

Metall-Polymer-Hybridverbindungen: Herausforderungen, Kostentreiber und Designfolgen

Metal-Polymer Hybrid Joints: Challenges, Cost Drivers and Design Implications

Metall-Polymer-Hybridbauteile sind in unzähligen Anwendungen unseres täglichen Lebens etabliert. In der industriellen Umsetzung bleiben jedoch typische Herausforderungen: anspruchsvolle Vorbehandlungen, manuelle Prozesse, schwierige Automatisierung sowie hohe Qualitäts- und Absicherungskosten. Gleichzeitig erhöhen Leichtbau, Nachhaltigkeitsanforderungen und Kreislaufwirtschaft die Anforderungen, Fügetechnologien frühzeitig als Design- und Strategiethema zu behandeln. Im Interview erläutert Jakob Wäschenbach, Geschäftsführer der hyjoin GmbH, welche Technologische Herausforderungen in der Praxis existieren, welche Annahmen bei der Auslegung von Hybridverbindungen häufig in die Irre führen und wo die wirtschaftlichen Hebel tatsächlich liegen. Zudem geht es um Konsequenzen für Produktarchitekturen und Validierung – sowie um die Frage, welche Rolle reversibles Verbinden perspektivisch spielen kann.

Metal-polymer hybrid components are established in countless applications in our everyday lives. However, in industrial implementation typical challenges remain: demanding pre-treatments, manual processes, difficult automation and high quality assurance and validation costs. At the same time, lightweight construction, sustainability requirements and the circular economy are increasing the need to address joining technologies as a design and strategic topic at an early stage. In the interview, Jakob Wäschenbach, Managing Director of hyjoin GmbH, explains which technological challenges exist in practice, which assumptions in the design of hybrid joints often lead engineers astray and where the real economic levers lie. The discussion also addresses consequences for product architectures and validation – as well as the question of what role reversible joining may play in the future.

Herr Wäschenbach, welcher Mythos beim Fügen von Metall und Polymer hält sich am hartnäckigsten – und warum?

„Mit Kleben oder Schrauben sind wir auf der sicheren Seite.“ Das sind etablierte Lösungen – aber oft keine systemisch optimalen. Sie erhöhen Komplexität, Prüfaufwand und Risiko. Trotzdem werden sie oft akzeptiert, weil sie vermeintlich „alternativlos“ erscheinen oder organisatorisch verfügbar sind. Die korrekte Leitregel lautet: Die Fügestelle ist kein Detail – sie ist das konstruktive Kernelement. Wer sie nicht versteht, sondern Fügen „irgendwie löst“, bezahlt später mit Kosten und verhindert gar Innovationen.

Welche Herausforderungen müssen sich Metall-Polymer-Hybridverbindungen in der Praxis stellen?

1. Unterschiedliche Reaktionen auf Umwelteinflüsse: Metalle und Polymere altern, dehnen sich aus und reagieren auf Temperaturwechsel völlig unterschiedlich – dadurch entstehen Spannungen, die die Verbindung langfristig schwächen können.
2. Langzeit Mediendichtigkeit sicherstellen: Hybridverbindungen müssen über Jahre Diffusion, Quellung und Medienangriff standhalten. Wasser, Kühlmittel oder Öle verändern Polymermechanik und Grenzflächenzustand – Dichtheit ist daher keine Momentaufnahme, sondern eine Langzeiteigenschaft. 3

Mr Wäschenbach, which myth about joining metal and polymer is the most persistent – and why?

“With adhesive bonding or screws we are on the safe side.” These are established solutions – but often not systemically optimal ones. They increase complexity, inspection effort and risk. Nevertheless, they are often accepted because they appear to be “without alternative” or are organisationally available. The correct guiding principle is: the joint is not a detail – it is the core constructive element. Anyone who does not understand this, but somehow “solves” joining, will pay for it later in costs and may even prevent innovation.

Which challenges must metal-polymer hybrid joints face in practice?

1. Different reactions to environmental influences: metals and polymers age, expand and react to temperature changes in completely different ways – this creates stresses that can weaken the joint over the long term.
2. Ensuring long-term media tightness: hybrid joints must withstand diffusion, swelling and media attack for years. Water, coolants or oils change polymer mechanics and interfacial conditions – tightness is therefore not a snapshot but a long-term property.
3. Material separation at end of life: with increasing regulatory requirements, disassemblability becomes a design parameter.

3. Sortenreine Trennung am Lebensende: Mit steigenden regulatorischen Anforderungen wird Demontierbarkeit zum Designparameter. Hybridbauteile müssen trennbar sein, ohne Materialzerstörung oder hohen Energieeinsatz – sonst wird Recycling technisch und wirtschaftlich ineffizient.

Warum wird Fügen zunehmend zum strategischen Thema in der Produktentwicklung?

