

SYNTHETISCHE SCHMIERFETTE FÜR DIE LEBENSMITTELINDUSTRIE

E. NEUMANN und E. VAMOS*

Lehrstuhl für Chemische Technologie,
Technische Universität, H-1521 Budapest

Eingegangen am 6 Juli 1986
Vorgelegt von Prof. Dr. I. Szebényi

Abstract

Synthetic oils, produced in the GDR were tested as to their applicability to the production of synthetic lubricating greases, using several different gel forming agents. It could be shown that a grease, formulated with di-ethyl-hexyl-phthalate and Li-12-hydroxi-stearic acid was low-temperature resistant and was equal in quality to a commercial product used as reference substance. Other experimental products met these quality specifications only, if special oxidation inhibitors were added, as stability requirements could not be met with the usual additive brands. These products were successfully processed on pilot plant scale. Subsequently it could be shown, that the necessary soap content of the greases, produced with the above mentioned synthetic oils had to be higher than that of analogous hydrocarbon oils. Finally it could be shown, that low temperature resistant and at the same time non-carcinogenic greases, meeting requirements of the food processing industries may be produced with a polypropylene-glycol-oil and Al-distearate, using special, nontoxic additives.

Einleitung

Schmierfette sind im Allgemeinen gelartige kolloidale Systeme welche aus raffinierten Erdöldestillaten und verschiedenartigen Metallseifen hergestellt werden. Das zumeist eingesetzte seifenbasierte Schmierfett enthält Lithium-12-oxistearat als Gelbildner, ein relativ hochviskoses Schmieröl und zweckentsprechende Additive, z. B. Antioxidantien, Korrosionsschutzmittel, strukturmodifizierende Zusätze, EP. Zusätze, Festschmierstoffe und dergleichen [10, 11, 12].

Die neueren Anforderungen der Industrie können aber oft mit diesen klassischen, einfachen seifenbasierten Produkten nicht erfüllt werden. Es wurden daher die seifenbasierten Fette weiter entwickelt. Als erstes versuchte man die Qualität, vor allem die Wärmebeständigkeit der Fette durch eine Änderung des Seifenkations zu verbessern. Auf diese Weise kamen vorerst die gemischtbasischen Fette zum Vorschein. Solche sind z. B. die Natrium-Kalzium, die Kalzium-Blei, Lithium-Blei und andere ähnliche Seifenkombi-

* Ungarisches Erdölinstitut, Százhalombatta

Tabelle 1
Gelbildner in Schmierfetten

Typ.	Beispiel
Einfache Seifen	Li, Na, K, Ca, Ba, Al, Zn, Pb-Stearate, Oleate, Oxistearate, Abietate usw.
Mischseifen	Na—Ca, Na—Pb, Na—Al, Li—Ca, Li—Pb-Seifen der obigen Fettsäuren.
Komplexseifen	Ca—Ste—Ac, Ba—Ste—Ac, Ba—Ste—Ste, Al—Ste—Be, Ca—Pb—Ste—Ac, Na—Ca—Al—Ste—Ac*
Organophilisiertes Bentonit	Cetyl-Pyridinium-Br-Bentonit
Aerosil	SiO ₂
Russ	—
Farbstoffe	Indanthrene z. B. 1,2,1'2'-Anthrachinondihydrazin, Diphenylcarbamid, Phthalocyanine z. B. Cu-Phthalocyanin

* Ste = Stearat; Ac = Azetat, Be = Benzoat

nationen enthaltende Schmierfette. Dem Problem der Hochtemperaturschmierung versuchte man durch die Entwicklung von Komplexseifenfetten entgegenzukommen. Dies führte zur teilweisen Änderung des Seifenanions. Solche Komplexfette sind u. A. die Kalziumstearat-Acetat-Fette, die Aluminiumstearat-Benzoat-Fette, die Bariumstearat-Acetatfette, saure Bariumkomplexfette, Natrium-Furancarbonsäure-Komplexfette, Lithium-Komplexfette, usw. [12].

Es gibt aber auch gewisse Anwendungsgebiete die durch seifenbasierte Fette überhaupt nicht versorgt werden können.

Hierfür wurden nicht-seifenbasierte Fette entwickelt, z. B. die Bentonfette (mit organophilem Bentonit als Gebildner), die Aerosilfette, die russbasierten Fette. Es wurden Pigmente und Polymere zur Gelbidung zugezogen, z. B. Polycarbamate und Phthalocyanine.

