

DER ULTIMATIVE LEITFADEN ZUM PRÜFEN VON LEICHTEN WERKSTOFFEN UND BAU- TEILEN IN DER AUTOMOBIL-, LUFT-UND RAUMFAHRTINDUSTRIE

Wie man die neusten Anforderungen an Versuche mit Fallwerk-
en erfüllt



I EINLEITUNG

Im Zuge der wachsenden Nachfrage an leichten Werkstoffen und Verbundwerkstoffen¹ kommt Schlagversuchen für den Erfolg in der Entwicklung und Herstellung eine immer entscheidendere Bedeutung zu. Doch wie stellen Sie sicher, dass zusätzliche Versuchsanforderungen bei Just-in-Time-Arbeitsabläufen in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie nicht zu Standzeiten und Störungen führen?

Dieser Leitfaden bietet den in diesen Branchen tätigen Werkstoffingenieuren und Wissenschaftlern einen wertvollen Einblick in die neuesten Methoden und Technologien im Bereich der Schlagversuche mit Fallwerken. Er gibt Hilfestellung, wie Sie das Prüfen von Verbundwerkstoffen und Bauteilen einfacher, schneller und zuverlässiger gestalten können, was einen Schlüsselfaktor zur Minimierung von Störungen und Optimierung der Produkteinführungszeit darstellt.

Der Leitfaden beginnt mit der Analyse einiger der wichtigsten Trends in der Verbundwerkstoffbranche in Bezug auf Anwendungen im Automobilsektor und in der Luft- und Raumfahrt. Danach beschäftigt er sich damit, wie diese Trends sich auf die Anforderungen bei der Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen auswirken und welches die wichtigsten Maßnahmen sind, die ergriffen werden können, um sicherzustellen, dass sie erfüllt werden.



LEICHTLEGIERUNGEN UND VERBUNDWERKSTOFFE AUFKOMMENDE TRENDS UND HERAUSFORDERUNGEN

Leichtlegierungen und Verbundwerkstoffe werden für Hersteller in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtbranche immer mehr zu den gängigsten Werkstoffen. Laut den Analysten von Market Insight Reports wird der Verbundwerkstoffmarkt im Laufe der kommenden fünf Jahre hauptsächlich aufgrund der wachsenden Nachfrage aus der Automobi-, Luft- und Raumfahrtbranche eine Wachstumsrate von mehr als 5 % erreichen.² Auch die Nachfrage an Hochleistungslegierungen wird erwartungsgemäß zwischen 2020 und 2027 um mehr als 3 % weiter wachsen³

Was Leichtlegierungen und Verbundwerkstoffe zunehmend beliebter macht, sind ihre entscheidenden Vorteile, darunter die lange Lebensdauer und die mechanischen Eigenschaften im Vergleich zu traditionellen Werkstoffen wie Stahl und Aluminium.⁴ Doch das wichtigste Alleinstellungsmerkmal ist ihr geringes Gewicht, die sie zu idealen Kandidaten für die Fahrzeuge und Luftfahrzeuge von heute macht. Der Hauptgrund dafür ist, dass sowohl Kraftfahrzeughersteller als auch Erstausrüster alles daran setzen, um die CO2-Emissionen so weit zu drosseln, dass sie die Gesetzesvorschriften erfüllen, während sie sich mit immer stärkeren umweltbedingten Bedenken konfrontiert sehen. Die wachsende Nachfrage an Elektrofahrzeugen, bei denen die Beschränkung des Gewichts auf ein Mindestmaß oberste Priorität hat, führt die Hersteller ebenfalls dazu, sich leichten Verbundwerkstoffen wie Kohlefaser zuzuwenden.⁵

Ein weiterer wichtiger Trend in der Branche ist die Entwicklung in Richtung 3D-Druck. Dies schließt den Einsatz von FDM (Fused Deposition Modelling)⁶ zum Drucken von Verbundwerkstoffen und leistungsbezogene additive Fertigungstechnologien (AM) zur Herstellung von Legierungen ein.⁷ Laut den Analysten von Fortune Business Insights wird erwartet, dass der 3D-Druck-Markt um überwältigende 22 % pro Jahr wachsen wird, und zwar von 1,3 Milliarden Dollar 2018 auf über 6,7 Milliarden Dollar 2026.

