

A 31

Bericht Nr. 486

Versuche mit der Vierkugelmachine

8766



**I. G. FARBENINDUSTRIE AKTIENGESELLSCHAFT
LUDWIGSHAFEN AM RHEIN**

Versuche mit der Vierkugelmachine

Von Reg.Bmstr. R. Halder

Techn.Prüfstand Oppau, I.G. Farbenindustrie AG. Ludwigshafen/Rh.

Die Vierkugelmachine wird zur Prüfung von Hochdruckschmiermitteln verwendet. Die Ansichten über ihre Brauchbarkeit sind jedoch sehr geteilt. Es bestehen Zweifel darüber, wie weit die Ergebnisse aus der Vierkugelmachine, die bei extrem hohen Drücken prüft, auf die Verhältnisse der Praxis angewandt werden können. Ein weiterer Grund, warum die Vierkugelmachine ein etwas umstrittenes Gerät ist, ist die wiederholt festgestellte grosse Streuung ihrer Ergebnisse. In neuerer Zeit wurde vom Heereswaffenamt die Prüfung in der Vierkugelmachine in die Lieferbedingungen für Getriebeschmiermittel aufgenommen. Es erscheint daher notwendig, sich mit diesem Gerät etwas eingehender zu befassen.

Im Techn.Prüfstand der I.G. Farbenindustrie in Oppau wurde eine solche Maschine entworfen. Der Aufbau geht in seinen Einzelheiten aus Bild 1 hervor. Die vier Kugeln besitzen einen Durchmesser von $1/2''$ und sind so angeordnet, dass die Mittelpunkte einen Tetraeder bilden. Die unteren 3 Kugeln sind in einen Kugelhalter eingespannt, der becherförmig ausgebildet ist und zur Aufnahme des Oles dient. Die obere Kugel ist am unteren Ende der senkrechten Welle befestigt, die durch einen Elektromotor über einen Riementrieb in Drehung versetzt wird. Um das Öl bei verschiedener Temperatur prüfen zu können, ist der Kugelhalter mit einer elektrischen Heizwicklung versehen. Die Messung dieser Temperatur geschieht mit einem Thermoelement, das zwischen den drei Kugeln von unten in das Öl hineinragt. Der Kugelhalter ist so gegen den Belastungshebel abgestützt, dass er nach allen Richtungen frei beweglich ist, sich also unbedingt entsprechend der Lage der vierten Kugel einstellen kann. Der Belastungshebel ist auf einem Exzenter gelagert, um das Einführen und Herausnehmen des Kugelhalters zu erleichtern. Zur Messung des auf die drei unteren Kugeln übertragenen Drehmoments ist der Kugelhalter

8768

gegen einen Indikator abgeleitet, der die in der Waage übertragene Kraft aufzeichnet. Das Bild 2 zeigt das Resultat.

Die Versuchsdurchführung kann auf zwei verschiedenen Arten erfolgen. Man arbeitet entweder mit konstanter Belastung, wobei die Zeit bis zum Fressen gemessen wird, oder mit einem von 0 ansteigendem Gewicht und stellt fest, bei welcher Belastung Fressen eintritt. Bei der ersten Art bringt man von vornherein eine bestimmte, während des Versuchs gleichbleibende Belastung auf, schaltet dann den Motor ein und stoppt die Zeit, die verfliesst, bis Fressen eintritt, was durch einen plötzlichen, starken Ausschlag am Indikator angezeigt wird. Der so erhaltene Fressverzug kann auf diese Weise bei verschiedener Belastung oder bei verschiedener Temperatur ermittelt werden. Dies ist die am häufigsten angewandte Methode. Ungünstig scheint dabei der Umstand zu sein, dass unter Last angefahren werden muss und dass bei kleinem Fressverzug der Versuch schon zu Ende sein kann, bevor der Motor die volle Drehzahl erreicht hat.

