



Schiffsverladearme und ihre Steuerung

in explosionsgefährdeten Bereichen

von Sandra Wassink



Kanon Loading Equipment b. v. und Electromach b.v. Hengelo, ein Unternehmen der R.STAHL AG, pflegen schon seit langem eine erfolgreiche technologische Partnerschaft, die im Laufe der Zeit stetig intensiviert wurde. Kanon ist der weltweit innovativste Hersteller von Schiffsverladearmen. Seit seiner Gründung im Jahr 1979 betreibt das Unternehmen gezielt den Aufbau eines internationalen Netzwerks von sorgfältig ausgewählten und intensiv geschulten Vertretungen und assoziierten Partnerunternehmen.

Schiffsverladearme

Bei einem Ladearm handelt es sich um eine Baugruppe aus Rohren, die über Gelenke miteinander verbunden sind und Flüssigkeiten oder Gase zwischen Tanklagern und Tankschiffen befördern. Solche Einheiten kommen beim Transport unterschiedlichster Stoffe zum Einsatz, deren Spektrum von Tieftemperatur- über Hochtemperaturprodukten bis hin zu hoch gefährlichen oder korrodierenden Flüssigkeiten reicht. Ladearme werden in allen Bereichen der verarbeitenden Industrie eingesetzt, so z.B. in der chemischen und petrochemischen Industrie, in der Pharmaindustrie, im Gesundheitswesen sowie in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie.

Vor zehn Jahren kam die inzwischen weithin bekannte Ladearmkonstruktion in starrer symmetrischer Bauweise auf den Markt. Wegen ihres durchschlagenden Erfolgs und ihrer außerordentlichen Zuverlässigkeit gibt es sie seit kurzem auch in einer Version für Flüssigerdgas-Anwendungen.

Durch den symmetrischen Aufbau verteilen sich die mechanischen Kräfte gleichmäßig auf die Ladearmstruktur. Damit eignet sich diese Lösung besonders für anspruchsvolle Anwendungen, sowohl in explosionsgefährdeten als auch sicheren Betriebsumgebungen oder übergroßen Anlagen und für die Installation auf Transportwagen oder Schwimmstegen.

Grundkonstruktion

Die Grundkonstruktion eines Ladearms ist in Bild 1 zu sehen. Der Fuß ist fest verankert, während der Außen- und Innenarm bewegliche Komponenten sind und wegen ihrer Stahlbauweise ein beträchtliches Gewicht haben. Zur Erhöhung der Sicherheit sind die beweglichen Komponenten durch Gegengewichte ausbalanciert. Nur die Rohrleitung und die Stahlkonstruktion muss bewegt werden, was entweder von Hand (bei kleineren Ladearmen) oder hydraulisch bewerkstelligt werden kann.

Statt mit zwei getrennten Gegengewichten kann ein Schiffsverladearm auch mit einem einzigen, drehbaren Gegengewicht ausgerüstet sein, was die gleiche Funktion erfüllt. In diesem Fall dreht sich das Gegengewicht zusammen mit dem Außenarm, was die Konstruktion wesentlich leistungsfähiger macht. Das Gegengewicht ist direkt mit dem Außenarm verbunden, und die Winkelposition des Gegengewichts verläuft wie bei einem Pantografen parallel zur Position des Außenarmes. Die Verbindung zwischen Gegengewicht und Außenarm kann als Baugruppe aus Seil und Umlenkrolle (Bild 2) ausgeführt sein, aber auch aus einer starren Verbindung in Form einer Stahlstange bestehen, wie in Bild 1 dargestellt ist.

Obwohl beide Verfahren verbreitet zum Einsatz kommen, unterscheiden sie sich hinsichtlich der Instandhaltung ganz wesentlich. Beim Gegengewicht mit Seil und Umlenkrolle müssen die Seile regelmäßig gefettet werden und erfordern neben regelmäßigen Prüfungen auch eine ständige Justierung der Seilspannung. Bei der starren Verbindung dagegen braucht die Ausbalancierung nur einmal im Werk fest eingestellt zu werden und bleibt fortan unverändert.

Ein drehbares Gegengewicht und eine starre Verbindung zum Außenarm stellt die zuverlässigste und effektivste Lösung dar; deshalb sind die meisten von Kanon hergestellten Ladearme nach diesem Prinzip aufgebaut.