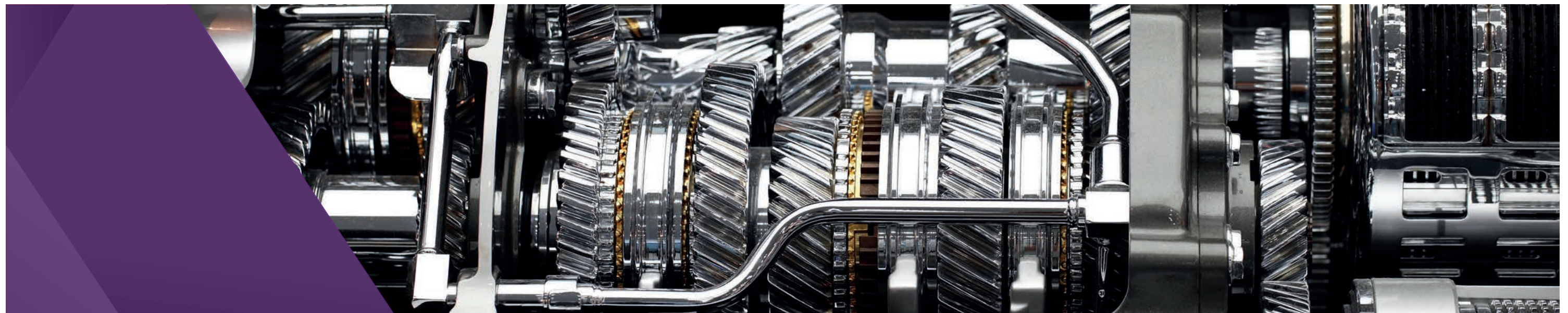
Diesem Bericht nach ist die Notwendigkeit, das Gewicht von Flugzeugen zu verringern, wieder einmal die größte treibende Kraft hinter diesem Wachstum. Doch es gibt auch einen Trend zum "Reshoring" und Zurückholen der Produktion von Schlüsselkomponenten ins Unternehmen, der nun durch den Zusammenbruch der globalen Lieferkette aufgrund der COVID-19-Pandemie eine Beschleunigung erfährt.⁸

Die wachsende Vielfalt und Anzahl von Werkstoffen und Herstellungsmethoden, die in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtbranche zum Einsatz kommen, führt unweigerlich zu strengeren Prüfungsanforderungen.⁹ Der Hauptgrund hierfür liegt darin, dass Werkstoffe wie Kohlefaser- und Epoxid-Verbundwerkstoffe aufgrund ihrer geringen Querkzugfestigkeit für Schlagschäden anfällig sein können.¹⁰ Schlimmer noch, der Schaden kann die Eigenschaften beeinträchtigen, auch wenn er äußerlich nicht sichtbar ist,¹¹ was es zu einer Herausforderung macht, potentielle Fehler im Designverfahren rechtzeitig zu erkennen.

Der Bedarf an häufigeren und eingehenderen Prüfungen kann entlang der Entwicklungs- und Produktionslinie zu Engpässen führen, die die Effizienz und Produktivität noch weiter beeinträchtigen und so die Produkteinführungszeit verlängern können. Im Allgemeinen ist dies durch zwei Faktoren bedingt:

- Mangelnde Wiederholbarkeit und Genauigkeit während der Prüfverfahren führen zu Fehlern, die im weiteren Verlauf zu Problemen und im Endeffekt zu Standzeiten oder Produktrückrufen führen können.
- Ein ineffizientes Prüfverfahren, das zu unnötigen Stillstandzeiten führt.

Lassen Sie uns nun einen Blick darauf werfen, wie eine wirksame Prüfungsstrategie mit einem Fallwerk Sie bei der Inangriffnahme dieser Herausforderungen unterstützen kann.



WAS IST EIN SCHLAGVERSUCH MIT EINEM FALLWERK? UND WIE KANN DIESER BEI PRÜFVERFAHREN ZUM EINSATZ KOMMEN?

Was passiert, wenn ein Werkstoff oder Bauteil unter Geschwindigkeitseinwirkung von einem äußeren Gegenstand getroffen wird? Das ist es, was ein Schlagversuch mit einem Fallwerk festzustellen versucht. Er umfasst den Aufprall eines aus einer Höhe herunterfallenden Gewichts auf einen Werkstoff/eine Bauteilprobe. Je höher und schwerer das Gewicht, desto größer die Menge der Energie, die auf die Probe auftrifft.

Wenn es um Werkstoffe geht, so sind Schlagversuche von den internationalen Standards geregelt, darunter ISO 179,¹² ISO 6603,¹³ ISO 8256,¹⁴ und ASTM 3763,¹⁵ die sowohl Probeneigenschaften als auch Prüfkonfigurationen und -parameter definieren. Diese Prüfnormen decken einige der aufkommenden Herausforderungen und Prüfungsansprüche ab, die mit Hochleistungspolymeren/technischen Kunststoffen verbunden sind. Spezifischere Standards wie die im Zusammenhang mit Schlagversuchen für faserverstärkten Polymermatrix-Verbundstoffe (z. B. ASTM D713616) spielen eine wichtige Rolle in Anwendungen der Luft- und Raumfahrt.



