

Die Hitachi-B-Dieselmotoren

von Okata

ohne Genehmigung
gestattet
nplare nur durch
Übersetzer.

Gustav Kraut
/armbronn
t) Im Gäble 16

1. Vorwort

Bei der Entwicklung der schnell laufenden Dieselmotoren sehen wir in der neuesten Zeit eine ganz erstaunliche Steigerung der Leistung, der Betriebssicherheit und der Lebensdauer. Angefangen bei den Kraftfahrzeugen über die Baumaschinen bis zu den Maschinen der gütererzeugenden Industrie, überall haben die schnell laufenden Dieselmotoren als Antriebsmotoren ein weites Verwendungsfeld gefunden, so daß die Produktion dauernd im Steigen begriffen ist.

Bei den Hitachi-Werken werden neuerdings die Dieselmotoren der Bauart B hergestellt. Diese Motoren sind hauptsächlich dazu bestimmt, in die von Hitachi hergestellten Baumaschinen (Bagger und Planiertraupen) eingebaut zu werden, außerdem haben sich diese Motoren zum Teil auch schon als Antriebe für die Maschinen der gütererzeugenden Industrie eingeführt. Sie werden im Inland gebraucht und auch ins Ausland ausgeführt, und sie haben überall als Antriebsmotoren für schwere Arbeiten eine gute Kritik gefunden.

Bibliothek Stuttgart
Schriftenstelle

Die Dieselmotoren für den Antrieb von Baumaschinen unterscheiden sich von den gewöhnlichen Fahrzeugmotoren durch die besondere Eigenart der Arbeit, die zu verrichten ist die an die Dieselmotoren für Baumaschinen gestellten Anforderungen sind etwa folgende:

(1) Der Motor muß einem kontinuierlichen Betrieb unter hohen Lasten gewachsen sein, er muß eine ausreichende Betriebssicherheit besitzen.

Der Motor wird fortwährend hohen Belastungen ausgesetzt, häufig wird er überlastet, zudem wird er starken und plötzlichen Belastungsschwankungen unterworfen, die mittlere Belastung erreicht 60-90% der maximalen Motorleistung, nach alledem ist es ganz klar, daß der Motor eine ganz hervorragende Charakteristik bei hoher Belastung haben muß. Weiterhin wird von dem Motor eine zähe Drehmomentcharakteristik verlangt ¹⁾, wobei man auch noch die erhöhte Wärmebelastung und die Leistung bei großer Kälte berücksichtigen muß.

(2) Der Motor muß eine Festigkeit besitzen, welche starken Stößen standhalten kann, er muß außerdem eine hohe Steifigkeit besitzen und darf gegen Erschütterungen und Schwingungen nicht empfindlich sein.

Da die beim Betrieb der Geleisbaumaschinen auftretenden Stöße maximal bis zu 6-10 g erreichen, und da es in vielen Fällen schwierig ist, eine Schwingungssichere Konstruktion zu bekommen, so ist es unbedingt erforderlich, daß der Motorblock selbst und die dazu gehörenden Hilfsmaschinen eine ausreichende Festigkeit und Unempfindlichkeit gegen Schwingungen besitzen.

(3) Der Betrieb des Motors muß auch bei ganz schlechten Arbeitsbedingungen möglich sein.

Daß Baumaschinen im allgemeinen an Orten verwendet werden wo es viel Staub gibt, ist eigentlich selbstverständlich.

Gewöhnlich wird verlangt, daß eine Baumaschine sich auf abschüssigem Gelände mit einem Gefälle von 30-35° bewegen kann, außerdem kommt es sehr häufig vor, daß die Baumaschine an sehr hochgelegenen Orten, bei sehr hoher Temperatur oder bei sehr niedriger Temperatur arbeiten muß, manchmal wird sogar verlangt, daß die Maschine bis zu einem gewissen Grade im Wasser arbeiten kann. Der Motor muß also so gebaut sein, daß er unter den aufgeführten schlechten Bedingungen verwendet werden kann.

(4) Der Motor muß eine ganz hervorragende Dauerhaftigkeit besitzen.

Da der Motor unter den im vorhergehenden Abschnitt beschriebenen ungünstigen Bedingungen lange Zeit hindurch unter hoher Belastung laufen muß, so ist es von ganz besonderer Wichtigkeit, daß der Motor robust und dauerhaft ist, lange zeitliche Abstände zwischen den einzelnen Überholungen des Motors werden mit Nachdruck verlangt.

Abb.2 Hitachi-T 09-Planierdrape (mit B-40-Motor, 95 PS)

(5) Bedienung und Wartung des Motors müssen einfach sein. Da es häufig vorkommt, daß eine Baumaschine in einer ganz entlegenen Gegend arbeiten muß, so ist es natürlich unbedingt erforderlich, daß die Behandlung und die Wartung des Motors ganz einfach sein müssen.

Heute sind nun die Dieselmotoren für Baumaschinen soweit entwickelt worden, daß sie den oben dargelegten Forderungen gerecht werden können; sie besitzen im allgemeinen eine hohe Festigkeit und eine hohe Steifigkeit, sie haben eine ganz ausgezeichnete Dauerhaftigkeit; andererseits ist es jedoch bis zu einem gewissen Grade auch nicht zu umgehen, daß die Abmessungen der Motoren größer und ihr Gewicht höher werden. Derartige Motoren sind in der Hauptsache in Amerika entwickelt worden, in Japan ist die Geschichte dieser Motoren verhältnismäßig neu, und zusammen mit dem Hochkommen der Baumaschinen ist ihre Entwicklung stürmisch vorwärtsgetrieben worden. Heute werden solche Motoren von den Firmen Hitachi, Mitsubishi Nippon, Komatsu u.a. hergestellt. Es besteht die Tendenz, die Leistung der Motoren nach und nach zu erhöhen, um eine größere

Arbeitsleistung des Baufahrzeuges zu bekommen. Auch an den Motoren selbst sind Verbesserungen erreicht worden, so kann man in den 10 Jahren ihrer Geschichte eine Leistungssteigerung von 20-30% feststellen. Es gibt viele Motoren, in Japan, welche in ihrer Leistung die ausländischen Fabrikate noch übertreffen ²⁾. Auch die Dauerhaftigkeit der Motoren, von der man in der ersten Zeit zwar noch sagte, daß sie schlechter sei, ist bei uns in Japan im Laufe weniger Jahre dank dem Eifer und den Anstrengungen der Entwicklungs- und Forschungsabteilungen der einzelnen Firmen, sowie dank der Rationalisierung der Wartung und Pflege auf seiten der Verbraucher stürmisch in die Höhe getrieben worden. Die zwischen den einzelnen Überholungen liegenden zeitlichen Abstände betragen in der ersten Zeit 1000 - 2000 Stunden, heute hat man es bereits bis auf 5000 Stunden gebracht, und die japanischen Motoren können ohne weiteres einen Vergleich mit den im Ausland hergestellten Motoren aushalten.

