



| Brammenverladung mittels Elektropermanentmagneten

Elektropermanentmagnete als Lasthebemittel im modernen Logistiknetz

DIPL.-PHYS. WILHELM CASSING Vertriebsleiter, Prokurist | ThyssenKrupp Schulte GmbH, Gelsenkirchen

DIPL.-ING. THOMAS POHL Technischer Leiter, Prokurist | ThyssenKrupp Anlagenservice GmbH, Oberhausen

DIPL.-ING. FALK STEGER Vertrieb Magnetsysteme | ThyssenKrupp Schulte GmbH, Gelsenkirchen

Die Forderung nach einer schnellen Entladung und Beladung von Stahlbrammen forderte ein neues Konzept in der Lasthebetechnik. Bei gleichen Anforderungen, wie dem Entladen von 36-Tonnen-Brammen, bieten Elektropermanentmagnete gegenüber herkömmlichen Elektromagneten und Ketten mehrere Vorteile. Der Wegfall von Stauhölzern bei einer durchgängigen Logistikkette oder umweltschädlicher Stützbatterien sind da nur zwei Punkte. Bei einem Kranneubau lassen sich durch Gewichtseinsparung deutlich die Kosten senken. Andere nicht-monetäre Aspekte sind in der Arbeitssicherheit und dem Umweltschutz zu finden.

Be- und Entladung von Brammen im Hafenbereich

Der Brammentransport im ThyssenKrupp Konzern hat gerade für die Zukunft eine wesentliche Bedeutung, insbesondere wenn man an das Projekt 'Herkules' und die neuen Stahlwerke in Brasilien und den USA denkt. Die Brammen müssen zum Weitertransport mit Schiffen jeweils verladen werden. Dazu muss jede Bramme mit einem Gewicht von bis zu 36 t in Brasilien auf ein Schiff geladen und anschließend entweder in Rotterdam/Niederlande oder in Mobile, Alabama/USA auf Binnenschiffe umgeladen werden. Im Zielhafen werden die Brammen dann von den Binnenschiffen jeweils wieder entladen und zur Weiterverarbeitung transportiert. Diese gesamte logistische Kette kann nur optimiert werden, wenn alle Hafenanlagen zumindest mit ähnlichen Prinzipien arbeiten. Die Magnettechnik bietet hier eine schnelle und komfortable Lösung an.

Die Anforderung an eine schnelle Entladung von Brammen wurde gegen Ende des Jahres 2007 von der Eisenbahn und Häfen GmbH, einem Unternehmen von ThyssenKrupp Steel, an ThyssenKrupp Schulte, Geschäftsbereich ThyssenKrupp Magnettechnik, herangetragen. Nachdem bereits eine elektromagnetische Lösung mit mechanischer Unterfangung sollte dennoch eine einfachere und trotzdem sichere Lösung auf permanentmagnetischer Basis gefunden werden. Diese Idee wurde an ThyssenKrupp Magnettechnik herangetragen,

mit der Aufgabe, nach einer soliden Lösung zu suchen, die mehrere Kriterien zugleich berücksichtigen sollte. Dieses geschah vor dem Hintergrund einer Gesamtbetrachtung der logistischen Kette im Rahmen des Projektes 'Herkules'. Die Anforderungen werden im Folgenden näher beschrieben.

Entfallen der Stauhölzer

Durch den Wegfall der Stauhölzer müssen die Brammen direkt aufeinander gelegt werden. Dies bedeutet, dass ein Entladen mit Ketten oder Seilen nicht mehr möglich ist, da der Abstand zwischen den Brammen nicht mehr gegeben ist. Dadurch wird eine dichtere Packung ermöglicht. Deshalb kann nur noch eine Krafteinleitung von oben erfolgen. Ein weiterer Vorteil liegt darin, dass Stauhölzer weder eingebracht noch entfernt und entsorgt werden müssen, was die Arbeitszeit deutlich reduziert und die Ressourcen schont.

Das gesamte Handling der Hölzer kann entfallen. Voraussetzung dafür ist, dass in der gesamten logistischen Kette nicht mehr mit Stauhölzern und Ketten gearbeitet wird. Falls dieses auch nur an einer Stelle notwendig sein sollte, so wären diese Vorteile hinfällig. Um den Wegfall der Stauhölzer zu ermöglichen, kommen nur noch elektro- oder permanentmagnetische Lösungen in Betracht.