Die Standard UL 2591¹⁷

2018 wurde ein neuer internationaler Schlagversuchstandard für Batteriezellentrenner eingeführt, um den aufstrebenden Markt der Elektromobilität zu unterstützen. Diese Komponenten sorgen für elektrische Isolierung zwischen den Elektroden von Lithium-Ionen-Zellen, während sie weiterhin den Ionentransport zwischen den Elektroden gestatten. Der Standard bezieht sich auf kurzfristige Verfahren zum Einsatz bei der Evaluierung dieser Trenner.

Die Erstausrüster in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtbranche schließen in ihre Prüfungsanforderungen nicht nur internationale Standards, sondern auch ihre internen Prüfungsspezifikationen ein.

Im Wesentlichen soll ein Schlagversuch mit einem Fallgewicht gewährleisten, dass:

- die richtigen Werkstoffe für die richtigen Bauteile eines Kraft-/Luftfahrzeugs zum Einsatz kommen
- die leichteste, sicherste und zuverlässigste Auslegung "beim ersten Anlauf" erzielt wird
- alle kritischen Teile sich für ihren jeweiligen Zweck eignen und dabei die Sicherheit der Passagiere oder im Fall von Kraftfahrzeugen die Fußgänger schützen
- alle kritischen Teile den Komfort der Passagiere verbessern (Fahrzeuge)

Wie in Abbildung 1 dargestellt, muss normalerweise buchstäblich jedes Bauteil eines modernen Fahrzeugs einem Schlagversuch unterzogen werden.

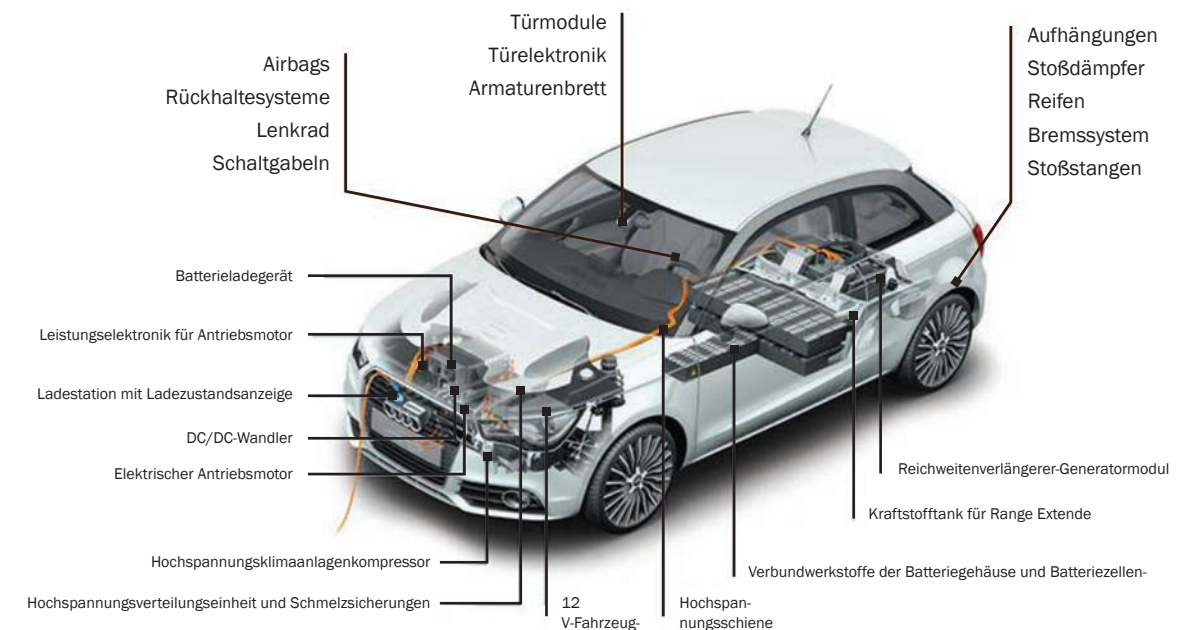


Abbildung 1: Fahrzeugkomponenten, die Schlagversuche erfordern

Der Einsatz rechnergestützter Entwicklung (CAE) mit Tools wie LS-Dyna oder Abaqus versetzt die Techniker heute in die Lage, simulieren zu können, wie Werkstoffe und Bauteile sich während eines Aufpralls verhalten. Dennoch ist es stets empfehlenswert, virtuelle Tests durch einen physischen Schlagversuch zu validieren. Dies ist zur Verbesserung der Zuverlässigkeit von CAE-basierten Prüfverfahren ausschlaggebend.

Wie in der untenstehenden Tabelle ausgeführt, müssen Schlagversuche häufig an die einzelnen Bauteile angepasst werden.

