

Zuverlässigkeit und Ausdauer unter extremsten Bedingungen

## **Klebstoffe von Henkel sichern Schrauben und verstärken Presspassungen**

Um bei Extremsportveranstaltungen immer ganz vorne dabei zu sein, setzen Profi-Schneemobilpiloten, Snocross-Rennfahrer und X-Game-Athleten im Rennen, bei Weitsprung- und Freestyle-Wettbewerben mit gefährlichen Backflips und waghalsigen Extensions auf Schneemobile des US-Herstellers Polaris Industries Inc. Die Schlitten beherrschen das Terrain wie kein Zweiter und können halsbrecherischen Fahrmanövern, höchsten Belastungen und selbst Stürzen standhalten. Die Ingenieure, die diese Maschinen bauen, müssen sicher sein, dass die Schlitten selbst unter schwierigen Einsatzbedingungen zuverlässig funktionieren und Verbindungen sich bei den hohen Kräften und Temperaturen nicht lösen.

Um sicherzugehen, dass Polaris Schneemobile großen Temperaturschwankungen, harten Landungen, Vibrationen und starken Schlägen standhalten können und dabei immer zuverlässig funktionieren, vertrauen die Ingenieure auf anaerobe Loctite Klebstoffe – insbesondere Schraubensicherungen und Fügeklebstoffe – um für die Schlitten optimale Sicherheit zu gewährleisten und zu verhindern, dass Verbindungen ausfallen. Schraubensicherungen werden für alle Gewindeteile an der Maschine eingesetzt, um das selbständige Losdrehen durch Vibrationen zu verhindern. An den kritischen Verbindungsstellen, z.B. den Motoraufhängungen, erzielen diese Klebstoffe eine dauerhafte Sicherung der Schrauben, mit denen der Motor am Fahrgestell befestigt ist. Hier könnte ein Versagen katastrophale Folgen haben.

Auch die überall an der Maschine eingesetzten Presssitzverbindungen sind wichtig. Im Presssitz werden zylindrische Teile – wie z. B. Wellen, Lager oder Buchsen – auf kleineren Zahnrädern oder in Gehäusen befestigt. Dabei sind extrem hohe Reibungskräfte erforderlich, um die Teile so zu befestigen, dass sie selbst durch größere Drehmomente nicht voneinander gelöst werden. Um Verbindungen mit maximaler Festigkeit und optimaler Leistung zu erzielen, müssen diese mit höchster Präzision gestaltet werden. Das Innenteil einer solchen Übermaßpassung wird



**LOCTITE**

**BONDERITE**

**TECHNOMELT**

**TEROSON**

**AQUENCE**

**Ceresit**

geringfügig größer ausgelegt als die entsprechende Bohrung des äußeren Teils. Dann wird das größere Teil in das kleinere Teil eingepresst, beide verformen sich etwas bei der Montage und bilden eine kraftschlüssige und dauerhafte Verbindung.

Aber selbst wenn Übermaßpassungen mit größter Sorgfalt berechnet und maximale Reibungskräfte erzielt werden, kann es zu einem Versagen der Verbindung kommen. Die Berechnung und Ausführung von Verbindungen mit einer so hohen Präzision und Maßhaltigkeit führt zu einer dramatischen Steigerung des Zeitaufwands und der Kosten für die Herstellung der Bauteile.

Fügeklebstoffe machen es Ingenieuren möglich, robuste, leichte Pressverbände preisgünstiger und schneller zu erzielen als herkömmliche Übermaßpassungen, weil Fertigungstoleranzen gelockert werden können. Diese Klebstoffe gewährleisten Festigkeit und Zuverlässigkeit und kommen zunehmend auch in allgemeinen Industrieanwendungen zum Einsatz, wenn Teile mit Übermaß gefügt und gesichert werden müssen.

