الباب السابع
التشحيم ومواد التشحيم

البـــاب الســـابع

التشحيـــم ومـــواد التشحيـــم

تشمل عملية التشحيم إضافة بعض المواد للتقليل من حدة الاحتكـــاك بين أجزاء الماكنة المتحركة . تعتمد جودة التشحيم بصورة رئيـــسية علـــى مواصفات المواد الزيتية الكيميائية والموضحة في المعلومات المدرجـــة فـــي الجدول التالي .

الاحتكاك ومقدار المواد الملتقطة للنحاس فوق النحاس (2 كجم وزن)

الحالة	معامل الاحتكاك	المواد الملتقطة لكل سم	معدل الكتلة للمواد الملتقطة
		مايكروجرام	
غير مزينة	1.2	20.0	0.1
مع السليكون	1.2-1.0	10.0	0.1
دهن البرافين	0.3-0.2	0.5	1×10^{-3}
شمع البرافين	0.3-0.1	0.1	5×10^{-4}
الكحول الصلب	0.65	0.05	3×10^{-4}
أحماض دهنية	0.01		
صابون النحاس	0.05	0.001	1×10^{-4}

حيث تحدد هذه المواصفات الكيميائية قابلية الزيت على الانتشار على سطح الارتكاز (**Bearing**) ، مقاومته للجريان مـــن جـــراء الحـــرارة أو الضغط ، مدى تأكسده أو تكسره ، لزوجته وخواص مهمة أخرى .

ولقد أسفرت نتائج البحوث الكيميائية الحديثة على التحسين من نوعيات زيوت التشحيم ، وإضافة إلى ذلك فقد أثبتت البحوث من أن الخواص الكيميائية والفيزيائية لسطوح الارتكاز (**Bearing Surfaces**) ذات تأثير مباشر على عملية التزييت .

الاحتكـــاك : (Friction) :

يؤدي الاحتكاك إلى خسارة كبيرة في الطاقة تعادل **20%** في السيارات الحديثة ، ويعتبر العامل الرئيسي للبلي **Wear** في الماكنة . إن السبب الرئيسي للاحتكاك هو الترابط الكيميائي **chemical bonding** أو تجاذب فان درفالز **Van der Weals attraction** بين الذرات أو الجدران التي تكون على اتصال مع بعضها البعض .

ونجد إن هذا الاتصال قد يؤدي إلى إخراج بعض الجسيمات أو الدقائق الغروانية **Colloidal particles** من أحد السطحين بواسطة السطح الآخر .

كذلك قد يؤدي إلى اندماج بعض القمم الصغيرة **Fusion of tiny peak** إلا أن استعمال مواد التشحيم يؤدي إلى تقليل مقدار المواد المتنقلة بين السطحين كما موضح بالجدول السابق .

ويشير الجدول السابق إلى أن مواد التشحيم الجيدة تقلل من مقدار المواد الملتقطة **Pickup** ولا تمنعها كلياً . كما أن استعمال مادتين مزيتتين ذات معامل احتكاك متساوي قد يؤدي إلى اختلاف كبير في مقدار التآكل .

ومن الطبيعي أن مقدار المواد الملتقطة تعتمد على نوعية السطوح المتلامسة فالسطوح المعدنية النظيفة تكون عادة ذات احتكاك عال وتسفر عن

انتقال كميات كبيرة من المواد الملتقطة مقارنة بالسطوح المغطاة بطبقات من الأوكسيد .

وفي التطبيقات الهندسية ، تكون عادة السطوح المعدنية مغطاة بطبقة جزيئية من الأكاسيد **Molecular Layer of Oxides** ذات معامل احتكاك أقل منها للسطوح المعدنية الناصعة .

وتوجد العديد من المواد التي تعمل على تقليل الاحتكاك بين السطوح المتحركة وهذه تكون بالحالة الغازية والسائلة ، أو الصلبة . ويعتبر الدهن من أكثر هذه المواد شيوعاً لأغراض التشحيم .

كما إن دهونات التشحيم المستعملة في الوقت الحاضر عبارة عن خليط من المركبات الهيدروكاربونية المستخلصة من البترول الخام . وقبل ظهور صناعة تصفية البترول كانت زيوت التشحيم تتكون بصورة رئيسية من الزيوت الدهنية مثل زيت الزيتون وزيت دهن الخنزير .

إلا أن هذه الأنواع من الزيوت تكون سريعة التأكسد ولها القابلية على توليد الترسبات والمستحلبات بينما تكون الزيوت البرافينية بصورة عامة أقل استعداداً للتأكسد أو تكوين المستحلبات ، إضافة إلى كونها أكثر اقتصادية .

وفي بداية الأمر لقد لاقى استعمال الزيوت المشتقة من البترول الخام بدلاً من الزيوت الشحمية مثل زيت الزيتون **Olive Oil** احتجاجاً كبيراً حاداً وقد أدى إلى إضراب مهندسو القطارات في شركة القطارات الفرنسية .

معامل الاحتكاك CF = السحب / الوزن أو ظل زاوية السحب

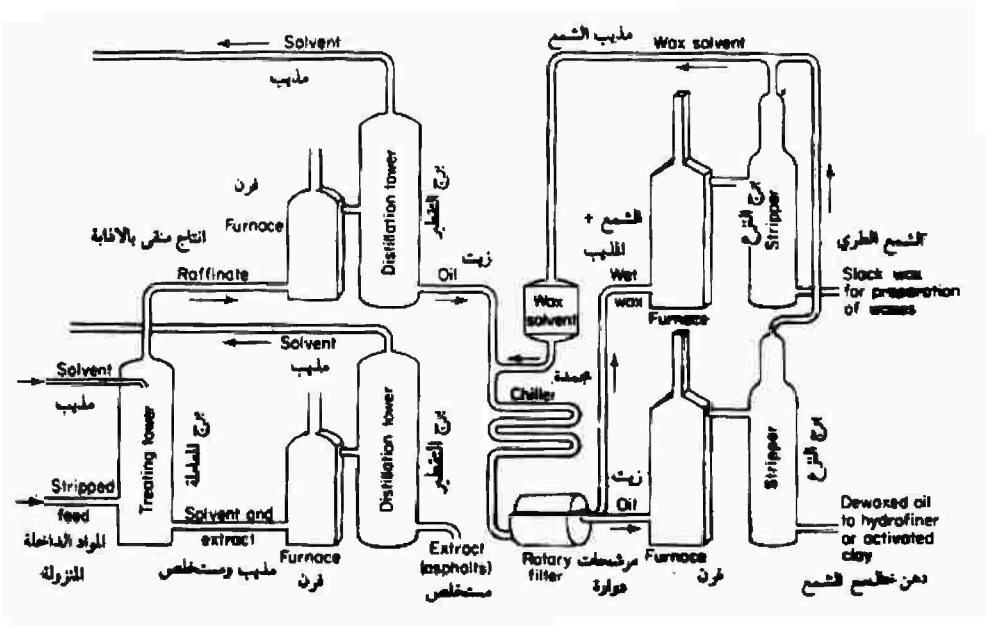
إنتاج زيوت التشحيم : The manufacfure of Lubricating :

يتم الحصول على زيوت التشحيم من المشتقات البترولية المدعاة بالبترول المختزل . تكون نقطة الغليان للمركبات الموجودة في البترول المختزل عالية جداً (315.5 م) ويتعذر تقطيرها تحت ظروف الضغط الجوي الاعتيادي ، ولذلك تفصل هذه المركبات باستعمال ضغط منخفض .

فمثلاً المركب الهيدروكاربوني $C_{20}H_{42}$ يغلي عند درجة حرارة 325 م في الظروف الجوية الاعتيادية ، بينما تنخفض درجة غليانه إلى 170 م عند انخفاض الضغط المسلط عليه إلى 38 كيلو نيوتن / م^2 . يتم تقطيرات زيوت التشحيم تحت ضغوط مقاربة إلى 5 كيلو نيوتن / م^2 .

إن التقطير الفراغي للبترول المختزل يؤدي إلى إنتاج ثلاثة أنواع رئيسية من الزيوت – زيوت التشحيم الخفيفة والمتوسطة والعالية الكثافة . يعامل كل من هذه المشتقات الثلاث بطرق مختلفة تعتمد على المواصفات المرغوب فيها ونوعية البترول الخام .

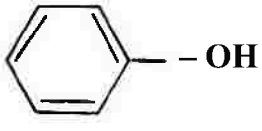
إن طرق التصفية المتبعة تتمثل عادة باستخلاص السوائل وإزالة الشمع والمعاملة بغاز الهيدروجين – كما موضح بالشكل التالي :



معمل إنتاج دهون التشحيم

إن عملية الاستخلاص بالمذيبات **Solvent Extraction** تحسن من درجة التشحيم ومن خواص الدهن الانسيابية ، واستقرارية **Stability** الزيت بإزالة المركبات الأسفلتية **Asphaltic Compounds** التي غالباً ما تؤدي إلى تكون الترسبات الحامضية وتقلل من مقدار دليل اللزوجة **(Viscosity Index)** . من بين المذيبات التي تستعمل لهذا الغرض هي :

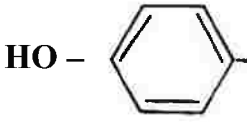
الفينول وله نقطة انصهار تساوي 59° م



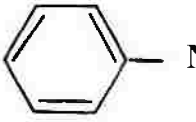
ومشتقات الفينول المثيلية **Methyl derivatives of phenol** والتي تسمى حامض الكرسليك **Creslic acid**

مثلاً :

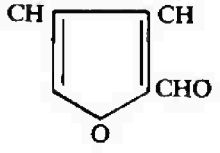
باراكريسول ، **p-cresol** ,



نايتروبنزين ، **Nitrobenzene** , NO_2



فورفرال ، **furfural**



والبروبان السائل ، **Liquid propane** ، ثاني أوكسيد الكبريت والبنزين **Benzene** والمذيبات المعالجة بالكلور **Chlorinated Solvents** مثل دايكلور اثيل أيثر **$(CH_3CHCl)_2$ O Sym-dichlorethyl ether** .

وفي هذه الوحدة تتم أولاً معاملة الدهن مع الفينول المنصهر داخل برج الاستخلاص **Extraction Tower** . حيث ينزل الفينول المنصهر بواسطة تأثير الجاذبية الأرضية خلال عمود الدهن الصاعد ، مذيباً المركبات الأسفلتية والأولفينات ومستخلصاً المركبات الكبريتية .