Es wurde nun vermutet, dass die beobachtete grosse Streuung auf diese Nachteile in der Versuchsdurchführung zurückzuführen ist; daher wurde im Technischen Prüfstand der zweite Weg beschritten, um festzustellen, ob damit vielleicht brauchbarere Werte erzielt werden können. Das Anfahren erfolgt bei dieser Methode bei unbelasteten Kugeln. Im Augenblick des Einschaltens des Motors wird ein Wasserzulauf geöffnet, wodurch eine genau festgelegte Wassermenge von 0,15 l/sec in einen als Belastung verwendeten Behälter fliesst. Die Zeit vom Anfahren bis zum Eintreten des Fressens wird bestimmt und daraus die Menge des in dieser Zeit zugeflossenen Wassers errechnet. Man erhält so die Belastung, bei der Fressen eintritt. Prüft man bei verschiedenen Temperaturen, so bekommt man Kurven, anhand deren man die Abhängigkeit der Fressbelastung von der Temperatur verfolgen kann. Obwohl diese Methode die vorhin geschilderten Nachteile des anderen Verfahrens vermeidet, konnte dadurch keine merkliche Besserung bezüglich Wiederholbarkeit erzielt werden.

verschiedenartigsten bei den Versuchsbedingungen
erzielte solche Kugeln, die für die Versuchs-
arbeiten wurden. Es zeigte sich, dass die
Kugeln besonders gut mit der bei den
Versuchsbedingungen erzielten Verteilung
einer Kugelprüfung der Kugeln
einer Kugelprüfung der Kugeln
einer Kugelprüfung der Kugeln

Eine Prüfung der Kugeln
Kugeln wurde nicht durchgeführt. Bei der Kugelprüfung
Unterschied der Rauigkeit an den Kugeln einer Kugelprüfung
der bekannten Instrumente liegt.

Da es sich also herausstellte, dass die Kugeln
normalen Kugeln wohl als einwandfrei zu bezeichnen sind, wurde
sucht, durch Änderung der Versuchsbedingungen eine Verbesserung zu
erzielen. Zu diesem Zweck wurden die Drehzahlen verändert. Bild 2
zeigt die Wirkung der Erhöhung der Drehzahl von 800 auf 1500 und
2000 U/min. Die erzielte Verbesserung ist unverkennbar. Während
bei der Drehzahl von 800 U/min die Pressbelastungen zwischen 80 und
200 kg fallen, liegt ihr Streubereich bei 2000 U/min zwischen 60
und 80 kg. Zu gleicher Zeit sieht man, dass die Belastungen im
Mittel niedriger sind. Es scheint also gewisse Bereiche zu geben,
in denen das Gerät besonders starke Streuungen aufweist.

Mit der Drehzahl von 2000 U/min wurden nun weitere Ver-
suche durchgeführt, wobei aber nicht mit Wasserzulauf, sondern mit
gleichbleibendem Gewicht gearbeitet wurde. Es wurden eine Reihe von
Schmierstoffen in dieser Weise geprüft und bei einem Teil dieser
Öle eine Verteilung der Versuchspunkte festgestellt, wie in Bild 7
für Rotring D gezeigt wird. Man erkennt hier zwei Streufelder, die
durch eine deutliche Lücke von einander getrennt sind. Für gewisse
Belastungen wie hier zwischen 60 und 65 kg gibt es Punkte, die so-
wohl im unteren als auch im oberen Streufeld liegen. Man muss da-
her annehmen, dass es sich um 2 Kurven handelt, von denen die obere
mit zunehmender Belastung von der unteren ersetzt wird. Ergebnisse
dieser Art traten bei vielen Schmierstoffen auf, besonders deut -

Die hier gefundenen Unstetigkeiten können bedingt sein von nur wenigen Versuchspunkten sehr langsam bewertet werden. Es wird also häufig erforderlich sein, zahlreiche Versuche darüber Klarheit zu schaffen.

Das Problem der Streuung ist damit jedoch noch nicht erschöpft. Wie schon vorher bei Rüböl und Aeroshell dargelegt wurde, kann die Streuung mit dem Charakter der Öle wechseln. Aufgrund unserer zahlreichen Versuche lässt sich sagen, dass die meisten fetten Öle sehr grosse Streuungen ergeben im Gegensatz zu den Ölen mit Hochdrucksulfiten. Die Mineralöle verhalten sich sehr unterschiedlich. Gewisse Mineralöle wie z.B. Wehrmachtseinheitsöl oder Cargyle-Motorenöl zeigen gute Wiederholbarkeit im Unterschied von Rotring D u.a. Diese Tatsache lässt die Vermutung aufkommen, dass die Streuung nicht nur physikalisch begründet ist, sondern dass hier der chemische Aufbau der Öle und ihr Verhalten z.B. gegen Stahl weitgehend mit im Spiele sind.