2. Die Betriebsdaten und die Leistungscharakteristik

Die Hitachi-B-Motoren werden in 3 Bautypen mit dem gleichen Zylinderdurchmesser ausgeführt, es gibt einen Vierzylindermotor (B-40), einen Sechszylindermotor (B-60) und einen Achtzylindermotor (B-80). Die Hauptdaten sowie die Leistung der Motoren sind in der Tafel 1 zusammengestellt. Die Abb. 3 zeigt die Leistungskennlinien des Motors B-40 für Baumaschinen. Die Motoren können sämtliche, wenn nötig, mit einem Ladegebläse ausgerüstet werden, wodurch eine Leistungssteigerung um 30-50% möglich wird.

Tafel 1

Daten der B-Dieselmotoren

Benennung	B-40	B-60	B-80
Motorbauart	Viertakt Dieselmotor, wassergekühlt, Reihenbauart, Zylinder senkrecht stehend		
Art der Verbrennungskammer	Vorkammer		
Anzahl d. Zylinder	4	6	8
Innendurchmesser x Hub (mm)	130 x 165		
ges. Auspuff (l)	8.75	13.13	17.51
Drehrichtung	vom Schwungrad her gesehen entgegengesetzt dem Uhrzeiger		
Kompressionsverhältnis	18.0 : 1		
Gewicht (ges. Motorgehäuse, trocken) (kg)	1200	1600	2000
Kraftstoffeinspritzpumpe	Bosch-Bauart N-PE 4 B 100	Bosch-Bauart N-PE 6 B 100	Bosch-Bauart NF-E 6 B 10
Kraftstoffeinspritzdüsen	Bosch-Bauart N-DN 4 SD 24		
Drehzahlregler	Bosch-Bauart "all speed"-Regler oder Maximum-Minimum-Regler		
Schmiersystem	Zahnradpumpen-Druckfördersystem		
Kraftstofffilter	Filterpapierbauart		
Schmierölfilter	"full flow"-Filterpapier-Bauart		
Luftfilter	Ölkammerbauart mit Zyklon-Vorfilter		
Anlaßeinrichtg.	Elektromotor 24 V, 7.4 kW, Elektromotor 24 V, 11 kW oder Benzinmotor 25 PS/2600 U/Min.		
el. Ladeeinrichtg.	Ladegenerator 24 V 350 W, Ladegenerator 24 V 500 W oder 12 V 350 W.		
Nennleistg. bei 1-stündig. Betrieb an einer Baumaschine (PS/U/Min.)	100/1500	153/1500	200/1500
Nennleistung b. Dauerbetrieb (10 Std.) an einer Baumaschine (PS/U/Min.)	85/1500	130/1500	170/1500
Nennleistg. b. 1-stündig. Betrieb in einer Lokomotive (PS/U/Min.)	110/1800	170/1800	225/1800

Benennung	B-40	B-60	B-80
Nennleistung bei kontinuierlichem Betrieb in einem Stromerzeugungsaggregat (kVA/U/Min.)	50 $\begin{cases} 50/1000 \\ 70/1500 \end{cases}$ 60 $\begin{cases} 55/1200 \\ 75/1800 \end{cases}$	50 $\begin{cases} 70/1000 \\ 100/1500 \end{cases}$ 60 $\begin{cases} 85/1200 \\ 120/1800 \end{cases}$	50 $\begin{cases} 100/1000 \\ 140/1500 \end{cases}$ 60 $\begin{cases} 115/1200 \\ 160/1800 \end{cases}$
Nennleistung bei kontinuierlichem Betrieb in allgem. Maschinen (PS/U/Min.)	60/1000-85/1500 90/100-130/1500 120/1000 - 170/1500		

Bei normalen Luftverhältnissen. Jeder Motor kann mit einem Ladegebläse ausgerüstet werden, wodurch die abgegebene Leistung um 30 - 20% erhöht werden kann.

Als man diese Motoren zu entwickeln und zu konstruieren begann, hat man zunächst einen Motor für Versuchszwecke hergestellt und zunächst eine umfangreiche grundlegende Untersuchung der Verbrennungskammersysteme durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchung hat man benützt, außerdem insbesondere die nachfolgend aufgeführten Punkte als die wichtigsten Punkte zugrundegelegt und darauf die Konstruktion aufgebaut:

(1) Die bisherigen Antriebsmotoren für Baumaschinen waren in der Mehrzahl Motoren mit verhältnismäßig niedriger Drehzahl (1000 - 1300 U/Min.), soweit es ihre Festigkeit und ihre Dauerhaftigkeit erlaubte, wurde dann nach und nach die Drehzahl der Motoren erhöht (1400 - 1600 U/Min.), und wenigstens bei den Motoren, bei denen man auf eine Verringerung der Abmessungen und des Gewichtes ausging, erstrebte man gleichzeitig auch eine Erhöhung der spezifischen Leistung.

Dadurch daß man bei gleichem Zylinderdurchmesser mit der Zylinderzahl variierte und ein Ladegebläse mit hinzunahm,

wählte man das Zylindervolumen derart, daß man je nach dem jeweiligen Verwendungszweck einen weiten Leistungsbereich von 60 - 300 PS in dem Motor investieren konnte. Dadurch wurde die Serienfertigung auf Einzweckwerkzeugmaschinen ermöglicht, die wiederum die Rationalisierung der Fertigung und die Austauschbarkeit der einzelnen Teile mit sich brachte. Da das Verhältnis des Hubes zum Innendurchmesser mit der abgegebenen Leistung, mit der Drehmomentcharakteristik (der Durchzugskraft), mit dem Ansaugwirkungsgrad usw. zusammenhängt, ³⁾, so hat man im Falle der hier beschriebenen Maschine unter Berücksichtigung dieser Punkte den Wert von 1.27 gewählt.

(3) Für die Verbrennungskammer hat man unter Berücksichtigung der Leistung des Motors, seiner Dauerverschleißfestigkeit und seiner Wartung das Vorkammersystem gewählt, und hat dann das bei dem für die Untersuchungen verwendeten Motor erstmalig entwickelte Verfahren angenommen.

(4) Im Hinblick auf die allerhärtesten Bedingungen beim Betrieb der Baumaschinen hat man dem Motor selbst und auch allen zu seiner Ausrüstung gehörenden Hilfsmaschinen eine ausreichende Festigkeit gegeben. Außerdem hat man für den wichtigsten Teil des Betriebes die Möglichkeit einer Leistungssteigerung durch Aufladung bei der Konstruktion schon vorgesehen.

(5) Weiterhin hat man die Steigerung der Ausdauer des Motors als einen sehr wichtigen Punkt angesehen und man hat deshalb auf die Kolben, auf das Metall der Zylinderbüchsen und auf den Ventilmechanismus, auf all die Punkte also,

welche bei den bisherigen Motoren für die Lebensdauer entscheidend waren, sein besonderes Augenmerk gerichtet und man hat bei der Planung des Motors ganz neue Wege in bezug auf die Konstruktion, auf das Material, auf die Schmierung und auf die Kühlung beschritten; im ganzen hat man es so eingerichtet, daß man bei allen Punkten immer wieder das Gleichgewicht mit der Dauerhaftigkeit des Motors hergestellt hat.

