

Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale
Prova Finale – Laurea in Ingegneria Meccanica

Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici

Tutor Universitario:
Prof. Giovanni Meneghetti

Laureando:
Sofia Caloi

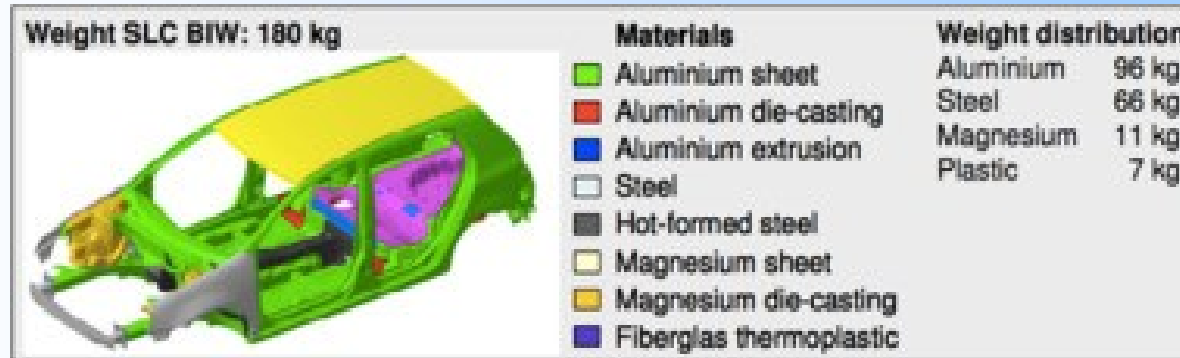
Padova, 21/11/2023



Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi

INTRODUZIONE & OBIETTIVI

STRUTTURA IBRIDA: struttura costituita da due o più componenti di **materiali dissimili uniti insieme** per ottenere una **prestazione fisica specifica**



PROBLEMATICHE:

le **diverse proprietà** dei materiali uniti possono costituire un problema durante il processo di giunzione e per la resistenza strutturale del giunto

VERIFICHE STRUTTURALI:

assenza di procedure standardizzate per la verifica statica e a fatica di giunti saldati dissimili

OBIETTIVI

Analisi bibliografica sulla letteratura esistente relativa ai giunti saldati ad arco tra materiali metallici dissimili



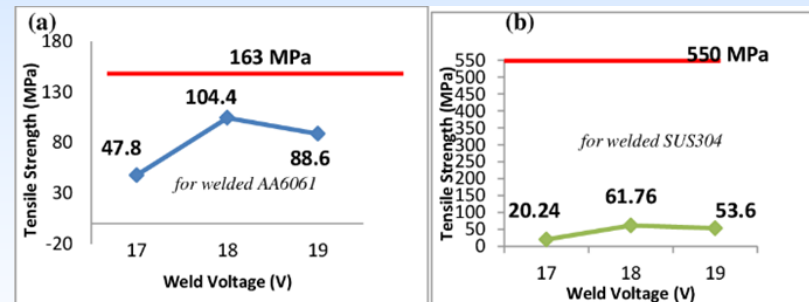
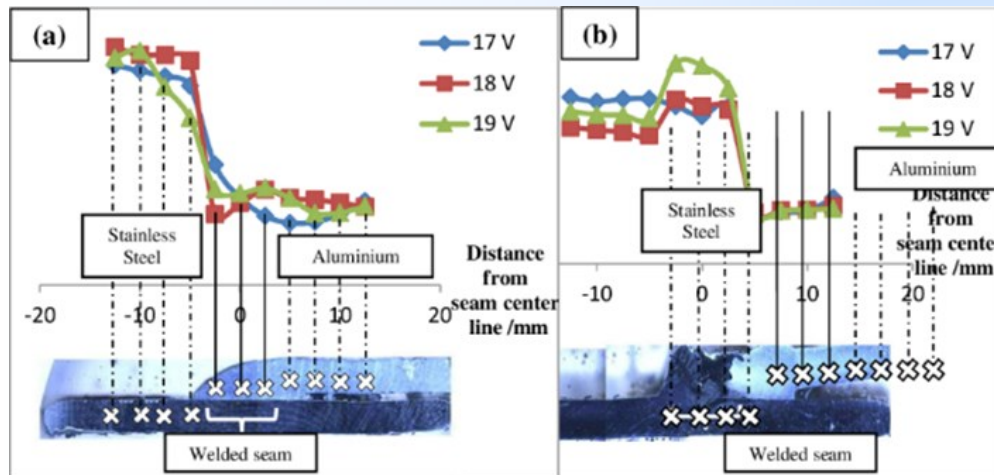
GIUNTI IBRIDI TRA ALLUMINIO E ACCIAIO



- strutture **leggere, rigide e resistenti**
- **diverse proprietà termiche** e la formazione di composti intermetallici (**IMC**) provocano tensioni residue e crepe

Saldatura MIG - Shah et al.