Fügeklebstoffe haben aber noch mehr zu bieten: Sie vergrößern die Auswahl der für eine Anwendung einsetzbaren Materialien, und sie dichten eine Verbindung gleichzeitig ab und verhindern so das Entstehen von Korrosion. Ohne einen Fügeklebstoff ist die Auswahl an geeigneten Materialien für eine zuverlässige Press- oder Schrumpfpassung aufgrund der hohen Spannungen in den verbundenen Teilen möglicherweise beschränkt. Nur bestimmte Werkstoffe können den Spannungen und Kräften standhalten, die zum Zusammenfügen der beiden Teile erforderlich sind. So können z.B. Sintermetallteile oder Aluminium versagen, während Stahl die Festigkeitsanforderungen problemlos erfüllt. Ein Fügeklebstoff verstärkt die gesamte Verbindung, so dass die Materialauswahl für die Leistungsfähigkeit der Teile nicht ganz so kritisch ist.

Um den aktuellen Wissensstand über Fügeklebstoffe und das in sie gesetzte Vertrauen zu ermitteln, führte Henkel vor kurzem zusammen mit der amerikanischen Fachzeitschrift *Design World* eine Umfrage unter 400 Konstruktionsingenieuren durch. Die Studie ergab, dass fast 42 Prozent der Befragten Fügeklebstoffe einsetzen und sie aufgrund ihres aus früheren Erfahrungen gewonnenen Vertrauens in diese Stoffe wählen. Über 20 Prozent der befragten Ingenieure hatten erkannt, dass Fügeklebstoffe zur Senkung der Gesamt-Fertigungskosten beitragen können. Die Befragten bestätigten, dass Fügeklebstoffe die Zuverlässigkeit von Verbindungen erhöhen und die Kombination dieser Klebstoffe mit einer Spiel- oder Presspassung weit zuverlässiger ist als mechanische Fügetechniken allein. Über 60 Prozent der Teilnehmer sagten aus, dass auch Fertigungskosten gesenkt werden könnten, weil größere Toleranzen möglich sind. Die Mehrzahl der Teilnehmer an dieser Studie berichtete über Probleme durch Reibkorrosion und erklärte, dass diese Probleme durch den Einsatz von Fügeklebstoffen gelöst werden könnten.

Aber in der gleichen Studie zeigte sich auch, dass ca. 58 Prozent der Ingenieure nicht speziell an Fügeklebstoffe dachten und die Vorteile dieser Klebstoffe möglicherweise noch nicht kennen.

## Fügeklebstoffe

Fügeklebstoffe sind flüssige anaerobe Strukturklebstoffe, die unter Luftabschluss zwischen enganliegenden Metallflächen aushärten oder polymerisieren. Diese Klebstoffe werden aus technischen Kunststoffen hergestellt, also den Materialien, die tagtäglich zum Einsatz kommen, um Produkte leichter und stärker zu gestalten. Im Hinblick auf Spiel- und Presspassungen bedeutet das, dass diese technischen Klebstoffe Konstrukteuren die Gestaltung von Verbindungen ermöglichen, die hohe Festigkeiten erzielen, weniger wiegen und preisgünstiger sind als herkömmliche Übermaßpassungen.

Fügeklebstoffe sind speziell für die Verbindung von zylindrischen Metallteilen ohne Gewinde ausgelegt. Diese Klebstoffe füllen den Spalt zwischen den ineinander gefügten Teilen aus und bilden nach der Aushärtung eine stoffschlüssige Verbindung. Weil die Kombination aus Übermaßpassung und Fügeklebstoff weit stärker ist als die Übermaßpassung allein, brauchen Ingenieure bei der Berechnung von Maßtoleranzen nicht bis zum Äußersten zu gehen.

Der ausgehärtete Fügeklebstoff füllt den Spalt zwischen den gefügten Teilen aus und wirkt als physikalische und chemische Barriere, durch die Passungsrost, Oxidation und galvanische Korrosion verhindert werden. Gleichzeitig wird die Presssitzverbindung gegen Leckagen abgedichtet.