Testanwendung	Beschreibung	Gängige Standards
Prüfung von Klebeverbindungen Keilschlagversuch	Misst den dynamischen Spaltwiderstand [N/mm] bei Schlägewirkung durch einen Keil zwischen Klebeverbindungen	ISO11343 ¹⁸
Schlagzugversuch	Misst die benötigte Kraft, um eine Probe unter Zugbeanspruchung und Formänderung bei hoher Geschwindigkeit zu brechen	ISO 8256 ¹⁹
Durchstoßversuch	Beinhaltet das senkrechte Auftreffen eines Schlagbolzens auf eine Probe, um die Brucheigenschaften des Werkstoffs zu bestimmen	ISO 6603-2 ²⁰ und ASTM D3763 ²¹
Compression After Impact (CAI)-Prüfung	Ein Verfahren in zwei Schritten, das die von außen nicht sichtbaren Schlagschäden an Verbundwerkstoffen beurteilt. Ein Schlagversuch verursacht von außen nicht sichtbare Schlagschäden (BVID) an einer Probe, die nachfolgend mit einer elektromechanischen Prüfmaschine einem Druckversuch unterzogen wird, um ihre Restfestigkeit zu messen.	ASTM D7136 ²²
Insassensicherheitsprüfung	Es werden Schlagbolzen unterschiedlicher Formen verwendet, um den Aufprall des menschlichen Körpers zu simulieren	Interne Prüfstandards
Fußgängersicherheitsprüfung	Stoßstange bei Raumtemperatur (Sicherheitsprüfungsumgebung) oder mit spezieller Temperierkammer impaktiert	Interne Prüfstandards
Prüfung der aktiven Fahrzeugsicherheit	Bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführter Test, um die Funktionstüchtigkeit der Bremsen und Stoßdämpfer/Aufhängungen unter veränderlichen Umgebungsbedingungen zu garantieren	Interne Prüfstandards
Prüfung der passiven Fahrzeugsicherheit	Bei unterschiedlichen Temperaturen durchgeführter Test, um die Eigenschaften der Airbagverkleidung zu untersuchen	Interne Prüfstandards

Im Wesentlichen können zum Ausführen von Schlagversuchen zwei Arten von Prüfanlagen eingesetzt werden: selbst erstellte Fallgewichte und professionelle Falltürme. Einige Kraftfahrzeughersteller und Erstausrüster verwenden möglicherweise wegen der geringen Kosten immer noch selbst erstellte Lösungen. Doch diese Vorrichtungen können sehr hoch bauen und große offene Räume mit hohen Decken verlangen, die zum Beispiel für Hersteller von kleineren Bauteilen in der Lieferkette der Kraftfahrzeug- oder Luft- und Raumfahrtindustrie einfach keine Option sein können. Im Gegensatz dazu ersetzen Falltürme die Höhe durch eine Hochenergiesystem und ein Datenerfassungsgerät, was bedeutet, dass sie eine weitaus kleinere Standfläche und zuverlässigere und wiederholbare Daten bieten.

Lassen Sie uns nun einen Blick auf die jüngste verfügbare Fallturmtechnologie werfen, die dazu beitragen kann, die wichtigsten Herausforderungen von heute in Angriff zu nehmen.





WIE MAN DIE PRÜFKAPAZITÄT ERHÖHT, OHNE DABEI DEN DURCHSATZ ZU VER- RINGERN

Wir haben gesehen, wie sehr die Menge und die Vielfalt von Werkstoffen und Bauteilen, die Schlagversuche erforderlich machen, in sämtlichen Kraftfahrzeug- und Luft- und Raumfahrtanwendungen zunimmt. Daher ist die Gewährleistung eines zuverlässigen, wiederholbaren und wirksamen Prüfverfahrens ausschlaggebend, um Standzeiten auf ein Mindestmaß zu beschränken. Es gibt drei entscheidende Schritte, die Sie zum Erreichen dieses ehrgeizigen Ziels beachten sollten.

1. Einfacher Aufbau: ein schneller, einfacher und flexibler Aufbauvorgang ist essentiell, um schnell zwischen unterschiedlichen Proben wechseln zu können. Halten Sie nach Fallturmlösungen Ausschau, die einen einfachen Aufbau von Schlitten, Gewichten, Kraftsensoren (auch als 'Schlagfinnen' bekannt) und Probenhalterungen ermöglichen, so dass Sie mühelos von hohen auf geringe Lasten und von Prüfstück- zu Bauteilprüfungen wechseln können.
2. Beschleunigen Sie die Datenerfassung: die Integration einer Schlagversuchsoftware in Ihren Fallturm

kann zur Steigerung der Produktivität beitragen, indem Sie anhand eines benutzerfreundlichen Touchscreens unmittelbar Zugang auf eine Reihe von vorkonfigurierten Prüfmethoden erhalten, die die meisten gängigen Schlagversuchsszenarien abdecken. Die neueste algorithmusbasierte Software steigert außerdem die Geschwindigkeit der Datenerfassung, was bedeutet, dass Sie die Testergebnisse in nur wenigen Millisekunden erhalten.