Reduzierung der Endladezeit

Bei der Forderung nach einer Zykluszeit von lediglich 3 min machte sich die mechanische Unterfangung mit fast einem Drittel der Zeit negativ bemerkbar. Diese Zeit wurde für das hydraulische Schließen und Öffnen der Zangen benötigt. Ein weiterer Nachteil besteht bei einer mechanischen Unterfangung darin, dass die seitliche Ausdehnung der Traverse deutlich größer wird und damit zu einer Störkante führt, die bei Berührung mit der Bordwand Schäden an derselben bzw. an der Brame verursachen kann.

Ein zusätzlicher Zeitfaktor waren die zunächst geplanten Elektromagnete. Die Zeiten zum Magnetisieren und wieder Entmagnetisieren lagen bei ca. 25 bis 30 s, da man aufgrund der Sicherheit nicht auf Stützbatterien verzichten konnte. Dies bedeutet, dass die Zeiten nicht durch Überspannungen reduziert werden können, da die Spannung der Stützbatterie, die die Sicherheit bei Netzausfall gewährleisten muss, nicht wesentlich überschritten werden darf. Durch eine deutliche Erhöhung der Spannung hätte man die Zeitkonstante verkürzen können. Berücksichtigt man die Forderung der Berufsgenossenschaft für Lasthebemittel, darf man jedoch nicht auf die Stützbatterien verzichten.

Eine Lösung bieten die Elektropermanentsysteme (EPMS), die eine deutlich geringere Magnetisier- und Entmagnetisierzeit aufweisen (5 bis 10 s). Es werden auch keine Stützbatterien benötigt, da die Tragfunktion allein durch Dauermagnete gewährleistet ist. Die elektrische Leistung wird lediglich zum Umschalten der Magnete im Innern des Magnetsystems benötigt. Diese bistabilen Magnetsysteme können beliebig lange im magnetischen oder magnetisch neutralen Zustand ohne Stromfluss verbleiben.

Sicherheitsanforderung

Die Sicherheitsanforderung der Berufsgenossenschaft nach SIL 3 (EN ISO 62061) hatte bei Elektromagneten zur mechanischen Unterfangung geführt. Beim Einsatz von bistabilen Magnetsystemen kann diese Unterfangung entfallen, wenn sichergestellt werden kann, dass die magnetische Haltekraft im Vergleich zur Gewichtskraft größer als der Faktor 3 ist, d.h. eine dreifache Sicherheit vorliegt (EN 13155). Dazu musste bei jeder Lastaufnahme die Haltekraft mittels einer magnetischen Flussmessung verifiziert werden. Erst bei einer Haltekraft, die das dreifache Brammengewicht überschreitet, darf die Brame gehoben werden. Anzumerken ist, dass bei Elektromagneten lediglich eine zweifache Sicherheit verlangt wird.

Die Flussmessung berücksichtigt eventuelle Luftspalte durch Biegung und Zunder sowie Änderungen in der magnetischen Materialeigenschaft der Brame. Nur durch eine magnetische Flussmessung können diese Parameter sicher erfasst werden. Sie kann verglichen werden mit einer elektrischen Strommessung. Bei einer Strommessung

ist im gesamten elektrischen Kreis der Strom immer gleich, unabhängig vom Messpunkt. Im magnetischen Kreis wird dies durch die Messung des magnetischen Flusses erreicht.

Die Sicherheit wird durch die eingesetzte Steuerung und die damit verbundenen Verfahren, die mit der Berufsgenossenschaft abgestimmt wurden, erreicht. Damit konnte die mechanische Unterfangung entfallen, was obendrein zu einer deutlichen Reduzierung des Gewichtes der Traverse führte. Der Sicherheitsfaktor, der mit dem tatsächlichen Brammengewicht durch eine Kraftmessdose kontinuierlich verglichen werden kann, gibt eine zusätzliche Sicherheit während des gesamten dynamischen Transportes. Er zeigt damit auf, an welchen Stellen im Funktionsablauf es kritisch werden kann. Dieser Wert kann auch permanent mitgeschrieben und archiviert werden.