Fügeklebstoffe werden bei Übermaßpassungen in drei verschiedenen Situationen eingesetzt:

- Bei bestehenden Übermaßpassungen zusätzlich zur Erhöhung der Festigkeit und Zuverlässigkeit

- Bei der Gestaltung von neuen Übermaßpassungen zur Erzielung kleinerer, leichter Verbindungen, die bei gelockerten Fertigungstoleranzen zuverlässig funktionieren und eine Überlastung der Teile vermeiden

- Geklebte Spielpassungen erfordern keine präzise Fertigung von eng tolerierten Teilen und sind genauso zuverlässig und effektiv wie Übermaßpassungen

Herkömmliche Übermaßpassungen beziehen ihre Festigkeit ausschließlich aus dem direkten Metallkontakt an den Rauheitsspitzen auf der Oberfläche, d.h. einer Fläche, die nur 15 Prozent der Verbindungsfläche ausmacht. Flüssige Fügeklebstoffe füllen die Unregelmäßigkeiten und Spielräume zwischen den Metallteilen aus. Sie bilden nach der Aushärtung eine sehr dichte und hochfeste Klebung, welche die Festigkeit der Verbindung erhöht und maximale Kraftübertragung erzielt. Der ausgehärtete Kunststoff erhöht die Kontaktfläche auf 100 Prozent und verbessert so die Spannungsverteilung und Zuverlässigkeit der Verbindung und verlängert die Lebensdauer von Teilen.

Mit Fügeklebstoffen geklebte Teile erfordern keine Feinbearbeitung und ermöglichen gelockerte Fertigungstoleranzen, sind also ideal zum Verbinden von unterschiedlichen Metallen. Bei Klebungen werden weniger Spannungen in die

Verbindung eingebracht, und sie ist weniger empfindlich gegenüber unterschiedlichen Wärmedehnungen. Das heißt, dass weichere Materialien wie Aluminium durch einwirkende Kräfte oder Wärmeausdehnung nicht beschädigt werden bzw. keine Pressung mehr vorhanden ist.

Fügeklebstoffe verhindern Passungsrost bei Übermaßpassungen. Passungsrost oder Reibkorrosion entsteht, wenn durch Mikrobewegungen zwischen einem Lager und einer Welle oder einem Gehäuse kleine Kontaktstellen lokal verschweißen. Wenn die Verbindung sich das nächste Mal bewegt, reißen diese kleinen verschweißten Stellen auseinander. Dadurch erfolgt eine Kraterbildung auf der Oberfläche. Indem sie den Spalt zwischen den gefügten Teilen ausfüllen, verhindern Fügeklebstoffe Mikrobewegungen und damit die Hauptursache von Reibkorrosion.

Fügeklebstoffe können Techniken wie Schweißen und Löten durch einen einfachen und schnellen Prozess ersetzen, der weder spezielle Werkzeuge noch geschultes Fachpersonal, Verbrauchsmaterialien oder Gerätewartung erfordert. Im Gegensatz zum Schweißen und Löten gibt es bei Fügeklebstoffen keine Brandgefahr oder Bildung von Dämpfen. Sie können schnell aufgetragen und ausgehärtet werden.

### **Auftragung und Demontage**

Fügeklebstoffe in flüssiger Form können mit manuellen, halb- und vollautomatischen Dosiergeräten präzise aufgetragen werden.

Ein Beispiel für ein vollautomatisches Präzisions-Dosiergerät ist das Rotorspray-System, ein speziell konstruiertes Gerät, mit dem eine definierte Klebstoffmenge als umlaufende Raupe oder Band auf eine vorher festgelegte Stelle in der Bohrung eines Teils aufgetragen wird. Die Dosierung per Rotorspray erfolgt präzise und reproduzierbar, und das Gerät kann in jeder Achse positioniert und entweder halbautomatisch oder vollautomatisch betrieben werden.

Handpumpen sind Präzisionsgeräte für die manuelle Dosierung und bestimmen, wo und wieviel Klebstoff aufgetragen wird. Das Herz der Handpumpe ist eine peristaltische Pumpe mit einstellbarem Hub, die bei jeder manuellen Betätigung eine bestimmte Klebstoffmenge dosiert.

Mit Fügeklebstoffen verbundene Teile sind mit Standardmethoden für Press- und Schrumpfpassungen demontierbar. Zu diesen Methoden gehören Abzieher, Einspritzen von Hydrauliköl und Hydraulikpressen. Zum Lösen der Klebung sind keine speziellen Arbeitsschritte erforderlich. Ingenieure können unter Produkten für die Demontage mit mittlerem oder hohem Kraftaufwand auswählen. Bei Teilen, die routinemäßig für Wartungs- oder Instandhaltungsarbeiten demontiert werden müssen, sind möglicherweise mittelfeste Fügeklebstoffe zu bevorzugen.

