

L'ACCIAIO INOSSIDABILE NELLA COSTRUZIONE DI AUTOBUS F. Capelli, V. Boneschi – Centro Inox, Milano

Introduzione

In questo articolo si illustrerà brevemente l'impiego dell'acciaio inossidabile per la costruzione di autobus.

In particolare si porrà attenzione al nuovo ruolo che l'inox ha assunto nel corso degli anni in questo settore, divenendo sempre più materiale strutturale che, in più, resiste alla corrosione.

L'acciaio inossidabile nei bus: un po' di storia

Ultimamente, in Italia, l'impiego di acciaio inossidabile, sia per i tamponamenti esterni che per parti strutturali di autobus, è cresciuto in maniera considerevole.

Originariamente l'inox, in formato nastro e lamiera, veniva utilizzato solo per le parti più esposte alla corrosione, vale a dire i "passaruota" (**fig. 1**) e i pannelli sotto cintura, che, comunque, venivano trattati con un primer e una vernice epossidica.

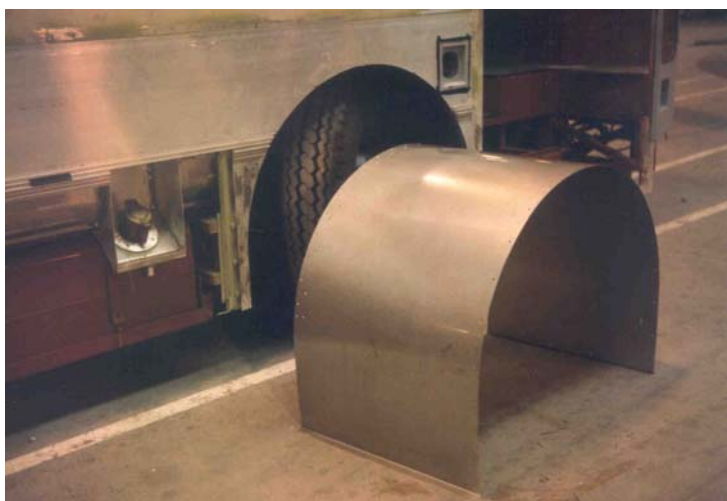


Figura 1: il dettaglio di un passaruota in acciaio inossidabile.

Circa quindici fa anni si realizzarono le prime esperienze di impiego di tubi inox quadro e rettangolare per le parti strutturali. Alcuni prototipi vennero messi su strada a titolo sperimentale.

I risultati furono molto soddisfacenti, sia da un punto di vista delle prestazioni meccaniche che per ciò che concerne la resistenza alla corrosione, anche nelle situazioni più aggressive.

Di conseguenza dai prototipi si passò alla produzione vera e propria e, oggi, molti costruttori di autobus fanno uso di acciaio inossidabile sia per le parti strutturali che per quelle di tamponamento più esposte ad attacchi corrosivi (**fig. 2a e 2b**).



Figura 2a: la struttura di un autobus turistico moderno (Eurobus – MO).



Figura 2b: l'autobus finito (Eurobus – MO).

Quali parti in acciaio inox?

Vediamo in dettaglio quali sono le parti che, nella costruzione di bus, sono realizzate con acciaio inox.

Per ciò che riguarda il rivestimento, le parti realizzate in inox sono, nella zona sottocintura:

- passaruote interni ed esterni;
- rivestimenti esterni e fiancate;
- fascione posteriore;
- vano bagagli;
- rivestimento alloggiamento servizi;

in quella sopracintura:

- rivestimenti esterni fiancate;
- testata anteriore;
- testata posteriore;
- parte dell'imperiale.

Più interessante è però l'impiego per le parti strutturali. In questo caso l'acciaio inox ben si sposa con entrambe le esigenze dei due possibili criteri costruttivi:

uno in cui è prevista una scocca “collaborante” a pianale portante e l’altro dove, invece, la scocca è completamente “autoportante”.

La maggior parte dei veicoli si realizza seguendo il primo criterio costruttivo, per cui su un telaio si va a saldare il traliccio di tubolare inox a sezione quadra o rettangolare.

Altre ditte costruttrici adottano invece la seconda soluzione, in cui la scocca è completamente indipendente.

Anche dal punto di vista della progettazione si sono percorse strade diverse. Infatti, mentre alcune aziende hanno completamente rielaborato il disegno della scocca sulla base delle caratteristiche proprie dell’acciaio inox, altre hanno semplicemente trasferito i criteri costruttivi, fino a quel momento seguiti per la struttura in acciaio al carbonio, alla soluzione in acciaio inossidabile, diminuendo solo in alcune parti gli spessori dei tubolari.