- Giunti AA 6016/ SUS304 con riempitivo in Al ER5356 o in acciaio inossidabile ER308LSi
- Risultati ottimali ottenuti con tensione di saldatura 18V e riempitivo Al ER5356



Resistenza a trazione

Profilo di durezza

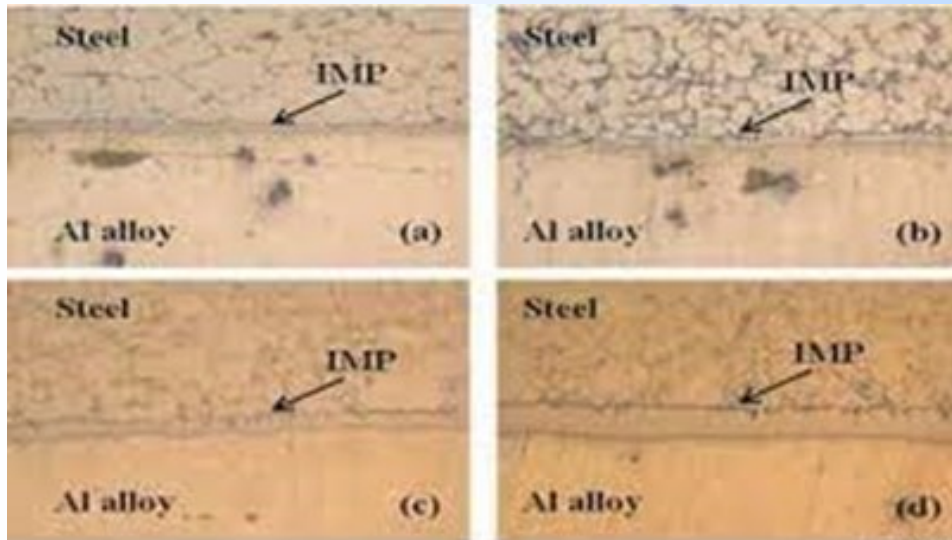
Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi



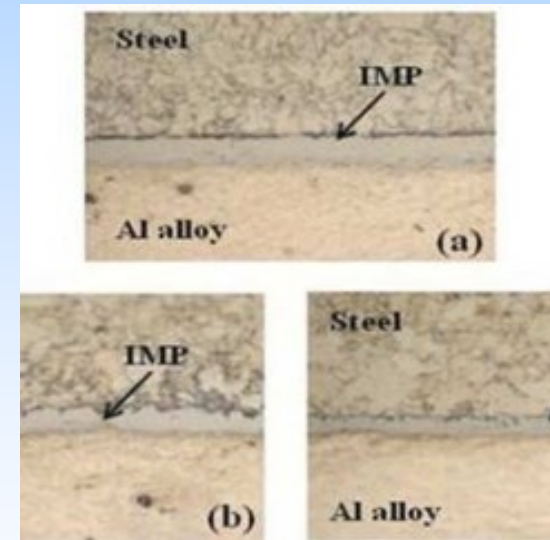
GIUNTI IBRIDI TRA ALLUMINIO E ACCIAIO

Saldatura TIG - *Borrisutthekul et al.*

- Giunti AA1100-H12 / acciaio
- Velocità maggiore, corrente minore e apporto termico minore consentono di avere:
 1. **Strato IMC** minore
 2. **Microstruttura** ZTA Al con grana grossolana più fine
 3. **Resistenza a trazione** maggiore (500-800 MPa)