*) H. Blok, Seizure-Delay "Method for Determining the Seizure of EP Lubricants", SAE Journal Mai 1939, Seite 193.

stärkere Konzentration notwendig ist, wie z.B. eine solche von 17. Im übrigen ist dieses Bild dem vorhergehenden weitgehend ähnlich.

Die Versuche zeigen also, dass man durch Zusätze von chemisch aktiven Stoffen Streuungen erzeugen und Streuungen beseitigen kann. Man könnte sich vorstellen, dass ein Öl, das grosse Streuungen ergibt, von vornherein Anteile enthält, die in einer für die Wiederholbarkeit ungünstigen Konzentration vorhanden sind. Zur Erklärung dieser Vorgänge ist man geneigt anzunehmen, dass man bei Versuchen mit Ölen, die Zusätze in verschiedenen Konzentrationen enthalten, ebenfalls auf eine Unstetigkeit stösst, die bei oberflächlichem Betrachten als Streuung bewertet wird. Versuche dieser Art haben wir bereits in Angriff genommen.

Zum Schluss seien noch Ergebnisse aus dem Gebiet der Oberflächenbehandlung von Metallen gezeigt. Bild 13 gibt Versuchsergebnisse wieder mit Rotring D und mit Kugeln, die durch Atramentieren mit einer Phosphatschicht überzogen wurden. Zum Vergleich sind angeführt die Ergebnisse mit normalen Kugeln mit Rotring D mit und ohne Zusatz. Wie man erkennt, ist die Wirkung dieser Oberflächenbehandlung sehr bedeutend. Wenn solche Versuche auch unmittelbar nichts mit Schmierung zu tun haben, geben sie vielleicht doch die Möglichkeit, die Vorgänge an Grenzflächen näher zu erforschen.

8774

Das Diagramm zeigt die Viskosität in cP über dem Druck in kg/cm². Die Kurve für das reine Öl liegt über der Kurve für die Mischung. Bei niedrigen Drücken liegen die Punkte zwischen den beiden Kurven der Komponenten streuen.

Zu einem ähnlichen Ergebnis führen die Versuche mit Vierzehnteinheitsöl mit Zusätzen von Tetrachlorkohlenstoff (Bild 10). Während bei einem Zusatz von 2% CCl₄ brauchbare Werte erzielt werden, gibt das gleiche Öl mit nur 0,1% ganz beträchtliche Streuung, besonders wiederum im Gebiet niedriger Drücke.

Auch mit anderen Ölen und mit anderen Zusätzen wurden während der laufenden Untersuchungen ähnliche Beobachtungen gemacht. Bild 11 zeigt für Dismaschinenöl gelb hinsichtlich Streuung gute Ergebnisse. Ein Zusatz von 9% eines Schwefelproduktes setzt den Preserverzug bedeutend herauf, wobei ebenfalls geringe Streuung beobachtet wird. Bei der 5%igen Mischung erwartet man, dass die Versuchspunkte zwischen die beiden anderen Kurven fallen. Im Bereich der höheren Drücke trifft dies auch zu, während bei geringer Belastung Werte erzielt werden, die über denen der 9%igen Mischung liegen und dabei eine sehr unbefriedigende Wiederholbarkeit zeigen.

Verwendet man das gleiche Produkt als Zusatz zu einem anderen Öl, z.B. zu Gargoyle-Motorenöl (Bild 12), so kann man feststellen, dass hier eine Menge von 9% noch nicht ausreichend ist, um wenig streuende Werte zu erhalten, sondern dass hierzu eine