(6) Man hat besonders die Möglichkeit einer günstigen Verbindung mit einem Drehmomentwandler und einer Flüssigkeitskupplung in Betracht gezogen und dabei die Konstruktion außerdem auch so gewählt, daß man die verschiedenen Hilfsantriebe leicht abnehmen konnte.

(7) Im Hinblick auf die Wartung und auf die Bedienung des Motors hat man sowohl für den Motor selbst, wie auch für die Hilfsmaschinen, die zu seiner Ausrüstung gehören, eine weitgehende Vereinfachung angestrebt, insbesondere hat man das Volumen der Filter erhöht und die Entfernung vom Filter zum Motor vergrößert, in der Absicht dadurch den Arbeitswirkungsgrad der Maschine zu erhöhen.

3. Die Konstruktion und die besonderen Merkmale der Hauptteile

Bei dem B-Motor hat man, wie oben bereits erwähnt wurde, eine ganze Reihe neuer konstruktiver Lösungen verwirklicht, die besonderen konstruktiven Merkmale der Hauptteile des Motors sind folgende:

3.1 Der Verbrennungsraum

Das bei dem Motor verwendete Vorkammersystem ist in der

Abb.4 dargestellt. Bei diesem Verfahren wird ein Teil des eingespritzten Kraftstoffes in der Vorkammer gezündet, der Rest wird in die Hauptverbrennungskammer ausgestoßen und dort verbrannt. Man bekommt deshalb eine ausgezeichnete Zerstäubung des Kraftstoffes und eine vollständige Vermischung mit der Luft. Dies ist der Grund, weshalb der Kraftstoff bis auf einen verhältnismäßig kleinen prozentualen Luftüberschuß gut verbrennt, weshalb man mit einem niedrigen Einspritzdruck an der Düse auskommt und weshalb die Leistung von der Qualität des Kraftstoffes, von der Vernebelung des Kraftstoffes an der Düse und vom Einspritzzeitpunkt nur ganz wenig beeinflusst wird, so daß man auf eine lange Betriebszeit hinaus eine stabile Verbrennungscharakteristik aufrecht erhalten kann. Da weiterhin der prozentuale Druckerhöhung nur gering ist, so sind auch die Verbrennungsgeräusche verhältnismäßig schwach, und da auch der maximale Druck bei der Verbrennung verhältnismäßig niedrig ist, so ist die auf die einzelnen Teile einwirkende Belastung ebenfalls nur gering, was der Dauerhaftigkeit des Motors sehr zu statten kommt. Was nun die Nachteile anbelangt, so muß gesagt werden, daß die Verluste durch Drosselung im Spritzloch, die Verluste durch Kühlung usw. verhältnismäßig groß sind und daß der Verbrennungswirkungsgrad wegen der zweistufigen Verbrennung etwas niedrig ist, man ist jedoch dabei, diese schwachen Punkte zu verbessern. Die Leistung des Motors bei hoher Belastung ist ganz ausgezeichnet, und da die Leistungscharakteristik stabil ist, so bekommt man auch eine hervorragende Dauerhaftigkeit des Motors, was sich insbesondere bei Baumaschinen günstig auswirkt. Bei den B-Motoren besitzt die Vorkammer, wie dies die Abbildung zeigt, eine

senkrecht stehende Form und ist durch 2 Spritzlöcher mit der Hauptverbrennungskammer verbunden. Die Hauptverbrennungskammer erstreckt sich in der Richtung des Spritzstrahles, der aus den Spritzlöchern kommenden Gase, sie besitzt eine Vertiefungen aufweisende zweiblättrige Form.

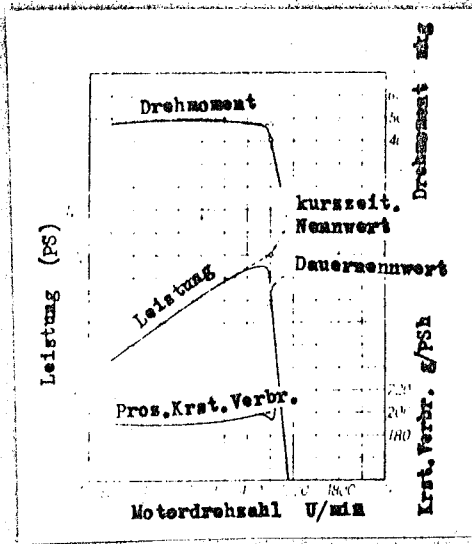


Abb.3 Leistungskennlinien des Motors B-40 (für Baumaschinen)