Strato IMC a 0,65 mm/s e (a) 90 A; (b) 110 A; (c) 130 A; (d) 150 A



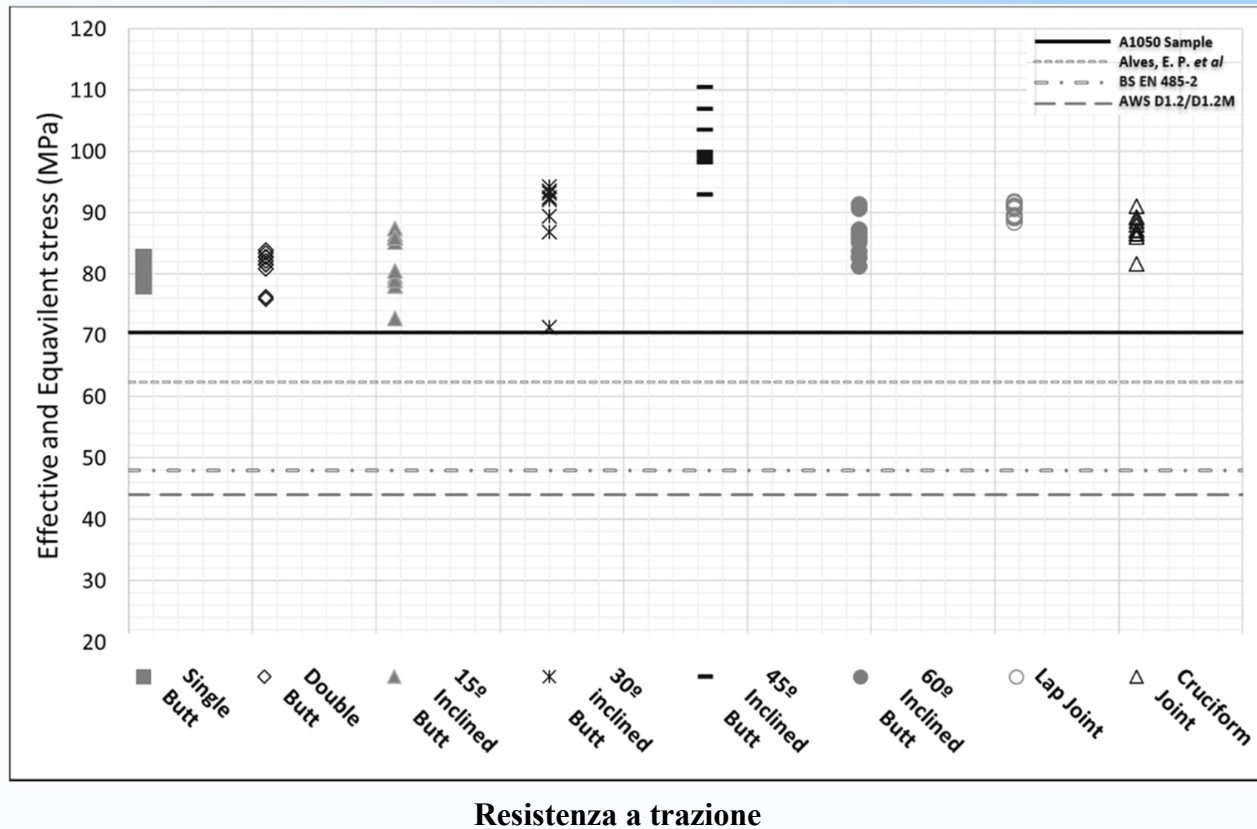
Strato IMC a 130 A e (a) 0,55 mm/s;
(b) 0,60 mm/s; (c) 0,65 mm/s



GIUNTI IBRIDI TRA ALLUMINIO E ACCIAIO

Saldatura EWM ColdArc –Zamzami et al.

- Giunti Al AA1050 / acciaio a basso tenore di carbonio zincato EN10130:1991 per diverse configurazioni di giunto
- **Strato IMC** assente grazie a basso apporto termico generato da tecnica ColdArc