Die wichtigsten Gelbildner der Fette wurden in Tabelle 1. zusammengestellt.

Es tauchten neuerdings weitere Probleme auf, so z. B. die Schmierung bei niedrigen Temperaturen (in der Raumfahrt, im Luftverkehr, aber auch in der Lebensmittelindustrie bei Tiefkühltechnologien) [8, 11], und ein Hauptproblem der Lebensmittelindustrie: die Anforderung, daß weder toxische, noch karzinogene Hilfsstoffe und Schmierstoffe eingesetzt werden dürfen. Diese Fette dürfen weder Schwermetalle, noch polyzyklische Aromaten enthalten. Für unser Land sind zur Zeit Probleme des Luftverkehrs, der arktischen Schmierung, der Raumfahrt noch nicht aktuell und akut. Umso wichtiger sind die Probleme der Landwirtschaft und der Lebensmittelindustrie. Diese letzteren Fragen der Toxizität und der karzinogenen Eigenschaften können weder durch

eine Änderung der Seifenbase noch durch die Auswahl des Seifenanions gelöst werden. Auch genügt eine weitere Raffination der Erdölkomponente nicht, da neben den Fragen der Gesundheit gleichzeitig Probleme der Tieftemperaturschmierung berücksichtigt werden müssen. Der größte Teil der natürlichen Kohlenwasserstofföle kann den tiefen Temperaturen der Tiefkühlindustrie (und des modernen Flugwesens) nicht widerstehen. Auch können aus Erdölkohlenwasserstoffen aromatenfreie Fette durch Raffination nur dann hergestellt werden wenn die Schmierölkomponente ein sog. Weißöl ist. Dies beeinträchtigt einerseits die Schmierfähigkeit und die Kolloidstabilität des Produktes und andererseits auch den Stockpunkt (d. h. die Einsatzfähigkeit bei tiefen Temperaturen.) Synthetische Polyalkylaromaten, welche z. Z. in Ungarn eingesetzt werden, besitzen zwar genügende Kältebeständigkeit, sind aber aromatenhaltig und daher vom Gesichtspunkt der karzinogenen Eigenschaften nicht einwandfrei. [7]

Zur Lösung dieses Problemenkreises wurde es versucht synthetische Öle anzuwenden. Schmierfette deren Schmierölkomponente anstelle von Erdölprodukten aus synthetischen Ölen besteht und welche mit synthetischen Gelbildnern hergestellt werden, werden als synthetische Fette bezeichnet. Fette, welche neben synthetischen Ölen teilweise Erdölprodukte und zur Gelbildung Seifen oder andere natürliche Gelbildner enthalten, werden als teilsynthetische Produkte bezeichnet. In der Entwicklung solcher Produkte in Ungarn mußte neben den Fragen der Gesundheit und Kältebeständigkeit das Problem der Rohstoffe berücksichtigt werden. Es konnten aus praktischen und finanziellen Gründen nur Rohstoffe eingesetzt werden, welche im Lande leicht verfügbar sind, d. h. eigene Rohstoffe, oder Rohstoffe aus Ländern mit welchen die Bilanz günstig steht.

Synthetische Öle

Der Einsatz von synthetischen Ölen in Schmierfetten wurde dadurch notwendig und möglich, daß diese besondere Eigenschaften, und auf vielen Gebieten eine Widerstandsfähigkeit besitzen die den Erdölprodukten überlegen sind. Die Eigenschaften, die durch den Einsatz von synthetischen Ölen unter Umständen günstig beeinflußt werden können, sind die folgenden [1, 9, 11]:

- die Flüchtigkeit
- die Viskositäts-Temperatureigenschaften
- die Oxidationsbeständigkeit
- die Haftfähigkeit
- die Wärmebeständigkeit
- die Feuerbeständigkeit

die Kompatibilität
 die Toxizität
 die karzinogenen Eigenschaften
 die Legierbarkeit

Die synthetischen Öle können u. A. aufgrund ihrer chemischen Eigenschaften klassifiziert werden, z. B. wie folgt:

synthetische Kohlenwasserstofföle (Polyolefine,
 Alkylaromaten, Polyaromaten)
 Polyphenyläther
 Fluorocarbon Öle (Polyfluoralkyl-Äther)
 Polyglykoläther
 Silikatester
 Alkylsilane
 Silikone
 Dicarbonsäureester
 Polyolester

In Tabelle 2. wurden die wichtigsten synthetischen Öle zusammengestellt. Tabelle 3. zeigt den Zusammenhang der oben erwähnten Eigenschaften mit der chemischen Zusammensetzung [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 12].