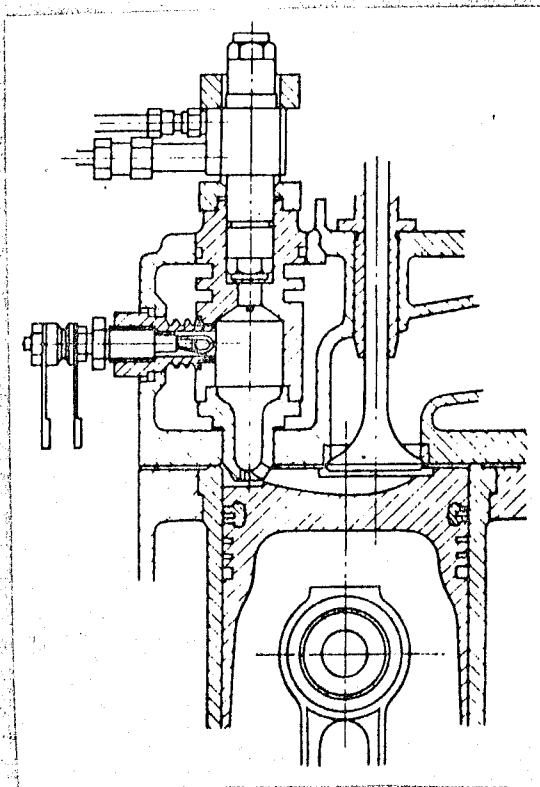


Abb.4 Konstruktion der Verbrennungskammern der B-Motoren

Da die Innenform der Vorkammer, das Volumenverhältnis, das Querschnittsflächenverhältnis der Spritzlöcher und die Form der Hauptverbrennungskammer, sowie das Volumen ihrer Vertiefungen mit der Verbrennungscharakteristik in unmittelbarem Zusammenhang stehen, so sind diese Faktoren durch Versuche mit einer sehr großen Anzahl verschiedener Zusammenstellungen bestimmt worden, so daß man schließlich über einen weiten Lastbereich eine hervorragende Leistungscharakteristik bekam. Die Abb.5 zeigt ein Beispiel der Auswertung der Ergebnisse dieser Versuche; aus dieser Abbildung geht die zweistufige Verbrennung, welche das kennzeichnende Merkmal des Vorkammersystemes ist, deutlich hervor. Man sieht auch aus dieser Abbildung, daß die Verbrennung sich ziemlich stark ändert, wenn die Innenform der Verbrennungskammer geändert wird. Wenn man beim Vorkammersystem eine Leistungssteigerung erreichen will, dann ist es unbedingt erforderlich, die Primärverbrennungsmenge möglichst zu steigern und die Sekundärverbrennung rasch zu beenden und dadurch das Tal zwischen der Primärverbrennung und der Sekundärverbrennung zu beseitigen. Bei den in der Abbildung gezeigten Beispielen ist die Verbrennung bei A wesentlich besser als bei B. Bei den am Versuchsstand durchgeführten Versuchen hat man eine gute Höchstlastcharakteristik und ein Ansteigen der Grenze der abgegebenen Leistung erhalten. Für eine Verbrennungskammer bilden auch die Anlaßeigenschaften bei niedrigen Temperaturen ein in der Praxis sehr wichtiges Problem; die hier beschriebenen Motoren sind mit Vorwärmkerzen von großer Kapazität (60 A) ausgerüstet, und ihre Anlaßeigenschaften bei tiefen Temperaturen sind ganz hervorragend.

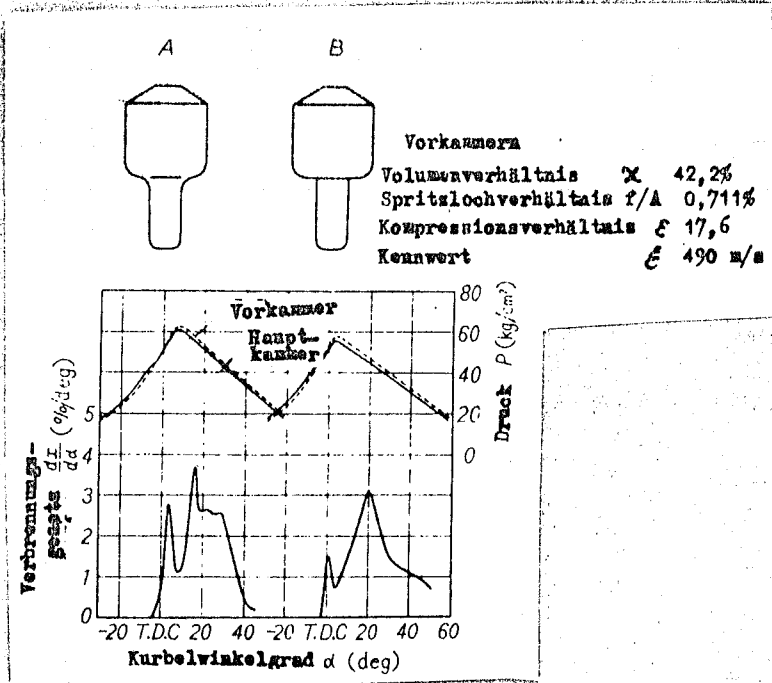


Abb.5 Der Verbrennungsvorgang in Vorkammermotoren

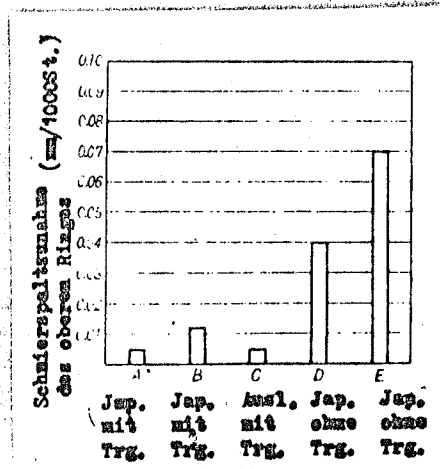


Abb.6 Die Wirkung des Trägers in einem aus Aluminium hergestellten Kolben.

3.2 Die Kolben und die Kolbenringe

Die Kolben sind aus einer Aluminiumlegierung hergestellt, welche ihnen eine ausreichende Festigkeit und Steifigkeit verleiht. Der Kolbenmantel ist, um die Wärmeausdehnung und die Formveränderungen beim Betrieb zu berücksichtigen, bei der Fertigung konisch und elliptisch geschliffen. An der Stelle des oberen Ringes ist ein Ringträger aus "Niresist" (aus einem 14% Ni, 3% Cr und 4% Cu enthaltenden

wärmebeständigem Gußeisen von hohem Wärmeausdehnungskoeffizienten) nach einem besonderen Verfahren eingeschmolzen, wodurch der Abriebverschleiß der Nut verhindert wird. Wie man aus der Abb.6 ersehen kann, kommt die Wirkung dieses Ringträgers ganz deutlich zum Ausdruck, man sieht dabei, daß der Abrieb bei Kolben und Kolbenringen gegenüber dem Betrieb ohne Ringträger auf 10-20% verringert wird. Als konstruktive Lösung der Kolbenkühlung hat man eine zwangsläufige Kühlung angewandt, bei welcher von im Kurbelgehäuse vorgesehenen Ölstrahldüsen Schmieröl auf die Kolbenrückseite gespritzt wird; dadurch wird vor allem der erhöhten Wärmebelastung des Kolbens bei kontinuierlichem Höchstlastbetrieb und beim Betrieb mit Ladegebläse Rechnung getragen und man hat dabei vor allem auch eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit des Motors im Auge. Auch im Ausland scheinen gleichartige Konstruktionen bei Motoren für hohe Belastungen da und dort angewandt zu werden.

Die Kolbenringe setzen sich aus 3 Druckringen und einem Ölring zusammen; um die bei hohen Kräften auftretenden Trägheitskräfte zu verringern, sind die Druckringe schwach bemessen (2.5 mm), der oberste Ring und der zweite Ring sind zum Zwecke einer Erhöhung ihrer Dauerhaftigkeit verchromt. Der Ölring ist, erstmalig bei in Japan hergestellten Motoren, mit einer Expanderspirale versehen, da der Ring auf diese Weise eine große Spannung erhält, so bleibt ihm über eine lange Zeitspanne die Ölabbstreifwirkung erhalten. Auf diese Weise erhält man auch in den Fällen, wo die Zylinderbüchse bis zu einem gewissen Grade bereits einen Abriebverschleiß erfahren hat, immer noch ohne daß

der Schmierölverbrauch erhöht wird, eine ausgezeichnete Schmierwirkung.