In ogni caso i vantaggi tecnici sono stati notevoli e sicuramente più marcati laddove si è proceduto ad una progettazione “ex novo”. Tali vantaggi si possono così sinteticamente riassumere:

- diminuzione del peso globale della struttura;
- assenza di fenomeni corrosivi;
- maggiore resistenza della struttura;
- maggiore spazio interno disponibile;
- assenza di manutenzione nel tempo.

E’ importante sottolineare in particolare il discorso “sicurezza” legato alla maggiore resistenza ottenuta.

Infatti, rispetto alla soluzione in acciaio al carbonio, si è arrivati ad ottenere, in alcuni casi, un incremento di circa il 20% della resistenza alla deformazione di tutta la zona passeggeri. Questo fatto è di notevole interesse in previsione delle direttive CEE in materia di sicurezza.

Il minor peso ha invece portato, come conseguenza diretta, ad una diminuzione dei consumi di carburante, nonché delle sollecitazioni su tutti gli organi meccanici.

Gli acciai inossidabili impiegati

Gli acciai inossidabili più utilizzati in questo settore sono per il 90% quelli della serie austenitica, in particolare l’AISI 304 (EN 1.4301), eventualmente nella versione “L” a basso carbonio, o, più raramente, l’AISI 301 (EN 1.4310) o la sua versione a basso carbonio. Questi sono utilizzati per la parte strutturale della scocca, in virtù delle loro proprietà meccaniche, che, è bene ricordarlo, possono essere innalzate di molto mediante deformazione plastica a freddo. In generale non necessitano di alcun rivestimento, vista la loro ottima resistenza alla corrosione. Sempre per la parte strutturale, alcuni costruttori fanno uso di acciaio inossidabile ferritico EN 1.4003, per il quale è opportuna la verniciatura, avendo una resistenza alla corrosione non paragonabile a quella dei tipi austenitici sopraccitati.

L’AISI 430 (EN 1.4016), acciaio inossidabile ferritico, è impiegato per accessori e parti non strutturali.

Nella tabella 1 sono riportate le caratteristiche fisiche e meccaniche dei tipi di acciai inox più usati in Italia per la costruzione di autobus.

Tabella 1: caratteristiche fisico-meccaniche degli acciai inossidabili più usati in Italia per la costruzione di autobus secondo UNI EN 10088

Materiale	1.4301 (AISI 304)	1.4016 (AISI 430)
Caratteristica		
Struttura	Austenitica	Ferritica
R_{p0,2} [N/mm²]* (min.) (trasversale)	230	280
R_m [N/mm²]*	540÷750	450÷600
Modulo di elasticità a 20 °C [kN/mm²]	200	220
Allungamento % a rottura*	45	20
Massa Volumica [kg/dm³]	7,9	7,7
Coefficiente di dilatazione termica tra 20 e 100 °C	16,0	10,0
Conduttività termica a 20°C [W/m×K]	15	25

*Secondo UNI EN 10088-2, per nastri laminati a freddo allo stato ricotto.

Si ricorda che anche nel sistema di scarico l'acciaio inossidabile è presente in diverse varianti.

Le lavorazioni

Sia per i tamponamenti che per le parti strutturali le lavorazioni che entrano nel ciclo produttivo sono:

- taglio;
- foratura;
- piegatura;
- profilatura;
- bordatura;
- imbutitura;

Grazie ai bassi spessori in gioco, queste lavorazioni non creano alcun problema al trasformatore.

I sistemi di giunzione consentono poi l'unione di inox con inox o inox con altri materiali, come l'acciaio al carbonio, l'alluminio, la vetroresina ed i compositi.

Le tecniche più usate sono:

- saldatura (TIG, MIG, a elettrodo, a resistenza per punti);
- rivettatura;
- incollaggio.

In particolare la rivettatura è impiegata per unire l'inox con materiali dissimili, sempre utilizzando rivetti inox a strappo.

La pratica dell'incollaggio mediante adesivi strutturali è sempre più utilizzata, soprattutto per la giunzione dell'inox con materiali molto meno nobili, per evitare fenomeni di attacco galvanico, ma anche per gli indubbi vantaggi da un punto di vista della sigillatura da infiltrazioni e della fonoassorbenza.

Infine, per ciò che concerne le operazioni di finitura, si ricorda che a volte anche l'inox viene verniciato, seguendo cicli ben precisi. Alcune parti della carrozzeria rimangono invece "nude", così come molte parti non in vista.