## **Fortschritte bei Fügeverbindungen mit chemischen Mitteln**

Neue Entwicklungen im Bereich der chemischen Fügeverfahren haben diese Stoffe robuster gemacht. Bei den neusten Fügeklebstoffen ist die einfache Verarbeitung ein wichtiger Vorteil, d. h. sie erfordern weniger Reinigungsarbeiten und keine Primer oder Aktivatorer zur Beschleunigung der Aushärtung oder Erzielung hochfester Klebungen. Nach der Montage können sie höheren Temperaturen standhalten als frühere Varianten.

Grundsätzlich erzielen saubere Klebeflächen bei allen Verbindungen die besten Ergebnisse, aber die neusten öl-toleranten Fügeklebstoffe können mit Ölen und Verunreinigungen auf den Oberflächen fertig werden. So erhält man konstante Festigkeitswerte, selbst wenn es Abweichungen beim Reinigungsprozess gibt.

Früher musste ein chemischer Aktivator oder Primer aufgetragen werden, um anaerobe Fügeklebstoffe auf Buntmetallen auszuhärten. Die neusten primerlosen Fügeklebstoffe härten auf diesen Oberflächen genauso gut aus wie auf Stahl. Der Primer wird nicht mehr zur Polymerisation benötigt; dadurch wird der Prozess robuster und um einen Arbeitsschritt kürzer (Loctite 648).

Größe, Gewicht und Leistung sind die wichtigsten Eigenschaften für die meisten neuen Konstruktionen mit Spiel- oder Presssitzverbindungen; so können sie höheren Betriebstemperaturen standhalten. Die neusten temperaturbeständigen Fügeklebstoffe können Dauerbetriebstemperaturen im Bereich von -55 °C bis 200 °C aushalten. Selbst wenn eine Beständigkeit gegen hohe Temperaturen nicht gefordert wird, erhöhen diese Produkte die Sicherheit und Robustheit.

## **Gold wert: Sichere Fügeverbindungen**

Snocross und Freestyle Profi Levi LaVallee hat mit seinem Snocross Rennteam mehrfach Gold geholt und vertraut ausschließlich auf Polaris als Rennmaschine seiner Wahl. LaVallee hat neun Winter-X-Games-Medaillen gesammelt, sechs davon in Gold, und hält den Weltrekord für den Sprung über 125,7 Meter, den er 2010 mit seinem Schneemobil geschafft hat. Levi sieht einen Großteil seines Erfolges in der Zuverlässigkeit und Leistungsstärke seiner Polaris Schlitten begründet.

"Wenn man so verrückte Sachen macht wie Weitsprünge und Doppel-Backflips, ist es sehr gut zu wissen, dass Polaris beim Zusammenbauen der Schlitten Loctite einsetzt," sagt LaVallee. "Als Rennschlitten benutzen wir jetzt den Polaris IQ 600. Das Fahrwerk haben wir schon ein paar Jahre, und wir hatten absolut umwerfende Ergebnisse damit, von Goldmedaillen bei den X Games bis zu dem Weitsprung-Weltrekord und dem Gewinn der Snocross Meisterschaften. Es ist einfach eine tolle Maschine. Wie stark die Geräte sind, und wie gut die Maschinen gebaut sind, das sagt sehr viel über Polaris."

Polaris Techniker haben Loctite Produkte für den gesamten Produktionsprozess spezifiziert. Neben den vielen Produkten zum Schraubensichern, die bei allen Gewindeverbindungen an den Maschinen zu finden sind, setzt Polaris auch eine Reihe von Fügeprodukten an seinen Schlitten ein.

Die Hauptlagerflächen sind kritische Anwendungen für diese Klebstoffe. Wenn die Kupplungsdeckel-Lager und die beweglich gelagerten Treibscheiben der Schneemobil-Antriebskupplung geklebt werden, muss die Kupplung in einem Temperaturbereich von -40 °C bis +90 °C absolut zuverlässig funktionieren. Hier verwenden Polaris Ingenieure Loctite 648, um sicherzugehen, dass die Lager fest sitzen und während der gesamten Lebensdauer der Maschine in der richtigen Position gesichert bleiben. Loctite 648 erzielt als hochfestes Produkt für die Lagerbefestigung eine hervorragende Leistung bei dynamischen, axialen und radialen Belastungen. Der Klebstoff härtet auf Metallen ohne Aktivator aus und toleriert Verschmutzungen wie Korrosionsschutz- und Schneidöle; dadurch verringert sich der Zeitaufwand für die Reinigung der Teile ganz erheblich.