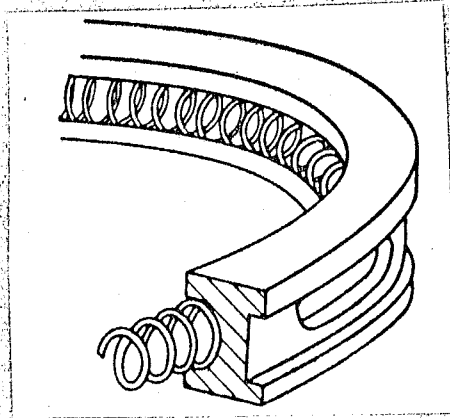


Abb.7 Ölring mit Drahtspiralenexpander

3.3 Die Zylinderbüchsen

Beim Naßverfahren ist der untere Teil der Zylinderbüchse so gebaut, daß durch 3 Ringe aus synthetischem Gummi ein Lecken verhindert wird. Als Material für die Zylinderbüchsen hat man aufgrund der Ergebnisse von Vergleichsversuchen, die man mit vielen verschiedenen Materialien durchgeführt hat, eine im Schleudergießverfahren verarbeitete, eine hervorragende Abriebbeständigkeit aufweisende Tempergußspeziallegierung angewandt. Es ist zwar bereits bekannt, daß der Temperguß eine höhere Abriebfestigkeit besitzt als das gewöhnliche Gußeisen ⁴⁾, dadurch jedoch, daß es gelungen ist, durch Zusatz besonderer Legierungskomponenten und durch eine Verbesserung des Gießverfahrens die Abriebfestigkeitseigenschaften weiterhin zu erhöhen, und bei richtiger Abstimmung der Härte mit den Kolbenringen hat sich bei praktischen Versuchen im Fahrzeug eine ganz hervorragende Dauerhaftigkeit ergeben und es ist dabei praktisch der Nachweis erbracht worden, daß der Abrieb bei weitem geringer war als bei den bisher meistens verwendeten Perlitgußeisen. Dabei ist als besonderes Merkmal des

Tempergusses vor allem bemerkenswert, daß der Abrieb in der Nähe der oberen Totpunktlage des oberen Ringes ganz gering war.

3.4 Die Kurbelwelle

Die Kurbelwelle ist aus Kohlenstoffstahl geschmiedet, die Kurbelarme sind sehr stark ausgeführt, so daß die gesamte Kurbelwelle eine ausreichende Festigkeit besitzt. Sämtliche Lagerstellen sind mit Hilfe von Hochfrequenz gehärtet außerdem ist durch Anbringung von Schwungausgleichsgewichten die Lagerbelastung verringert worden, wobei man ebenfalls wieder auf eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit des Motors abzielte. Dabei ist überall berücksichtigt worden, daß am vorderen Ende der Kurbelwelle hohe Antriebskräfte abgenommen werden. Die an der Kurbelwelle angreifenden Kräfte sind am Hohlkehlübergang des Kurbelzapfens am größten, der dabei auftretende Kräftekonzentrationskoeffizient ist jedoch äußerst kompliziert, da seine durch die Form der Kurbelwelle und durch den Halbmesser des Hohlkehlüberganges bedingte Änderung natürlich durch die Tragfähigkeit der Lager, durch den Zustand der Bindung der Wellenrichtung (?) und durch die Lage der Schmierbohrungen beeinflusst wird. Die Abb.9 zeigt ein Beispiel der Untersuchung der Kräfteverteilung einer Kurbelwelle durch dreidimensionale Fotoelastizitätsversuche, aus dieser Abbildung sieht man deutlich, daß die Kräftekonzentration am Hohlkehlübergang sehr groß ist.

Als notwendige Gegenmaßnahme gegen die Torsionsschwingungen der Kurbelwelle sind an ihrem vorderen Ende Dämpfer angebracht, bei denen man sich die Viskositätsreibung der

Silikonflüssigkeit zunutze gemacht hat. Dadurch hat man den besonderen Vorteil, daß man in einem wesentlich weiteren Bereich als dies bei der trockenen Reibung der Fall ist, eine ausgezeichnete Dämpfung der Schwingungen bekommt.

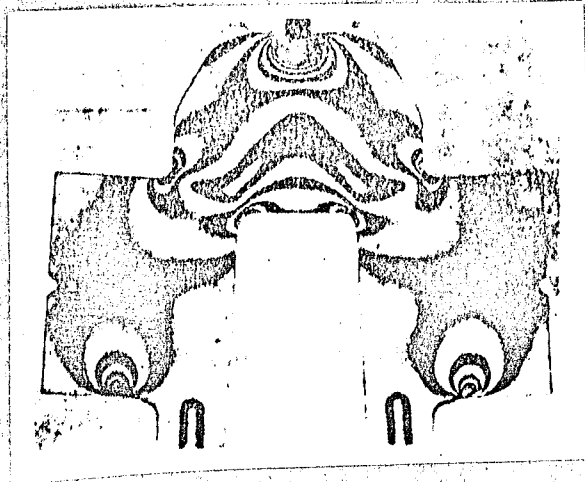


Abb.8 Die Kräfteverteilung einer Kurbelwelle aufgrund der Fotoelastizität.

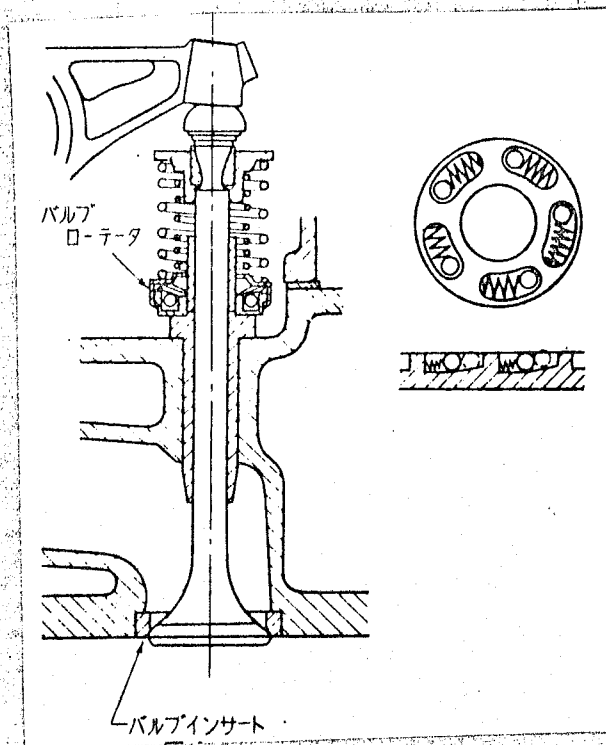


Abb.9 Ventilrotiereinrichtung

3.5 Das Lagermetall

Sowohl für das Lagermetall der Hauptlager, wie auch für das Lagermetall der Pleuelstangenlager hat man ein dünnes

Leichtstahlgrundmetall verwendet und darauf "Kelmet" (möglicherweise ein Erzeugnis der amerikanischen Firma Kelco Co. Anm.d.Üb.) aufgetragen, darüber hat man einen Zinn-Blei-Überzug von 0.01 - 0.02 mm aufgebracht und dieses aus 3 Schichten aufgebaute Lagermetall verwendet. Da dieses Verfahren zunächst überaus einfach ist und einen äußerst geringen Abrieb gewährleistet, so wird es heute für die modernen Motoren sehr häufig angewandt.