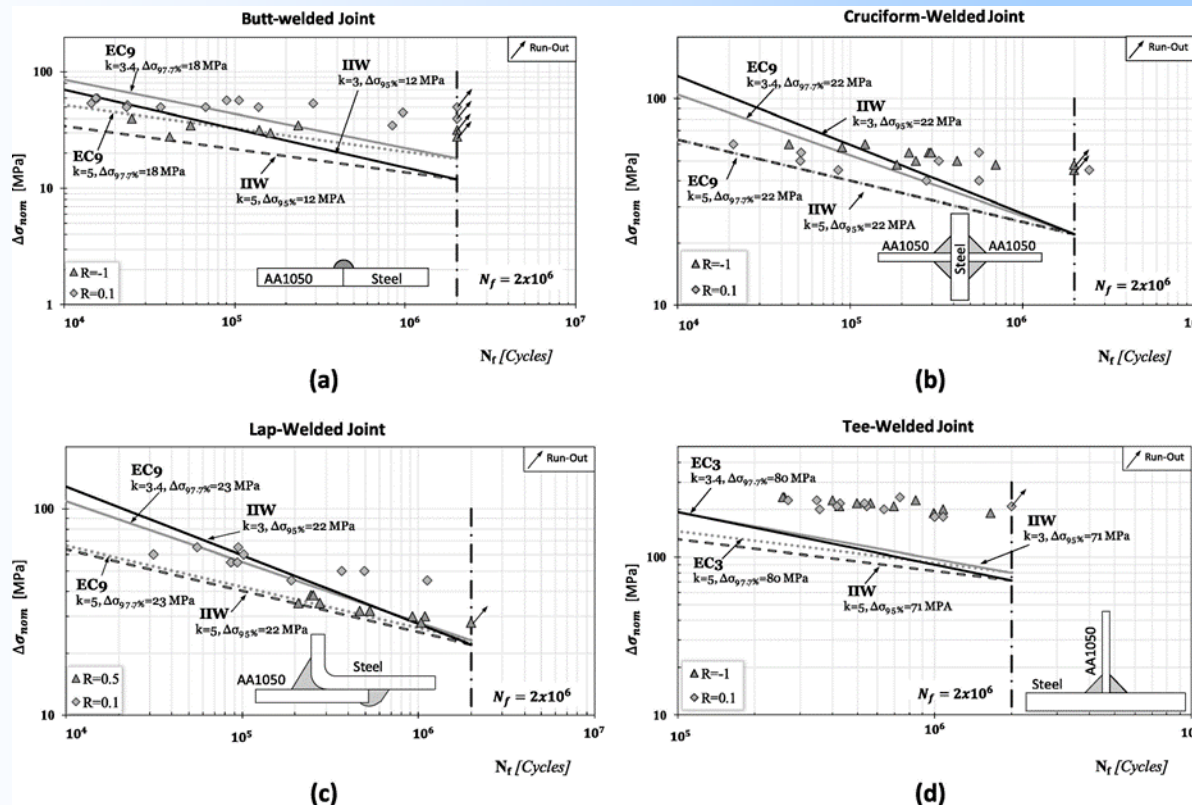
Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi



GIUNTI IBRIDI TRA ALLUMINIO E ACCIAIO

Saldatura EWM ColdArc – Zamzami et al.

- Giunti Al AA1050 / acciaio a basso tenore di carbonio zincato EN10130:1991 per diverse configurazioni di giunto
- **Strato IMC** assente grazie a basso apporto termico generato da tecnica ColdArc



Resistenza a fatica

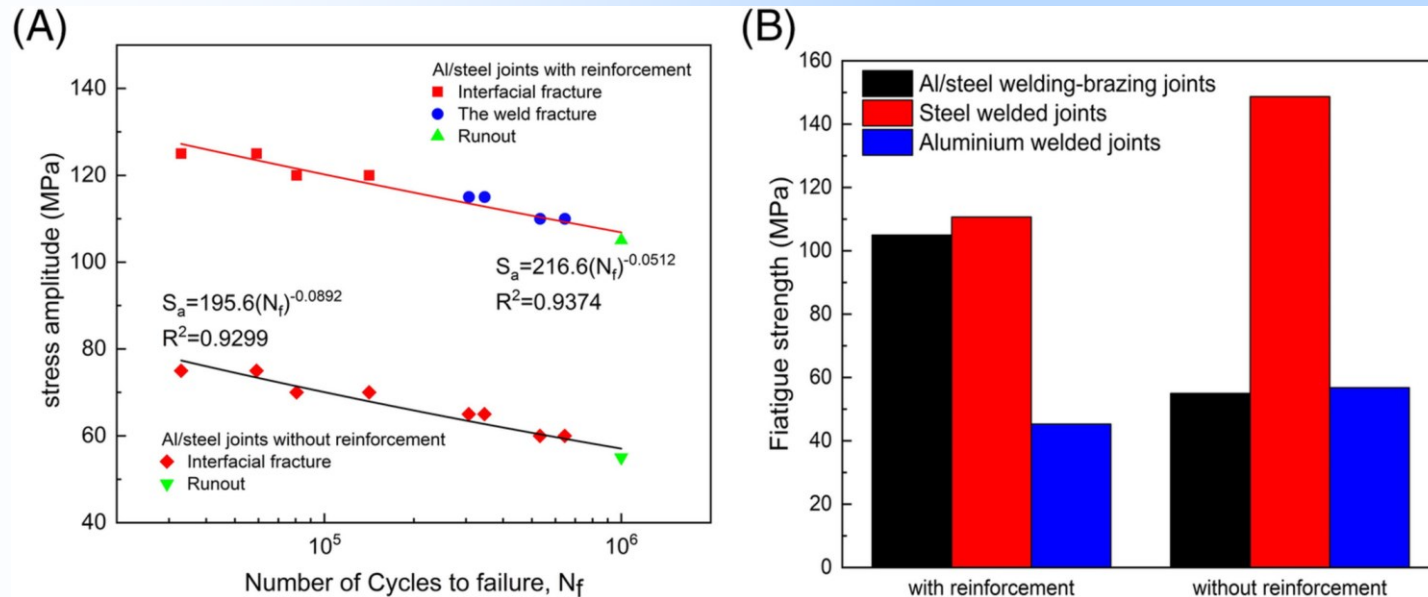
Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi



GIUNTI IBRIDI TRA ALLUMINIO E ACCIAIO

Saldatura brasatura Laser-MIG – Liu et al.