وتحتوي الدهونات المنقاة بالإذابة والتي تخرج من أعلى البرج على كميات من الفينول والتي تفصل عادة بتسخين الخليط إلى 250 – 260 م وإمرار الأبخرة إلى برج التعرية **Stripping Tower** .

ومن ثم يقطر الفينول الذي يغلي بدرجة حرارة 182 م ويتم تجميعه وضخه ثانية إلى برج الاستخلاص . ويضخ كذلك الدهن النقي من الفينول إلى أجزاء أخرى من المعمل لإجراء التعاملات الكيميائية الأخرى .

وتحتوي المواد التي تخرج من أسفل برج الاستخلاص على ما يقارب 85% فينول وبنفس الطريقة التي تم ذكرها أعلاه يستعاد مذيب الفينول من هذا الخليط ويمزج مع الفينول المستخرج من أعلى البرج لغرض استعماله مرة ثانية في برج الاستخلاص .

إن الفرفرال عبارة عن منتوج عرضي يستخرج من غلاف بذرة الشوفان **Oat hulls** ، عرنوس الذرة **Corn Cobs** ، أو مصادر أخرى . وهو سائل أصفر اللون ذو درجة غليان مقاربة إلى درجة غليان الفينول (161.5 م) ويفضل على الفينول في عملية الاستخلاص للأسباب التالية :

(1) إمكانية استعادته كلياً **Complete recovery** من الدهونات المنقاة والمستخرجة **Raffinate and Extract** من برج الاستخلاص .

(2) إمكانية فصله بسهولة عن الدهن بواسطة استعمال بخار الماء .

(3) يكون مقدار التآكل أقل من ذلك الناتج عن استعمال مذيب الفينول .

ومن بين المذيبات المستعملة الأخرى هو سائل البروبان ، إذ أن المركبات الأسفلتية لا تذوب في سائل البروبان وتختلف عن البرافينات والمركبات النفثينية **Naphthenes** القابلة للذوبان والاستخلاص بالسائل أعلاه .

ونجد في وحدة استخلاص الأسفلت في معمل الدهون يعامل المتبقي الثقيل الخارج من أسفل برج التقطير الفراغي مع سائل البروبان . وفي هذه الوحدة تتم عملية فصل المركبات البرافينية داخل برج الاستخلاص وتحت ظروف عالية من الضغط .

حيث تنزل معظم المركبات الأسفلتية الثقيلة إلى أسفل البرج بينما يندفع إلى الأعلى بتأثير فرق الكثافة سائل البروبان حاملاً معه المركبات البرافينية . وبعد ذلك تذهب كل من المواد الخارجة من أعلى وأسفل برج الاستخلاص إلى وحدتين متشابهتين بغية استعادة البروبان .

يتم استعادة البروبان بواسطة تقليل الضغط في أعمدة الفصل **Separating columns** وإزالة بقايا البروبان من الدهن في أبراج التعرية بواسطة استعمال بخار الماء ، ومن ثم يجمع البروبان المستعاد إلى خزان البروبان الرئيسي بغية استعماله مرة ثانية في عملية الاستخلاص .

إزالة الشمع : Dewaxing :

إن عملية إزالة الشمع ضرورية وبصورة خاصة للدهونات المستخرجة من البترول الخام غير الأسفلتي بغية تقليل لزوجة الدهن في درجات الحرارة المنخفضة ، وتكون عادة الشموع الموجودة في الدهن ذات نقاط انصهار مختلفة .

فنقطة انصهار الشمع البرافيني **Paraffinic Wax** تتراوح من 32 إلى 71° م ، ونقطة انصهار الشمع الدقيق التبلور **micro crystalline Wax** تبلغ 95° م ، لذلك يتصلب الشمع في الدهن مكوناً خليطاً غروانياً **Gel mixture** في درجات الحرارة المنخفضة . وتدعى درجة الحرارة هذه والتي عندها لا يسكب الدهن بنقطة الانسكاب **pour point** .

لذلك تعتبر عملية إزالة الشمع من الدهن من العمليات المهمة والأساسية والتي تتم عادة بواسطة الاستخلاص بالمذيبات . فبعد تنقية الدهن من المركبات العطرية في وحدة الفرفرال يضخ إلى

وحدة إزالة الشمع حيث يخلط هي هذه الوحدة حجم واحد من الدهن مع حجمين من مذيب الشمع .

ويوجد العديد من مذيبات الشمع مثل مثيل اثيل كيتون **Methyl ethyl Ketone** ، خليط من بروبل وبيوتل كيتون **Propyl and butylketones** ، نترايكلوروايثيلين **trichlore thyelene** ، بنزين **Benzene** واليوريا أو مزيج من هذه المذيبات .

ويعتبر كذلك سائل البروبان المستعمل في وحدة إزالة الأسفلت من المذيبات الجيدة للشمع . إذ يمزج الدهن مع البروبان بنسبة معينة ومن ثم يبرد تدريجياً بواسطة تبخر البروبان تاركاً الشمع على شكل بلورات داخل المزيج ومن ثم تفصل بلورات الشمع هذه من خليط الدهن وسائل البروبان بواسطة الترشيح الدواري .

حيث يتجمع الشمع على شكل طبقة ثخينة فوق قماش الترشيح ويتم جمعه مباشرة بواسطة سكينة كاشطة . يفصل بعدها البروبان المصاحب لكل من الشمع المنتج والدهن المنقي بواسطة تقليل الضغط واستعمال بخار الماء في أبراج التعرية ويعاد بعد ذلك البروبان إلى الخزان الرئيسي بغية استعماله مرة ثانية .

العمليات النهائية : Finishing :

ينقى الدهن الخالي من الشمع بترشيحه خلال طبقة من الطين الفعال **Activated cloy** أو (**Bauxite**) . وفي هذه العملية تتم إزالة الأجسام الملونة والمركبات الأخرى بالامتزاز **Adsorption** ، إضافة إلى إزالة بعض البلورات الشمعية **Microory stalline wax** .

وفي الوقت الحاضر في معظم معامل الدهون الحديثة تستخدم طريقة معاملة الدهن بالهيدروجين **Hydrofinishing** بدلاً من الامتزاز بواسطة الطين . حيث تتم في هذه الوحدة معاملة الدهن بالهيدروجين وتحت ضغط عال ودرجات حرارة مرتفعة وبوجود العامل المساعد .

وفي داخل المفاعلات تتحول مركبات الثاني كبريتيد **Disulfides** والمركبات التي تحتوي على الكبريت إلى غاز كبريتيد الهيدروجين **Hydrogen sulfide gas** الممكن إزالته بسهولة .

وإضافة إلى ذلك تتفاعل المركبات غير المشبعة والتي غالباً ما تولد الأصماغ **Gum forming compounds** مع الهيدروجين مكونة البرافينات والنافثينات وتطرأ كذلك بعض التحسنات على خواص الدهن الانسيابية .

إختبارات دهن التشحيم Testing Lubricating oils

دليل اللزوجة :

تجرى العديد من الفحوصات على دهن التشحيم لغرض السيطرة على النوعية . ومن بين هذه الفحوصات المهمة والتي نادراً ما تفهم بسهولة هو دليل اللزوجة .

إذ يمثل دليل اللزوجة قابلية الدهن على الحفاظ على سيولته **Fluidity** أو لزوجته **Viscosity** فوق مجال من درجات الحرارة **Over a range of temperatures** .

قياسات اللزوجة :

من الممكن قياس اللزوجة بطرق عديدة فتقاس اللزوجة المطلقة **Absolute Viscosity** في كافة المختبرات العلمية والتي تستعمل

نظام سم ، جرام ، ثانية **c. g. s** بوحدات البويز **Poise** ، واللزوجة المطلقة للماء في درجة حرارة الغرفة (22 م) تبلغ 1 سنتيبويز .

ومن الأنظمة الشائعة الأخرى هو اللزوجة الكينماتيكية **Kinematic Viscosity** والتي تستعمل وحدات سنتيستوك **Centistoke** . ترتبط وحدة السنتيستوك إلى وحدة سنتيبويز بالمعادلة التالية :

$$\text{Centistoke} = \frac{\text{Centipoise}}{\text{density}}$$

ولقد استخدم المهندسون العديد من الطرق العلمية والتجريبية **Empirical** لمقارنة لزوجة الدهونات المختلفة . وإحدى الطرق الشائعة تحدد الوقت اللازم بالثواني لتفريغ حجم قياس من الدهن خلال ثقب قياسي في أسفل القدح القياسي .

وفي أحد أو بعض درجات الحرارة المختارة ، 37.7 م ، 54.4 م أو 98.8 م° وتسمى وحدة القياس هذه بـ **SUS (Saybolt Universal Seconds)** أو سيبولت عالمي ثانية .

ومن الصعب تبرير استعمال الكلمة عالمي ، حيث يستعمل المهندسون في أوروبا جهاز انكلر **Engler Viscometer** وفي انكلترا وبعض الدول الأخرى يفضل جهاز ريد وود **Redwood Viscometer** .

إن لزوجة الدهن المرقم 10 **SAE (Society of Automative Engineer)** تنحصر بين 90 إلى **SUS 120** بدرجة حرارة 54.4 م في أمريكا الشمالية ، ولزوجة الدهن المرقم **SAE 20** تتراوح من 120 إلى **SUS 185** في نفس درجة الحرارة . وتزيد لزوجة الدهن رقم 40 على **SUS 255** بدرجة حرارة 54.4 م وتقل عن **SUS 75** بدرجة حرارة 98.8 م .

إن ارتفاع درجة الحرارة بصورة عامة يكون مصحوباً بانخفاض في درجة اللزوجة كما قد تتساوى اللزوجة لدهنين مختلفين بدرجة حرارة 37.7 م وتختلفان بدرجة حرارة 10 م ويزيد مقدار الاختلاف بدرجة حرارة 17.8 م .

إن الدهن المثالي هو الدهن الذي تكون لزوجته بدرجة حرارة – 40 م مساوية إلى لزوجته في درجات الحرارة المرتفعة في فصل الصيف ولم تنخفض بارتفاع درجة الحرارة .

إضافة لما تم ذكره من قبل ، إن دليل اللزوجة يشير إلى مقدار التغيير في اللزوجة مع التغيير في درجات الحرارة . وعندما يكون دليل اللزوجة مرتفعاً يكون منحنى (اللزوجة – حرارة) أكثر استواء من منحنى الدهن ذي دليل اللزوجة المنخفضة .