3.6 Der Ventilmechanismus

Ansaug- und Auspuffventile sind aus wärmebeständigem Stahl hergestellt; insbesondere ist an die Ventilsitzteile der Auspuffventile Stellite angeschweißt, sie passen mit den in den Zylinderkopf eingepreßten, aus wärmebeständigem Stahl hergestellten Ventileinsätzen auf das Innigste zusammen, wodurch die Korrosionsbeständigkeit und die Abriebbeständigkeit erhöht und damit auch die Dauerhaftigkeit des Motors gesteigert werden. An jedem Ventil ist, wie dies in der Abb.9 dargestellt ist, eine Ventildreh-einrichtung angebracht, durch welche während des Betriebes das Ventil zwangsläufig gedreht wird, wodurch eine reibende Einpassung des Ventilsitzes erreicht wird. Dieses Verfahren wird in Amerika in ganz großem Maßstabe angewandt; wie man aus der Abbildung ersieht, wird durch eine ganz einfache, aus Stahlkugeln und Schrägflächen zusammengesetzte Konstruktion die Kraft der Ventilsfeder benützt, um das Ventil bei jedem einzelnen Ventilhub um $1-3^{\circ}$ zu verdrehen.

Dadurch daß sich das Ventil dreht, erfährt 1. der Ventil-
sitz eine fortwährende reibende Einpassung, wodurch auf
lange Zeit hinaus ein einwandfreier Ventil Sitz aufrecht-
erhalten wird und gleichzeitig die stellenweise Ansammlung
von Ablagerungen und die Korrosion verhindert wird. 2.
Werden dadurch die auf das Ventil einwirkenden mechanischer
und thermischen Belastungen gleichmäßig verteilt und es
wird eine stellenweise Überhitzung verhindert. Weiterhin
erreicht man dadurch 3. eine gleichmäßige Schmierung des
Ventilschaftes, wodurch schädliche Ablagerungen auf ein
Mindestmaß reduziert werden und ein Einbrennen des Ventil-
schaftes verhindert wird. Außerdem wird ein übermäßiger
Abrieb dadurch verringert, so daß die Lebensdauer des Ven-
tils durch diese Verdrehungseinrichtung auf das dreifache
oder noch mehr gesteigert wird ⁵⁾. Die B-Motoren haben als
in Japan erzeugte Dieselmotoren erstmals die Ventildre-
hung angewandt, deren hervorragende Wirkung ganz deutlich
ist. Nach 4000 - 5000stündigem Betrieb waren die Ventil-
sitze noch einwandfrei und es trat kein Kompressionslecken
auf, der Abrieb war nur überaus gering.

3.7 Die Ventilsteuerung

Die Ventilsteuerung ist im hinteren Teile des Kurbelgehäu-
ses untergebracht. Das Zahnrad für die Ventilsteuerung
sitzt in der Nähe des Knotenpunktes der Torsionsschwingun-
gen der Kurbelwelle, wodurch man eine Verringerung des
Zahnflankenflächendruckes erreichen will, außerdem wird
dadurch erreicht, daß man das Antriebszahnrad für die Ven-
tilsteuerung groß machen und damit von diesem Zahnrad gro-
ße Hilfsantriebskräfte abnehmen kann. Eine solche Kon-

struktionsart ist gerade für Baumaschinen, insbesondere aber für Planierdraht, bei denen gleichzeitig der Antrieb für die Fortbewegung und unabhängig davon auch der Antrieb für das Arbeitsgerät verlangt wird, ganz besonders wünschenswert.

3.8 Der Unwuchtausgleicher

Da wir in dem Motor B-40 einen Vierzylinderreihenmotor vor uns haben, so werden durch die hin- und hergehende Bewegung seiner Teile auf und abwärts gerichtete Sekundärschwingungen erzeugt, welche zurückbleiben. Außerdem werden bei den Maschinen von einer solchen Größe Unwuchtkräfte erzeugt, welche sehr groß sind. Durch diese Unwuchtkräfte wiederum werden bei hohen Drehzahlen entsprechende Schwingungen erzeugt. Dies ist der Grund, weshalb man bei der Konstruktion von vornherein davon ausgeht, die Gewichte der sich bewegenden Teile genauestens auszugleichen, wie dies aus der Abb. 10 zu ersehen ist, hat man das im vorliegenden Falle durch die Anbringung eines Unwuchtausgleichers getan, der die Aufgabe hat, die Schwingungen zu verringern. Die Konstruktion des Unwuchtausgleichers ist aus der Abbildung zu ersehen: Zwei sich nicht im Gleichgewicht befindende Gewichte sind in einem Gehäuse untergebracht, welches sich in der Mitte des unteren Teiles des Kurbelgehäuses befindet. Über ein Zahnradgetriebe werden die beiden Gewichte mit einer Drehzahl angetrieben, welche doppelt so hoch ist wie die Drehzahl der Kurbelwelle. Dadurch werden nach oben und nach unten gerichtete Kräfte erzeugt, die man so abgestimmt hat, daß durch sie die Unwuchtkräfte der sich bewegenden Teile ausgeglichen werden. Dadurch daß man einen Unwuchtausgleicher anbringt,

bekommt man die Möglichkeit, auch in einem Vierzylinder-
motor die Schwingungen nahezu in gleichem Maße zu reduzie-
ren, wie dies bei einem Sechszylindermotor der Fall ist.
Dies ist der Grund, weshalb es bereits heute im In- und
Ausland schon viele schnell laufenden Vierzylindermotoren
von verhältnismäßig großer Bauform gibt, die mit einem
Unwuchtausgleicher arbeiten.

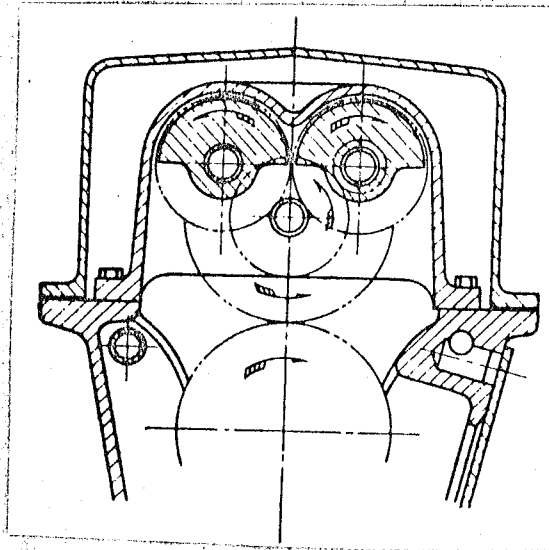


Abb. 10 Unwuchtausgleicher

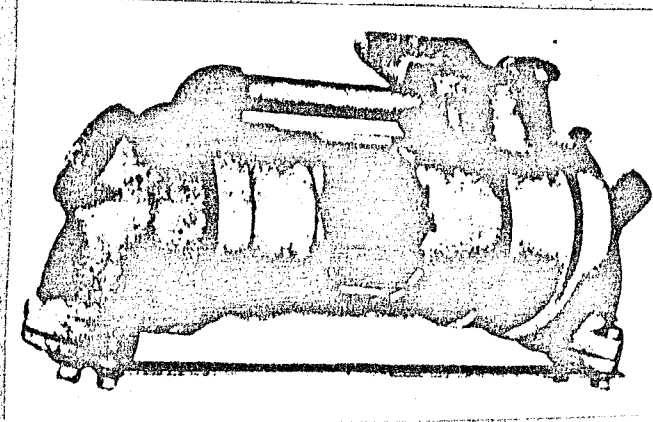


Abb. 11 Wassergekühlter Vielrohrölkühler

3.9 Die Schmiereinrichtung

Für die Schmierung des Motors wird das Halbtrockenschmier-
verfahren angewandt. Die Schmierpumpe besteht aus zwei
Zahnradpumpen, deren eine (die Spülpumpe) das Öl, das sich
in der Ölwanne auf der einen Seite angesammelt hat, in

