

Die bessere Alternative

Mit PTFE-Systemlösungen die Anlagenleistung steigern

Dr. Michael Schlipf, Martin Dietze

Durch Einsatz von modifiziertem PTFE, auch als hochgefülltes Compound, in Verbindung mit einer neuen Schweißtechnologie können Komponenten für Großreaktoren der chemischen Industrie in Voll-PTFE-Bauweise hergestellt werden. Ihr Einsatz ermöglicht insbesondere durch die nahezu unbegrenzte Designvielfalt optimale Reaktionsbedingungen. Hohe Reaktionsausbeuten, geringe Mengen an Nebenproduktion und reduzierte Kosten für die Produktaufbereitung sind die erzielten Anwendervorteile.

In der chemischen und petrochemischen Pharma- und Halbleiterindustrie ist die Verwendung korrosionsbeständiger Anlagen eine wichtige Voraussetzung für die wirtschaftliche Herstellung chemischer Produkte hoher Qualität. Oft sind die Reaktanden der chemischen Umsetzung korrosiv, giftig, entflammbar oder schädlich. Emissionen müssen deshalb strikt vermieden werden. Handelt es sich zusätzlich um

Chemikalien, an die hohe Reinheitsansprüche gestellt werden, wie dies insbesondere in der Halbleiterindustrie der Fall ist, so müssen diese vor Metall- und anderen Kontaminationen aus den Anlagenwerkstoffen zusätzlich geschützt werden. Die nachfolgend vorgestellten Vollkunststoff-Systemlösungen auf Basis von PTFE und modifiziertem PTFE sind dank der besonderen Eigenschaften dieser Werkstoffe nahezu universell einsetzbar, haben eine hohe Lebensdauer und schützen sowohl die hergestellten chemischen Produkte als auch die Umwelt vor Kontamination. Die lange Lebensdauer der eingesetzten Anlagen und ihr hoher Grad an Verfügbarkeit sind von bedeutendem Wert für den Betreiber. Edelstähle werden im Anlagenbau häufig dann eingesetzt, wenn hohe mechanische Festigkeiten in Verbindung mit einer hohen Werkstoffbeständigkeit gefordert sind. Der Vorteil: Es sind keine speziellen Beschichtungen erforderlich. Dem stehen allerdings der hohe Preis, ihre schlechte Bearbeitbarkeit und das Risiko der zeitlich verzögerten Korrosion entgegen.

Email-Beschichtungen sind in Gegenwart vor allem saurer Medien gut einsetzbar, jedoch sind sie empfindlich gegenüber mechanischen Einwirkungen und neigen zur Rissbildung bei Wärmeausdehnung des zu schützenden Stahlkörpers. Unerkannte Poren bergen die Gefahr der Hinterrostung mit plötzlichem Chemikaliendurchtritt und wegen ihrer Oberflächenunebenheiten sind sie im Flanschbereich nur schwierig abzudichten.

Glas zeichnet sich durch eine sehr breite Chemikalienbeständigkeit aus, es zeigt nur Schwächen in stark alkalischer Umgebung und für das Handling von Flusssäure ist es ungeeignet. Ein besonderer Vorteil ist seine

Durchsichtigkeit zur Beobachtung von Reaktionen und Abläufen. Die Zerstörung durch mechanische Einwirkungen steht jedoch seinem Einsatz in der Großchemie häufig entgegen. Zudem sind Flanschverbindungen wegen der nur geringen erlaubten Flächenpressungen schwierig abzudichten.

Der Schutz von nicht korrosionsfestem Stahl durch Kunststoffe, insbesondere Fluorpolymere, stellt eine bekannte, bewährte Technik dar und wird häufig eingesetzt. Dabei werden die beiden Werkstoffe sowohl im Festverbund, z. B. durch Verkleben, als auch nur punktuell miteinander verbunden eingesetzt. Komponenten und Systeme mit hoher Zuverlässigkeit und Lebensdauer können so aufgebaut werden. Hinsichtlich des thermischen Ausdehnungskoeffizienten handelt es sich um sehr ungleiche Partner und es kann durch Permeation der Chemikalien durch den Fluorkunststoff hindurch unter Umständen zu Hinterrostung kommen.

Systemlösung aus Vollkunststoff

Einbauten in Großreaktoren, insbesondere Einleitungsrohre für flüssige Chemikalien und Gase, konnten bisher nicht in Vollkunststoff-PTFE-Bauweise ausgeführt werden. Deshalb wurde auf emaillierte oder mit PTFE-ummantelte Rohre bzw. in Sonderfällen auf Edelstähle bis hin zu massiver Silberbauweise zurückgegriffen. Durch Verwendung von modifiziertem PTFE in Verbindung mit einer speziellen Schweißtechnologie können nun auch diese hochbeanspruchten Bauteile in Vollkunststoffbauweise ausgeführt werden. Selbst Großreaktoren bis über 20 000 l Volumen lassen sich damit bestücken.