Umweltverträglichkeit

Die Umweltverträglichkeit ist durch den Wegfall der Stützbatterien sichergestellt, die einerseits Wartungsaufwand bedeuten und andererseits Entsorgungskosten nach sich ziehen bzw. eine Ersatzbeschaffung bedeuten. Der Wegfall der Stauhölzer ist auch ein wichtiger Aspekt im Sinne des Umweltschutzes.

Energieeinsparung

Auch die Energieeinsparung kann quantifiziert werden. Während die Elektromagnete während der ganzen Transportzeit elektrische Energie benötigen – typischerweise geht man von 60 bis 70 % ED (Einschalt-dauer) aus – wird im Vergleich dazu bei Elektropermanentsystemen nur kurzzeitig Strom benötigt. Die elektrische Leistung einer Traverse mit zwei Elektromagneten kann mit 15 kW angenommen werden, bei einer Schicht entspricht dies ca. 80 kWh. Bei einem Zweischichtbetrieb und 200 Einsatztagen im Jahr bedeutet dieses einen Energieaufwand von 32 MWh pro Traverse. Bei 0,10 €/kWh ergibt das Energiekosten von ca. 3.200 €/Jahr. Im Gegensatz dazu benötigt das EPMS nur ca. 10 % dieser Energie. Eine weitere Energieersparnis, die etwa in der gleichen Größenordnung liegt, wird durch die kleineren Antriebe erzielt. Langfristig lassen sich auch dadurch Energie und Ressourcen schonen.

Wartungsfreundlichkeit

Der Wegfall der Stützbatterien wirkt sich ebenfalls positiv auf die Wartungsfreundlichkeit aus. Dadurch entfallen die ständige Überprüfung der Funktionstüchtigkeit der Batterien und die laut Berufsgenossenschaft vorgeschriebene jährliche Überprüfung des Lastaufnahmemittels, da diese vom Betreiber selbst durchgeführt werden kann. Anhand der Flussmessung kann an einer „Referenzbramme“ die Funktionstüchtigkeit der Traverse und damit der Magnetsysteme

eindeutig überprüft werden. Bei Elektrosystemen müssen diese zur Überprüfung an den Hersteller zurückgeschickt werden. Dies ist ebenfalls mit Kosten und Ausfallzeiten verbunden. Die Langlebigkeit wird dadurch verbessert, dass die Temperatur des Magnetsystems durch die kurzen Schaltzyklen kaum steigt. Damit wird die mechanische Belastung durch unterschiedliche Temperaturen vermieden und die Lebensdauer der Spulen stark erhöht.

Anwendung im Hafen Walsum-Süd

Insbesondere durch die Reduzierung des Gewichtes der Traverse durch die EPMS und die innovative Sicherheitstechnik war es möglich, bei den Rheinkränen 1 und 2 im Hafen Walsum-Süd diese neue Techno-

logie erfolgreich einzusetzen. Selbst bei Kabelbruch- und Kurzschluss-tests konnte bewiesen werden, dass die Sicherheit des Systems auch bei solchen Vorfällen gegeben ist.

Aufbau eines Elektropermanentmagneten

Die Technik der Elektropermanentmagnete ist grundsätzlich nicht neu. In Deutschland jedoch wurde dieses System nun erstmalig für das Be- und Entladen von Brammen bei Schiffen eingesetzt | siehe Titelbild Bericht und Bild 1 I. Durch frühzeitiges Einschalten der Berufsgenossenschaft wurde ein tragfähiges und sicherheitsbedachtes Gesamtkonzept erarbeitet, das von Beginn an deren Zustimmung fand.