Vom Standpunkt der Lebensmittelindustrie sind — wie bereits gesagt — einige Eigenschaften, wie der Aromatengehalt (wegen karzinogener Eigen-

Tabelle 2

Synthetische Öle [1]

Synthetische Kohlenwasserstofföle	Alkyl-naphthaline Polyalkylbenzole Polyphenyle Polyolefine (Polyceten) Äthylen-Propylen-Kopolymere
Halogenierte Öle	Polychlorfluoräthylen Polytetrafluoräthylen
Esteröle	Polyhexafluorpropoxyd Adipinsäure-2-Äthyl-Hexylester Di-n-Oktyl-Phthalat Trimethylol-Propanester Triresyl-Phosphat
Ätheröle	Polyäthylenglykole Polypropylenglykole Polyphenyläther
Siliciumhaltige Öle	Methylpolysiloxan Silikatester Organosilane

Tabelle 3
Eigenschaften einiger synthetischer Öle [11]

Schmierstoff	Flüchtigkeit	Wt Eigenschaft	Oxidations Stabilität	Haftfähig- keit	Wärme- bestän- digkeit	Feuer- bestän- digkeit	Kompa- tibilität	Toxizität und karzinogene Eigenschaften	Legier- barkeit
Dicarbonsäureester	+	++	0+	+	+	-	++	-	++
Silikone	++	++	++	-	0+	+	-	-	-
Silikatester	0	++	0+	0+	+	0	+	-	+
Polyglykoläther	+	++	0+	+	+	0+	0+	-	+
Fluorokarbonöle	-+	-	++	0++	++	++	0	-	-
Polyphenyläther	+	-	-	+	+	-	0+	++	+
Polyolefine	+	++	0+	+	+	-	+	-	++
Kohlenwasserstoff- Öle (nicht synthetisch)	+	0+	0+	+	+	-	+	0+	+

schaften) und der Stockpunkt bzw. die Kältebeständigkeit von ausschlaggebender Wichtigkeit. Außerdem kommt noch die Toxizität im allgemeinen in Betracht. Unter den aufgezählten Ölen sind in Hinsicht der Kältebeständigkeit die Dicarbonsäureester, die Silikone, die Silikatester, die Polyglykoläther, die Fluorcarbonöle und andere fluorierte Öle, gewisse Polyolefine und Alkylbenzole vorteilhaft. Nachteilig sind die Polyphenyläther und gewisse synthetische Kohlenwasserstofföle.

In Hinsicht der karzinogenen Eigenschaften ist die Einteilung ähnlich, mit Ausnahme der Alkylaromaten, die bei dieser Gruppierung in die nachteilige Gruppe fallen. In Hinsicht der Toxizität fallen auch einige Esteröle in die ungünstige Gruppe. Sollen aus diesen Ölen synthetische Schmierfette hergestellt werden, so hat man einerseits die Schwierigkeit daß nicht alle Öle mit allen Gelbildnern kompatibel sind, und andererseits, daß nicht alle Additive, wegen eventueller gesundheitsschädlicher Eigenschaften eingesetzt werden können oder dürfen. In dieser Hinsicht muß und kann die Auswahl der Komponenten je nach Anwendungsziel variiert werden. Werden die Fette in Anlagen eingesetzt wo nur die Kältebeständigkeit wichtig ist und ein Kontakt mit dem Produkt ausgeschlossen werden kann, so können die Qualitätsvorschriften milder sein, und es können billigere Produkte angewendet werden. Kann aber der Kontakt des Schmierstoffes mit dem Produkt nicht ausgeschlossen werden so kommen strenge Vorschriften zur Geltung.

Eine Richtung der Entwicklungsarbeiten besteht also darin, daß neben der Auswahl des schmiertechnisch und gesundheitlich günstigsten Öles der zweckentsprechende Gelbildner und die richtigen, den Anforderungen entsprechenden Additives ausgesucht werden müssen. Es geht nämlich aus Tabelle 3. hervor, daß die Additivempfindlichkeit (additive response) unterschiedlicher synthetischer Öle sehr unterschiedlich ist. Die Abstimmung des Öles, Gelbildners, Additives und der Anwendungsanforderungen aufeinander ist also äußerst schwierig.