In Bild 1 ist ein Gasverteilersystem dargestellt, das die effiziente Verteilung hochaggressiver Gase im Reaktionsmedium von Großreaktoren ermöglicht: Die Gaszuführung erfolgt durch den zentrischen Flansch im Reaktordom, in den das Verteilersystem eingehängt und fixiert ist. Durch das Voll-PTFE-Rohr, ausgeführt in Dyneon TFM PTFE, wird das gasförmige Edukt bis in die Nähe des Reaktorbodens geführt und dort über das sternförmig angeordnete Verteilersystem über den kompletten Reaktorquerschnitt verteilt. Das Abreagieren der in Form feinsten Blasen verteilten Reaktionskomponente erfolgt während deren Aufstieg im Reaktor. Dadurch können im gesamten Reaktorvolumen nahezu identische Konzentrationsbedingungen eingestellt werden, wodurch sich die chemische Reaktion hochselektiv führen lässt. Als unmittelbare Folge davon wird die Bildung



Bild 1: Das zentral angeordnete Gaseinleitungs- und Verteilersystem in Voll-PTFE-Ausführung ermöglicht die Einstellung homogener Reaktionsbedingungen über den gesamten Reaktorquerschnitt

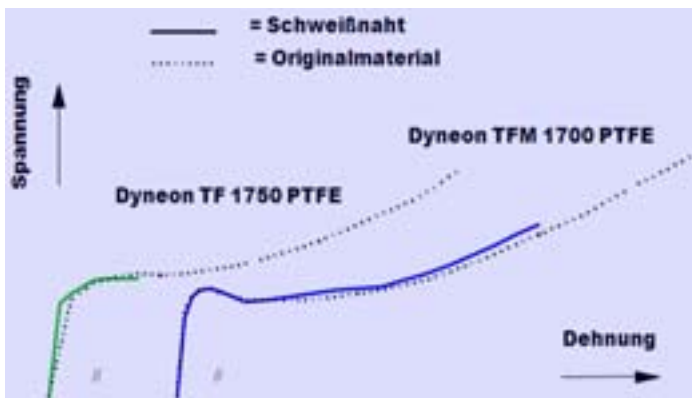


Bild 2: Bei optimal ausgeführter Verschweißung von modifiziertem PTFE zeigen Prüfkörper, entnommen aus der Schweißzone und dem nicht verschweißten Originalwerkstoff, einen identischen Verlauf der Kraft-Dehnungskurve weit über die Streckgrenze hinaus

Basis von Dyneon TFM PTFE als der ideale Werkstoff für den Flanschbereich.

Ganz anders stellt sich die Belastungssituation im zentralen Rohr des Gasverteilersystems dar. Durch das Eigengewicht, durch Vibrationen und durch eventuelle Druckstöße des einzuleitenden Gases wird dieser Anlagenbereich mit einer hohen Zugbelastung beaufschlagt. Durch Verwendung des reinen, ungefüllten PTFE in diesem Bereich werden die maximal möglichen Zugfestigkeitswerte sichergestellt und die Güte der Schweißverbindung wird ebenfalls nicht durch Füllstoffzusatz beeinträchtigt.

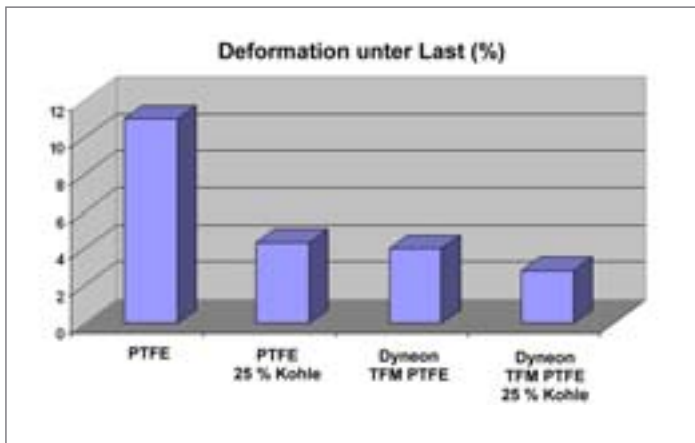


Bild 3: Bei einer Belastung mit 15 N/mm² über 100 Stunden werden die dargestellten bleibenden Verformungen ermittelt. Ein mit Kohle hochgefülltes Compound auf Basis von modifiziertem PTFE erweist sich aufgrund des um den Faktor vier reduzierten Kaltflusses als der ideale Werkstoff für den Flanschbereich.