Bild 1 I | Brammenverladung bei Schiffen



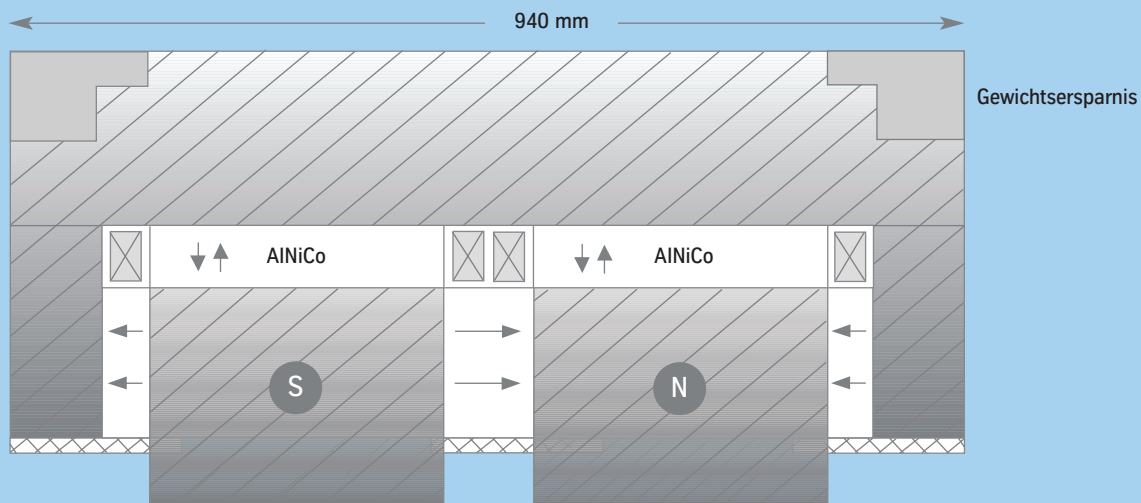


Bild 2 | Prinzipielle Darstellung eines bistabilen Elektropermanentmagneten: Die schraffierten Flächen stellen das Weicheisen dar, die Flächen mit Pfeilen die Magnete und die gekreuzten Flächen die Spulen für die Ummagnetisierung.

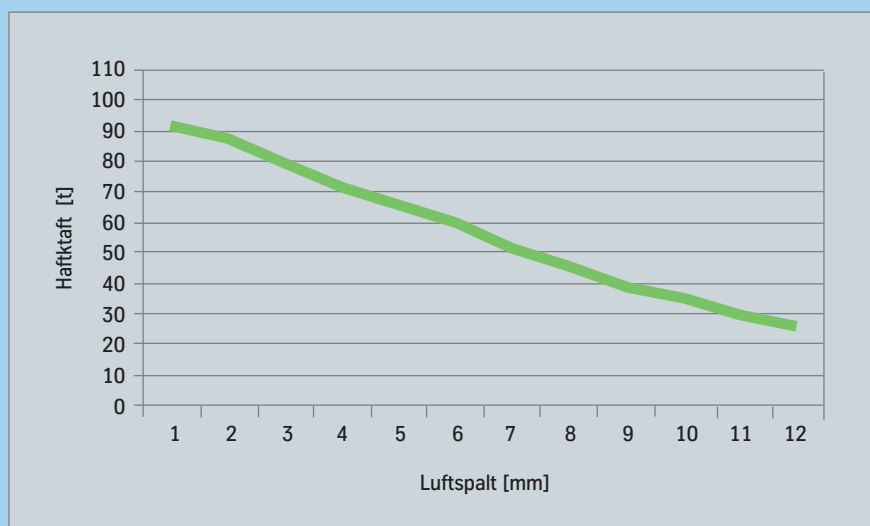


Bild 3 | Die Haftkraftkurve des EPMS in Abhängigkeit vom Luftspalt ist eine real gemessene Kurve des eingesetzten Systems im Hafen Walsum-Süd. Systemabmessung: 1.350 x 940 mm, Abstand der Pole max. 710 mm

