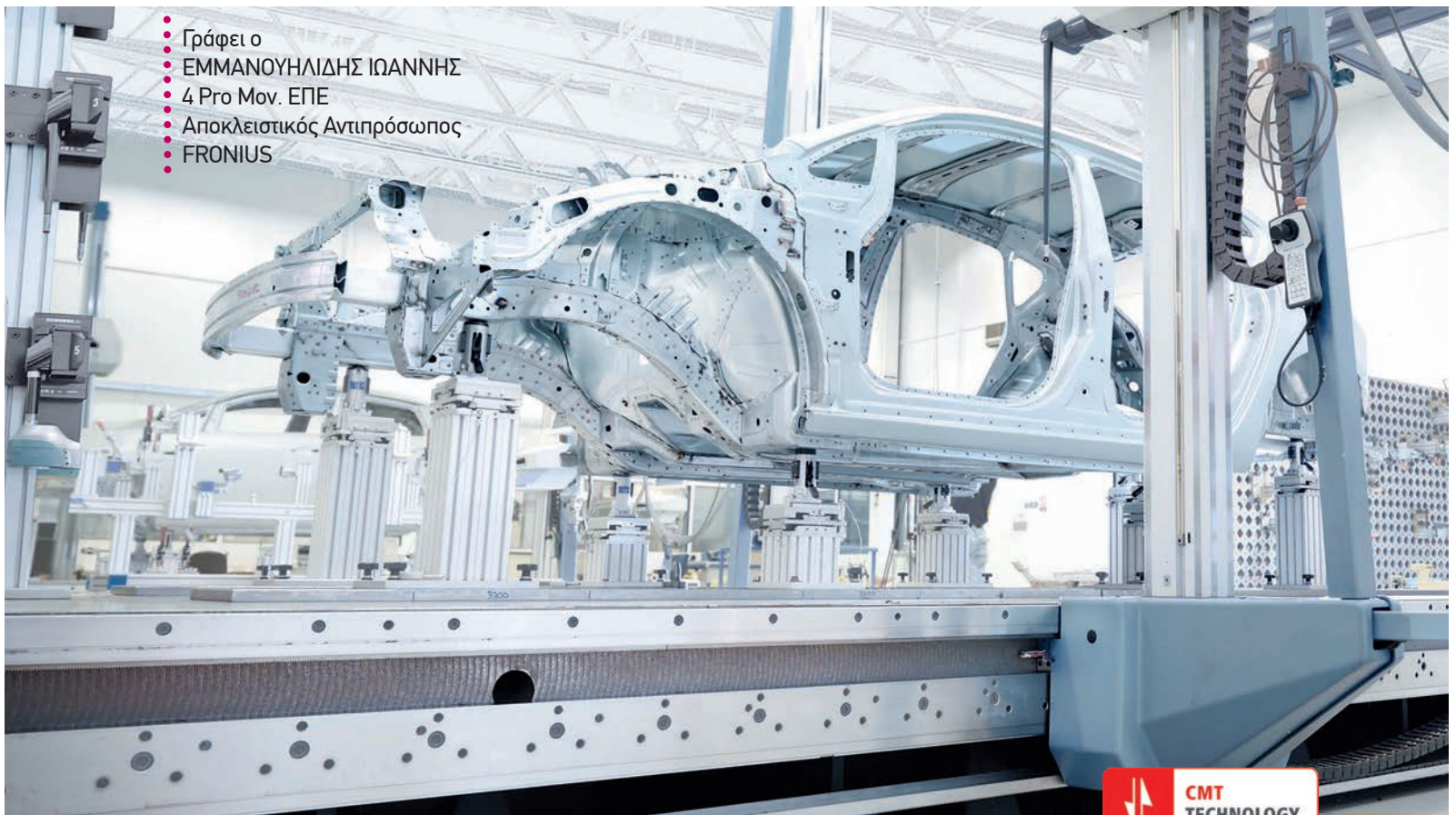


# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΥΒΡΙΔΙΚΗΣ ΛΑΜΑΡΙΝΑΣ ΧΑΛΥΒΑ / ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ με τεχνολογία CMT της Fronius