وبغية تحديد دليل اللزوجة لدهن معين ، تقارن لزوجة هذا الدهن مع لزوجة دهنين مختلفين من الناحية الكيميائية وذات لزوجة متساوية بدرجة الحرارة القياسية **Standard temperature** . أحد هذه الدهونات هو البنسلفانيان أو الدهن البرافيني ، والدهن الآخر هو دهن الخليج أو النافثينيك **Naphthenic Oil** .

وعندما اقترح استعمال دليل اللزوجة لقد تم إعطاء دهن التشحيم البنسلفاني والذي يتمتع بسيولة ثابتة **Constant fluidity** دليلاً للزوجة مساوياً إلى 100 ، بينما أعطي دهن التشحيم الخليجي والذي يتمتع بميوعة **Fluidity** متغيرة دليلاً للزوجة مساوياً إلى صفر . وبالإمكان احتساب مقدار دليل اللزوجة من المعادلة التالية :

يوضح علاقة اللزوجة مع الحرارة لبعض دهونات التشحيم الكثيرة الاستعمال . وكما هو الحال بالنسبة إلى العدد الأوكتاني ، أصبح دليل اللزوجة المساوي 100 شائعاً في الوقت الحاضر . ويتم الحصول على هذا النوع من الدهونات باستعمال المضيفات الكيميائية **(Chemical additives)** .

ومن بين الفحوصات الأخرى التي يجب إجراؤها على دهونات التشحيم هو نقطة الوميض ، مقاومة التأكسد **Oxidation Resistance** بقايا الكاربون **Carbon Residue** ، فحص الترسيب **Precipatation test** ، رقم التعادل **Neutralization number** ، الكثافة النوعية واللون .

تشير نقطة الوميض إلى مدى تبخر الدهن وقابلية الدهن على الاحتراق في الماكنة . وتتناسب مقاومة التأكسد مع إمكانية تكون الترسبات تحت ظروف التشغيل الاعتيادية .

وتفحص المادة بتسخين عينة من الدهن وإمرار فقاعات من الأوكسجين خلال العينة . تولد هذه العينة المشبعة بالأوكسجين الترسبات التي هي عبارة عن مستحلب ثخين من الدهن والماء الناتج عن احتراق الهيدروجين في الدهن .

وعندما تتجمع الترسبات في ماكنة السيارة تعيق من دورة دهن التشحيم وتزيد من معامل الاحتكاك بين جدران الماكنة المتحركة والذي بدوره

يؤدي إلى زيادة مقدار البري **Wear** . إن مقارنة الزمن اللازم قبل بداية تكون الترسبات للدهونات المختلفة يشير إلى مدى مقاومة الدهونات للتأكسد .

إن فحص بقايا الكاربون **Carbon Residue test** يشير إلى قابلية الدهن على تكون الترسبات الكاربونية . ويتضمن فحص بقايا الكاربون تسخين حجم قياسي من الدهن في قدح معدني ومن ثم قياس الترسبات الكاربونية .

ويرتبط مقدار بقايا الكاربون مع نقطة الادخان للدهن كما سبق شرحه سابقاً في وقود الديزل . ومن الممكن إجراء مقارنة فحصي مقاومة الدهونات المختلفة للتأكسد مع قابليتها على تكون بقايا الكاربون في داخل الماكنة القياسية .

ويوضح فحص الترسيب مقدار المواد الصلبة والمعلقة في الدهن مثل حبيبات العامل المساعد ، الطين ، والمركبات الناجمة عن التآكل . وفي هذا الفحص يخفف الدهن مع النفثا ويوضع داخل ماكنة الطرد المركزي **Centrifugal machine** وبعد الانتهاء من عملية الطرد المركزي تتجمع المواد الصلبة في أسفل أنبوب الفحص .

وتقاس الكثافة النوعية للدهن بواسطة مقياس الهيدرومتر **Hydrometer** والوحدات الشائعة لقياس الكثافة النوعية هو (**API**) والتي تمثل معهد البترول الأمريكي **American Petroleum Institute** .

ويقاس لون المشتقات البترولية عادة بجهاز الوفيبوند **Lovibond apparatus** حيث تتم مقارنته مع الألوان القياسية ويتم تحديد لون الدهن المنتج ويجب أن يقع ضمن المواصفات العالمية حيث

أن عدم المطابقة تشير إلى اختلاف في مكونات الدهن وخواصه الكيميائية والفيزيائية .

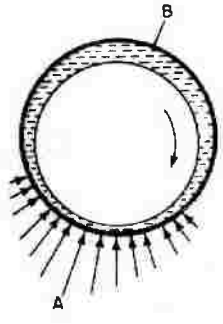
بعض النقاط النظرية والعملية لعملية التشحيم :

عندما يفصل عمود الإدارة **Shaft** من المسند بواسطة طبقة دهنية فإن مقاومة الدوران تأتي بصورة رئيسية من لزوجة دهن التشحيم . وفي الحالات المثلى يساوي ، العزم المقاوم للدوران من المعادلة التالية :

$$F = \frac{2\Pi r^2 A}{601} N \eta$$

وتنطبق هذه المعادلة النظرية على أعمدة الدوران الشاقولية أو على الأوزان الخفيفة ، ويمثل الرمز **r** نصف قطر عمود الدوران ، **A** مساحة عمود الدوران المغمورة في الدهن ، **I** ثخن طبقة دهن التشحيم ، **N** عدد الدورات بالدقيقة ، والرمز **η** اللزوجة بوحدات السنتيبويز **Centipoise** .

ولا يكون سمك طبقة التشحيم متجانساً في معظم الحالات ، وخصوصاً عند ابتداء حركة عمود الدوران ، وهذا يؤدي إلى عدم توزيع الضغط بصورة متساوية على دهن التشحيم وكما هو مبين في الشكل التالي :



التزييت المائعي . أعلى ضغط في النقطة أ ، أقل ضغط في النقطة ب . عمود الدوران يضغط الدهن . أصغر سمك لطبقة التشحيم ومقدار الاحتكاك يعتمد على لزوجة الدهن ، سرعة دوران المحور ، وعكسياً مع الضغط

وعندما يكون الضغط في النقطة (أ) عالي إلى درجة بحيث يصبح سمك طبقة التزييت في تلك النقطة لا يتجاوز طول جزئيتين أو ثلاث جزيئات ، يحل التزييت الرقيق **Boundary Lubrication** محل التزييت المائعي **Lubrication Fluid** .

كما أن طول بعض النتوءات في السطح قد يزيد على سمك طبقة التزييت الرقيق الفاصلة بين الطبقات المتحركة مما يؤدي إلى زيادة الاحتكاك وكثرة البري **Wear or erosion** . وفي حالة الضغط العالي جداً أو درجة اللزوجة المنخفضة ينخفض سمك طبقة التزييت الرقيق إلى درجة تؤدي إلى التصاق السطوح مع بعضها البعض .

ولا تنحصر الاستفادة من دهن التزييت في الماكنة لأغراض التزييت الرقيق أو المائعي وإنما يعمل (1) كحشية مائعية **Fluid gasket** بين جدران الأسطوانة وحلقات المكبس **Piston rings** . كذلك يعمل (2) كعامل للتنظيف و (3) ناقل للمواد الصلبة الناتجة من عملية الاحتراق والبري **Wear** .

هناك استعمال آخر للدهن في الطائرات إذ إنه يستعمل كمائع هيدرولي **Hydraulic fluid** لتغيير درجة المحركات أو تشغيل الأجزاء الميكانيكية الأخرى وفي هذه الحالة يكون دليل لزوجة الدهن من العوامل المهمة جداً .

التزييت الرقيق Boundary lubrication :

إن الفائدة المتوخاة من التزييت الرقيق تعتمد بصورة كبيرة على تركيب ومواصفات الدهن الكيميائية . إذ أن دهن التزييت المستعمل في المسننات العالية السرعة **High speed gears** يتعرض إلى درجة عالية من الضغط تبلغ 930306.1 كيلو نيوتن / م^2 .

ويجب أن يتحمل غشاء الدهن الجزيئي الرقيق الإزاحة الناتجة عن هذا الضغط العالي . لذلك في التزييت الرقيق يجب أن :

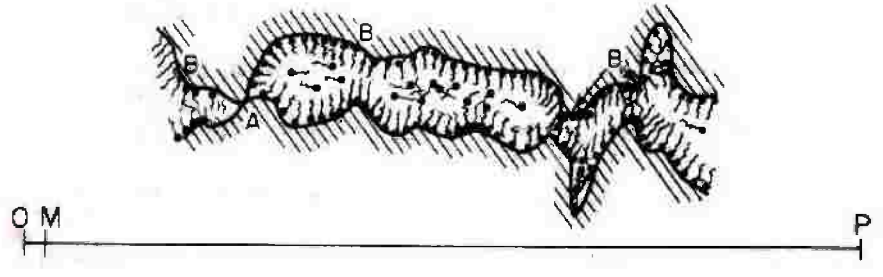
(1) تكون الجزيئات ذات سلسلة طويلة من الهيدروكاربونات .

(2) يكون هناك تجاذب جانبي **Lateral attraction** بين هذه السلاسل .

(3) توجد مجاميع مستقطبة **Polar group** كي تساعد على تبليل وتوزيع وتنظيم الجزيئات فوق السطح ، وفي الضغط العالي جداً .

(4) توجد ذرات أو مجاميع نشطة **Active group or atoms** كي تولد روابط كيميائية **Chemical bond** مع سطح المعدن .

والشكل التالي يوضح تزييت سطحين معدنيين . حيث يحدث في النقطة (ب) تزييت رقيق حقيقي ويحدث احتكاك وتآكل في النقطة المؤشرة (أ) .



تزييت سطح معدني مصقول . النتوءات والأخاديد في السطح المصقول تبلغ 0.1 مايكرون (10^{-4} ملم) في الارتفاع والعمق . يبلغ طول جزيئية الحامض الدهني مثل حامض الستريك 2.6×10^{-6} ملم أ، A°26 أو ما يقارب 1/40 من ارتفاع النتوءات ، كنسبة أطوال الخطوط op, om أعلاه . تزييت رقيق حقيقي يحدث في النقاط المؤشرة (ب) بري واحتكاك يحدث في النقطة (أ) .

محسنات الدهن Oil additives or Improvers :

من الواضح أن الدهن البرافيني الاعتيادي أو الهيدروكاربونات الأخرى لا تمتلك كل مواصفات التزييت المرغوب فيها ولكن بالتصفية الدقيقة بالإمكان إنتاج . دهونات ذات نوعية مرضية لمعظم الأغراض .