Weil sich die Rahmenbedingungen radikal verändern. Verbindungstechnik ist kein Nebenkostenblock. Je nach Produktarchitektur entfallen signifikante Anteile der Herstellkosten auf Fügeprozesse – nicht nur direkt durch Zykluszeit und Anlagen, sondern indirekt durch Vorbehandlung, Qualitätssicherung, Nacharbeit und OEE-Verluste. In komplexen Baugruppen können diese 30% der Produktionskosten erreichen. Leichtbau reduziert konstruktive Sicherheitsreserven. CO₂-Ziele erzwingen Material- und Prozesseffizienz entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Regulatorik fordert Nachweisbarkeit und Recyclingfähigkeit. Wenn die Fügetechnologie das nicht mitträgt, blockiert sie Innovation. Ein prominentes Beispiel: Tesla musste rund 46.000 Cybertrucks zurückrufen, weil geklebte Verkleidungselemente sich lösen konnten. Das war kein Materialproblem – es war ein Fügeproblem. Fügen entscheidet heute über Skalierbarkeit und Wettbewerbsfähigkeit.

Hyjoin in einem Satz: Was ist das?

Hyjoin ist ein direktes, auf Induktion basiertes Fügeverfahren für Metall und Thermoplaste, bei dem strukturierte Metalloberflächen genutzt werden, um den aufgeschmolzenen Thermoplast formschlüssig zu verankern und innerhalb weniger Sekunden eine hochfeste und mediendichte Verbindung ohne Klebstoffe oder mechanische Verbindungselemente herzustellen – sauber, automatisierbar und prozesssicher in Serie.

Worin unterscheidet sich Ihr Wirkprinzip konkret von Kleben und mechanischem Fügen?

Wir erzeugen eine mechanische Verankerung des Thermoplasts in einer funktional strukturierten Metalloberfläche. Wir nutzen keine chemische Haftung, sprich Adhäsion, sondern primär einen Formschluss und hierdurch Kohäsi-

Jakob Wäschenbach,
Geschäftsführer
der Hyjoin GmbH

Jakob Wäschenbach, Managing
Director of Hyjoin GmbH



Hybrid components must be separable without material destruction or high energy input – otherwise recycling becomes technically and economically inefficient.

Why is joining increasingly becoming a strategic topic in product development?

Because the framework conditions are changing radically. Joining technology is not a minor cost item. Depending on the product architecture, significant shares of manufacturing costs are attributable to joining processes – not only directly through cycle time and equipment, but indirectly through pre-treatment, quality assurance, rework and OEE losses. In complex assemblies these can reach 30% of production costs. Lightweight construction reduces structural safety margins. CO₂ targets enforce material and process efficiency across the entire value chain. Regulation demands traceability and recyclability. If the joining technology cannot support this, it blocks innovation. A prominent example: Tesla had to recall around 46,000 Cybertrucks because bonded trim elements could detach. That was not a material problem – it was a joining problem. Today, joining determines scalability and competitiveness.

Hyjoin in one sentence: what is it?

Hyjoin is a direct, induction-based joining process for metals and thermoplastics in which structured metal surfaces are used to anchor the molten thermoplastic by form fit and to produce within a few seconds a high-strength and media-tight joint without adhesives or mechanical fasteners – clean, automatable and process-reliable in series production.

In concrete terms, how does your working principle differ from adhesive bonding and mechanical joining?

We create a mechanical anchoring of the thermoplastic in a functionally structured metal surface. We do not use chemical bonding, i.e. adhesion, but primarily a form-fit and thus cohesion. As a result, the process requires no additional parts or process aids. However, the decisive difference lies not only in the working principle but in the implementation. We develop application, design-to-cost, prototyping, validation and customised industrialisation as a continuous process – and thereby assume re-

on. Dadurch benötigt der Prozess keine zusätzlichen Teile oder Prozesshilfen.

Der entscheidende Unterschied liegt jedoch nicht nur im Wirkprinzip, sondern in der Umsetzung. Wir entwickeln Applikation, Design-to-Cost, Prototyping, Validierung und maßgeschneiderte Industrialisierung durchgängig – und übernehmen damit die Verantwortung für die Serienfähigkeit. Die größte Herausforderung im Hybridfügen ist nicht die erste gute Verbindung – sondern die millionste identische. Genau dort entscheidet Industriekompetenz.

Welche Designentscheidungen sollten Ingenieurteams bei Ihrem Verfahren neu bewerten?

- Fügezonen als Funktionsflächen denken: Strukturierte Kontaktbereiche ermöglichen definierte Lastübertragung über die Fläche statt punktueller Einleitung. Dadurch lassen sich Bauteile kompakter auslegen und zusätzliche Verbindungselemente vermeiden.
- Toleranzen aktiv beherrschen: Durch lokal definierte Energieeinbringung und kontrollierten Fügedruck können Bauteiltoleranzen innerhalb eines stabil geführten Prozessfensters kompensiert werden – anstatt sie konstruktiv überdimensionieren zu müssen.
- Materialpaarungen neu denken: Materialpaarungen, die aufgrund fehlender Adhäsion oder thermischer Differenzen als kritisch galten, werden über formschlüssige Verankerung technisch beherrschbar – auch für strukturell belastete Anwendungen.