In Zusammenarbeit mit dem Institut für Schmierstoffe und Kraftstoffe der TH Dresden wurde *anfangs* die Herstellungsmöglichkeit von fettartigen Substanzen aus gegebenen synthetischen Ölen der DDR untersucht. Es wurde vorerst untersucht, wie kältebeständige Fette für das Flugwesen und für die Tiefkühlindustrie hergestellt werden können. In diesen Vorversuchen wurden noch die Fragen der Toxizität und der, für die Lebensmittelindustrie wichtige Frage der karzinogenen Eigenschaften nicht berücksichtigt. Dies wurde erst später in unseren selbständigen Versuchen für die Lebensmittelindustrie untersucht.

Experimenteller Teil

Tabelle 4. zeigt die Eigenschaften der aus der DDR bezogenen synthetischen Öle, die in den Versuchen eingesetzt wurden. Es wurden aus diesen Ölen mit präformierten Seifen und Gelbildnern Schmierfette im offenen Kessel, im Laboratorium hergestellt. Die Fette wurden am Labor-Walzstuhl und fallweise auch in der Walkapparatur durch 2000 Doppelhübe homogenisiert. (Im Versuchsbetrieb wurden diese später mit kontinuierlichen Homogenisierungseinrichtungen ersetzt).

Es wurden die folgenden Gelbildner erprobt:

- Präformiertes Li-12-hydroxistearat (Labor-Produkt)
- Organophilisiertes Bentonit (ungarische Herstellung)
- Al-Distearat (niederländisches Produkt)
- Mg-Stearat (ungarisches Industrieprodukt)
- Zn-Stearat (ungarisches Industrieprodukt)

Tabelle 5. zeigt die wichtigsten Angaben der, mit Polyglykolen, Polyphenylätherölen und aliphatischen Esterölen hergestellten Fette. Es geht aus diesen hervor, daß durch die angewendeten Methoden und mit den eingesetzten Gelbildnern walkfeste Fette mit praktisch richtiger Konsistenz hergestellt werden konnten. Die Tropfpunkte entsprechen den an wärmebeständige Fette gestellten Anforderungen. Eine Ausnahme bildet ein Polyphenyläther-Öl, welches nicht walkfest ist.

Da in Ungarn seinerzeit unter den in die Versuche einbezogenen Ölen nur das Di-äthyl-hexyl-phthalat zur Verfügung stand, wurden mit diesem Grundöl mehrere Fette hergestellt. Tabelle 6. zeigt die Eigenschaften 9 solcher

Tabelle 4
Synthetische Öle aus der DDR

	Di-2-Äthyl- Hexyl- Phthalat	Adipin- säure di-Äthyl Hexylester	Sebacin- säure di-Äthyl Hexylester	Poly- propylen- Glykol	Poly- phenyl- Äther
Dichte d_4^{20}	0,984	0,926	0,914	1,008	1,198
Viskosität $V/20^\circ\text{C}$	79,05	14,37	22,86	410,5	4235
Viskosität $V/50^\circ\text{C}$	17,50	5,80	8,71	86,8	123
Viskosität $V/70^\circ\text{C}$	8,76	3,73	5,43	40,5	40,5
Richtungstangente, m	4,20	3,80	3,46	3,0	—
V. I.	0,0	—	+ 1,38	+ 125	—
Säurezahl mg KOH/g	0,01	0,3	0,15	0,05	0,01
Stockpunkt, $^\circ\text{C}$	- 44	- 75	- 71	- 29	+ 14
Flammpunkt, Marc $^\circ\text{C}$	221	215	237	233	275
Molmasse	391,5	370,5	426,7	1600	446

Tabelle 5
Eigenschaften einiger selbsthergestellter synthetischer Schmierfette

Ölkomponente	Gelbildner (Conc.)	Penetration				Tropfunkt °C	
		Ungewalkt	60 W.H.*	10 ⁴ W.H.*	10 ⁵ W.H.*	Ungewalkt	Nach 10 ⁵ W.H.*
Polypropylen glykol	Li-12-OH-Ste (15%)	294	295	305	309	195	198
	Bentonit (20%)	285	291	330	360	> 200	> 200
	Bentonit (25%)	260	260	280	324	> 200	> 200
Adipinsäure-2-Äthyl-Hexylester	Li-12-OH-Ste (15%)	290	295	flüssig	flüssig	180	—
Sebacinsäure-2-Äthyl-Hexylester	Li-12-OH-Ste (15%)	268	280	330	410	175	—
Polyphenyläther	Li-12-OH-Ste (15%)	255	—	—	—	nicht	messbar

* W.H. = Walkhübe

Tabelle 6

Eigenschaften der selbsthergestellten Di-Äthyl-Hexyl-Phthalat Fette.