يوجد كذلك العديد من المركبات الكيميائية والتي بإضافتها تتحسن بعض خواص الدهن المرغوب فيها ، ندرج أدناه بعض هذه المحسنات .

1- محسنات دليل اللزوجة :

تمنع هذه المحسنات الدهن من أن يصبح خفيفاً في درجات الحرارة العالية وثخينا في درجات الحرارة المنخفضة . وتكون هذه المحسنات عادة من الراتنجات الهيدروكاربونية مثل

$$\left(-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}}- \right)_n$$

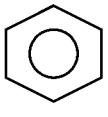
أو Rohm and Haas Acryloid AG المصنع بصورة خاصة لدهن الطائرات كما قد أوضحت الفحوصات المختبرية والفحوصات الميدانية التي قامت بها شركة Standard Oil Company .

إن الدهونات التي تحتوي على محسنات دليل اللزوجة أسفرت عن احتكاك قليل في داخل الماكنة وزيادة في عدد الكيلومترات المقطوعة بالليتر الواحد . وإن كل من الدهونات رقم SAE 30 ورقم SAE 40 مثال على الدهونات المستعملة شتاء وصيفاً والتي تحتوي على محسنات دليل اللزوجة .

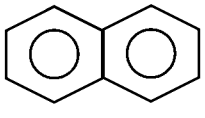
2- مخفضات نقطة الانسكاب : Pour Point depressants :

هذا النوع من المحسنات يساعد الدهن على البقاء في حالة السيولة بدرجات الحرارة المنخفضة . إذ تعمل المحسنات على توليد غطاء غروي يحيط بنويات بلورات الشمع عند تكونها ويمنع اتحادها مع بعضها البعض لتكوين بلورات كبيرة أو تركيب غرواني هلامي القوام **Gel Like structure** يعيق حركة باقي الدهن .

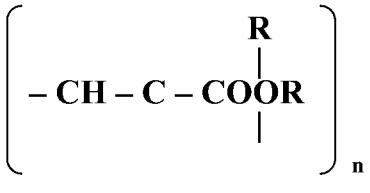
وهذا بدوره يساعد مضخة الدهن على العمل بصورة طبيعية وضخ مزيج الدهن والبلورات الشمعية العالقة . والشكل التالي يبين صورة مكبرة للدهن قبل وبعد إضافة المحسنات إليه . ويوجد العديد من المحسنات المختلفة مثل رسلون والبارفلو **Rislon and paraflow** أو على شكل راتنجات مثل :



أو على شكل جزيئة كبيرة مثل :



أو البولي أستر **Polyesters** مثل :



حيث يبلغ طول الجذر الجانبي **Alkyl side chain R** على الأقل اثنتي عشرة ذرة كاربون .

3- المنظفـــات : Detergents :

تزداد متطلبات الماكنة إلى وقود ذي عدد أوكتاني عال كلما تـزداد حدة الترسبات داخل الماكنة . وإن إضافة المنظفات إلى دهن التزييت تـشبه في فحواها استعمال المنظفات الاعتيادية في الغسيل المنزلي .

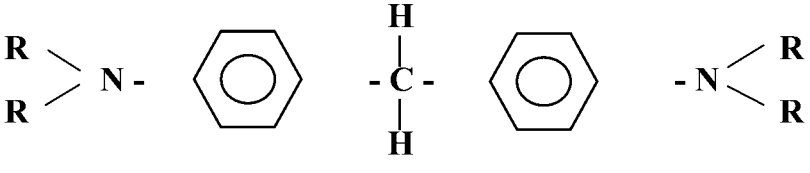
فالمنظف الجيد يبلل وينتشر فوق سطح الماكنـة الـداخلي ويزيـل ويعلق الترسبات الناتجة مـن عمليـات الاحتـراق والتآكـل . وإن قابليـة التبلل والانتشار فوق السطح لمركب ما تعتمد على مدى استقطاب جزيئـات المركب وعلـى الـشد الـسطحي **Surface tension** والـشد الـسطحي البيني للسائل **Interfacial surface tension** .

ومن بين المركبات الجيدة لأغراض التنظيـف هـي الـسالفونات ، والسلفات العضوية الطويلة . تكون المنظفات التي تذوب في الماء عبارة عن أملاح الصوديوم للمركبات أعلاه والمنظفات التي تذوب في الدهن عبارة عن أملاح لمعادن ثقيلة . الصيغ الكيميائية لبعض المنظفات هي :

$$(R\text{-}SO_3\text{-})_2\ M,\ (R\text{-}SO_4)_2\ M \text{ or } (\ \text{ }\ )_2\ M$$

4- المواد المضادة للتأكسد : Antioxidants :

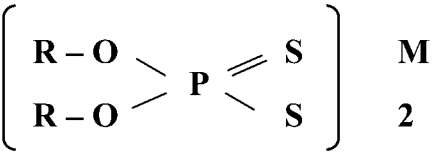
تساعد المواد المضادة للتأكسد مـن مقاومـة الـدهونات لتـأثيرات الأوكسجين وغالباً ما تكون هذه المركبات من نوع الأمين المعوض بجـذور أخرى ، مثال ذلك :



وتستعمل كذلك المركبات العضوية الفسفورية . إن بعض الترسبات الموجودة على سطح الماكنة الداخلي ناتج عن تأكسد دهن التزييت لذلك فإن إضافة المواد المضادة للتأكسد يقلل من حجم هذه الترسبات ومتطلبات الماكنة إلى وقود ذي عدد أوكتاني عالٍ .

5- موانع التآكل : Corrosion inhibitors :

تضاف موانع التآكل إلى الدهن بغية تقليل أو منع حدوث التآكل . ومن بين المركبات المستعملة لهذا الغرض الأملاح المعدنية للأحماض العضوية الثايوفسفورية .



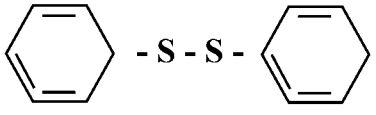
6- محسنات التزييت الرقيق :

إن مقدار التزييت يرتبط ارتباطاً مباشراً بقابلية الدهن على الانتشار على السطح المعدني . فالأحماض الدهنية أو أملاحها المعدنية والتي تحتوي على ما لا يقل عن خمس عشرة ذرة من الكاربون تعتبر أكثر ملائمة للتزييت من مركباتها العضوية .

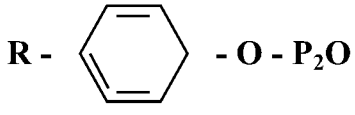
ومن أولى المحسنات التي أضيفت إلى دهونات التزييت وبكميات قليلة هو دهن الخروع **Castor Oil** كما أن سرعة التصاق الأسترات الدهنية **Fatty Esters** وتفاعل الأحماض الدهنية مع الجدران المعدنية تولد الصابون الذي يعطي بدره غشاء تزييت رقيق ذي مقاومة كبيرة للبري .

7- المحسنات للضغط العالي : Additives for high pressure :

نجد في الحالات التي يكون عندها الضغط عالياً جداً يضاف إلى الدهن المستعمل عادة مركبات تحتوي على مجاميع قابلة للاتحاد مع السطح المعدني مكونة روابط كيميائية ومن بين المركبات المستعملة لهذا الغرض داي فينيل داي سلفايد .



أو مشتقات الفسفور .



ومركبات كيميائية أخرى . تضاف كذلك مادة ترايكرسيل فوسفات إلى الجازولين بدلاً من إضافتها إلى الدهن بغية تحسين اشتعال شمعة الإشعال بالشرر **Spark plug** ، وقد لوحظ بعد إضافة هذه المادة انخفاض مقدار التآكل داخل الماكنة نتيجة تكون طبقة شبيهة بالمرآة من جراء التفاعل الكيميائي مع نتوءات السطح الداخلي .

كذلك قد تم استعمال بعض الجزيئات الحاوية على الكلور كمواد مزينة في حالات الضغط العالي حيث تتم عملية التشحيم بواسطة توليد طبقة محكمة نتيجة تفاعل الكلور مع سطح المعدن .

8- المضيفات التي تغير من طبيعة السطح :

إن طبيعة السطح ذات أهمية كبيرة في عملية التزييت الرقيق **Lubrication boundary** . فرغم سهولة تزييت سطح فولاذي فوق سطح فولاذي آخر إلا إنه يتعذر تزييت السطح الفولاذي غير القابل للصدأ

Stainless steel فوق سطح فولاذي مشابه بدون حدوث التصاق وخدوش **Scoring** .

لذلك فإن تغيير السطح بواسطة التفاعل الكيميائي ، إلى الأكاسيد **Oxide** والكبريتيد **Sulfide** ، والفوسفات **Phosphate** يقلل من معامل الاحتكاك بين السطوح ويحسن من كفاءة الدهن في التزييت الرقيق .

مستحلب دهن التزييت Lubricating Oil Emulsion :

إن مستحلب قطرات الدهن في الماء غالباً ما يستعمل تحت اسم دهن القطع **Cutting Oil** . يخدم هذا النوع من الدهن عدة أغراض حيث يقوم أولاً بتبريد آلة القطع إذ يمتص الحرارة الناتجة من التغيير الطارئ على القطعة ومن احتكاك حافات القطع .

ويؤدي كذلك إلى تزييت حلقة آلة القطع وسطح العينة المعرض للضغط العالي . ويقوم المستحلب أيضاً بتنظيف العينة بإزالة الحبيبات الدقيقة الناتجة من عملية القطع .

إن حرارة الدهن النوعية رديئة ولكنه يعتبر من المواد الجيدة للتزييت ، بينما يعتبر الماء غير صالح للتزييت ولكن حرارته النوعية عالية وملائمة ، ولذلك فخليط الماء والدهن بمقدار 5 إلى 45% من الدهن يحتوي على المواصفات الجيدة لكل من السائلين .

إن دهن القطع الجيد ذو فوائد عديدة فإنه يزيد من دقة وانتظام القطع ويساعد على تقليل الكلفة باستعمال السرعة العالية أثناء القطع والحفاظ على جودة الآلة القاطعة وتقليل استهلاك الطاقة الكهربائية وعدد البضاعة المرفوضة **Rejects** .

إن نوعية ومواصفات المواد المضافة إلى الدهونات المستعملة في الأماكن التي تتعرض إلى ضغط عال تشير إلى إضافة مركبات الكبريتيد أو مركبات السلفونات **Sulfonated or sulfide additive** إلى مستحلب القطرات الدهنية في دهن القطع الجيد .

