

To Study the Viscosity Index of SN500 and SN150 Base Oil with Vegetable Oil and Selective Polymers as Additives

Kitab Omer Mohammed

University of Tikrit, College of Petroleum & Minerals Engineering

Dr. RAFI Jamalyacoup

University of Tikrit, College of Petroleum & Minerals Engineering

Email: dovecbm@yahoo.com

ABSTRACT

Viscosity index is one of the most important parameter for the lubricating oils performance. The effect of additives on the viscosity index for mineral lubricating oils SN500 and SN150 have been studied by adding castor oil, olive oil, corn oil, sunflower oil in addition to Glue Adhesive and poly isotridecanol ethoxylated used by North Oil Refineries Company for comparison the results. The viscosity has been measured at 40°C and 100°C according to ASTM D445 and viscosity index calculated according to ASTM D2270. It has been found that corn oil has the best effect of the vegetable oils in improving the viscosity index of the mineral base oils. The influence of additives on the pour point was also evaluated, castor oil showed the best result of all vegetable oil in depressing the pour point of the Base oil.

Keywords: Lubricating Oil additives, VI, pour point, Vegetable Oil.

دراسة معامل اللزوجة لزيوت الأساس SN500 و SN150 بإضافة زيوت نباتية و بلمرات منتقاة

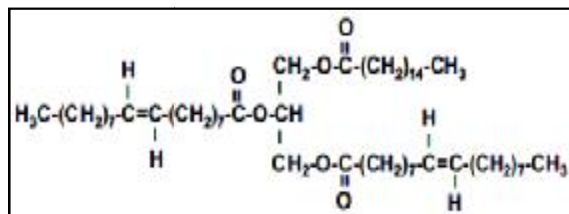
الخلاصة

يعتبر معامل اللزوجة من أهم العوامل التي يجب دراستها لتحسين أداء زيوت التزييت. في بحثنا تم دراسة تأثير المضافات على معامل اللزوجة لزيوت التزييت SN500 و SN150 الأساسية. المضافات التي استُخدمت هي زيت الخروع و زيت الزيتون و زيت الذرة و زيت عباد الشمس بالإضافة إلى Glue Adhesive و poly isotridecanol ethoxylated المستخدم من قبل شركة مصافي الشمال لغرض مقارنة النتائج. تم إجراء اختبارات اللزوجة عند 40°C و 100°C حسب المواصفة D445 و حساب معامل اللزوجة حسب المواصفة D2270 و تبين أن زيت الذرة له أفضل تأثير على رفع قيم معامل اللزوجة للزيوت الأساسية من بين المضافات النباتية المضافة، كذلك تم إجراء فحص تأثير المضافات على نقطة الانسكاب و تبين أن زيت الخروع أعطى أفضل نتيجة في تقليل نقطة الانسكاب من بين جميع المضافات النباتية المستخدمة.

الكلمات المفتاحية: إضافات زيوت التزييت، معامل اللزوجة، نقطة الانسكاب، الزيوت النباتية

المقدمة

تستخدم زيوت التزييت لغرض تقليل الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة للمحركات وكذلك للمحافظة على نظافة أجزائها و لمنع تآكلها وإزالة كميات الحرارة الزائدة من الأجزاء الأساسية المتحركة للمحركات [1]. هناك ثلاثة أنواع من زيوت التزييت هي الزيوت النفطية و الزيوت الصناعية و الزيوت النباتية . الزيوت النفطية , تنتج من تكرير النفط الخام عبر عمليات تصفية معقدة هناك قسمين من زيوت التزييت الأول ذو معامل لزوجة لا يقل عن 95 و يستخدم في مدى محدد من درجات الحرارة أما القسم الثاني فله معامل لزوجة لا يقل عن 130 و يستخدم في مدى أوسع من درجات الحرارة [2]. الزيوت الصناعية و هي عبارة عن مركبات تنتج بطرق صناعية مثل البولي ألفا أولفين [3]. الزيوت النباتية و هي عبارة عن كليسيريدات ثلاثية للأحماض الشحمية, تمتاز الزيوت النباتية عن الزيوت النفطية بكونها غير سامة , تكافئ من حيث الأداء للزيوت النفطية , توجد مجموعات الاستر القطبية لها القابلية على الالتصاق بسطوح المعادن مما يعطي طبقة متاخمة توفر سمك جيد لعملية التزييت الزيوت النباتية لها معامل لزوجة عالي بسبب قوة التجاذب بين الجزيئات التي توفرها الأواصر المزدوجة الموجودة في الأحماض الشحمية غير المشبعة [4]. الشكل (1) يبين التركيبية العامة للزيوت النباتية .



شكل (1) التركيبية العامة للزيوت النباتية [5] .