Gelbilder	%	Penetration			Tropfpunkt		
		Unge-walkt	60 W.H.*	10 ⁴ W.H.*	10 ⁵ W.H.*	Unge-walkt	10 ⁵ W.H.*
Li-12-OH-Ste	12	216	218	224	316	149	—
	15	258	260	270	280	185	191
Li-Distearat	20	298	300	335	354	104	110
	15	320	325	337	395	105	107
Mg-Stearat	15	283	290	315	405	106	105
	20	324	328	330	333	108	—
Zn-Stearat	15	flüssig			flüssig		
	20	flüssig			flüssig		
Bentonit	25	231	240	265	285	> 200	> 200

Die Werte schwanken je nach Herkunft des Grundöles.

* W.H. = Walkhübe

Produkte. Es ist ersichtlich, daß in Hinsicht der Kältebeständigkeit die Fette mit Li-12-Hydroxistearat, Al- und Mg-Stearat und Bentonit im Prinzip gleichfalls einsatzfähig sein können.

Hochtemperaturbeständig sind aber nur die Li-12-Hydroxistearat und die Bentonitfette. Es kann gesehen werden, daß zur Erreichung einer normgerechten Konsistenz im Falle der Di-äthyl-hexyl-phthalatfette ein höherer Seifengehalt nötig ist als bei Kohlenwasserstoff-Ölen.

Die Fette, welche laut Tabelle 5. und 6. prinzipiell als geeignet angesehen werden können, wurden zusätzlich Oxidationsproben und Verschleißproben unterworfen und im Vierkugelttest untersucht. [11]. Tabelle 7. zeigt die Ergebnisse. Es wurde ein ausländisches, kommerzielles synthetisches Schmierfett, welches zur Zeit in der Lebensmittelindustrie bei uns eingesetzt wird als Referenzsubstanz angewendet. Es geht aus Tabelle 7. hervor, daß alle von uns hergestellten Fette die Freblast-Werte des Referenzmusters erreichten oder sogar übertrafen. In Hinsicht der Oxidationsstabilität konnten aber die Werte der Referenzsubstanz nur mit dem, aus Di-äthyl-hexyl-phthalat mit Li-12-Oxistearat hergestellten Muster angenähert werden. Versuche mit ungarischem Dioctylphthalat lieferten ähnliche Ergebnisse. Die Additivempfindlichkeit der Phthalat-Bentonitfette ist gut, dies geht aus Tabelle 8. hervor. Da aber in der Lebensmittelindustrie, neben der Kältebeständigkeit vor allem die karzinogenen Eigenschaften von Wichtigkeit sind, und das untersuchte Dioktylphthalat aus dieser Sicht ungünstig ist, wurden Versuche mit importiertem Polypropylynglykol als Grundöl durchgeführt. Zur Gelbildung wurde

Tabelle 7

Norma—Hoffmann—Ergebnisse, 4-Kugel Test und Almen-Wieland Test

	4-Kugel-Test, Schweisslast (Kp)	Oxidationsstabilität, NH-Test		Almen-Wieland Test Grenzlast, Kp
		Zeit, Std. zur Erreichung eines Druckabfalles von 0,14 Kg/cm ²	Zeit, Std. zur Erreichung eines Druckabfalles von 0,28 Kg/cm ²	
Dioktylphthalat + 20% Al-Ste	160/180	35,30	58,0	1090
Dioktylphthalat + 20% Mg-Ste	150/170	33,45	49,0	815
Dioktylphthalat + 15% Li-12-OH-Ste	100/110	83,00	> 95	—
Polypropylenglykol + 15% Li-12-OH-Ste	110/120	2,25	3,05	—
Referenzfett (Shell TCA)	120/130	> 90	> 90	—

Tabelle 8

Wirkung von Additives auf ein Dioktylphthalat-Bentonitfett

	Oxidationsstabilität DIN-51780		4-Kugel Test, Schweisslast, (Kp)	Almen-Wieland Grenzlast, (Kp)
	Zeit zur Erreichung des Druck- gefälles (Minuten)			
	bei 0,14 Kp/cm ²	bei 0,24 Kp/cm ²		
Dioktylphthalat + 25% Bentonit	300	450	160/170	1555/1530
Dioktylphthalat + 25% Bentonit + + 1% Handelsinhibitor	900	1620	170/180	1555/1530
Dioktylphthalat + 25% Bentonit + + 1% 2-Phenyl-naphthylamin	870	1695	160/170	1550/1575