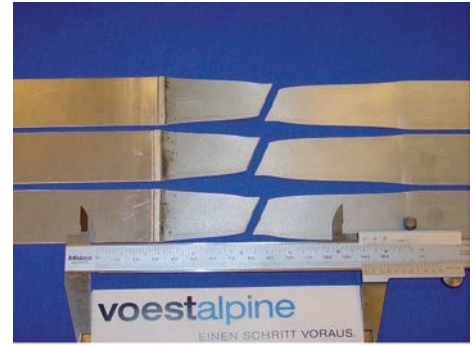


- Γράφει ο
- ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ
- 4 Pro Μον. ΕΠΕ
- Αποκλειστικός Αντιπρόσωπος
- FRONIUS

Όταν θα χρειαστεί να κάνουμε σύγκριση μεταξύ χαλύβδινων και αλουμινένιων υλικών, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας πολλά τεχνικά και οικονομικά κριτήρια. Μερικά από αυτά είναι το βάρος του υλικού, η αντοχή του, η ευκολία στην επεξεργασία, η διαθεσιμότητά του, το κόστος υλικού, το κόστος παραγωγής κλπ. Γενικά όπου απαιτείται ελαφριά σε βάρος κατασκευή, προτιμάται συχνά η επιλογή ενός συνδυασμού των 2 παρακάτω μετάλλων. Συμπαγής χάλυβας για βαρέος τύπου κατασκευές, σε συνδυασμό με ελαφρύ αλουμίνιο, για κατασκευές με μικρότερη καταπόνηση. Μέχρι πριν από μερικά χρόνια η συγκόλληση αυτών των 2 διαφορετικών μετάλλων δεν ήταν δυνατή, αλλά η FRONIUS μπόρεσε και ανέπτυξε την τεχνολογία που τα κατάφερε.



Όταν ο σχεδιασμός της υβριδικής αυτή λαμαρίνας σχεδιάζεται με βάση την ασφάλεια, τότε μπορεί να λειτουργήσει και ως "ασπίδα" σε περίπτωση ατυχήματος και να απορροφήσει μέρος της ενέργειας.



Η ραφή της συγκόλλησης είναι τόσο ισχυρή που σε δοκιμές εφελκυσμού το μόνο που επηρεάζεται είναι το υλικό αλουμινίου.

Οι ελαφριές σε βάρος κατασκευές προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα στην αυτοκινητοβιομηχανία, στην αρχιτεκτονική σχεδίαση αντικειμένων, στις οροφές κτηρίων, ή σε εγκαταστάσεις ανεμογεννητριών. Ειδικά στην αυτοκινητοβιομηχανία, οι κατασκευές με μικρό βάρος παίζουν το μεγαλύτερο ρόλο.

Περίπου το 40 % του συνολικού βάρους ενός οχήματος ανήκει στο πλαίσιο του. Όταν απαιτείται και παράλληλη μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος, τότε η μείωση του βάρους και οι νέες ιδέες στην κατασκευή των πλαισίων, είναι τα πρώτα πράγματα που εστιάζουν οι κατασκευαστές, για να δώσουν ιδιαίτερη έμφαση και λύση στο πρόβλημα αυτό.

Μία μείωση της τάξης των 100 kg σε ένα όχημα, μπορεί να εξοικονομήσει οικονομία σε καύσιμα έως και 0.3l/100Km, κάτι που μεταφράζεται σε 700g/100Km μικρότερη εκπομπή CO<sub>2</sub>. Το όριο εκπομπής των 130g/Km CO<sub>2</sub> το οποίο καθορίστηκε από την Ευρώπη το 2012, είναι και το «κερασάκι» στην τούρτα, για να κινητοποιηθούν όλοι οι κατασκευαστές για την εξεύρεση νέων προτάσεων προς πιο οικολογικά αποδεκτές λύσεις.

Στην λύση των ηλεκτρικών οχημάτων σημαντικό ρόλο παίζει το βάρος της μπαταρίας, αλλά εξίσου σημαντικό είναι και το βάρος του πλαισίου του οχήματος. Γι αυτόν το λόγο, οι κατασκευαστές έχουν κλίση στον συνδυασμό χρήσης χάλυβα με αλουμίνιο, ο οποίος είναι ένας από τους κυριότερους στόχους που έχουν βάλει για να μειώσουν το συνολικό βάρος του οχήματος. Αυτό σημαίνει ότι τα υλικά προς συγκόλληση παίζουν το σημαντικότερο ρόλο στην ελαφριά κατασκευή. Ειδικά όταν αναφερόμαστε στην συγκόλληση αλουμινίου με χάλυβα.