- Giunti Al 6061-T6 / SUS304 con o senza rinforzo
- **Resistenza a trazione:** con rinforzo pari al 70% dell'Al base (200 MPa) e maggiore del caso senza rinforzo (165 MPa)
- **Resistenza a fatica:** con rinforzo (105 MPa) superiore al caso senza rinforzo (55 MPa)



Resistenza a fatica

Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici

Sofia Caloi



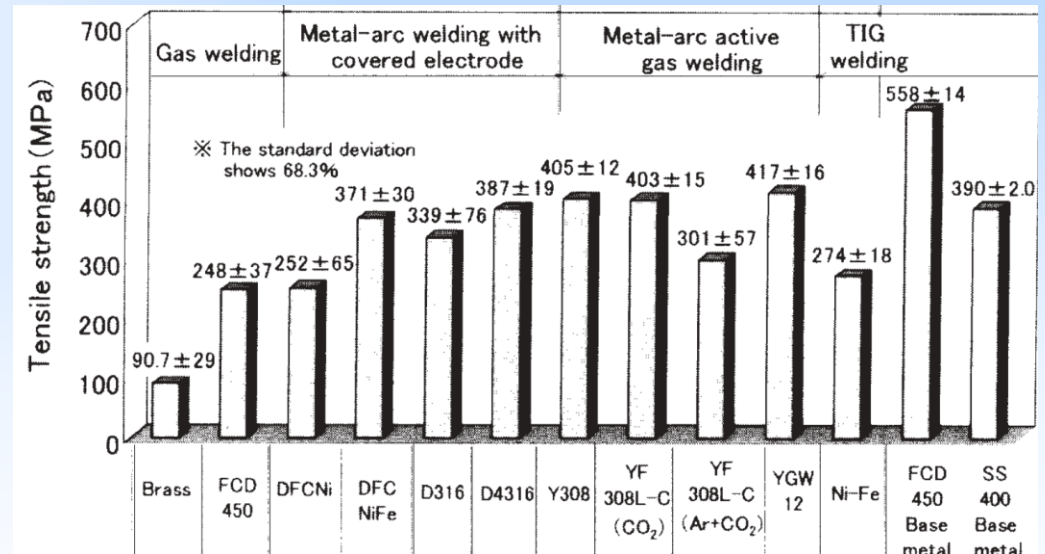
GIUNTI IBRIDI TRA GHISA E ACCIAIO

- componenti dalle **ottime proprietà meccaniche** e **peso ridotto**
- **diverse proprietà termiche** e **scarsa saldabilità della ghisa** rendono difficile la progettazione di giunti saldati per fusione

Giunti DCI/acciaio

1. DCI FCD450 / acciaio dolce S400 - Fujii et al.

- A gas con ottone o FCD450 e TIG con Ni-Fe: resistenza a trazione bassa per presenza di difetti
- SMAW con DFCNi o DFCNiF: rottura per trazione nel metallo saldato
- SMAW con D316 o D4316 e MAG con Y308, YF308LC (CO₂), YGW12: resistenza a trazione prossima al metallo base DCI



Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi



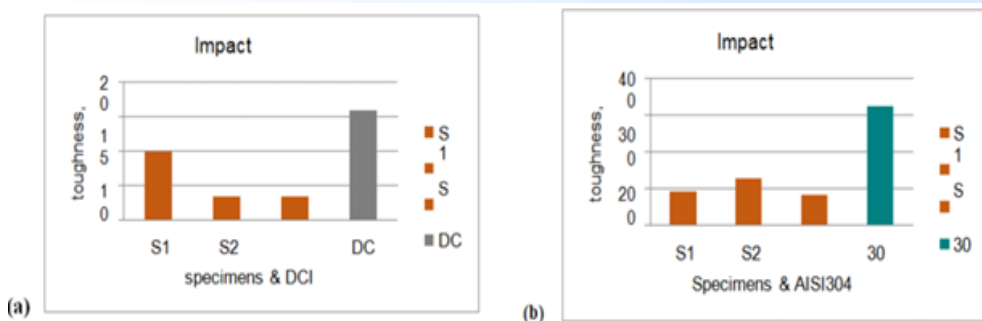
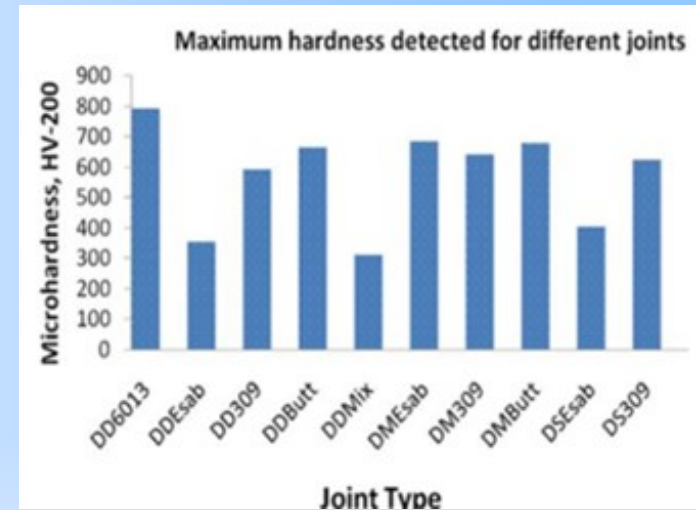
GIUNTI IBRIDI TRA GHISA E ACCIAIO

2. DCI/acciaio dolce ST37 o acciaio inossidabile 304 - *El-Shennawy & Omar*

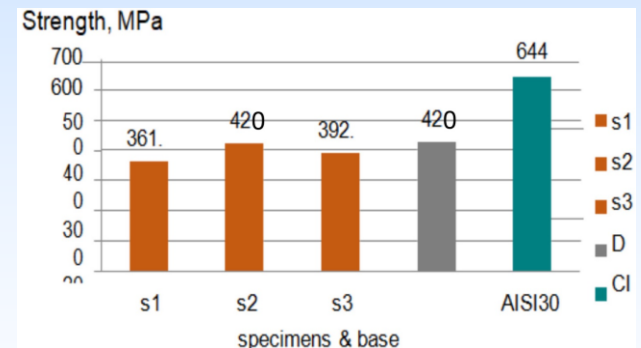
- SMAW con ENiFe-Cl: metallo saldato con bassa durezza e elevata tenacità

3. DCI / AISI304 - *Sehsah et al.*

- Buttering con ENiFeCl e riempitivo E309L (S1): elevata resilienza nella HAZ DCI
- Buttering con ER Cu Al-A2 e riempitivo ENiCrFe3 (S2): elevata resistenza a trazione



Resistenza a impatto



Resistenza a trazione

Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi

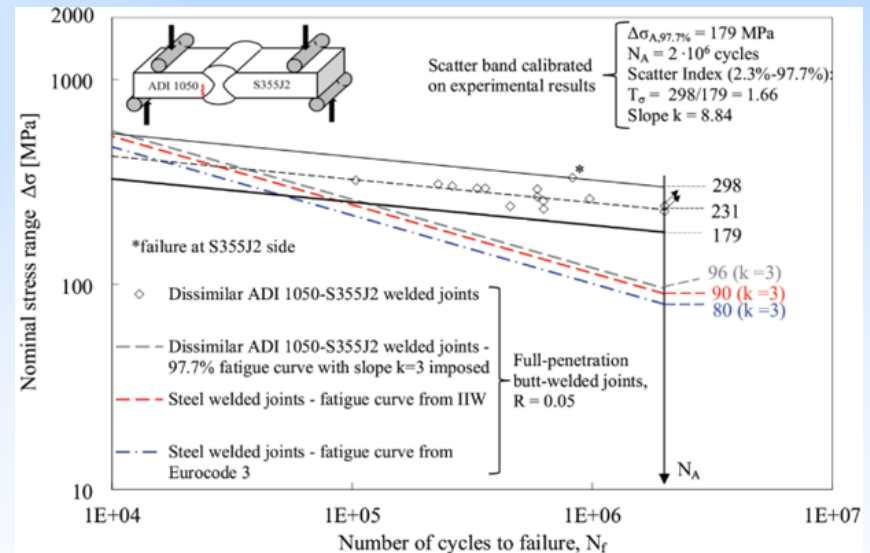
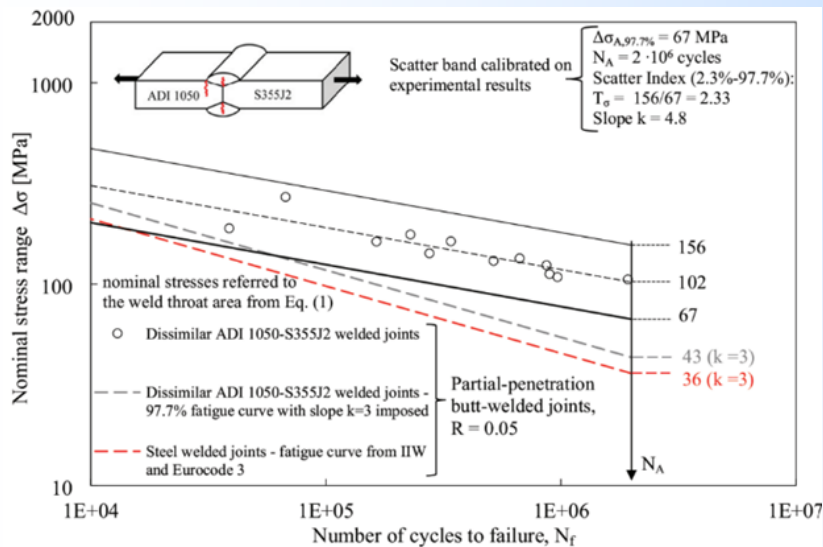