Al-Distearat zugezogen. Die Eigenschaften der so hergestellten Produkte gehen aus Tabelle 9. hervor und es kann gezeigt werden, daß kältebeständige, nicht karzinogene Fette auf diesem Weg hergestellt werden können. Zur Legierung mußten Oxidationshibitoren der Nahrungsfettindustrie untersucht werden, da die üblichen Oxidationsinhibitoren (Amine, Phenole usw.) den Toxizitätsvorschriften nicht entsprachen.

Tabelle 9

Eigenschaften des Fettes für die Lebensmittelindustrie

Tropfpunkt °C. Ubb	110
Penetration nach 60 W.H. mm/10	230
Freies Alkali, %	nicht messbar
Oxidationsstabilität bei 100 °C. nach 100 Std., Druckgefälle, bar	0.01
4-Kugel Test, Schweisslast, N	1800
Korrosion auf Stahl und Kupfer, 100 °C, 3 Std.	negativ
Aromatengehalt, U.V., % Schwermetalle, ppm	0.00 < 0.1
Karzinogene Eigenschaften*	negativ
Kältebeständigkeit, Ung. Norm.	bis -40 °C

* Laut Befund der Ärztlichen Universität, Budapest

Zusammenfassung

Es wurden synthetische Öle u. a. aus der DDR auf ihre Einsatzfähigkeit für synthetische Schmierfette, mit verschiedenartigen Gelbildnern geprüft. Die leichte Zugänglichkeit der Rohstoffe war bei ihrer Auswahl ausschlaggebend. Es konnte festgestellt werden daß das aus Di-äthyl-hexyl-phthalat mit Li-12-Hydroxistearat hergestellte kältebeständige Produkt die Qualität der Referenzsubstanz erreicht. Andere Versuchs-Produkte erreichen diese Qualität, falls spezielle Oxidationsinhibitoren zugemischt werden, da die üblichen Additive diesen Bedingungen nicht entsprechen. Diese Produkte konnten im Versuchsbetrieb kontinuierlich hergestellt werden.

Es wurde ferner festgestellt, daß der Seifenbedarf der untersuchten Öle zur Fettherstellung höher ist als der der analogen Kohlenwasserstofföle.

Schließlich konnte es festgestellt werden, daß kältebeständige und gleichzeitig nicht-karzinogene Fette für die Lebensmittelindustrie aus Polypropylen-glykol-öl, mit Al-Distearat und speziellen Additiven hergestellt werden können.

Literatur

1. GUNDERSON, R. C.—HART, A. W.: Synthetic Lubricants, Reinhold Publ. Corp., New York 1962
2. Polyphenyläther als Pumpflüssigkeiten für sehr hohes Vakuum. Z. angew. Chem 72, 17 (1960) (Redaktionsmitteilung).
3. Prospekt: Ucon Flüssigkeiten und Schmiermittel. Union Carbide Europa Sa., 1963
4. Montecatini Edison Spa: Fomblin fluorinated fluids Milano 1969
5. Th. Goldschmidt AG.: Silikone, Silikonfette 1967

6. Montecatini Edison S. p. A.: Polialkylene Glycols, Milano 1973
7. DDR-Industrienorm, TGL-14637: Synthetisches Kältemaschinenöl, 1965
8. RUMPF, K. K.: Teilsynthetische Hochleistungsöle, Mineralöltechnik 1—26 (1971).
9. VÁMOS, E.: Szintetikus kenőolajok (Synthetische Schmieröle) BME Továbbképző Int., Budapest 4987, 1975
10. VÁMOS, E.: Theoretische Schmiertechnik Bd. I—II. (Elméleti Kenéstechnika.) BME TKI Ve. 146, 1969
11. VÁMOS, E. (red.): Tribológiai Kézikönyv, (Handbuch der Tribologie) Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1983
12. KLAMANN, D.: Schmierstoffe und verwandte Produkte 44—70. Verlag Chemie, Weinheim 1982

Dr. Ernő NEUMANN H-1521 Budapest

Dr. Endre VÁMOS Magyar Szénhidrogénipari Kutató Fejlesztő Intézet
H-2443 Százhalombatta