Η FRONIUS ψάχνοντας την εξεύρεση της λύσης, συνεργάστηκε με την Αυστριακή εταιρία χαλύβδινων προϊόντων VOESTALPINE.

Ο στόχος του project ήταν η ανάπτυξη ενός ημιτελούς προϊόντος, βασιζόμενου στην υβριδική λαμαρίνα χάλυβα και αλουμινίου η οποία θα ενώνονταν με θερμική συγκόλληση.

### Προβλήματα και χαρακτηριστικά των υλικών προς συγκόλληση

Εξαρχής, ο χάλυβας και το αλουμίνιο ήταν αδύνατο να συγκολληθούν μεταξύ τους με συγκόλληση. Ο κύριος λόγος ήταν οι διαφο-

ρετικές θερμοκρασίες τήξης που έχουν τα δύο αυτά μέταλλα (1.500o C και 660o C αντίστοιχα) και η διαμόρφωση των φάσεων (IMP) που περνούν κατά τη συγκόλληση. Μετά από αρκετή έρευνα και δοκιμές οι 2 εταιρίες κατέληξαν στα εξής συμπεράσματα:

- Η συγκόλληση θα πρέπει να πραγματοποιηθεί με τη μικρότερη δυνατή εναπόθεση θερμοκρασίας
- Η επιφάνεια της χαλύβδινης λαμαρίνας θα πρέπει να είναι επικαλυμμένη με μια επίστρωση ψευδάργυρου
- Το πάχος του (IMP) πρέπει να είναι το μικρότερο δυνατό

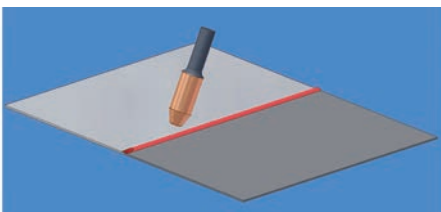
Πάνω σε αυτά τα συμπεράσματα, μόνο ένα σύστημα της Fronius μπορούσε να προσφέρει τα παραπάνω χαρακτηριστικά.

Αυτό ακούει στο όνομα CMT (Cold Metal Transfer). Οι ειδικοί της Fronius με εμπειρία άνω των δέκα ετών στην ψυχρή συγκόλληση, μπόρεσαν και έβγαλαν εις πέρας το έργο αυτό.

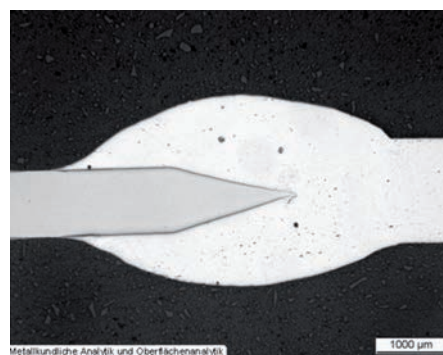
### Το ταξίδι προς την καινοτόμα συγκόλληση

Οι κύριοι παράγοντες που επηρεάζουν μια τέτοια συγκόλληση είναι τρεις:

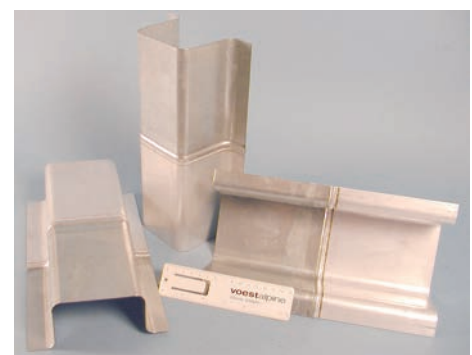
- Οι λαμαρίνες προς συγκόλληση
- Η διαδικασία συγκόλλησης



Η ψυχρή συγκόλληση CMT της FRONIUS σε υβριδικές λαμαρίνες χάλυβα/ αλουμινίου, χαρακτηρίζεται από την διάδοση που γίνεται στην πλευρά του αλουμινίου και την επιφανειακή συγκόλληση στην μεριά του χάλυβα



Μετά από αλληπαλλήλες δοκιμές σε υλικά, διαμόρφωση άκρων και συνεργειακών γραμμών συγκόλλησης, βρέθηκε η κατάλληλη ραφή συγκόλλησης, η οποία "αγκαλιάζει" πολύ ισχυρά την διαμορφωμένη χαλύβδινη λαμαρίνα.