GIUNTI IBRIDI TRA GHISA E ACCIAIO

Giunti ADI/acciaio - Meneghetti et al.

ADI 1050 / acciaio S355J2 saldati GMAW con SCNiFe-2

- ZTA ADI priva di martensite con valori di **durezza** simili a metallo base ADI
- **Tensioni residue** di trazione attenuate
- **Resistenza a fatica** superiore ai corrispondenti giunti saldati omogenei in acciaio



Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici

Sofia Caloi

slide 10

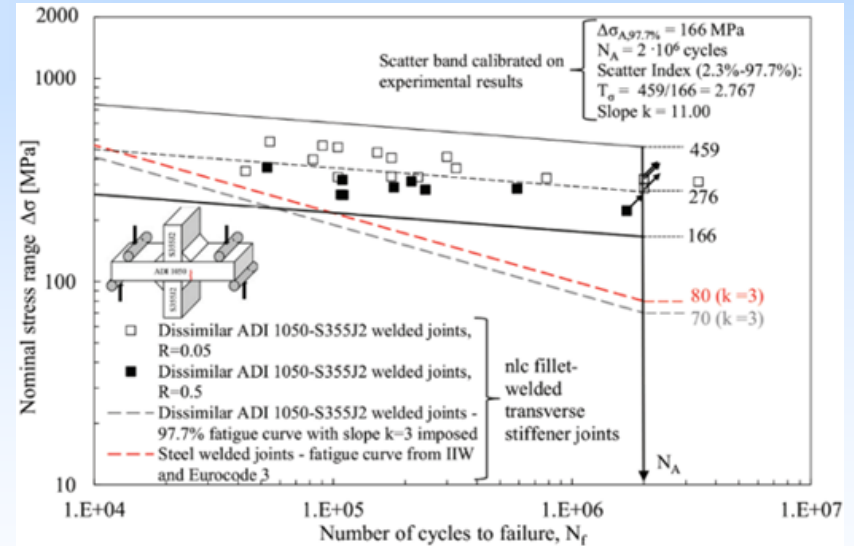
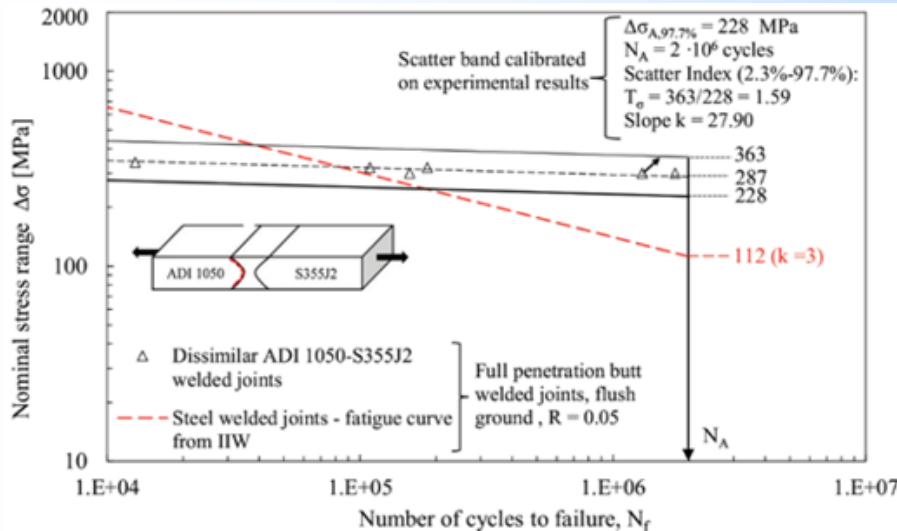


GIUNTI IBRIDI TRA GHISA E ACCIAIO

Giunti ADI/acciaio - Meneghetti et al.

