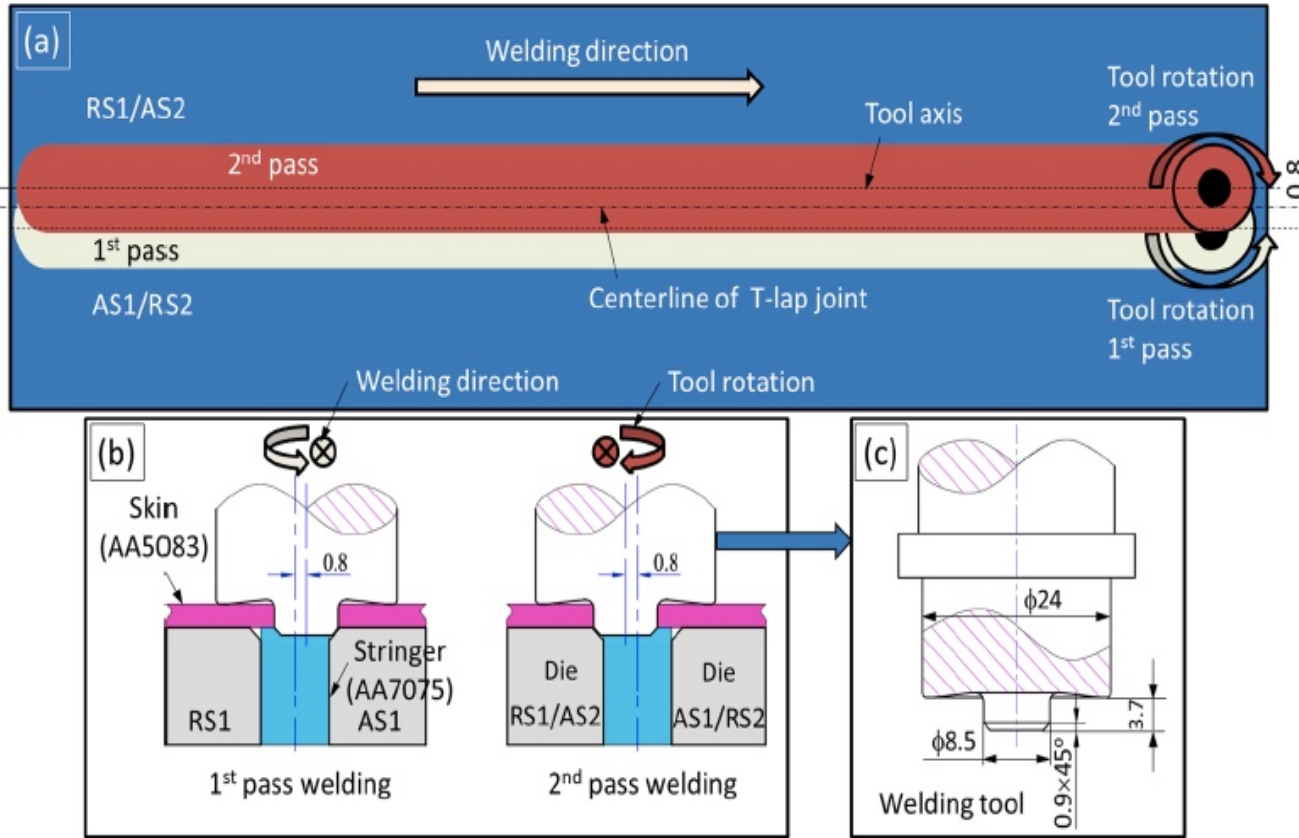
L'aspetto probabilmente più importante dello studio della resistenza a fatica di questo tipo di saldatura è il confronto con le saldature convenzionali.



- A) Curve S-N vita a fatica di giunzioni MIG (R=0.1);
- B) Curve S-N vita a fatica per leghe alluminio 6082 e 6061 (R=0.1);
- C) Curve S-N vita fatica per leghe TIG-MIG per leghe Al 6082 (R=0.5)

Fonte: Fatigue behaviour of FSW and MIG weldments for two aluminium alloys P.M.G.P. Moreira *, M.A.V. de Figueiredo, P.M.S.T. de Castro FEUP, Faculty of Engineering, University of Porto, R. Dr. Roberto Frias, 4200-465 Porto, Portugal Available online 23 July 2007

Studiamo ora un componente a “T” di materiale diverso tra parte superiore e inferiore. La giunzione per FSW, in questo caso, si svolge mediante due passate con senso di rotazione contrapposto dell’utensile anche per diminuire il difetto di “kissing bond”.



Fonte: Fatigue behavior of dissimilar friction stir welded T-lap joints between AA5083 and AA7075 Hao Dinh Duong, Masakazu Okazaki, Tra Hung Tran a Department of Engineering Mechanics, Nha Trang University, 02 Nguyen Dinh Chieu Street, Nha Trang City, Viet Nam

La FSW ad un milione di cicli per una lega d'alluminio 6082 (R=0,5) ha risultati del 35% migliori di saldatura TIG e del 60% migliori di saldatura MIG, per lega d'alluminio 5056 sempre ad un milione di cicli ha risultati del 45% migliori rispetto a MIG.

Una saldatura per FSW seguita dai giusti trattamenti termici e meccanici (trattamento termico + deep rolling) su lega alluminio 7075 ha un risultato su test a fatica a 300 Mpa del 139% migliore rispetto ad una FSW senza trattamenti.

Una giunzione per FSW tra Al 7075 trattata tramite SRMT, a circa 1 milione di cicli ha risultati migliori del 20% rispetto una non trattata.

La FSW mediante Lap Joints ha risultati comparabili ai giunti rivettati.

La FSW è un metodo di saldatura molto valido anche per la giunzione di leghe di materiali diversi tra loro, altrimenti difficilmente eseguibili.