Οι υβριδικές λαμαρίνες χάλυβα / αλουμινίου πληρούν όλες τις προδιαγραφές διαμόρφωσή τους, σε διάφορα γεωμετρικά σχήματα ανάλογα με τις ανάγκες.



•Το σύρμα συγκόλλησης

Επίσης, η επικάλυψη ψευδάργυρου στην χαλύβδινη λαμαρίνα, πρέπει να είναι πάχους τουλάχιστον 10 μm. Αυτός είναι ακόμα ένας παράγοντας που επηρεάζει την ποιότητα.

Η διαμόρφωση της γεωμετρίας των άκρων της λαμαρίνας, αναπτύχθηκε από την Voestalpine και είναι πατενταρισμένη.

Η αλουμινένια λαμαρίνα είναι κατασκευασμένη από υλικό κατηγορίας AW5xxx ή σειράς 6xxx. Η περιοχή της συγκόλλησης στο αλουμίνιο πρέπει να είναι καθαρή όπως και στις συμβατικές συγκολλήσεις. Η διαδικασία CMT της FRONIUS προσφέρει ιδανικές ιδιότητες συγκόλλησης όπως χαμηλή εναπόθεση θερμοκρασίας και καλό έλεγχο του τόξου.

Η "ψυχρή" αυτή τεχνολογία προστατεύεται από αρκετές πατέντες. Όταν η χαλύβδινη λαμαρίνα ενώνεται με την αλουμινίου, το σύρμα συγκόλλησης και το λουτρό τήξης του αλουμινίου ενώνεται με την γαλβανισμένη λαμαρίνα με μορφή διείδυσης στην πλευρά του αλουμινίου.

Από την μεριά του χάλυβα πραγματοποιείται μια ισχυρή επιφανειακή συγκόλληση η οποία είναι όπως πχ. μια μπρουτζοκόλληση.

Για τις υβριδικές λαμαρίνες αυτού του τύπου η συγκόλληση με CMT αποδείχτηκε η καλύτερη λύση.

Ο τρίτος παράγοντας που επηρεάζει είναι το σύρμα συγκόλλησης. Η Fronius έχει ακόμα μια πατέντα για το ειδικό κράμα αλουμινίου που χρησιμοποιεί για αυτήν τη διαδικασία. Για να επιτύχει την απόλυτη ραφή, το σύρμα θα πρέπει να είναι στην απόλυτη θέση που ορίζει η προδιαγραφή και η συνεργειακή γραμμή συγκόλλησης.

### Συγκόλληση της υβριδικής λαμαρίνας στην πράξη

Για να επιτευχθεί η ιδανική συγκόλληση σε αυτού του είδους την λαμαρίνα, συνεργάστηκαν οι δύο βασικές εταιρίες με εξωτερικά ινστιτούτα και μαζί πραγματοποίησαν αλληπάλληλες δοκιμές συγκόλλησης.

### Βασική Έρευνα

Το σημείο εκκίνησης ήταν τα υλικά AW5182-H111 και το DX54D με υλικό πλήρωσης Z200 από AlSi3Mn1. Το ινστιτούτο MPIE (Max Planck Institute of Ferrous Research) στο Dusseldorf, εξακρίβωσε την κοκκοποίηση της ραφής της συγκόλλησης και του υλικού πλήρωσης. Τα χρώματα επεξηγούν την κατανομή και το μέγεθος των κόκκων στην περιοχή τήξης στο δείγμα του αλουμινίου στην φωτογραφία 12.