Elektropermanentmagnete wurden bereits vor über 30 Jahren in Stapelanlagen in der Automobilindustrie von Thyssen Magnettechnik eingesetzt. Hier hat man allerdings aufgrund der ständig steigenden Stapelgeschwindigkeiten auf ein anderes Prinzip der schaltbaren Permanentmagnetsysteme gesetzt. Geblieben ist die Anwendung im Lasthebebereich, wo die Schalthäufigkeit eher gering ist und diese Systemtechnik ihre Vorteile voll ausspielen kann. Um bistabile Magnetsysteme zu konstruieren, gibt es diverse Möglichkeiten, die alle ihre Vor- und Nachteile haben. Hier muss die konkrete Anwendung über den optimalen Systemaufbau entscheiden. Wesentliche Kriterien sind die Materialstärke und die Oberfläche. So sind Brammen deutlich von Coils zu unterscheiden. Bei Brammen benötigt man nur eine geringe Tiefenwirkung und eine hohe Haltekraft bei kleinen Luftspalten, bei Coils hingegen eine große Tiefenwirkung mit einer hohen Haltekraft bei einem deutlich größeren Luftspalt. Dies muss bei der Systemauslegung berücksichtigt werden. Ein Beispiel für eine Systemauslegung für den Brammentransport mit der dazugehörigen Haftkraftkurve ist in den Bildern 2 und 3 dargestellt.

Funktionsbeschreibung

Generell gilt beim Materialhandling mit Magneten, dass die Arbeit nicht nur schnell und gut, sondern auch einfach und sicher durchgeführt werden kann. Das Aufnehmen, Transportieren und Lösen des Materials geschieht lediglich durch eine Bedienerperson, dem Kranführer, der alles aus sicherer Entfernung beobachten und steuern kann. Es wird weder seitlicher Manövrierraum benötigt noch Abstände zwischen den Lasten. Das Hebegut wird beim Transport weder deformiert noch gequetscht. Das EPMS verbindet die Kraft von Elektromagneten mit der Netzunabhängigkeit von Permanentmagneten. Bei Elektromagneten lässt die Haftkraft mit zunehmender Temperatur nach, bei EPMS gibt es keine Temperaturerhöhung und somit keinen Haftkraftverlust.

Die Aktivierung und Deaktivierung des EPMS geschieht jeweils im Ruhezustand, wobei eine mechanische Verriegelung und die Steuerung dafür sorgen, dass kein Stromfluss während des Transportes möglich ist. Der Bediener kann nur im kräftelosen Zustand einen Stromimpuls auslösen. Beim Magnetisieren kann der Sicherheitsfaktor sofort abgelesen werden, wobei die Steuerung wieder ein Anheben verhindert, falls der vorgegebene Sicherheitsfaktor nicht erreicht sein sollte, weil z.B. ein zu großer Luftspalt entstanden ist.

Das Entmagnetisieren kann nur erfolgen, wenn sowohl die Kraftmessdose als auch der mechanische Schalter eine Entlastung der Ketten melden. Durch die doppelte Abfrage auf unterschiedlichen Signalleitungen wird die hohe Sicherheitsanforderung erfüllt.

Zusammenfassung der Einsparpotenziale

- Durch das geringere Gewicht der Traverse, bedingt durch den Wegfall der mechanischen Unterfangung, können in der Stahlbaukonstruktion des Kranes Kosten gespart werden und die Fundamentstatik lässt sich erheblich vereinfachen.
- Durch die leichtere Ausführung können die Antriebe bei Einhaltung der Taktzeit kleiner gewählt werden.
- Zeiteinsparung bedingt durch höhere Effizienz,
- Wegfall der Stauhölzer und somit der gesamten Logistik verbunden mit Stauhölzern, wie Beschaffung, Entsorgung und Rückführung,
- Energieersparnis sowohl bei den kleineren Antrieben als auch bei den Magnetsystemen,
- Einsparung von Personalkosten, da das Handling von Stauhölzern entfällt.

Fazit

Durch den Einsatz von Elektropermanentsystemen kann die logistische Kette beim Brammentransport effizient gestaltet werden, sodass kürzeste Verladezeiten sichergestellt werden können. Diese moderne Technologie lässt sich nach den neuen Sicherheitsanforderungen gemäß SIL3 ausführen und bietet somit in Bezug auf Sicherheit, Schnelligkeit und Komfort alle Vorteile, die zu einem schnellen Umschlag von Brammen notwendig sind. Darüber hinaus sind Kosteneinsparungen in nennenswerter Höhe möglich. Die optimale Ausnutzung dieses innovativen Schrittes kann dadurch erzielt werden, dass in der ganzen logistischen Kette die gleiche Technologie verwendet wird. So kann auf die Stauhölzer verzichtet, die Umwelt geschont, Energie und vor allem Zeit gespart werden.