وبالإمكان استعمال الدهن المضاف إليه مركبات الكلور في حالات القطع البسيط والذي لا يتطلب سرعة عالية . فعند خراطة النحاس الأصفر **Brass** يستعمل الدهن البرافيني المضاف إليه زيتات النحاس **Copper oleate** أو حامض دهني **Free fatty acid** .

كما يجب عدم استعمال الدهن المحسن المضيفات الكبريتية في هذه الحالة إذا إنه يغير من لون النحاس الأصفر . ويحضر عادة دهن القطع أو مستحلب القطع **Cutting Emulsion** بتخفيف ما يسمى بالدهن الذائب **Soluble Oil** إلى الحد المطلوب بإضافة الماء .

إن الدهن الذائب لا يذوب حقيقة في الماء ولكنه يكون على شكل قطرات صغيرة عالقة في الماء ومكونة مستحلب ثابت . ويحضر الدهن الذائب عادة بإذابة 8 جرام من حامض الأوليك **Oleic acid** في 88 جراماً من الدهن المختار .

ومن ثم إضافة 4 جرامات من تراي اثينول أمين ومزيج الخليط جيداً. يضاف حامض الأوليك إلى الدهن قطرة بعد قطرة حتى يصبح السائل صافياً وقطرتين أخيرتين عند الانتهاء من إضافة كل الحامض .

تستعمل مستحلبات الدهن بنسبة 50% دهناً والباقي ماء في تزييت جدران المكائن البخارية ويصاحب استعمال هذه المستحلبات تبريد جدران

الماكنة وخسارة قليلة في الدهن . وقد أثبتت هذه المستحلبات نجاحها مقارنة بالدهونات الأخرى في تزييت كابسات وقود الغاز .

إن لزوجة المستحلبات المركزة تكون أكبر من لزوجة كل من الماء والدهن وخواص هذه المستحلبات المركزة تشابه خواص المواد الشبه صلبة بسبب وجود الطاقة السطحية الكبيرة والمتمركزة بين سطحي الماء والدهن والثابتة نتيجة إضافة عامل الاستحلاب **Emulsifying agent** .

الشحم والجل : (Greases and Gels) :

الشحوم هي عبارة عن دهونات صلبة تستعمل لأغراض التزييت في الأماكن التي يصعب عندها استعمال دهونات التزييت الاعتيادية ذات الميوعة العالية ، كما إنها تحافظ على عدم تلوث السطح المعدني بالأوساخ أو الماء . إن هيكل ومواصفات الشحوم يشير إلى إنها من النوع الغروي المسمي جل **Gel** .

والجل عبارة عن مادة شبه صلبة ناتجة عن تخثر **Coagulation** محاليل غروانية **Colloid of solutions** وأحد علامات تكون الجل هو عدم حركة جزء أو كل السائل الأساسي وظاهرة اختفاء السائل واضحة في تخثر الجلاتين **Setting Jell** فالمحلول المتكون من 2% بالوزن من الجلاتين و 98% بالوزن من الماء يكون مادة صلبة رخوة **Soft solid** .

ومثال آخر على هذه الظاهرة هو الوقود الصلب المسمى بالحرارة المعلبة **Canned heat** وهذا الوقود الجلاتيني الصلب يحضر بمزج 95 من الأثينول مع 5 مل من محلول خلات الكالسيوم المشبعة بالماء .

وفي هذا المحلول تكون نسبة المواد الصلبة قليلة جداً كما هي الحال في **Jelly fish**– الجلاتين الحي ، والذي يحتوي على 98% من الماء .

ويتألف الجل من مجموعة كبيرة من الألياف المتشبعة ، والمترابطة وتكون فروعها من الألياف الغروانية **Colloidal heat** . تتكون هذه الألياف خلال عملية التخثر بواسطة البلمرة **Polymerization** أو تجمع الحبيبات الغروية .

وينحصر السائل في الفراغات الشعرية كما هي الحال في الأسفنج ، وقسم من السائل يكون على شكل طبقات مبتزة **Adsorbed layer** حول الشعيرات الدقيقة **Fibril** .

وعند تعرض بعض المواد التي تكون على شكل جل لقوى خارجية نتيجة عملية الامتزاج مثلاً ، تتحول هذه المواد من الحالة الشبه صلبة إلى الحالة السائلة ولكنها ترجع إلى حالتها السابقة الشبه صلبة حال توقف عملية الامتزاج .

إن هذا النوع من الموائع يدعى ثكسوتروبك **Thixotropic** وغالباً ما يستفاد من هذه الخاصية في الشحوم والأصباغ . إن الاستمرار في تخثر الجل يؤدي في بعض الأحيان إلى تقلص حجم الألياف المتشبعة والذي يؤدي بدوره إلى طرد قسم من السائل خارج تركيب الجل .

وتسمى هذه الظاهرة بالسينيرسس **Synersis** ومثال على ذلك تعرق الشحوم خلال عملية الخزن . إن الشحوم بصورة عامة عبارة عن جل ثكسوتروبك **Thixotropric** ذات ألياف شعرية أو خيوط مكونة من الصابون المعدني وتحصر هذه الألياف بين بعضها البعض دهن التزييت .

إن قص الشحم نتيجة تحرك أجزاء الماكنة يؤدي إلى زيادة ميوعة الشحم حتى تصبح درجة لزوجة الشحم تكثر بقليل من لزوجة الدهن

المستعمل . وفي نهاية عمود الدوران حيث لا يتعرض الشحم إلى قوى القص يبقى الشحم محافظاً على حالته الشبه صلبة .

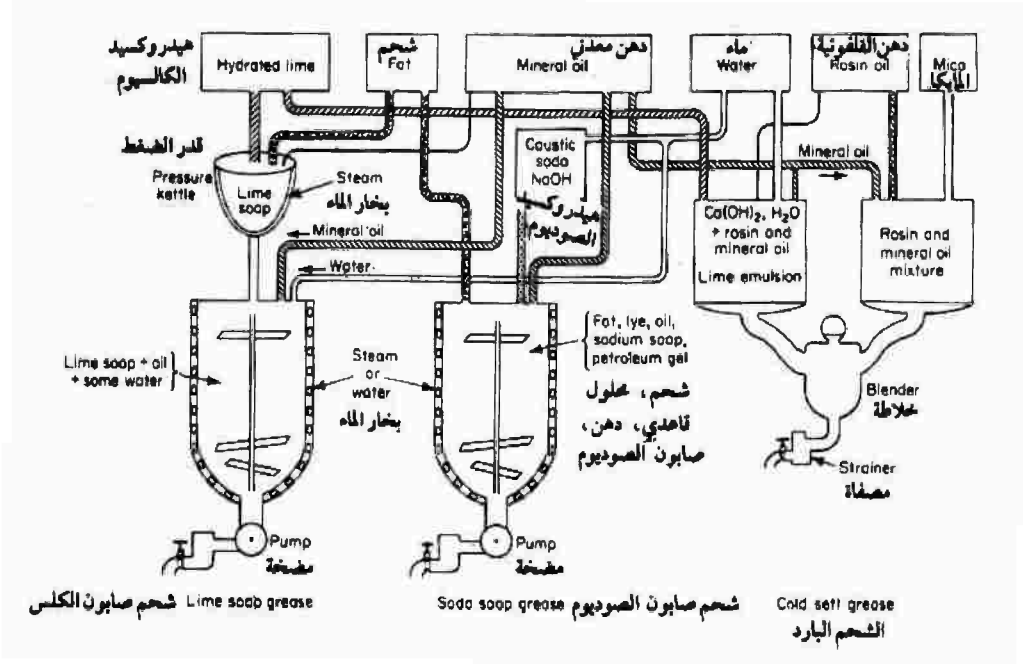
وهذا بدوره يساعد على حفاظ الدهن المائع بين الأجزاء المتحركة كما يمنع تسرب الأوساخ أو الماء إلى الداخل . ومن أنواع الصابون المستعمل لتكوين ألياف الشحوم المتشابكة هي الكالسيوم ، الصوديوم ، الليثيوم ، الألمنيوم ، وأملاح الباريوم .

ومن الأحماض الشحمية المشبعة وغير المشبعة والتي تحتوي من 16 إلى 18 ذرة كاربون في السلسلة بالنسبة إلى شحوم الألمنيوم والليثيوم تستعمل عادة الأحماض الشحمية المشبعة . ويستعمل كذلك كل من صابون الرصاص والزنك إضافة إلى أنواع أخرى من الصابون .

إن مواصفات التزييت تعتمد على أساس المعدن والمكونات الكيميائية للشحم أو الأحماض الشحمية التي يتحد معها المعدن . ومن المعروف أن صابون الأحماض الشحمية غير المشبعة يقل متانة عن نظيره من الأحماض الشحمية المشبعة .

إذ أن الزيادة من تشبيع الشحم غير المشبع يؤدي إلى ثبات شحم التزييت عند تعرضه للحرارة العالية ويزيد من نقطة السقوط والتي تشبه نقطة الانصهار للمواد الصلبة النقية . وفيما يلي مخطط لتحضير الشحوم الشائعة الاستعمال :

وبصورة عامة ، يستعمل خليط من الأحماض الدهنية أو جلسيريد ذات أوزان جزيئية أو ذات سلاسل مختلفة الأطوال لتكوين شحوم التزييت المختلفة وتزيد الألياف الشعرية المختلفة الأطوال الناتجة من هذه الأحماض الدهنية من ثباتية **Stability** دهن التزييت .



ويدخل الماء في تركيب قسم من شحوم التزييت ، ففي حالة شحم صابون الكلس بشكل الماء حوالي 10 بالمائة ، ورغم وجود قسم من الماء على شكل مستحلب داخل الدهن ، لقد أثبتت الصور الفوتوغرافية المكبرة من تكسر ألياف الصابون في حالة عدم توافر الماء وتؤدي بالتالي إلى فصل الدهن عن الصابون .

ويشار إلى الماء المستخدم في صناعة شحوم أساس الكالسيوم بالماء الرابط ويملك قابلية التبلل . فستيرات الكالسيوم **Calcium stearate** مثلاً لا تتبلل بالماء وتتبلل قليلاً بالدهن . ولكن عند انسكاب الماء فوق سطح ستيرات الكالسيوم ومن ثم التخلص منه ، ينتشر الدهن بسهولة فوق سطح ستيرات الكالسيوم .