87741

Bildblatt 1 zum Vortrag Halder

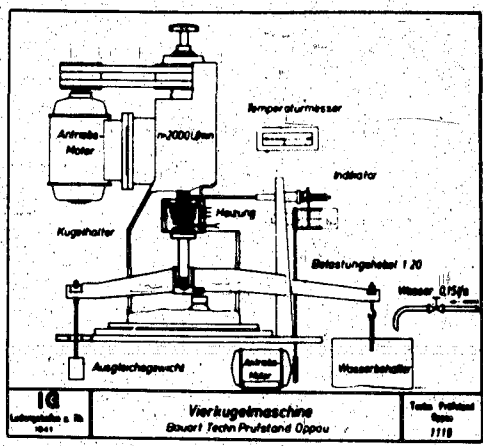


Bild 1

Bild 2

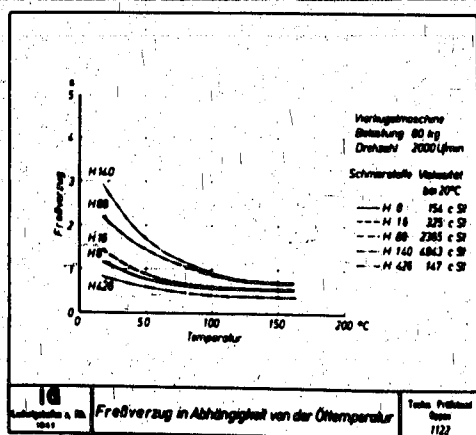


Bild 3

8774/2

Bildblatt 2 zum Vortrag Halder

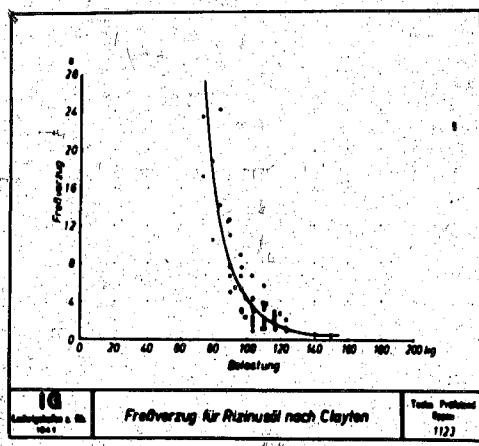


Bild 4

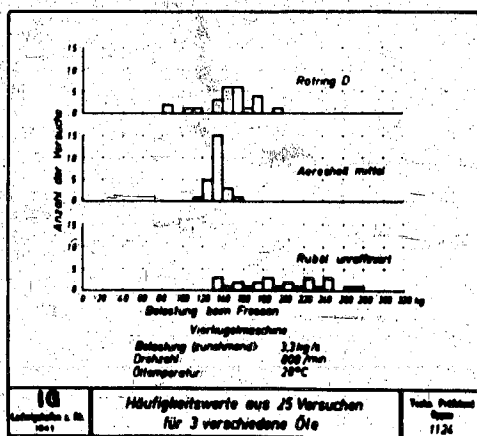


Bild 5

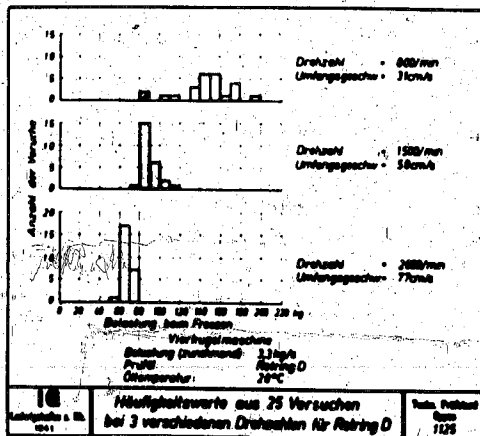


Bild 6

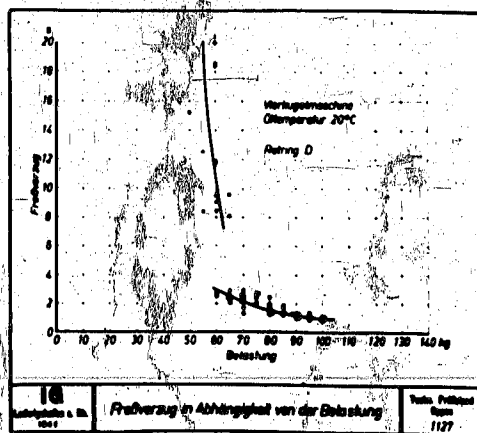
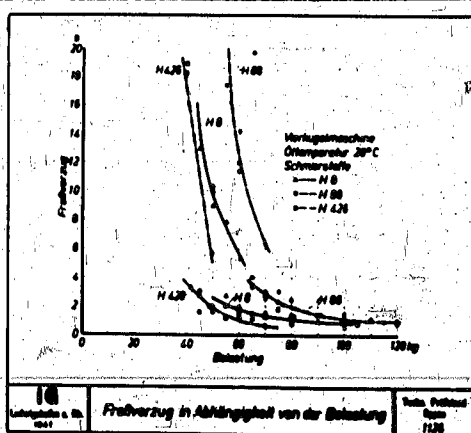