### Δοκιμές αντοχής

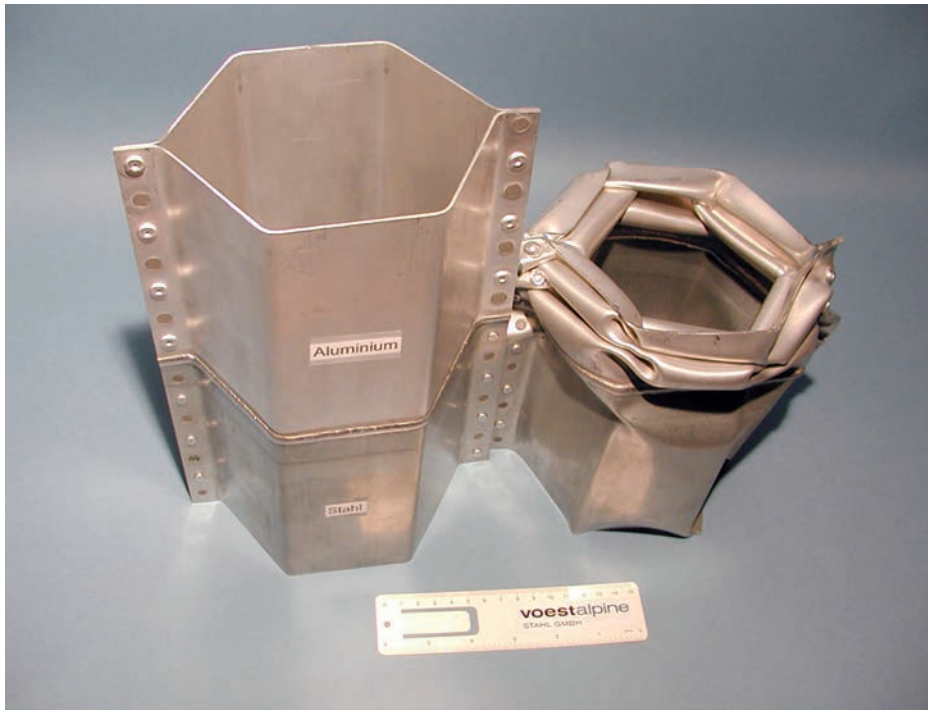
Οι δομικές έγιναν σε 2 διαφορετικά δείγματα τα οποία προσομοιώνουν αντίστοιχα σημεία σε οροφή αυτοκινήτου και σε πλαίσια παραθύρου. Το ιδανικό αποτέλεσμα θα ήταν η καταπόνηση της αλουμινένιας λαμαρίνας χωρίς η ραφή της συγκόλλησης να έχει επηρεαστεί. Αυτό αποτυπώνεται στον πίνακα 1 και στις φωτογραφίες.



Υβριδικές λαμαρίνες πάχους 1,2 - 1,5 mm και διαστάσεων 200 X 300 mm συγκολλούνται με ταχύτητα 78 cm/mín, πριν πάνε για διαμόρφωση και γίνουν τμήματα οροφής οχημάτων



Ακόμα και σε δύσκολες διαμορφώσεις, η ραφή συγκόλλησης αποδεικνύεται ισχυρή χωρίς να τίθεται κανένα απολύτως θέμα ποιότητας.



Η ραφή συγκόλλησης παραμένει ανέπαφη στα Crash tests αποδεικνύοντας την ισχυρή συγκόλληση που έχει πραγματοποιηθεί με την CMT της FRONIUS.

### Δοκιμή διάβρωσης και SST

Η δοκιμή διάβρωσης της λαμαρίνας, πραγματοποιήθηκε με δοκιμές αλμυρού υγρού SST (Salt Spray Test). Ακόμα και με 300 ώρες έκθεσης της λαμαρίνας σε συνθήκες SST δεν παρουσιάστηκε διακρυσταλλική αλλοίωση στην ραφή. Τα μόνα ίχνη διάβρωσης που παρουσιάστηκαν, τα οποία ήταν ανεπαίσθητα, ήταν στην επιφάνεια της λαμαρίνας.

### Κατάσταση παραμόρφωσης

Η συμπεριφορά της λαμαρίνας σε καταστάσεις παραμόρφωσης παίζει κρίσιμο ρόλο στην κατασκευή των πλαισίων. Τα υβριδικά φύλλα λαμαρίνας χάλυβα/αλουμινίου πληρούν ικανοποιητικά τις προδιαγραφές.