3. Verringern Sie die Wahrscheinlichkeit menschlichen Versagens: ist ein Test nicht genau genug, können Fehler möglicherweise erst später im Herstellungsverfahren festgestellt werden und so kostspielige Standzeiten oder sogar Produktrückrufe verursachen. Merkmale wie benutzerfreundliche, eingebaute Touch Panels mit schrittweisen Anweisungen führen den Benutzer durch das gesamte Prüfverfahren und garantieren, dass die Tests wiederholbar, einfach und fehlerfrei bleiben. Automatisierte Kalibrationssignale können außerdem sicherstellen, dass die Schlagfinnen stets aktiv und in Betrieb sind und so das Risiko ungenauer Ergebnisse auf ein Mindestmaß begrenzen.

CAI-Test

Kohlefasern verfügen über hervorragende mechanische Eigenschaften, die sie für eine große Bandbreite an Bauteilen der Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie perfekt geeignet machen. Doch sie können relativ empfindlich auf schlagbedingte Schäden reagieren, die schwer festzustellen sind.

Hier kommt der CAI (Compression After Impact)-Test zum Einsatz. Nachdem mit Hilfe eines Fallturms ein von außen nicht sichtbarer Schlagschaden induziert wurde, wird das beschädigte Prüfstück einem Drucktest unterzogen, der seine Restfestigkeit misst.

Die Schadensresistenz einer Verbundwerkstoffstruktur hängt von verschiedenen Faktoren ab, darunter die Schlagbolzengeometrie, das Schlaggewicht und die Geschwindigkeit, daher ist höchste Genauigkeit ausschlaggebend beim Erzielen verlässlicher Ergebnisse "beim ersten Anlauf" und verringert Stillstandzeiten.

WIE DIE PRÜFVERFAHREN NEU- EN WERKSTOFFEN UND HERSTEL- LUNGSVERFAHREN ANGEPASST WERDEN

Die Anpassung an die wachsenden Mengen von Verbundwerkstoffen stellt nicht die einzige Herausforderung in Hinblick auf die Durchführung von Prüfungen dar. Es geht auch darum, die neuen Anforderungen durch den Einsatz neuer leichter Werkstoffe und Herstellungsverfahren zu meistern.

Zum Beispiel werden 3D-gewebte Verbundwerkstoffe in der Herstellung verschiedener Flugzeug- und Fahrzeugteile aufgrund ihrer einzigartigen Eigenschaften immer beliebter. Eine vor kurzem durchgeführte Studie hat jedoch herausgefunden, dass im Webverfahren auftretende kleine Abweichungen die physikalischen und mechanischen Eigenschaften erheblich beeinflussen können. Ähnlich sind die mechanischen Eigenschaften von 3D-gedruckten Werkstoffen wie Thermoplasten nicht immer gleichbleibend²⁴. Prüfungen sind daher heute so unentbehrlich wie nie.

Ein Element, das besondere Aufmerksamkeit verdient, ist hierbei die Kollisionssicherheit von Werkstoffen und Teilen, aus denen ein Fahrzeug besteht, die schlussendlich ihre Fähigkeit ausmacht, die Passagiere während eines Aufpralls zu schützen. Dabei liegt die Herausforderung darin, zu garantieren, dass Leichtlegierungen und Verbundwerkstoffe und Bauteile zumindest das gleich Niveau des Crash-Verhaltens wie traditionellere metallische Werkstoffe garantieren, doch bei einem erheblich geringeren Gewicht und ohne Mehrkosten. Hier kommen die Prüfungen ins Spiel und es gibt mehrere Maßnahmen, die Sie ergreifen können, um sicherzugehen, dass alle Anforderungen der neuen Werkstoffe und Teile, 3D-Drucke eingeschlossen, erfüllt werden.

- Stimmen Sie Ihre Kraftmesseinrichtung fein ab: eine mühelos anpassbare Kraftmesseinrichtung versetzt Sie in die Lage, die Prüfeinrichtung schnell spezifischen Werkstoff-/Bauteilanforderungen anzupassen. Die Verwendung von mit verschiedenen Prozentanteilen der maximalen Kapazität kalibrierten Schlagfinnen ermöglicht es Ihnen, den Kraftmessbereich Ihren Bedürfnissen entsprechen anzugleichen.
- Machen Sie sich ein weiteres Paar Augen zunutze: der Einbau einer Hochgeschwindigkeitskamera in Ihren Fallturm kann eine wirksame Art und Weise zur Vermehrung ihrer Charakterisierungsdaten sein. Stellen Sie sicher, dass ein Kameraanschluss vorliegt, damit die Datenerfassung von Hochgeschwindigkeitsvideos simultan erfolgt und mit dem Kraftverlauf synchronisiert ist.
- Mut zur Transparenz: Die Entscheidung für eine durchsichtige Einhausung lässt Sie Ihre Kamera zum Beobachten und Aufzeichnen einer Prüfung von jeder Seite her einsetzen. Damit können Sie Zeit sparen, da Sie keinerlei Ausrüstungen bewegen und neu rüsten müssen, wann auch immer Sie Proben oder Prüfverfahren wechseln.