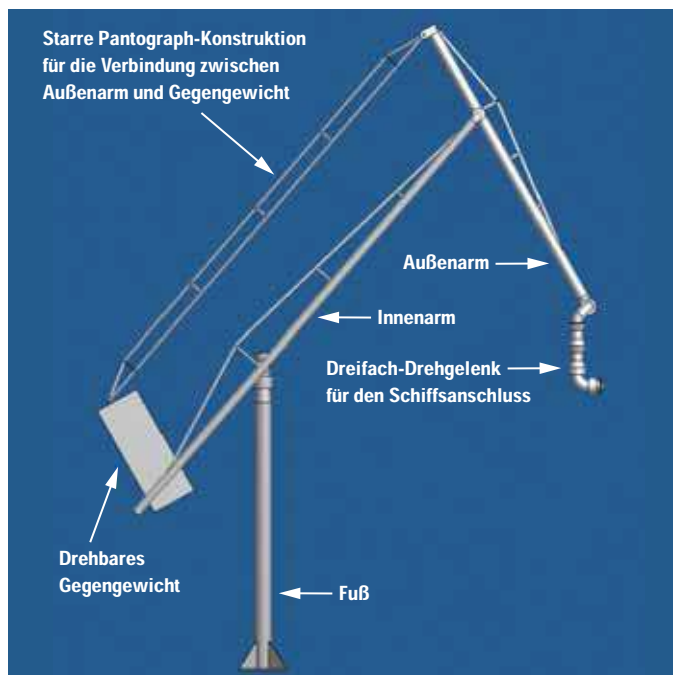


Bild 1: Grundkonstruktion eines Verladearms

Aufbau des Rohrleitungssystems

Für die Konstruktion des Rohrleitungssystems gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die beiden wichtigsten Aufbauformen sind die an einen Stützrahmen montierte Rohrleitung und das selbsttragende Rohrleitungssystem.

Bei der Originalkonstruktion ruht das Rohrleitungssystem auf einem Stützrahmen, dem eingebaute Lager eine gewisse Flexibilität verleihen. Der Rahmen trägt das gesamte Gewicht der Stahlrohre für den Produkttransport und nimmt auch alle Windlasten sowie sogar von Erdbeben auf. Das Rohrleitungssystem selbst braucht nur der Kombination aus Produkttemperatur und Produktdruck standzuhalten. Bei den heutigen Anwendungen wird in zwei Fällen ein Stützrahmen benötigt, und zwar bei Tieftemperaturanwendungen, wie etwa dem Umschlag von Flüssigerdgas, und beim Transport von aggressiven Flüssigkeiten, die am Rohrleitungssystem schwere Korrosion hervorrufen können.

Innovativer ist dagegen ein selbsttragendes Rohrleitungssystem für den Produkttransport. Durch mehrere Verbesserungen im Verlauf der letzten Jahre konnte in vielen Fällen der separate Stützrahmen entfallen. Das ergibt eine Reduzierung der Stahlmenge, die für die Stützkonstruktion benötigt wurde, und weitere Materialeinsparungen bei der Herstellung von Stahlkomponenten, Lagern, Schmiervorrichtungen usw.

Wenn die Drehgelenke stabil genug sind, um den angreifenden Kräften standzuhalten (je nach Produkt und Struktur), kann das Rohrleitungssystem für das Produkt selbsttragend ausgeführt werden. Eventuell erforderliche Verstärkungen werden an das Rohrleitungssystem geschweißt, um Durchbiegungen zu verhindern und die geforderte Steifigkeit zu erreichen. →



Bild 2: Bewegliches Gegengewicht am Verladearm



Bild 3: Symmetrischer Aufbau eines Verladearms



Bild 4: Hydraulische Schnellkupplung

Symmetrische Konstruktion

Symmetrische Schiffsverladearme sind ein nächster Schritt in der Produktentwicklung. Kennzeichnend für den symmetrischen Aufbau sind die beiden Innenarme (Bild 3). Dieses Konzept bietet mehrere wichtige Vorteile:

- › Symmetrische Lastverteilung auf die Drehgelenke
- › Symmetrische Kräfteverteilung innerhalb der Struktur
- › Geringeres Gewicht durch schlankes Design
- › Keine Einwirkung permanenter Kraftmomente auf die Pier; es wirken nur zeitweise Biegemomente durch Windlasten oder bei sonstigen Erschütterungen.
- › Große Abmessungen realisierbar: Mehr Reichweite ohne überdimensionale Konstruktionen

Bis vor kurzem gab es symmetrische Ladearme nur für selbsttragende Rohrleitungen, nicht aber für Konfigurationen mit separater Stützkonstruktion, wie sie bei Tieftemperaturanwendungen, wie dem Umschlag von Flüssigerdgas, benötigt werden. Durch diese Innovation werden die Vorzüge der symmetrischen Bauweise nun für alle möglichen Anwendungen nutzbar.