den Ölsammelbehälter der anderen Seite fördert, während die andere Zahnradpumpe (die Druckpumpe) das Öl auf Druck bringt und über einen Ölkühler und ein Ölfilter den einzelnen Teilen des Motors zugeführt wird. Der Motor kann auch dann, wenn er um seine Längsachse oder um seine Querschachse in eine Schräglage von 30-35° gekippt wird, anstandslos betrieben werden.

Der Ölkühler ist in der Abb. 11 dargestellt. Er ist ein Vielrohrwärmeaustauscher mit gutem Wirkungsgrad, der unter Benützung des Kühlwassers des Motors arbeitet. Selbst bei Höchstlastbetrieb wird die normale Temperatur des Öles aufrechterhalten. Unmittelbar nach dem Anlassen des Motors steigt die Temperatur des Kühlwassers durch das Ansprechen eines Thermostaten verhältnismäßig rasch an und, da durch das Wasser das Schmieröl angewärmt und dadurch die für das Warmlaufen des Motors gebrauchte Zeit verkürzt werden kann, so wird dadurch im Endeffekt der Abriebverschleiß der einzelnen Teile des Motors verringert. Auch konstruktiv erhält man durch die kompakte Bauweise eine erhöhte Festigkeit, so daß in der neueren Zeit dieser Ölkühler bei den für den Antrieb von Baumaschinen bestimmten Motoren häufig angewandt wird.

Als Ölfilter ist bei in Japan hergestellten Motoren für Baumaschinen erstmals ein mit Filterpapierelementen arbeitendes "full flow"-Filter angewandt. Der Zweck dieses Filters ist es, die Verschmutzung des Schmieröles vollständig zu beseitigen und dadurch mitzuhelfen, den Abriebverschleiß der einzelnen Teile des Motors zu verringern. Bei dieser Art von Filtern muß das Volumen des Filters größer gemacht werden, damit man eine ausreichende Filterquer-

schnittsfläche bekommt. Im Zusammenhang mit dem Abstand der Anordnung der einzelnen Filterpapiere werden die Filterquerschnittsfläche und die Rauigkeit des Filterpapierees in geeigneter Weise gewählt. Bei den B-Motoren wird ein Filterpapier von ungefähr 30μ verwendet, der Filterwirkungsgrad ist überaus gut, so daß das Filter eine wichtige Rolle spielt bei der Erhöhung der Dauerhaftigkeit des Motors. Die Abb.12 zeigt einen Vergleich des Abriebverschleißes, den man bei verschiedenen Filterarten im Falle eines Kraftfahrzeugmotors bekommen hat ⁶⁾. Aus diesem Beispiel sieht man ganz deutlich, daß das "full flow"-Filter bei weitem das beste ist. Daß das Filter bei Baumaschinen, wo man ja mit einer sehr starken Verschmutzung des Schmieröles rechnen muß, ganz besonders wichtig und wirksam ist, braucht nicht erst gesagt zu werden.

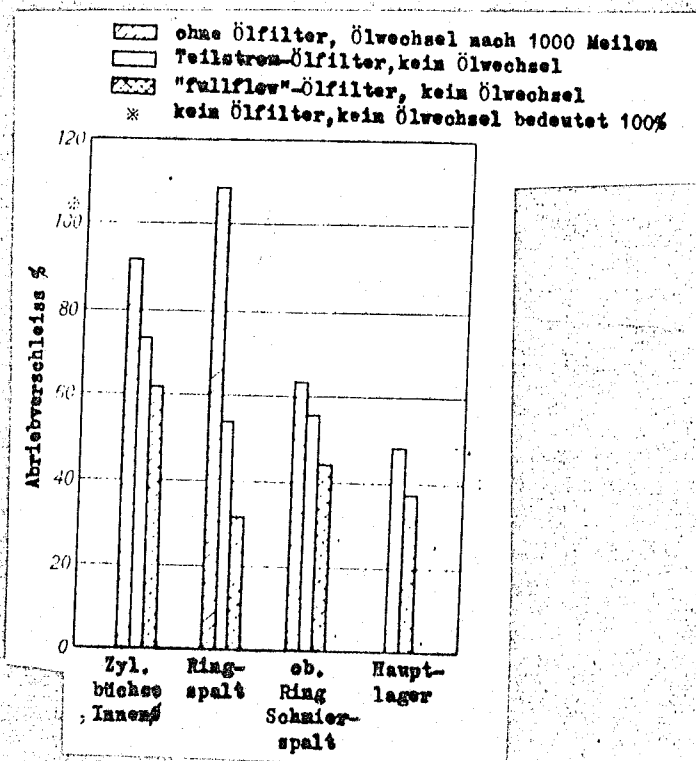


Abb.12 Der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Ölfilterbauarten und dem Abriebverschleiß.

Für das Schmierölröhrleitungssystem werden keine Kupferrohre verwendet, sondern Stahlrohr oder aber im Motorgehäuse angebrachte entsprechende Bohrungen; für die Anordnung des Röhrleitungssystems ist eine solche Konstruktion verwendet worden, daß eine Beschädigung durch Stöße usw. ausgeschlossen ist.

3.10 Der Luftfilter

Der Luftfilter ist aus einem Zyklon-Vorfilter und einem Ölkammerfilter zusammengesetzt und besitzt eine sehr hohe Luftreinigungswirkung. Dank einer besonderen Konstruktion wird selbst dann, wenn der Motor in einer schrägen Lage betrieben wird, kein Filteröl in den Motor hineingesaugt.

3.11 Die Abstützung des Motors

Der Motor besitzt eine Dreipunktstützung; dabei ist berücksichtigt worden, daß selbst dann, wenn der Motor in eine Baumaschine eingesetzt und in unebenem Gelände arbeiten muß, durch die Verwindungen des Fahrzeuges keine übertrieben starken Kräfte auf das Motorgehäuse ausgeübt werden. Hierbei wirkt es sich aus, daß man bereits angefangen bei dem Lagermetall für die Hauptlager immer eine Erhöhung der Dauerhaftigkeit der wichtigsten Teile des Motors im Auge hatte. Diese Art der Auflagerung des Motors trifft man bei den Motoren für die modernen Baumaschinen sehr häufig.