Armaturenbrettprüfung

In den heutigen Fahrzeugen sind Armaturenbretter normalerweise mit einer PVC-Verkleidung versehen, die darauf ausgelegt ist, durchbrochen zu werden, wenn ein Airbag ausgelöst wird. Schlagversuche werden sowohl auf den verwendeten Werkstoffen als auch auf der fertigen Verkleidung selbst bei verschiedenen Temperaturen und Geschwindigkeiten ausgeführt. Durch das Prüfen sowohl der Rohmaterialien als auch der fertigen Produkte können die Techniker untersuchen, wie sich Änderungen in Hinblick auf Materialauswahl, Design und Herstellungsverfahren auf die Schlageigenschaften der Verkleidung auswirken.

WIE VIRTUELLE UND REALE PRÜFVERFAHREN INTEGRIERT WERDEN

CAE wird in Anwendungen der Automobil-, Luft- und Raumfahrtbranche immer mehr zu einem festen Bestandteil von Schlagversuchen. Sie hat das Potential, das Verfahren schneller und flexibler zu gestalten und es den Technikern so zu ermöglichen, zahlreiche Tests in zahlreichen Szenarien durchzuführen. Sie kann auch dazu beitragen, die Anzahl der erforderlichen physischen Prüfungen und der mit Proben verbundenen Kosten zu verringern.

Doch sollte, wie bereits oben erwähnt, das virtuelle Prüfverfahren durch reale Aufprallversuche validiert werden. Das ist der Grund, warum die Integration der beiden ausschlaggebend ist, um das Verfahren insgesamt so nahtlos und genau wie möglich zu gestalten. Eine wirksame Weise, auf die Sie dieses Ziel erreichen können, ist die Ausstattung Ihres Fallturms mit Datenerfassungs- und Datenanalyse-Software.

Die wichtigsten Vorteile sind hierbei:

- Wie bereits oben erwähnt, können Sie noch umfangreichere Versuchsdaten erhalten, indem Sie eine Hochgeschwindigkeitskamera in Ihren Fallturm integrieren.
- Sie können die Rohdaten einschließlich der Rückverfolgung sämtlicher Verfahren und Ergebnisse der ausgeführten Prüfungen über eine lokale, sichere Datenbank automatisch in Ihrem Unternehmen oder direkt mit Ihren Kunden teilen.
- Sie können die Daten aus physischen Tests mit denen aus virtuellen Tests vergleichen und Abweichungen und Widersprüchlichkeiten automatisch feststellen. Auf diese Weise können Sie die Prüfgenauigkeit verbessern und verlässliche CAE-Modelle erstellen, die dazu beitragen können, die Schlagzähigkeit von Verbundwerkstoffen und Bauteilen vorherzusagen.