Weiterentwicklung der Technologie der Schiffsverladearme erleichtert Ship-to-Shore-Verbindungen

Um Flüssigkeiten aus einem Tanklager zu einem Tankschiff zu transportieren, werden in der Verbindung zwischen Schiff und Pier (Ship-to-Shore-Verbindung, STS-Verbindung) flexible Komponenten benötigt, damit der Ladearm den Bewegungen des Schiffes folgen kann. Diese Komponenten sind allerdings Verschleißerscheinungen ausgesetzt, haben nur eine begrenzte Lebensdauer und sind relativ umständlich in der Bedienung.

Um Flansche miteinander zu verbinden, gibt es drei Möglichkeiten, und zwar die Flanschverschraubung, die manuelle und die hydraulische Schnellkupplung.

Bei einer Flanschverschraubung muss der Bediener das Drehgelenk des Ladearms in eine Position drehen, bei der beide Flanschbilder genau aufeinander ausgerichtet sind. Hinzu kommt, dass die Befestigung der vielen Schrauben viel Zeit und Aufwand erfordert, besonders bei starkem Wind (im Betrieb sind Windgeschwindigkeiten bis 22,5 m/s nichts Ungewöhnliches).

Manuelle Schnellkupplungen lassen sich schon deutlich schneller und komfortabler handhaben, allerdings nicht ferngesteuert. Beide Flansche müssen vor dem Verbinden von Hand bewegt werden.

Hydraulische Schnellkupplungen bieten die Möglichkeit, durch Drücken einer einzigen Taste ferngesteuert den Schiffsverladearm mit der Sammelleitung des Schiffes zu verbinden. Leider sind jedoch die herkömmlichen hydraulischen Kupplungen, die seit Jahren auf dem Markt sind, sehr kostspielig, komplex und wartungsintensiv.

Daher hat Kanon eine (zum Patent angemeldete) hydraulische Schnellkupplung entwickelt, die für mehrere Flanschgrößen verwendet werden kann (Bild 4).

Diese Konstruktion ist das Ergebnis der nachhaltigen Erfahrungen, die Kanon im Laufe der Jahre durch enge Zusammenarbeit mit den Betreiberunternehmen sammeln konnte. Die neue Schnellkupplung ist eine effiziente Lösung für die anspruchsvollen Betriebsumgebungen beim Be- und Entladen von Seeschiffen.



Bild 5: Explosionsgeschützte Steuerung für Verladearme (geöffnet)



Bild 6: Vorort-Bedienpult

Schiffsverladearme in explosionsgefährdeten Bereichen

Schiffsverladearme kommen mit einer Vielzahl von Flüssigkeiten und Gasen in Berührung, zu denen auch Produkte, wie explosionsfähige Gase oder brennbare Flüssigkeiten, gehören. Daher stehen viele Ladearme in explosionsgefährdeten Bereichen, weshalb die zugehörigen Steuer- und Bedientafeln explosionsgeschützt ausgeführt sein müssen.

Um den Erfordernissen des jeweiligen Marktes gerecht zu werden, werden drei verschiedene Versionen der Steuer- und Bedieneinrichtungen benötigt.

Das am häufigsten eingesetzte System ist eine Version, bestehend aus einer Kombination von zwei druckfestgekapselten Gehäusen mit zwei Gehäusen in der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit »e« (Bild 5). Diese Steuerung ist zugelassen nach der europäischen ATEX Richtlinie 94/9/EG, den amerikanischen Normen in alter und neuer Version und dem IECEx Scheme, und zwar nach: EN-Normen für Zone 1 und Zone 2, Explosionsgruppe IIB+H₂
NEC 500, Class I, Division 2, Gruppen C+D
NEC 505, Class I, Zonen 1 + 2
IECEx Scheme

Die zweite Version ist speziell für IIC-Anwendungen ausgelegt. Dazu gehört eine Baugruppe mit einem druckfestgekapselten Gehäuse II C, mit direkter Einführung über Conduitverschraubungen.