ADI 1050 / acciaio S355J2 saldati GMAW con SCNiFe-2

- ZTA ADI priva di martensite con valori di **durezza** simili a metallo base ADI
- **Tensioni residue** di trazione attenuate
- **Resistenza a fatica** superiore ai corrispondenti giunti saldati omogenei in acciaio



Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici

Sofia Caloi



GIUNTI IBRIDI TRA GHISA E ACCIAIO

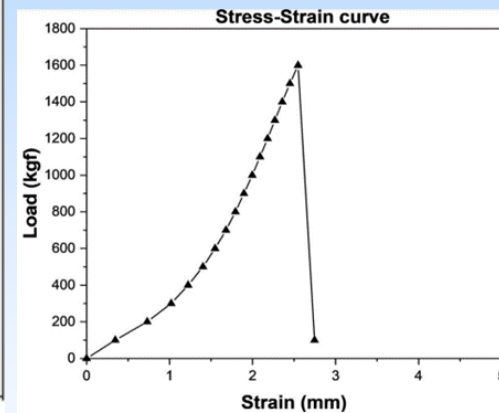
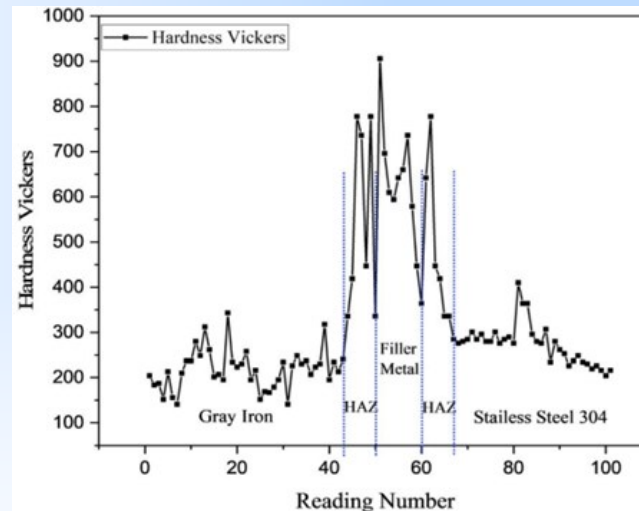
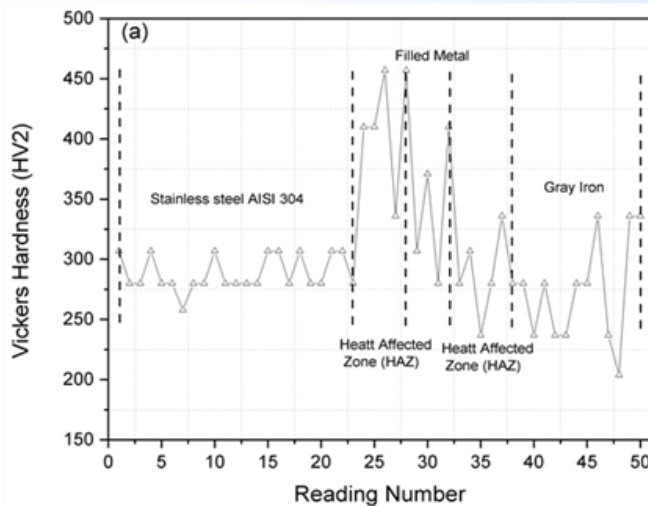
Giunti GCI/acciaio

1. **GCI / AISI 304** saldati SMAW con E-NiCl - *García-Lira et al.*

- HAZ acciaio e metallo saldato: ingrossamento grano con aumento significativo di durezza

2. **GCI / AISI 304** saldati SMAW con E308-16 e **rapido raffreddamento** in acqua - *Curiel-Razo et al.*

- HAZ GCI: prevalenza di martensite con durezza elevata
- Comportamento fragile a trazione dei giunti saldati



Resistenza strutturale di giunti ibridi tra materiali metallici
Sofia Caloi



CONCLUSIONI

- **Carenti informazioni** relative ai giunti saldati dissimili
- **Numerose sfide** da risolvere
- Necessarie **ulteriori prove sperimentali** per definire **procedure standard di progettazione**



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