WIE PRÜFUNGEN SICHER GEMACHT WERDEN

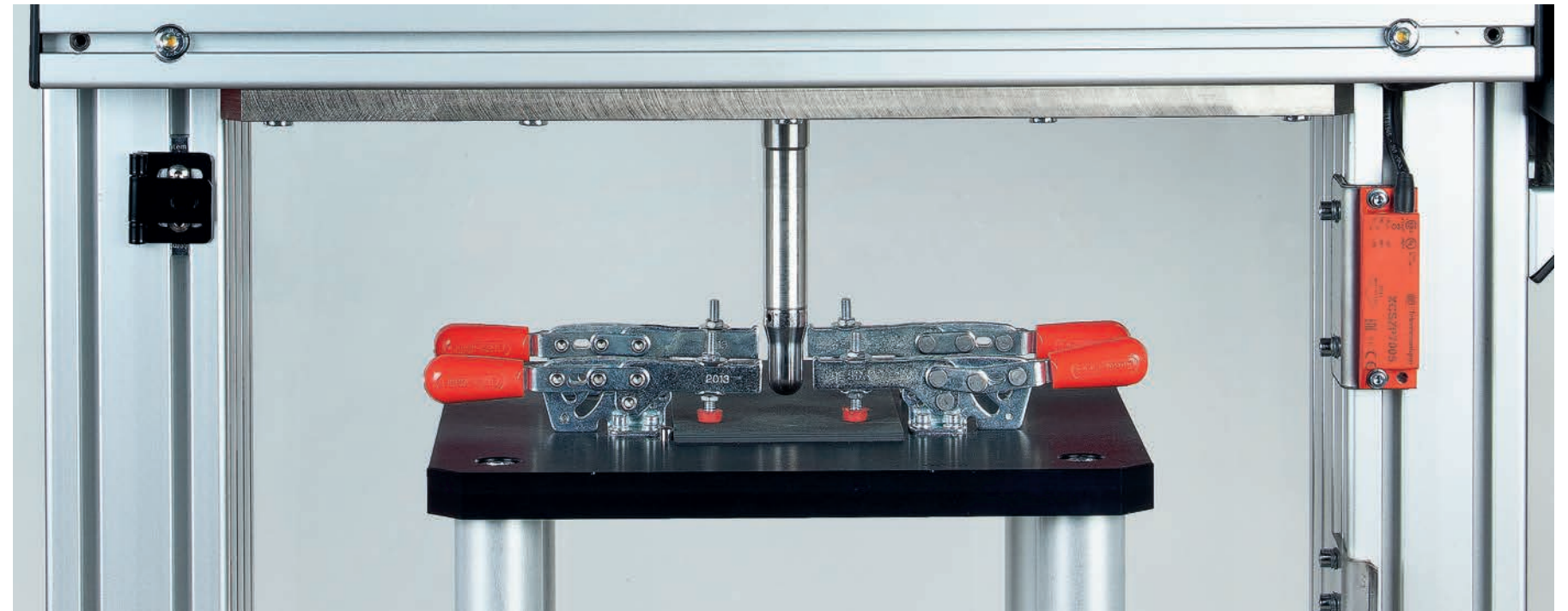
Sicherheit ist eine weitere grundlegende Überlegung bei der Entscheidung für die Schlagversuche mit einem Fallwerk und dessen Einsatz. Angesichts von Prüfbedingungen mit Schlaggewichten, die bis zu 70 kg erreichen oder auf eine Geschwindigkeit von 24 m/s gebracht werden, ist leicht zu verstehen, warum der Schutz der die Maschine bedienenden Personen vor schlagbedingten Verletzungen oberstes Gebot ist.

Ein weiteres häufiges Risiko für die Bediener ist die Belastung durch giftige Rauchgase, Dämpfe oder Staub, die aus Verbundwerkstoffproben freigesetzt werden können, wenn diese von dem Schlagbolzen des Fallturms getroffen werden.

Eine Studie der Health and Safety Executive hat zum Beispiel herausgefunden, dass 3D-gedruckte Polymerfilamente giftige Schwebeteilchen freisetzen können, die in die Lunge gelangen können.²⁶ Auf ähnliche Weise können Werkstoffe wie Kohlefaser²⁷ und ungesättigte Polyesterharze (UP)²⁸ die Bediener dem Risiko des Einatmens von giftigem Staub bzw. giftigen Dämpfen aussetzen.

Um die Bediener vor diesen Risiken zu schützen, wählen Sie Falltürme mit:

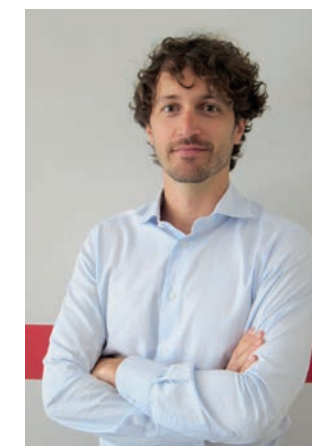
- vollständig gekapseltem Design und eingebauten Sicherheitskreisen, die das System automatisch deaktivieren, sollte eine Gehäusetür geöffnet werden.
- Einer Sauglüfteroption, um zu verhindern, dass giftige Partikel in die umliegende Arbeitsumgebung freigesetzt werden.
- Automatischen Sicherheitsbenachrichtigungen, die eindeutige visuelle Informationen zum Gerätestatus erteilen, so dass Sie immer wissen, wann ein Test läuft.



ABSCHLIESSENDE BETRACHTUNGEN

Leichte Werkstoffe und Verbundwerkstoffe werden für zahlreiche Hersteller in der Automobil-, Luft- und Raumfahrtindustrie immer mehr zum Werkstoff der Wahl und werden heute in zahlreichen Bauteilen verwendet, aus denen Fahrzeuge und Luftfahrzeuge bestehen. Dieser Leitfaden hat verdeutlicht, dass dieser Trend zu zusätzlichen Schlagversuchsanforderungen führt, die nur anhand einer wirksamen Strategie in Hinblick auf Schlagversuche mit einem Fallwerk erfüllt werden können.

Dieser Leitfaden hat einen Einblick in die neueste Fallturmttechnologie geboten und Ihnen einige wichtige Maßnahmen aufgezeigt, die Sie ergreifen können, um den sich verändernden Anforderungen von Werkstoffen und Bauteilen gerecht zu werden. Diese sehen den Einsatz eines benutzerfreundlichen Mensch-Maschine-Interfaces, vereinfachte Rüstvorgänge und die Verwendung von Datenerfassungs- und Datenanalyse-Software vor, um ein schnelles, wiederholbares und zuverlässiges Prüfverfahren zu garantieren, das Fehler und Standzeiten im Arbeitsfluss von Entwicklung und Herstellung auf ein Mindestmaß begrenzt.