Bild 7



Bildblatt 3 zum Vortrag Halder

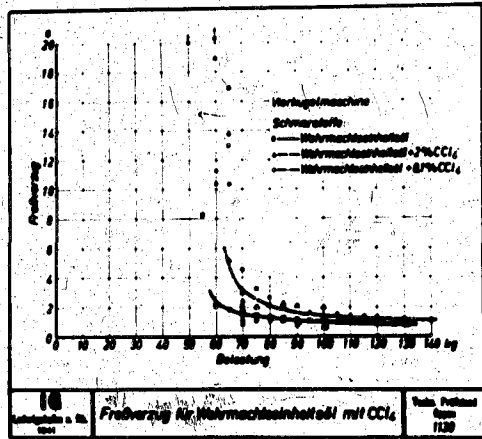
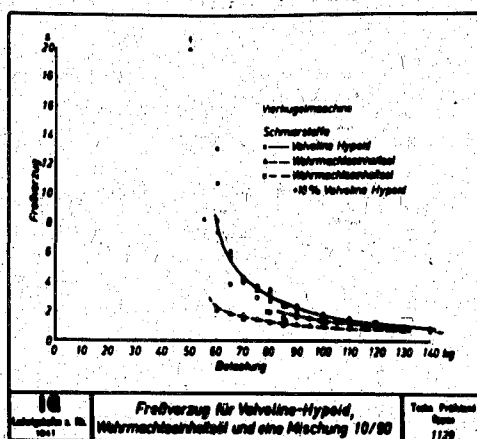


Bild 9

Bild 10

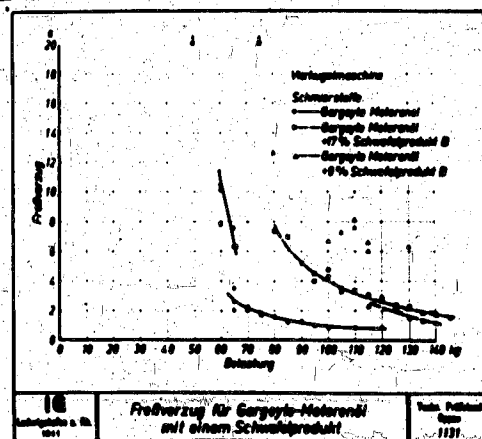
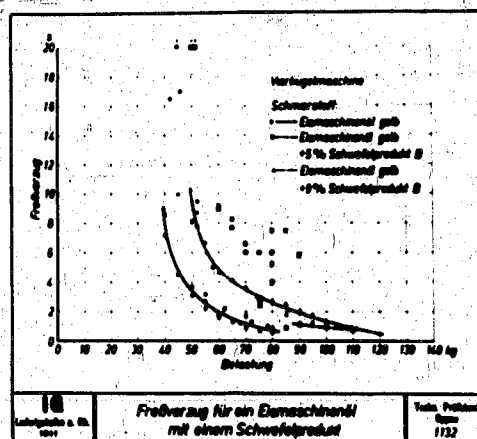


Bild 11

Bild 12

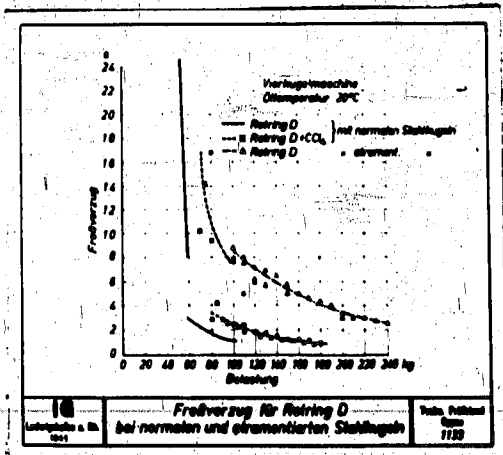


Bild 13