إذ قد أدى وجود الماء في هذه الحالة إلى تغيير طبيعة ذلك السطح ، حيث أن الماء يكون على شكل طبقات جزيئية تفصل بين الطبقات المتنافرة من رؤوس جزيئيات الصابون المستقطبة .

كما أن طبقات الماء الجزيئية هذه تساعد على التماسك الجانبي **Lateral adherence** لنهايات الأيونات الغروية مكونة الألياف الطويلة والتي بدورها تعطي الخليط الحالة الشبه صلبة .

وإن وجود الماء في شحم التزييت قد يؤدي إلى أضرار كبيرة ففي شحم صابون الألمنيوم مثلاً ، يقلل الماء من قوة تركيب الجل وفي بعض الحالات يؤدي إلى تدميره كلياً .

إن التقليل من قوة تركيب الجل يرجع بلا شك إلى تحلل الصابون نتيجة وجود الماء . فالأحماض الدهنية المتكونة من تحلل الصابون لا تتحد مرة ثانية مع الألمنيوم ولكنها تمتز على سطح بلورات الصابون وتعيق نمو الراتنجات .

وهناك نظرية أخرى تشير إلى أن مجموعة الهيدروكسيل **OH** من الماء تتحد مع ذرات الألمنيوم بقوة كبيرة كافية لفصل سلاسل الراتنجات . على أية حال ، يوجد الماء بنسبة قليلة في شحوم التزييت لأساس الألمنيوم بحدود 0.1 بالمائة ومن المحسنات الأخرى التي تضاف للشحوم هي الكحول ، الفينول ، الأمين ، الأستر ، وأحماض دهنية أخرى .

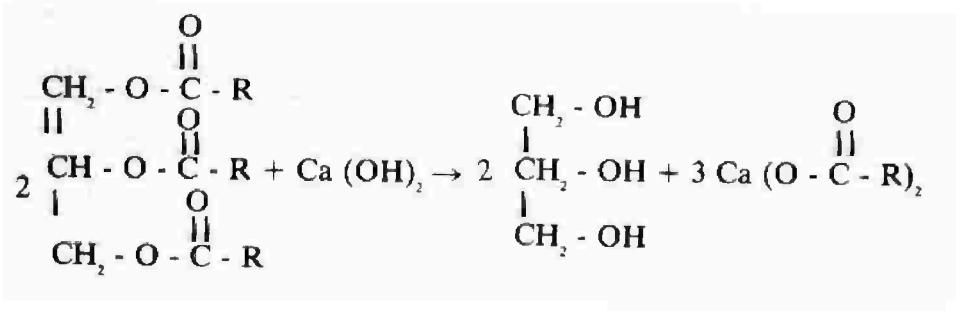
شحم صابون الكلس : (Lime soap Grease)

إن شحوم صابون الكلس أو صابون الكالسيوم من أكثر أنواع الشحومات استعمالاً نظراً لقلة كلفة إنتاجها ولعدم إزاحتها بسهولة عند

تعرضها للماء ، لذا فإنها ملائمة لتزييت المضخات المائية ، التراكتـــورات ، الدواسات المزنجرة **Caterpiliar treads** .

وتنتج هذه الشحوم بأنواع عديدة تتراوح من المعجون المائع أو الشبه الصلب إلى الصلب الناعم أو الخشن وحسب كمية صابون الكلس التي تتراوح من 10 إلى 30 بالمائة . إن ارتفاع درجة الحرارة فوق 65 م° يؤدي إلـــى تفكك وتحلل شحم صابون الكلس نظراً لفقدان الماء المتحد ، ومن الأجـــزاء المقومة لصناعة شحم صابون الكلس هـــي الجيـــر المطفـــأ **Slaked lime** الشحوم ، ودهن التزييت .

ويتم تصنيع شحم صابون الكلس ابتداء بتحضير صـــابون الكلـــس ، حيث يمزج الشحم المنصهر **Melted fat** وقسم من الدهن مع الجير المطفـــأ في داخل قدر الضغط **Pressure kettle** المغلوق ويتم تفاعـــل الجليـــسريد **Glyceride** مع الجير القلوي بدرجة حرارة تقارب 150 م° .



صابون الكلس جليسرول جير مطفأ شحم

كما أن مكونات الصابون المضبوطة تعتمد على طبيعة **R** (أي إنها تعتمد على نوعية الشحم المستعمل) . وبعد أن تكتمل عملية الصوبنة ، يدفع المنتوج بواسطة ضغط بخار الماء إلى قدر المزج . وفي هذه المرحلة يضاف دهن التزييت بالنسب المرغوب فيها .

وبعد أن تنخفض درجة حرارة القدر إلى ما يقارب 105 م° ، يضاف الماء اللازم لتثبيت الشحم ويمزج مزجاً جيداً لإعطاء منتوج متجانس . ومن ثم يضخ الشحم بحالته السائلة هذه خلال مصفاة **Strainer** إلى أوعية أو براميل التعبئة .

شحوم صابون الصوديوم :

يفضل استعمال شحوم صابون الصوديوم على شحوم صابون الكالسيوم في درجات الحرارة العالية نظراً لارتفاع درجة انصهار هذا النوع من الشحوم بسبب تركيبه الليفي . ونظراً لذوبان شحوم الصوديوم في الماء ، لا يصلح استعمال هذا النوع من الشحوم في الأماكن المتعرضة للماء .

كما إن شحوم أساس الصوديوم تحتوي على ما يقارب 10 إلى 20 بالمائة صابون وإن ماء التميع **Water of hydration** يوجد بكميات قليلة في شحوم الصوديوم رغم عدم إضافة الماء في إنتاج هذا النوع من الشحوم وكما هي الحال في صناعة شحوم أساس الكالسيوم .

إن صناعة شحم صابون الصوديوم أبسط بكثير من صناعة شحم صابون الكالسيوم حيث تكتمل عملية الصوبنة في قدر الشحم بعد إضافة هيدروكسيد الصوديوم إلى الشحم ومزج الخليط بصورة جيدة بدرجة حرارة 140 م حتى يصل التفاعل إلى درجة الكمال .

ومن ثم يضاف دهن التزييت إلى الصابون الحار ويمزج بصورة جيدة ويعبأ المنتوج النهائي بشكله الشبه صلب في أوعية خاصة لأغراض التسويق .

شحوم أساس الألمنيوم :

إن شحوم أساس الألمنيوم تشبه إلى حد كبير شحوم أساس الكالسيوم والصوديوم إلا إنها أكثر وضوحاً ومظهرها أكثر جاذبية ويزيد سعرها عادة عن سعر كل من شحوم أساس الكالسيوم أو الصوديوم .

تحتوي هذه الشحوم على 5 بالمائة من الدهن أكثر من معظم شحوم أساس الكالسيوم المماثلة بالمواصفات وذلك نظراً لقلة نسبة الصابون فيها .

وتعتبر هذه الشحوم صامدة للماء **Water proof** نسبياً وذات نقطة تسييل **Dropping point** تزيد قليلاً على شحوم الكالسيوم . تحضر هذه الشحوم باستعمال استيرات الألمنيوم **Aluminium stearate** أو خليط الصابون الناتج من تفاعل سلفات الألمنيوم مع صابون الصوديوم .

وفي حالة استعمال صابون الألمنيوم ، تكون البلورات صغيرة جداً ويصعب تحليلها بواسطة الميكروسكوب . كذلك تشير الدراسات إلى أن شحم ستيارات الألمنيوم عبارة عن جلاتين شبه ثابت بدرجات الحرارة الاعتيادية ويتحول تدريجياً إلى معجون بمرور الوقت .

كما أن معدل تغيير تركيب الشحم يتزايد بمقدار قوة الفصل المسلطة على الشحم **Shear force** . وإن شحم أساس الألمنيوم الناعم والمشابه للزبد في خواصه الفيزيائية يتحول إلى منتوج يشبه المطاط بدرجات الحرارة البالغة 93.3 م° .

وعند تبريد تلك الحرارة وبمعدل عال إلى درجة حرارة الغرفة يصبح خشناً ، صلباً وغير صالح للتزييت ولهذا السبب يحدد استعمال هذا النوع من الشحوم لدرجات الحرارة المنخفضة .

صابون الليثيوم (Lithium- soap Gels)

إن تفتت صابون الليثيوم في الدهن ذو فائدة كبيرة نظراً لثباتية هذا النوع من الشحوم في درجات الحرارة العالية ورغم وجود الماء . وبسبب انخفاض درجة حرارة الطائرات إلى ما يقرب -55 م° في الارتفاعات الشاهقة .

فمن الضروري استعمال الشحوم الملائمة لاشتغال أجهزة السيطرة في مثل هذه الظروف . إن شحوم أساس الليثيوم المصنعة بصورة جيدة لا تصلح لمثل هذا الاستعمال فقط وإنما تكون ذات درجة انصهار تزيد على 148.8 م° ، إضافة إلى كونها صامدة للماء **Water Proof** .

ويكون هذا النوع من الشحوم ذا ثباتية ميكانيكية عالية **High mechanical stability** ، ولا يتأكسد بسرعة ويحافظ على خواصه عند الخزن لفترة طويلة لذا يعتبر شحم أساس الليثيوم من الشحوم الصالحة للأغراض كافة . ونظراً للكلفة العالية ، يحدد استعمال هذا النوع من الشحم في الضرورة القاسية فقط .

وتحضر شحوم الليثيوم عادة من نوعية جيدة من ستياريت الليثيوم وبعد تسخين الخليط العالق البارد إلى درجة حرارة تزيد على درجة حرارة الذوبان الكاملة والبالغة حوالي 200 م° تكون بلورات الصابون الناتجة أثناء التبريد اصغر بكثير من بلورات ستياريت الصوديوم **Sodium stearate** .

وإن خواص هذا النوع من الشحوم الربولوجية **Rheological prop** تشبه إلى حد كبير خواص شحوم الكالسيوم والصوديوم .

شحوم أساس الباريوم : (Barium base Lubricating greases)

تتمثل شحوم أساس الباريوم بمقاومتها العالية للإزاحة من نقاط الارتكاز **Bearing** بواسطة الماء ، درجة الانصهار العالية ، قوة الالتصاق والاتحاد الجيد ، ومقاومة التغيير في الخواص الفيزياوية نتيجة تعرض الشحم لقوى القطع أثناء الاستعمال .

إن خواص شحم أساس الباريوم الجيدة والمتعددة أدت إلى استعماله كشحم متعدد الأغراض **Multipurpose grease** في السيارات والمعدات الحلقية وعدة تطبيقات صناعية أخرى .