Über den Autor

Alessandro Tomaiuolo, Drop Tower Application Experte, bietet seit seinem Einstieg bei Instron im Jahr 2016 Kunden weltweit Unterstützung hinsichtlich Technik und Anwendung.

Alessandro hat einen MSc (Hons) in Werkstoffwissenschaft der Universität Turin mit einer Masterarbeit mit dem Thema 'High Performance Materials for the Automotive Industry' (Hochleistungswerkstoffe für die Automobilindustrie) erworben.



Über Instron

Bei Instron (www.instron.com) behaupten wir unsere Spitzenposition im Bereich Schlagversuchinnovation durch Entwicklung und Zusammenarbeit sowohl mit unseren Kunden als auch mit Forschern führender Universitäten und aus der Industrie. Wir sind führend, weil wir als Beispiel vorangehen und den Prüfungsansprüchen unserer Kunden bei jeglichen Anwendungsanforderungen entgegenkommen. Unsere Teams in Vertrieb, Forschung und Entwicklung sowie Technischem Support arbeiten mit Ihnen von der ersten Anfrage bis zur Auslieferung zusammen und bieten Ihnen dabei umfassenden Zugang zu Vorführmaschinen in unseren Entwicklungseinrichtungen in aller Welt. Wir sind führend in Kalibration und im Besitz von akkreditierten Zertifizierungen, die über unsere dedizierten Serviceteams erhältlich sind.

Instron ist Teil der Prüf- und Messabteilung von Illinois Tool Works (ITW) mit Sitz in den USA, einem Gesellschaftskonzern mit mehr als 850 weltweit verteilten Geschäftseinheiten und ca. 60.000 Beschäftigten in 52 Ländern.

- ¹ https://www.marketwatch.com/press-release/composite-material-market-industry-analysis-size-growth-trends-and-outlook-2020-to-2025-2020-05-08?mod=mw_quote_news&tesla=y
- ² https://www.marketwatch.com/press-release/composite-material-market-industry-analysis-size-growth-trends-and-outlook-2020-to-2025-2020-05-08?mod=mw_quote_news&tesla=y
- ³ <https://www.datamintelligence.com/research-report/high-performance-alloys-market>
- ⁴ <https://eucia.eu/about-composites/sustainability/>
- ⁵ https://www.marketwatch.com/press-release/composite-material-market-industry-analysis-size-growth-trends-and-outlook-2020-to-2025-2020-05-08?mod=mw_quote_news&tesla=y
- ⁶ <https://www.statista.com/statistics/560304/worldwide-survey-3d-printing-top-technologies/>
- ⁷ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/3d-metal-printing-market>
- ⁸ <https://www.marketwatch.com/press-release/covid-19-impact-affects-aerospace-3d-printing-market-globally-in-2020-2020-04-22>
- ⁹ <https://www.transparencymarketresearch.com/composite-materials-testing-market.html>
- ¹⁰ https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/147966755/PRE_PRINT.pdf
- ¹¹ https://pureadmin.qub.ac.uk/ws/portalfiles/portal/147966755/PRE_PRINT.pdf
- ¹² <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6603:-1:ed-2:v1:en>
- ¹³ <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:6603:-1:ed-2:v1:en>
- ¹⁴ <https://www.iso.org/standard/35900.html>
- ¹⁵ <https://www.astm.org/Standards/D3763.htm>
- ¹⁶ <https://www.astm.org/Standards/D7136>
- ¹⁷ https://standardscatalog.ul.com/standards/en/outline_2591
- ¹⁸ <https://www.iso.org/standard/75628.html>
- ¹⁹ <https://www.iso.org/standard/35900.html>
- ²⁰ <https://www.iso.org/standard/25172.html>
- ²¹ <https://www.astm.org/Standards/D3763.htm>
- ²² <https://www.astm.org/Standards/D7136>
- ²³ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827119312776/pdf?md5=69b74b066a048b984cb09d23fe612bc1&pid=1-s2.0-S2212827119312776-main.pdf>
- ²⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860417305687>
- ²⁵ <https://cordis.europa.eu/project/id/721256>
- ²⁶ <https://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr1146.pdf>
- ²⁷ <https://www.monash.edu/ohs/info-docs/safety-topics/chemical-management/carbon-fibre-composites-ohs-information-sheet#:~:text=Health%20effects%20of%20carbon%20fibre,to%20that%20of%20glass%20fibres.&text=These%20micro%20fibres%20if%20uncontrolled,the%20mucous%20membranes%20causing%20irritation.>
- ²⁸ http://www.upresins.org/wp-content/uploads/2017/09/170731_UPR_SHG2_EN.pdf