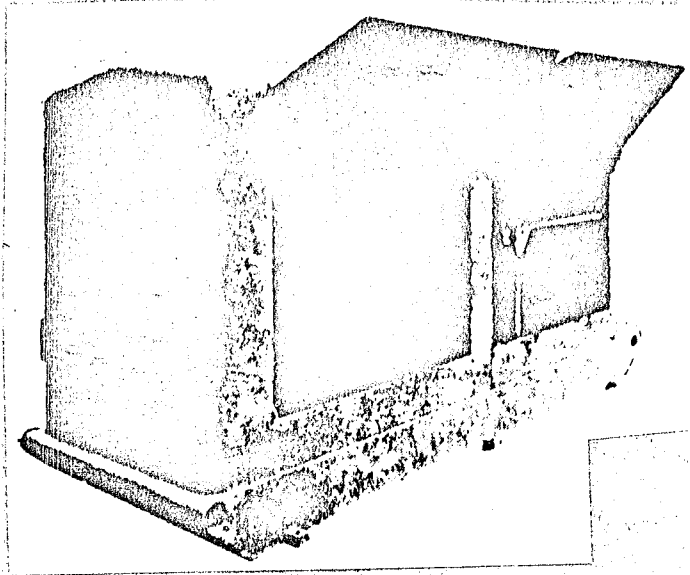


Abb. 13 Hitachi-DE 80 - Diesel-Stromerzeugungsaggregat
(mit Motor B-60, 100/120 KVA)

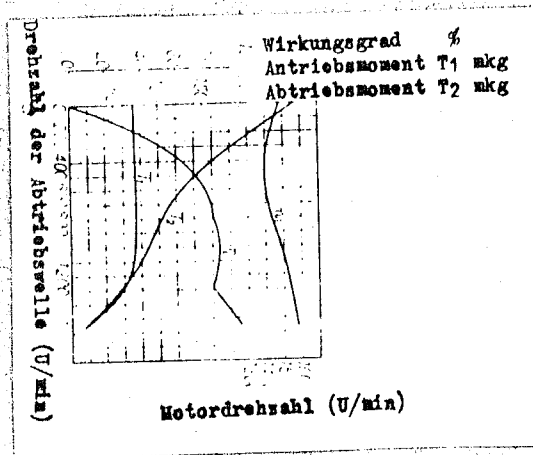


Abb. 14 Leistungskennlinien eines Antriebsaggregates mit
angebautem Drehmomentwandler
(Motor B-60, Drehmomentwandler: TM-41)

3.12 Die Anlaßeinrichtung

Der Motor B-40 ist für einen elektrischen Anlasser eingerichtet, während die Motoren B-60 und B-80 so gebaut sind, daß bei ihnen ein elektrischer Anlasser ebenso wohl wie auch ein Benzinanlasser verwendet und angebaut werden kann. Als elektrischer Anlasser wird ein Elektromotor von großer Kapazität verwendet, aber auch der Benzinanlaß-

motor kann eine ausreichend große Leistung abgeben, so daß das Anlassen bei niedrigen Temperaturen gar keine Schwierigkeiten bereitet. Bei den Benzinanlaßmotoren wird deren Auspuff dazu verwendet, die vom Hauptmotor angesaugte Luft vorzuwärmen, auch wird ihr Kühlwasser an dem Kühlwasserumlauf des Hauptmotors angeschlossen, damit es auf diese Weise ebenfalls die Vorwärmung unterstützt. Die Benzinanlaßmotoren sind zwar mit elektrischen Anlassern ausgerüstet, es ist jedoch auch die Möglichkeit eines Anlassens von Hand vorgesehen, damit in entlegenen Gegenden der Motor auch dann in Betrieb gesetzt werden kann, wenn keine Batterie vorhanden ist.

4. Der Verwendungsbereich des Motors

Die B-Motoren werden zur Zeit auf der ganzen Linie in die von Hitachi hergestellten Baumaschinen eingebaut. Außerdem werden sie wegen ihrer hohen Leistung, ihrer Zuverlässigkeit und ihrer ganz hervorragenden Dauerhaftigkeit als Antriebsmotoren für den allgemeinen Maschinenbau, insbesondere für Spezialfahrzeuge, für Diesellokomotiven, für Diesel-Stromerzeugungsaggregate, für Kompressoren und Pumpen sowie auch für den Antrieb von Schiffen in großem Maßstabe angewandt.

Es wird auch ein Stromerzeugungsaggregat mit angebautem Drehmomentwandler hergestellt, bei welchem mit einem B-Motor ein Hitachi-Drehmomentwandler zusammengebaut ist. Wie man aus der Abb. 14 ersieht, besitzt dieses Aggregat als Antriebsmaschine eine sehr erwünschte Charakteristik, bei welcher sich nämlich das Drehmoment der abgegebenen Leistung kontinuierlich mit der Drehzahl ändert. Das Aggre-

gat hat einen hohen Wirkungsgrad, und auch seine gesamte Konstruktion, nämlich sein Kühler, sein Öltank, sein Ölkühler und seine Bedienungsanlage sind als ein Ganzes kompakt zusammengebaut, so daß dieses Aggregat für einen weiten Bereich von Anwendungsmöglichkeiten als Antrieb für die verschiedensten Arten von Maschinen zur Verfügung steht. Außerdem werden auch noch als Antrieb für Maschinen, welche schweren Stößen im Betrieb ausgesetzt sind, Antriebsaggregate hergestellt, welche mit einer Flüssigkeitskupplung zusammengebaut sind und es werden auch Aggregate geliefert mit angebaute Reibungskupplung für schwere Belastungen.

5. Zusammenfassung

Sämtliche Hauptteile der oben beschriebenen B-Motoren spiegeln in ihrer Herstellung vom Rohmaterial bis zum fertigen Erzeugnis ein zusammengefaßtes Bild der Technik der Hitachi-Werke wider. Aufgrund einer konsequent durchgeführten Qualitätskontrolle wird eine Bearbeitung von hoher Präzision erreicht.

Es ist zu erwarten, daß auch die Dieselmotoren für Baumaschinen mit dem weiteren Fortschritt der technischen Verfahren zu ihrer Herstellung und der weiteren Vervollkommnung der Fahrzeugkörper in ihrer Leistung und in ihrer Dauerhaftigkeit eine Steigerung erfahren werden.

Literaturhinweise

- 1) M.J.McCulla: SAE Trans. 67 (1959), 213.
- 2) Sashi: Zeitschrift der Gesellschaft für Mechanik, Bd. 63, S.494 (Jahrgang 1960, Heft 3) u.S. 384.
- 3) K.J.Fleck: SAE Trans. 65 (1957), 579.
- 4) Kawamura: Zeitschrift "Die Fertigungstechnik", Bd.15, Heft Nr.2 (1960) S.8.
- 5) J.A.Newton: SAE Trans. 61 (1953) 44.
- 6) R.J.Pocock: SAE Trans. 61 (1953), 154.