شحم صابون القلفونية : Rosin soap Grease

يستخدم في هذا النوع من الشحم دهن القلفونية ، والذي يحتوي على عدة أحماض قابلة للصوبنة ، مثل حامض الابياتيك **Abietic acid** بدل الأحماض الشحمية أو الشحم .

يذاب دهن القلفونية في دهن التزييت ويتفاعل بدرجات حرارة منخفضة مقاربة إلى 58 م° مع محلول عالق **Slurry** من الجير المطفأ ومستحلب الدهن والماء .

إن منتوج الشحم والمسمى عادة بالشحم البارد يستعمل بصورة رئيسية كشحم المحور **Axle grease** في العربات الحلقية والمكائن ذات السرعة البطيئة . ويعتبر هذا الشحم من أرخص أنواع الشحوم .

من الممكن تحسين خواص الشحوم الموضحة أعلاه بإضافة بعض المحسنات . وقد تشمل هذه المحسنات بعض أنواع الصابون كي

تعطي أساس خليط الصابون ، بعض الأحماض الدهنية الخاصة ، أملاح محسنة للتركيب ، عوامل مثبتة ، مكثفات غير عضوية ، ومواد تزييت صلبة .

تزيد هذه المضيفات من مدى الاستفادة من المنتوج . فمثلاً مضيف بثالات النحاس **Copper phthalate** يقلل من استجابة الشحوم للتأكسد . وشحم من هذا النوع يحافظ على تماسكه **Consistency** إلى درجة حرارة 150 م . وعند زيادة درجة الحرارة فوق هذه النقطة إلى 225 م يتولد تماسكاً أكثر .

ومن بين المكثفات المتداولة السيليكا وأسود الاستيلين والطين المحسن . وفي حالة استعمال مكثفات الطين ، يستفاد من التبادل الأيوني حيث يحل محل كاتيون الصوديوم **Sodium Cation** الأمين الثلاثي أو كاتيون ثلاثي .

لذلك تغطى جزيئات الطين الغروانية بطبقة من الجذور الهيدروكاربونية والتي تساعد على تماسك مكونات الشحم الدهنية .

مواد التشحيم المستحضرة : Synthetic Lubricant

تصنع مواد التشحيم عادة للأغراض الخاصة . ويوجد ما يقارب 50 مائعاً تجارياً في الأسواق وتشمل من أوكسيد بولي ايسوبروبلين داي أستر **Polyisopropylene oxide diesters** والمشتقات الدهنية المعرضة للكلور وبعض سوائل السليكون **Silicone Liquids** .

كما أن الدهن العالمي الجيد والمستحضر لملائمة فصل الشتاء والذي تمت تجربته في ألاسكا يستعمل بولي بروبلين جلايكول . يمتاز هذا الدهن

بدرجة تفحم مساوية للصفر ، ورماد قليل ، درجة حرارة تشغيل أولى منخفضة **Lower starting temperature** .

وكذلك زيادة في معدل الكليومترات المقطوعة للتر الواحد من 60 إلى 35 بالمائة . يذوب بولي الكيلينا جليكول في الدهن أو في الماء ويكون على شكل سائل أو صلب . وتستعمل كذلك محاليل الدهن المائية للأغراض الهيدروليكية .

إن الداي أستر **Diester** المتكون من تفاعل إثيل هيكسل الكحول **2- Ethyl hexyl alcohol** مع حامض الأيسوسيباسيك **Isosebacic** يعطي مردوداً جيداً لتزييت الطائرات النفاثة بدرجات الحرارة من –53.9 إلى 232.2 م° .

إن حامض الأيسوسيباسيك عبارة عن خليط من الأيسو **Isomers** المكونة من 72 إلى 80 بالمائة من 2- إثيل حامض السوبيريك **(HOOC(CH$_2$)$_5$CH(C$_2$H$_5$)COOH,2-ethyl suberic**, 2 إلى 18 بالمائة من داي إثيل حامض الأديبيك **HOOC-CH(C$_2$H$_5$)-CH$_2$-CH$_2$-CH(C$_2$H$_5$)COOH** و 6 إلى 10 بالمائة من حامض السيباسيك ، **HOO C(CH$_2$)$_8$COOH** .

<u>الدهن المعامل بالفلورين : Fluolubes :</u>

تمتاز هذه المركبات بثباتية كيميائية وحرارية عالية وقابلية قليلة للتأكسد وانكسار مقارنة بالمواد الأخرى . إن بخار الداي أستر الذي يحتوي على ما لا يقل عن 55 بالمائة فلور بالوزن لا ينفجر عند مزجه مع الأوكسجين النقي بدرجة حرارة 93.3 م° .

والعديد من هذه المواد المعاملة بالفلور تكون ذات درجة اشتعال ذاتي مقاربة إلى 537.7 م . إن المشتقات المعاملة بغاز الكلور تقل ثباتية عن مركبات فلوب ولكنها قد تحتوي على مواصفات تزييت جيدة .

إن أحد الاستعمالات المفضلة لهذا النوع من الدهن يكون في الغواصات حيث أن هذه الدهونات المعاملة بالفلور تكون ذات كثافة عالية وتغطس في الماء وعليه يتعذر تحديد موقع الغواصات المعطوية بوجود طبقة دهنية فوق سطح الماء .

دهونات التزييت السلكونية :

يوجد العديد من دهون التشحيم السلكونية لأغراض التزييت بدرجات الحرارة المرتفعة . والصيغة الكيميائية لهذه المركبات . ويشير **R** إلى شق عضوي . وهي :

$$R_3\,Sio\left(\begin{array}{c} R \\ | \\ SI-O \\ | \\ R \end{array}\right)-Si\,R_3$$

ولقد تم تحسين هذه الدهونات لأغراض التزييت الرقيق بترك بعض جذور الهيدروكسيل (**OH group**) غير المتفاعلة وبتغيير نوعيات المجاميع المستعاضة **Substituded groups** . إن احتواء دهونات السليكون على مجاميع الفنيل والتي تحمل عناصر الهالوجينات يؤدي إلى تحسين وزيادة كفاءة الدهن .

فقطع الفحص المستعملة دهن الداي مثيل سيليكون تشير إلى درجة عالية من السوفان مقارنة بالقطع المستخدمة دهن ب بروموفينل مثيل سيليكون والتي لم يظهر على سطحها أي تغيير يذكر .

ويوجد العديد من زيوت السليكون للاستعمالات الخاصة وفق مجال واسع لدرجات اللزوجة . فالموائع السليكونية رقم 200 تفضل الاستعمال كمواد تزييت إلى سطوح المطاط واللدائن ، والتي تشمل الأفلام السينمائية المتحركة ، المساطر الحاسبة ، المسننات **Gears** ، وصلات الازدواج **Bushings** ، نقاط الارتكاز ، كمواد طاردة للرطوبة ، كمزيتات عازلة للساعات ، في الموقتات **Timers** وفي المعدات الالكترونية الأخرى .

والموائع السليكونية رقم 510 تصلح للاستعمال بدرجات الحرارة المنخفضة ومائع السليكون رقم 710 لا يتغير بالحرارة ويستعمل لتزييت موقتات الأفران **Oventimers** ، مفاصل الأفران **Hinges** ، المجصات الاتوماتيكية ، والعجلات السائدة المتعرضة لدرجات الحرارة العالية والرطوبة العالية .

ويبدو واضحاً من الجدول التالي من أن دهونات السيليكون قابلة للاستعمال كمواد تزييت فوق مجال درجات حرارة أكبر من ذلك لدهونات التزييت البترولية . إضافة إلى ذلك أن معدل تغيير اللزوجة مع درجات الحرارة أقل بكثير من ذلك لدهونات البترولية . كما أن الجدول يعطي معلومات **Data** لموائع السليكون المختلفة اللزوجة .

الخواص العامة لزيت السليكون

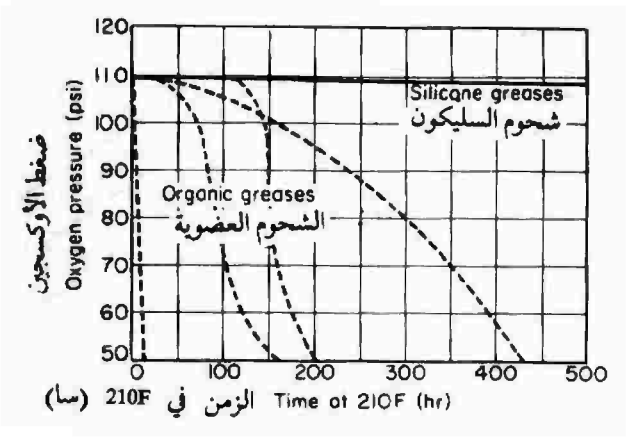
موائع	اللزوجة سبتيستوك بحرارة 25 م	معامل الحرارة اللزوجة	نقطة الوميض م°	نقطة الانسكاب م°	مجال الحرارة م°
200	20	.59	232.2	60-	60- إلى 176.6
	100	.60	301.6	55-	54- إلى 176.6
	500	.62	315.5	50-	48.3- إلى 176.6
	12.500	.58	315.5	46.1-	46.1- إلى 176.6
510	50	.62	273.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
	100	.62	233.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
	500	.65	273.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
	1000	.63	273.8	62.2-	56.6- إلى 176.6
550	150 100	.76	301.6	50	40- إلى 176.6
710	525 475	.83	301.6	22.2-	18- إلى 260

شحـــوم السليكـــون :

تصنع شحوم السليكون من دهونات السليكون المختلفة مع اســتخدام صابون الليثيوم أو عوامل مكثفة أخرى . وإن أحد أنواع الــشحوم الجديــدة والمتطورة والتي صنعت لأجــزاء المركبــات الفــضائية ، الــصواريخ ، والطائرات التي تفوق سرعتها سرعة الصوت .

اثبت كفاءة عالية بدرجات الحرارة المنخفضة بحدود – 73.3 م ولم يطرأ عليه أي تغيير يذكر بعد الاشتغال مدة 1000 ساعة بدرجــة حــرارة 232.2 م° ودرجة حرارة الاشتغال القصوى لهذا الدهن تبلغ 315 م° .

والشكل التالي يوضح مقارنة التأكسد لشحم السليكون مع أنواع أخرى من شحوم الصابون الاعتيادية . وفي هذه المقارنة تعرض كميات متساوية من الشحوم إلى غاز الأوكسجين بضغط 7.4 ضغط جوي ودرجة حرارة 100 م° ولمدة 500 ساعة . وإن تفاعل الشحوم مع الأوكسجين يبدو واضحاً من انخفاض الضغط في داخل وعاء التفاعل .