Bei der Schneemobil-Antriebskupplung wird Loctite 648 von Hand auf den Innendurchmesser der Treibscheibe aufgetragen, dann wird das Lager eingepresst. Der Fügeklebstoff erhöht die Zuverlässigkeit der Verbindung und verhindert so einen vorzeitigen Ausfall des Lagers. Bei der zweiten Anwendung an der Kupplung wird die Kupplungsspinne mit Loctite 620 auf der stationären Welle befestigt – das ist vielleicht der wichtigste Teil der Kupplung, weil die Gewichte von der Kupplungsspinne aufgenommen werden; so kann die Kupplung den Erwartungen entsprechend funktionieren.

Für Anwendungen am Motor, bei denen Betriebstemperaturen bis 230 °C auftreten, kommt der hochfeste, hochtemperaturbeständige Fügeklebstoff Loctite 620 zum Einsatz, denn er kann diesen extremen Temperaturen standhalten. Loctite 620 wird speziell für Anwendungen am Motor genutzt, wie z.B. zum Befestigen der Tellerradlager. Das Produkt ist so ausgelegt, dass es höhere Temperaturen überstehen kann als der Motor aller Wahrscheinlichkeit nach erreicht, wenn er am heißesten ist. Zur Verkürzung der Aushärtezeit bei der Montage wird Loctite 7088, ein aerosolfreier Primer in Stick-Form, vor dem Klebstoff aufgetragen.

Als LaVallee bei dem Silvester-Event 2012 seinen Weltrekordsprung schaffte, schoss er mit 160 km/h von der Absprungrampe, überflog einen Teil der San Diego Bay und setzte nach über 122 Metern hart, aber sicher auf. Dem Schlitten ging es danach gut, obwohl die Landung bei 179 km/h aus einer Höhe von ca. 21 m auf einer Plattform aus Metall und Holz knallhart war. Nach einer kleinen Feier schwang sich LaVallee wieder auf seinen Schlitten, der problemlos ansprang und bestens funktionierte. Dass es seinem Schlitten so gut ging, ist nach LaVallees Meinung den Loctite Schraubensicherungen und Fügeklebstoffen zu verdanken.

Für LaVallee gibt es auch eine Anwendung mit Loctite Fügeklebstoffen, die er ganz persönlich als wichtig für seine Sicherheit bei Freestyle-Wettbewerben einschätzt. Er trotz dem Gesetz der Schwerkraft, fliegt mit seinem 227 Kilo schweren Schneemobil hoch durch die Luft und vollführt dabei spektakuläre Sprünge und Flips. Als LaVallee 2013 die Goldmedaille holte, vollbrachte er neun Sprünge in 75 Sekunden, Schlag auf Schlag mit ellenlangen Extensions und perfekten Landungen, einem No Hands Backflip, einem No Feet Backflip und einem Backflip mit den Händen am Lenker und

den Füßen in der Luft und voll zur hinteren Stoßstange durchgestreckt. Um dabei seinen Schlitten unter Kontrolle zu halten und Flips mit perfekten Extensions zu präsentieren, hält LaVallee den Lenker mit eisernem Griff umklammert.

“Wenn die Griffe sich nach vorne oder hinten verdrehen, auch nur ganz minimal, nachdem du sie so fest du kannst gepackt hast, dann kannst du echt in Schwierigkeiten kommen,” sagt LaVallee. “Vor dem Wettkampf habe ich Henkel gefragt, ob sie mir helfen können zu verhindern, dass die Griffe sich bewegen. Sie haben mir empfohlen, die Griffe mit einem Fügeklebstoff zu sichern. Seitdem hatte ich nie ein Problem damit, dass sie sich bewegen. Loctite ist Gold wert.”