Τα αποδεικτικά στοιχεία δόθηκαν από επαναλαμβανόμενες δοκιμές παραμόρφωσης. Αυτά αποτυπώνεται στον πίνακα 2 με πολύ θετικά αποτελέσματα.

### Crash Test

Όταν ο σχεδιασμός της υβριδικής αυτή λαμαρίνας σχεδιάζεται με βάση την ασφάλεια, τότε μπορεί να λειτουργήσει και ως "ασπίδα" σε περίπτωση ατυχήματος και να απορροφήσει

μέρος της ενέργειας. Στην προκειμένη περίπτωση η υβριδική λαμαρίνα απορροφά ενέργεια σχεδόν αποκλειστικά στην περιοχή που υπάρχει αλουμίνιο. Η ραφή της συγκόλλησης όπως και η χαλύβδινη λαμαρίνα παραμένουν σε καλή κατάσταση. Η υβριδική αυτή λαμαρίνα είναι απόλυτα συμβατή με την απορρόφηση της ενέργειας όταν χρειαστεί, όπως επίσης πληροί και τις προκαθορισμένες γεωμετρικές και αποστάσεις.

### Συμπέρασμα

Η FRONIUS και η VOESTALPINE ανέπτυξαν μια μαζική διαδικασία κατασκευής και παραγωγής υβριδικών λαμαρινών χάλυβα/αλουμινίου.

Οι αλληπάλληλες δοκιμές αντοχής, απέδειξαν την ασφάλεια, την πρακτικότητα και την σιβαρότητα που μπορεί να κερδίσει ο κατασκευαστής από τη χρήση αυτής της τεχνολογίας στην κατασκευή των οχημάτων του.

Table 1: Tensile strength

Workpiece	Roof frame	Window frame
Material	DX54 + AW6181	DX54 + AW6016
Thickness [mm]	1.2 + 1.5	1.0 + 1.2
Filler metal	Z140	Z140
Yield strength <sup>1)</sup> Rp <sub>0.2</sub> [MPa]	126	132
Tensile strength <sup>1)</sup> Rm [MPa]	210	239

<sup>1)</sup> With reference to the aluminium cross-section

Table 1: Tensile strength

Workpiece	Roof frame	Window frame
Material	DX54 + AW6181	DX54 + AW6016
Thickness [mm]	1.2 + 1.5	1.0 + 1.2
Filler metal	Z140	Z140
Yield strength <sup>1)</sup> Rp <sub>0.2</sub> [MPa]	126	132
Tensile strength <sup>1)</sup> Rm [MPa]	210	239

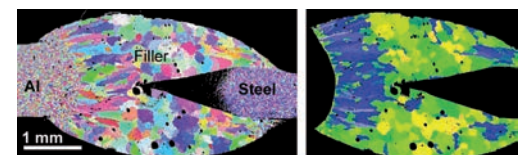
<sup>1)</sup> With reference to the aluminium cross-section

Table 3: Test in crash simulator

Workpiece	Crash impact absorber
Test condition	6.4 kJ at room temperature
Material	H340 + AW6181
Thickness [mm]	1.0 + 2.0
Filler metal	ZE75/75
Ram hammer, weight [kg]	86
Speed [km/h]	44
Initial height [mm]	280
Final height [mm]	173
Absorbed energy [kJ]	6.523
Force, max. [kN]	296



Μία σύγκριση ανάμεσα σε crash test υβριδικής λαμαρίνας (αρ. φωτογραφία) και αντίστοιχου crash test χαλύβδινης λαμαρίνας (δεξ. φωτογραφία) δείχνουν ότι οι αποστάσεις ασφαλείας είναι μεγαλύτερες στην υβριδική ενώ στην χαλύβδινη η ζημιά είναι μεγαλύτερη και καλύπτει όλο το μήκος του εξαρτήματος. Στην υβριδική λαμαρίνα η ζημιά έχει περιοριστεί στο επάνω τμήμα στην περιοχή του αλουμινίου.



Το ινστιτούτο MPE (Max Planck Institute of Ferrous Research) στο Dusseldorf, ερακρίβωσε την κατανομή της ραφής της συγκόλλησης και του υλικού πλήρωσης. Τα χρώματα επιδεικνύουν την κατανομή και το μέγεθος των κόκκων στην περιοχή ηζής στο δείγμα του αλουμινίου.