Das Ergebnis: Produktarchitekturen, die bisher aus Fügegründen verworfen wurden, werden realisierbar. Produkte können neu gedacht werden.

Was ist in der Industrialisierung der größte Kostentreiber beim Hybridfügen und wie lässt er sich vermeiden?

Der größte Kostentreiber ist Varianz im Prozess – nicht die nominelle Zykluszeit. Maßgeblich sind Vorbehandlungsstreuung, Ausschuss durch Prüfaufwand, OEE-Verluste durch instabile Prozessfenster und Zykluszeit zu nennen. Bei geklebten Hybridverbindungen führen bereits geringe Schwankungen in Dosiermenge oder Aushärtebedingungen zu inhomogenen Grenzflächen – oft nicht unmittelbar sichtbar, aber sicherheitsrelevant. Das Ergebnis ist erhöhter Prüfaufwand oder verdeckter Qualitätsverlust.

Unser Ansatz reduziert Prozessschritte und eliminiert verbrauchsmaterialabhängige Einflussgrößen. Dadurch wird das Prozessfenster physikalisch enger geführt und über integriertes

sponsibility for series capability. The greatest challenge in hybrid joining is not the first good joint – but the millionth identical one. That is precisely where industrialisation competence becomes decisive.

Which design decisions should engineering teams reconsider when using your process?

- Think of joining zones as functional surfaces: Structured contact areas enable defined load transfer across a surface instead of point introduction. This allows components to be designed more compactly and additional fastening elements to be avoided.
- Actively control tolerances: Through locally defined energy input and controlled joining pressure, component tolerances can be compensated within a stable process window instead of having to oversize them in the design.
- Rethink material pairings: Material pairings previously considered critical due to lack of adhesion or thermal differences become technically manageable through form-fit anchoring – even for structurally loaded applications.

The result: product architectures that were previously rejected for joining reasons become feasible. Products can be rethought.

In industrialisation, what is the greatest cost driver in hybrid joining – and how can it be avoided?

The greatest cost driver is process variability – not the nominal cycle time. The key factors are variability in pre-treatment, scrap and inspection effort, OEE losses caused by unstable process windows, and cycle time. In bonded hybrid joints, even small fluctuations in dispensing quantity or curing conditions lead to inhomogeneous interfaces – often not immediately visible, but safety-relevant. The result is increased inspection effort or hidden loss of quality.

Our approach reduces process steps and eliminates consumable-dependent influencing factors. As a result, the process window is physically narrower and monitored through integrated monitoring. For us, industrialisation does not mean optimising a single project – but ensuring reproducible quality throughout the entire series production life.

Reversible joining: when will it become a must, and when will it remain a special case?

With the new EU Ecodesign Regulation (ESPR) and “Right to Repair” initiatives, mandatory repairability and disassemblability are increasingly moving into the regulatory focus. In e-mobility and battery systems, disassembly capability becomes essential for second-life strategies and recycling. In electronics and con-

Monitoring überwacht. Industrialisierung bedeutet für uns nicht die Optimierung eines einzelnen Projekts – sondern die Fähigkeit, reproduzierbare Qualität über die gesamte Serienlaufzeit sicherzustellen.

Reversibles Verbinden: Wann wird es ein Muss, wann bleibt es Sonderfall?

Mit der neuen EU-Ökodesign-Verordnung (ESPR) und den „Right to Repair“-Initiativen rückt die verpflichtende Reparierbarkeit und Demontierbarkeit zunehmend in den regulatorischen Fokus. In E-Mobilität und Batteriesystemen werden Demontagefähigkeit für Second-Life-Strategien und Recycling essenziell. In Elektronik und Konsumgüter werden Reparierbarkeit und Materialtrennung regulatorisch verschärft. Die technische Herausforderung ist klar: Hohe Festigkeit und Dichtheit im Betrieb – kontrollierte Trennbarkeit am Lebensende. Reversibles Verbinden wird nicht überall Pflicht. Aber in regulierten Märkten wird es vom Wettbewerbsvorteil zur Voraussetzung. Wer Hybridbau ernst meint, muss Fügen als strategische Kerntechnologie behandeln. Alles andere ist Optimierung am Rand.

Vielen Dank für das Interview.

sumer goods, requirements for repairability and material separation are becoming increasingly stringent due to regulatory measures. The technical challenge is clear: high strength and tightness during operation – combined with controlled separability at the end of life. Reversible joining will not become mandatory everywhere. However, in regulated markets it is shifting from a competitive advantage to a prerequisite. Anyone serious about hybrid design must treat joining as a strategic core technology. Anything else is merely optimisation at the margins.

Thank you for the interview.

INFO

Kontakt **Contact:** hy-team@hy-join.com

Hyjoin GmbH

München **Munich, Germany**

<https://www.hy-join.com>




**STOP GLUING.
STOP SCREWING.
START JOINING.**

metal + plastic hyjoined in seconds

www.hy-join.com