Il ciclo produttivo: un esempio

Come esempio si vuole presentare un'applicazione particolarmente significativa per la realizzazione di un telaio di un autobus inter-city con struttura completamente autoportante della lunghezza di 12 metri (**fig. 3a e 3b**).



Figura 3a: autobus inter-city a struttura autoportante (De Simon - Osoppo UD)



Figura 3b: vista frontale dell'autobus inter-city.

L'intera struttura del veicolo è stata realizzata con acciai inossidabili del tipo AISI 304 (EN 1.4301) e AISI 430 (EN 1.4016), nei formati e nei quantitativi riportati nella tabella 2, per un totale di circa 1.800 chilogrammi a veicolo.

Tabella 2: dimensioni e quantitativi dei prodotti inox utilizzati nella costruzione di un autobus

Tipo di prodotto	Dimensioni [mm]	Quantità
Lamiera AISI 304 (EN 1.4301)	s=2	170 kg
	s=2,5	32 kg
	s=3	84 kg
Lamiera AISI 430 (EN 1.4016)	s=1	21 kg
	s=1,2	320 kg
	s=1,5	200 kg
Tubo quadrato e rettangolare AISI 304 (EN 1.4301)	20×20×1,5	6 m
	30×30×1,5	15 m
	40×20×1,5	70 m
	40×40×1,5	236 m
	40×40×2	137 m
	50×50×1,5	0,8 m
	60×40×1,5	130 m
	100×40×2	0,2 m
	80×40×2	12,6 m
	50×50×3	0,3 m
Tubo tondo AISI 304 (EN 1.4301)	Ø=12 s=1	20 m
	Ø=18 s=2	5,6 m
	Ø=14 s=1,5	0,5 m
Tondino inox	Ø=4	5,8 m

Nel reparto preparazione vengono allestiti i grossi componenti dell'autobus: il padiglione, le testate, le fiancate, gli sportelli ed altri particolari di completamento.

In un'apposita postazione si procede alla costruzione del pianale (**fig. 4**), ottenuto dalla saldatura di tubolari inox mediante tecnica MIG, con l'aiuto di apposite dime. Completata la struttura, questa viene estratta dalla dima e si procede alla saldatura dei pressopiegati che costituiscono i tamponamenti.



Figura 4: un dettaglio di pianali in acciaio inox tipo AISI 304.

Si passa poi alla costruzione del padiglione, la cui ossatura, anche in questo caso, è allestita in un'apposita dima mediante saldatura MIG di tubolari e pressopiegati in AISI 304.

Segue quindi la realizzazione delle due testate, anteriore e posteriore, sempre con tubolare inox AISI 304.

Si giunge quindi all'assemblaggio della cassa lastrata, dove i grossi gruppi sopra descritti vengono uniti mediante saldatura, sempre su apposite dime (**fig 5**).



Figura 5: testate, padiglione e traliccio dopo l'assemblamento.

La scocca viene completata con l'applicazione, mediante adesivi strutturali, delle lamiere esterne delle fiancate (AISI 430 – EN 1.4016) (**fig. 6**).



Figura 6: dettaglio dei rivestimenti incollati.

A questo punto la scocca grezza viene portata nel reparto primi arredamenti o di prima finitura, dove avvengono l'incollaggio dei rivestimenti per il pavimento e dei finestrini laterali, l'applicazione degli sportelli esterni, il rivestimento interno delle fiancate e altre operazioni di finitura.

La cassa lastrata, una volta passata al ciclo di verniciatura viene spostata, su apposite ruote, al reparto di montaggio dei gruppi meccanici, in cui gli "chassis" provenienti dall'esterno sono preparati a ricevere la cassa stessa (**fig. 7**).



Figura 7: la fase finale di posizionamento sullo chassis.

L'aspetto economico: il costo del ciclo di vita (LCC – Life Cycle Cost)

Grazie alla collaborazione della De Simon di Osoppo, una delle aziende che per prime ha sposato la filosofia dell'inox, è stato possibile stimare il vantaggio economico derivato dall'impiego di acciaio inossidabile al posto del classico acciaio al carbonio.

Si ricorda che l'assenza di manutenzione e di cicli di verniciatura influiscono in maniera determinante sul costo del ciclo di vita. In particolare nel caso esaminato, su un ciclo di vita utile di 20 anni, è stato possibile stimare un risparmio di circa 10.000.000 di lire (62.077.360 di lire per l'autobus inox e 71.947.671 di lire per l'autobus in acciaio al carbonio).

E' immediato percepire come tale differenza possa divenire determinante in un settore dove sempre di più si fanno pressanti le garanzie di durata nel tempo e non sempre risulta economicamente vantaggioso ricorrere a rivestimenti superficiali.