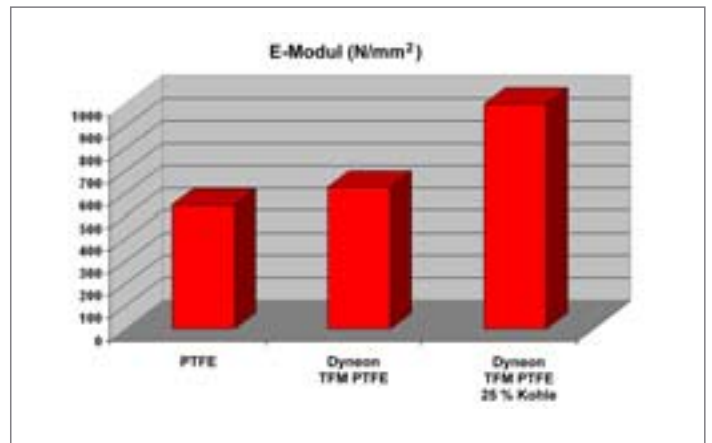


Bild 4: Der E-Modul des ungefüllten Standard-PTFE von ca. 550 N/mm² lässt bei der Auslegung von Gewinde-Verschraubungen nur geringe Anzugsmomente zu. Durch Verwendung von hochgefülltem, modifiziertem PTFE wird der E-Modul um den Faktor zwei erhöht und die resultierenden Schraubverbindungen können entsprechend hohe Kräfte aufnehmen.

von Nebenprodukten unterdrückt, die Ausbeute des Zielproduktes erhöht und die Kosten für das Aufreinigen des Reaktionsgemisches minimiert.

Hohe Betriebssicherheit durch modifiziertes PTFE

Die Größenordnung des vorgestellten Gasverteilersystems macht eine Herstellung aus mehreren Einzelkomponenten erforderlich. Das Zusammenfügen zum Gesamtsystem erfolgt dann mittels Verschweißung oder Verschraubung.

In Bild 2 sind die Ergebnisse von Festigkeitsuntersuchungen an Schweißverbindungen am Beispiel Dyneon TFM 1700 PTFE dargestellt und der unmodifizierten PTFE-Variante, Dyneon TF 1750 PTFE, gegenübergestellt.

Für modifiziertes PTFE im ungedehnten Einsatzfall gilt: Der identische Verlauf der Kraft-Dehnungskurve – im Bereich der Schweißnaht und im Bereich des unverschweißten Originalwerkstoffes – belegt eindeutig, dass bei Verwendung von modifiziertem PTFE keine Festigkeitsverluste gegenüber dem Originalwerkstoff in Kauf

genommen werden müssen, sofern die Verschweißung optimal ausgeführt wurde. Die Abrissbedingungen des Prüfkörpers, die weit über 400 % Dehnung liegen, werden im Einsatzfall nicht erreicht.

Die lokal stark differierende Beanspruchung der Anlagenkomponente Gaseinleitungsrohr macht die Verwendung unterschiedlicher Werkstoffe erforderlich. Insbesondere im oberen Flanschbereich treten starke Flächenpressungen auf. Deshalb muss der eingesetzte Werkstoff in diesem Bereich einen besonders hohen Widerstand gegenüber Kaltfluss, die für PTFE typische Deformation unter Last, aufweisen. Dies wird durch die Verwendung zusätzlicher Füllstoffe im eingesetzten modifizierten PTFE erreicht. In Bild 3 ist die Deformation unterschiedlicher Werkstoffe unter Last aufgeführt: Nach einer 100-stündigen Belastung mit 15 N/mm² bei Raumtemperatur tritt eine unterschiedliche, bleibende Deformation der Werkstoffe auf. Durch die Maßnahmen „modifiziertes PTFE“ und „Füllstoff Kohle 25 %“ lässt sich der hohe Kaltfluss des Standard PTFE, in diesem Fall 11 %, bis auf weniger als 3 %, also um den Faktor vier, reduzieren. Somit empfiehlt sich ein hochgefülltes Kohlecompound auf

Im Bereich des Verteilersystems, das in der Nähe des Reaktorbodens positioniert ist, sollte die nahezu unbegrenzte Designfreiheit dieser Vollkunststoffbauweise noch durch weitere Fügetechniken unterstützt werden. Hierzu gehören auch Schraubverbindungen. Als eine wichtige Werkstoffkenngröße für die Festigkeitsberechnung von Schraubverbindungen ist der E-Modul heranzuziehen. Dieser beschreibt die Festigkeitseigenschaft des Werkstoffes im nahezu ungedehnten Zustand.

Maßgeschneiderte Werkstoffeigenschaften

Bild 4 zeigt die Variationsbreite des E-Modules, ausgehend vom ungefüllten Standard-PTFE bis hin zum hochgefüllten modifizierten PTFE: Die Verdopplung des E-Moduls durch chemische Modifizierung der PTFE-Matrix in Verbindung mit einem geeigneten Füllstoff macht die Auslegung hochfester Schraubverbindungen möglich.

Online-Info
www.cav.de/0810###