المزيتات الصلبة : Solid Lubricant :

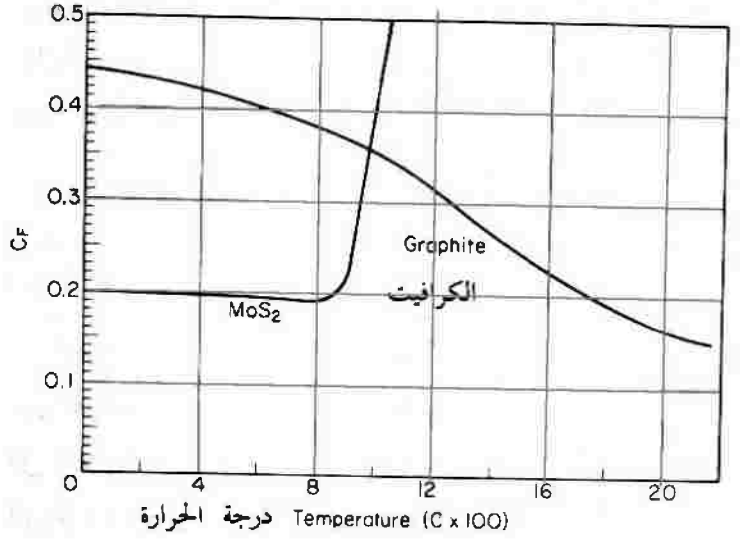
من المواد الصلبة والتي تستعمل بكثرة كمواد مزيتة هي الجرافيت الغرواني وكبريتيد الموليبدينوم **Molybdenum sulfide MoS_2** يحتوي كل من هذه المواد الصلبة على تركيب طبقي **Laminar structure** . إذ يتكون الجرافيت من صفائح كبيرة من ذرات الكاربون وفي داخل الصفيحة ترتبط ذرة الكاربون مع ثلاث ذرات كاربون أخرى على بعد 1.42 الكترون من بعضها البعض وتكون على شكل حلقات سداسية .

وتبعد هذه الصفائح عن بعضها البعض مرتين ونصف طول الحلقة السداسية . بينما يتكون تركيب كبريتيد المولبيدينوم من صفيحة من ذرات المولبيدينوم تنحصر بين صفيحتين من ذرات الكبريت .

والمسافة المحصورة بين طبقتي الكبريت تساوي 6.26 الكترون ، ونظراً لكون هذه الذرات أثقل وأقرب لبعضها البعض من ذرات الجرافيت ، فمن الواضح تكون كثافة كبريتيد المولبيدينوم أثقل من كثافة الجرافيت وكذلك يكون الملبيدينوم أكثر ليونة من الجرافيت .

وتستعمل هذه المواد إما على شكل مسحوق جاف ، أو قطرات يحملها الهواء أو معجون شحوم أو سائل متفتت **Dispersion** . ومن بين المنتوجات التجارية والكثيرة الاستعمال هي **Agua dag** والـ **Oil dag** والتي هي عبارة عن محلول الجرافيت في الماء أو الزيت **Aqueous and oil dispersion** أو الموليكوت **Moly Kote Mos_2** بأنواعه المختلفة .

ويعتبر الجرافيت وكبريتيد المولبيدينوم ذات قيمة عالية كمواد تزييت في الضغوط ودرجات الحرارة العالية . ويبين الشكل التالي مدى تأثير درجة الحرارة على معامل احتكاك النحاس لتزييته بهذه المواد الصلبة .



ويبدو واضحاً من أن كبريتيد المولبيدينوم يعطي معـــاملاً منخفـــضاً للاحتكاك في درجات الحرارة التي تقل عن 900 م° . ونظراً لتفكك كبريتيد المولبيدينوم يزيد الاحتكاك بوضوح فوق هذه الدرجة .

ويعتبر الجرافيت من المواد المزيتة الفعالة بدرجات الحرارة العاليـــة جداً . تكون نقاط الارتكاز غير الدهنية **Oil less bearing** أما على شـــكل **(1)** معدني ذات مسامات مملوءة بالجرافيت أو كبريتيد المولبيـــدينوم أو **(2)** حلقات راتنجية مشربة بالجرافيت أو كبريتيد الألمنيوم .

ويصنع سطح التزييت الرقائقي الـــصلب لاســـتعمالات المركبـــات الفضائية من 70 بالمائة كبريتيد المولبيدينوم MoS_2 و7 بالمائة چرافيـــت ، مرتبطة بـــ 23 بالمائة سليكات ، ولا يتغير هذا السطح بـــدرجات الحـــرارة العالية جداً وانخفاض الضغط أو الإشعاعات النووية .

وبالإمكان توليد سطح صلب ذي معامل احتكاك منخفض باســـتعمال غاز فعال بدلاً من هذه المزيتات . ولقد تم استخدام كبريتيـــد الهيـــدروجين ، الكلورين ، وكلوريد الهيدروجين تجريبياً في عمليات القطع العالية السرعة .

وإذ أن تكون الغطاء الكيميـــائي ذي معامـــل الاحتكـــاك المـــنخفض يكون أسرع وأكثر فاعلية من اســـتعمال دهونـــات التزييـــت . وإن طبقـــة كلوريد الحديد تتحلل بدرجة حرارة 300 م° ، بينما يبقى ســـطح الكبريتيـــد ثابتاً لغاية 750 م° .

وعند استعمال أداة المولبيينوم لقطع الألمنيوم ، ينخفض مقدار المواد الملتقطة كثيراً وتتحسن نوعية القطع كثيراً بوجود كبريتيد الهيدروجين كمواد غازية مزيتة . ونظراً لكون هذه الغازات سامة ومؤكسدة فمـــن الـــضروري تحضير معدات خاصة لاستعمالها في التطبيقات الصناعية .

وبالنظر إلى الجدول التالي يتضح من أن سطح التفلون **Teflon** يكون ذا معامل احتكاك منخفض جداً . فمعدل احتكاك التلفون مع الرمل يكون مقارباً إلى احتكاك الثلج مع الثلج . وتشير هذه الحقائق إلى إمكانية استعمال التلفون كمواد مزيتة صلبة .

معامل الاحتكاك بين السطوح المختلفة

المادة المنزلقة	السطح	معامل الاحتكاك
الحديد على الفولاذ	بدون تزييت	0.4
الحديد على الفولاذ	دهن تزييت	0.1-0.2
نحاس على الحديد	بدون تزييت	0.3
سبيكة البرونز والنحاس الأصفر على الفولاذ	بدون تزييت	0.35
سبيكة النحاس والرصاص على الفولاذ	بدون تزييت	0.2
غرافيت على الحديد	نظيف	0.1
نحاس على النحاس	بدون تزييت	1.2
	سائل السليكون	1.0
	دهن التزييت	0.2-0.3
	شمع البرافين	0.1-.2
	حامض شحمي	.01
	صابون النحاس	.50
ثلج على الثلج (-50 م)		.5
ثلج على الثلج (صفر إلى -20 م)		0.1-.05
خشبة التزحلق المشمعة على الثلج (-10 م)		.2
تفلون على الثلج (-10 م)		.07
تفلون على الرمل الجاف		.13
تفلون على تفلون أو الفولاذ		0.04-0.1

بولي ثين على بولي مثين		.8
بولي ثين على الفولاذ		.5-.3
نايلون على نايلون		.5
الخشب على المعدن (جاف ونظيف)		.5-.25
خشب على الخشب		.6-.2
بطانة المكبح على الحديد		.4
بطانة المكبح على الحديد والماء		.2
بطانة المكبح على الحديد مع الشحم		.1

ونظراً لكون التلفون من المواد ذات التوصيل الحراري الردئ ، يستعمل عادة مسحوق هذه المادة مع المعدن لتكوين سطح الارتكاز **Bearing surface** فبالإمكان استعمال التلفون على كل من سطح الحديد ، النحاس الأصفر ، والألمنيوم المكسوة بطبقة خفيفة من الأوكسيد . إذ إنه يولد طبقة محافظة ومزيتة يتراوح سمكها من 00075 إلى 0015 سم .

" الأسئلـــــة "

1- عرف معامل الاحتكاك .

2- اشرح عمل المادة المزينة .

3- هل تمنع المادة المزينة من حدوث البري ؟

4- ما هي فوائد استعمال دهن التزييت في السيارات والباصات ؟

5- ما هو البترول الخام المختزل ؟

6- ما هو الدور الذي يلعبه الفينول في صناعة دهن التزييت ؟

7- ما هو الرافينات **Raffinate** ؟

8- اذكر أسماء أربعة مذيبات لاستخلاص المواد الاســفلتية أو المركبــات العطرية .

9- اذكر الخطوات اللازمة لتحضير الدهن الخالي من الشمع مــن المنتــوج المنقي بالإذابة **Raffinate** .

10- اكتب الصيغ الكيميائية لثلاث من مذيبات الشمع .

11- ما هي الفائدة المتوخاة من المعاملة بالهيدروجين ؟

12- عرف ما يلي : اللزوجة المطلقــة ، إس . يــو . إس ، سنتيــستوك ، ومعامل اللزوجة .

13- اذكر فحوصات السيطرة التي تجري على دهونات التزييت .

14- ما هو الفرق بين التزييت المائعي والتزييت الرقيق .

15- اذكر الغرض من إضافة المواد التالية للدهن .

16- ما هو الدهن القابل للذوبان **Soluble Oil** ؟

17- عرف الجل الثكسوتروبي ؟

18- ما هو نوع الدهن المفضل استعماله في المعدات التالية :

- التراكتورات المزنجرة .
- الاسطوانات الدوارة في الأفران المجففة .
- المسننات البطيئة الحركة وذات الضغط العالي .

19- وضح التركيب العام لمواد التزييت التالية :

بولي أستر ، بولي كليكول ، مائع سليكون .

20- اذكر خاصية جيدة لكل من المزيتات في السؤال **(19)** .

21- ما هي المواد الممكن استعمالها لأغراض التزييت الجاف الدائمي .

22- إذا كانت درجة لزوجة أحد الدهونات تساوي لزوجة كل من الدهونات النافيثينة والبرافينية القياسية بدرجة حرارة 210 ف ودرجات اللزوجة بدرجة حرارة 100 ف هي 320 إس ، يو ، إس 430 إس ، يو ، إس 260 ، إس ، يو ، إس على التوالي .

- ما هو معامل اللزوجة للدهن .