In Fällen, in denen der Bediener zahlreiche Ladearme zu überwachen hat, die sich über einen größeren Bereich verteilen, ist zum dritten die Kombination einer druckfestgekapselten Steuerung mit Anschlussraum in Erhöhter Sicherheit mit mehreren im Feld örtlich verteilten Bedienpulten in der Zündschutzart Erhöhte Sicherheit »e« eine effiziente Lösung (Bild 6).

Vorort-Steuerung

Die Steuerung des Ladearms kann direkt von einem Vorort-Steuergerät aus erfolgen, das über die entsprechenden explosionsgeschützten Drucktaster, Wahlschalter und über Anzeigen verfügt.

Steuerung per explosionsgeschützter Hängesteuertafel

Hier gibt es drei Lösungen:

- › Eine Hängesteuertafel ist über ein bis zu 50 Meter langes Verlängerungskabel an das Vorort-Steuergerät angeschlossen. Eine mögliche Methode; allerdings muss sich der Bediener während der einzelnen Abläufe viel bewegen und zudem das Kabel mit sich ziehen.
- › Eine Hängesteuertafel wird über ein kurzes Kabel an jedes Drehgelenk angeschlossen. Dies ist die effizienteste Lösung, da nur ein kurzer Kabelabschnitt notwendig ist und keine schweren Kabel nachgeführt werden müssen. Werden dagegen mehrere Ladearme gesteuert, so sind mehrere Hängebedientafeln, eine umfangreichere Instrumentierung, eine größere SPS und ein entsprechend größeres Gehäuse erforderlich.
- › Steckbar anschließbare Hängesteuertafel: In diesem Fall sind die Drehgelenke aller Ladearme mit je einer explosionsgeschützten Steckverbinder ausgestattet. Im Vergleich zu den anderen Lösungen ist dieses Verfahren allerdings mechanisch anfälliger. →

Funkfernsteuerung

Bei einer Steuerung per Funk ist ein Empfänger in ein druckfestes CUBEx-Gehäuse eingebaut, das im Hydraulikaggregat (Hydraulic Power Pack, HPP) untergebracht ist. Eine solche Lösung kommt ganz ohne Kabel aus. Die Fernsteuerung ist das effizienteste Steuerungssystem, insbesondere dann, wenn mehrere Ladearme gesteuert werden müssen.

HMI-Positionsüberwachungssystem

Als Option kann eine Positionsüberwachung mittels eines HMI-Systems (Human Machine Interface) verwirklicht werden. Dieses HMI-System von R. STAHL HMI, mit der die Position des Ladearms überwacht werden kann, hat PC Funktionalität mit einem implementierten Runtime-Softwarepaket und der gesamten Anwendungssoftware zum Überwachen des Ladearms.

Zur Erfassung der Position eines Ladearms werden drei Analogwerte gemessen. Diese Messwerte werden zusammen mit festen Arm-Parametern, wie der Armhöhe und Armlänge, den Grenzwerten für den zulässigen Betriebsbereich, dem Abstand des Ladearms zum Ufer und anderen Daten ausgewertet. Aus all diesen Werten wird die tatsächliche Position berechnet. Bewegungen, wie die Relativbewegung zwischen Schiff und Ufer sowie Links-Rechts- und Aufwärts-Abwärts-Bewegungen sind auf dem PC-Bildschirm zeitgleich zu sehen.

Auf jedem Arm ist ein explosionsgeschütztes Gehäuse mit integriertem Remote I/O-System installiert. Die an jedem Arm erfassten Daten werden über ein CANbus-Netzwerk an eine CANbus-Netzwerkkarte in das HMI-System übertragen. Alle Arme lassen sich einzeln oder in Kombination überwachen. Es können bis zu vier vom Bediener frei wählbare Arme gleichzeitig und an einem Bildschirm überwacht werden.

Im Zuge dieser technologischen Partnerschaft konnte Electromach für Kanon Lösungen entwickeln, die den Anforderungen der Betreiber von heute entsprechen und die ständig steigenden Anforderungen des Marktes für Schiffsverladearme widerspiegeln.

Quelle:
Robin Boot, Sales & Marketing Manager, Kanon Loading Equipment b.v.
LNG industry (www.lngindustry.com) Tank Storage (march 2007)