Folgendes Bildmaterial ist verfügbar:



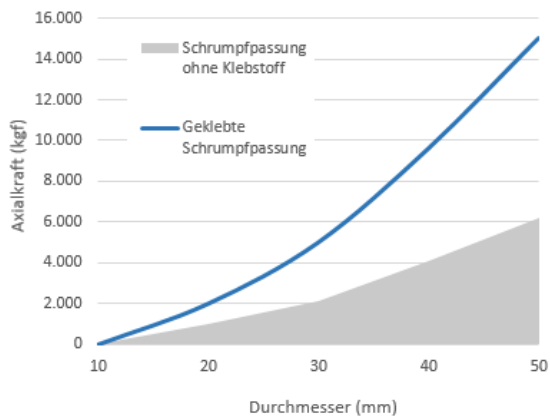
Loctite und Polaris: Ein starkes Team



Loctite und Polaris: Ein starkes Team - extrem stark.

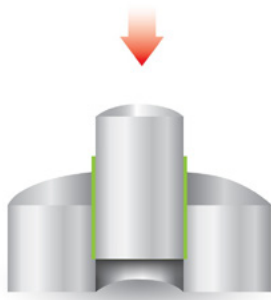


Fügeklebstoffe verbinden zylindrische Metallteile ohne Gewinde. Sie füllen den Spalt zwischen den ineinander gefügten Teilen aus und bilden nach der Aushärtung eine stoffschlüssige Verbindung.

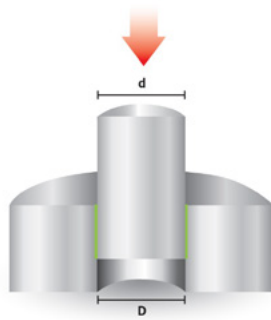


Die Kombination aus Übermaßpassung und Fügeklebstoff ist weit stärker als die Übermaßpassung allein, deshalb müssen bei der Berechnung von Maßtoleranzen keine so engen Maßstäbe angelegt werden.

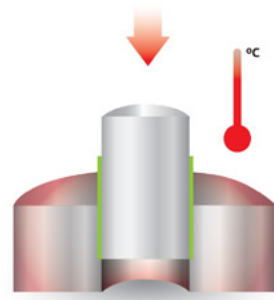




Geklebte Spielpassung  
Fügeklebstoffe erhöhen die Festigkeit von Spiel-, Press- und Schrumpfpassungen.



Geklebte Presspassung



Geklebte Schrumpfpassung



Mit einem speziell konstruierten Rotorspray-System wird eine definierte Klebstoffmenge als umlaufende Raupe oder Band auf eine vorher festgelegte Stelle dosiert.



Ein Polaris Monteur trägt Schraubensicherung Loctite 242 auf die Gewindebohrungen für die Befestigung der Motoraufhängung auf.



Ein Polaris Monteur trägt Fügeklebstoff Loctite 648 auf den Innendurchmesser der Treibscheibe für die Antriebskupplung auf. Anschließend werden die Lager eingepresst.

Weitere Informationen auf der Website unter [www.loctite.de](http://www.loctite.de)

**Loctite ist eine eingetragene Marke der Henkel Gruppe mit Schutz in Deutschland und anderen Ländern.**

Henkel ist weltweit mit führenden Marken und Technologien in den drei Geschäftsfeldern Laundry & Home Care, Beauty Care und Adhesive Technologies tätig. Das 1876 gegründete Unternehmen hält mit fast 50.000 Mitarbeitern und bekannten Marken wie Persil, Schwarzkopf oder Loctite global führende Marktpositionen im Konsumenten- und im Industriegeschäft. Im Geschäftsjahr 2014 erzielte Henkel einen Umsatz von 16,4 Mrd. Euro und ein bereinigtes betriebliches Ergebnis von 2,6 Mrd. Euro. Die Vorzugsaktien von Henkel sind im DAX notiert.

**Fotomaterial finden Sie im Internet unter://[www.henkel.com/press](http://www.henkel.com/press)**

Kontakt	Holger Elfes	Lisa Kretzberg
Telefon	+49 211 797-99 33	+49 211 797-56 72
E-Mail	<a href="mailto:holger.elfes@henkel.com">holger.elfes@henkel.com</a>	<a href="mailto:lisa.kretzberg@henkel.com">lisa.kretzberg@henkel.com</a>

Henkel AG & Co. KGaA