تحتوي زيوت التزييت على (60-99%) زيت أساس و الباقي مضافات نسبتهما تعتمد على المواصفات المطلوبة للزيت [7]. من أنواع المضافات على الزيت الأساس هي محسنات معامل اللزوجة, مشتتات العوالق, مثبطات الأكسدة, مثبطات التآكل, مواد خافضة لنقطة الانسكاب [8] . تنخفض قيم اللزوجة للزيت الأساس مع زيادة درجة الحرارة نتيجة لزيادة الطاقة الحركية للجزيئات المكونة للزيت لذلك تضاف محسنات معامل اللزوجة التي هي عبارة عن (بوليمرات أو استرات) طويلة السلسلة و غير مشبعة تقوم بتقليل تأثير تغير درجات الحرارة على لزوجة الزيت [9]. معامل اللزوجة هو مقياس تجريبي وضع من قبل الباحثان Dean & Dives عام 1926 يبين مدى تغير لزوجة الزيت مع زيادة أو انخفاض درجات الحرارة يتم حسابه بعد إيجاد لزوجة الزيت عند 40°C و 100°C , معامل اللزوجة العالي يدل على ثلة تأثر اللزوجة مع تغير درجات الحرارة أما إذا كانت قيمة معامل اللزوجة منخفضة فإنه يعتبر مؤشر على تأثير واضح لتغير اللزوجة مع تغير درجات الحرارة , وهذا الأمر غير مرغوب به في زيوت التزييت [27]. قيمة معامل اللزوجة تعتمد على تركيبة الزيت الأساس حيث أن السلاسل الطويلة و قليلة التفرعات لها معامل لزوجة عالي نتيجة لقوى التجاذب بين الجزيئات , أما الزيوت التي تحتوي على عدة حلقات فان معامل اللزوجة لها يكون قليل بسبب تباعد الجزيئات عن بعضها و بالتالي نقصان في قوى التجاذب بين تلك الجزيئات مما يزيد من تأثير الحرارة على اللزوجة [10]. من بين محسنات معامل اللزوجة التجارية هي البولي ايزو بوتيلين و البولي الميثا اكرليت-ايزو برين بالإضافة الى البولي الكيل ميثا اكرليت [11]. الوزن الجزيئي و توزيع الجزيئات هي العوامل المتحكمة بكفاءة البولي ميثا اكرليت طردية بين الوزن الجزيئي و كفاءة البولي ميثا اكرليت و عكسية مع التفرعات في سلاسل البولي ميثا اكرليت

البوليمر المتفرع الذي له نفس الوزن الجزيئي للبوليمر الخطي يحتل حجم اقل بين جزيئات الزيت الأساس عند ارتفاع درجة الحرارة [12].

هناك عدة ميكانيكيات لتفسير عمل البوليمرات المستخدمة كمحسنات لمعامل اللزوجة [13] , لكن الميكانيكية الأكثر قبولاً هي أن السلاسل الأساسية المكونة للبوليمر مرنة فعند درجات الحرارة الواطئة يعتبر الزيت الأساس مذيب ضعيف لسلاسل البوليمر وبذلك تكون قوة التجاذب بين الجزيئات المكونة للبوليمر قوية مما يجعل جزيئات البوليمر تحتل حجم صغير, أما عند ارتفاع درجات الحرارة فان جزيئات البوليمر تتمدد و تحتل حجم اكبر في الوسط الزيتي نتيجة لانخفاض قوة التجاذب بين الجزيئات [14]. وبذلك تتداخل مع جزيئات الزيت لتحقيق إعاقة لحركة جزيئات الزيت و تولد مقاومة للجريان عند ارتفاع درجات الحرارة مما يقلل من تأثير الحرارة على لزوجة الزيت [15]. الشكل (2) يبين ميكانيكية عمل البوليمرات المحسنة لمعامل اللزوجة.



شكل (2) توسع جزيئات البوليمر بفعل الحرارة [15].

عند انخفاض درجة الحرارة يبدأ الشمع البرافيني بالانفصال عن الزيت الأساس حيث يشكل الشمع شبكة من البلورات تعمل كمصيدة لجزيئات الزيت مما يؤدي إلى تقليل الجريان تدريجياً مع انخفاض درجة الحرارة [16]. يجب أن تكون نقطة الانسكاب للزيت اقل من درجة حرارة البيئة المحيطة المعرض لها الزيت [15]. تواجد البرافينات في الزيوت لها تأثير سلبي على نقطة الانسكاب و خصوصاً البرافينات الخطية لكونها أول المركبات المشتركة في خليط الزيت التي تعاني التبلور و التصلب مع انخفاض درجات الحرارة [17]. تنخفض نقطة الانسكاب مع زيادة التفردات نتيجة لزيادة المسافة بين الجزيئات و بالتالي التأخر في عملية بناء ونمو البلورات الصلبة تتناقص نقطة الانسكاب مع زيادة عدد الأواصر المزدوجة وتنقص طول السلاسل لكون الأواصر المزدوج توفر انحناء أكثر في سلاسل الجزيئات مما يؤدي إلى زيادة المسافة البينية بين الجزيئات و تؤدي إلى تأخر اكتمال نمو البلورات [18]. تأثير مواد خافضات لنقطة الانسكاب من اجل تقليل تأثير المواد الشمعية في الزيوت [19]. كما مبين في الشكل (3) الذي يمثل المقارنة بين تكون البلورات بوجود خافضات نقطة الانسكاب و بدونها.



نمو البلورات بدون وجود بوليمر

نمو البلورات مع وجود بوليمر

شكل (3) أالمقارنه لنمو بلورات الشمع في الزيت مع استخدام البوليمر و بدونه [15].

14

الشركة المصنعه	w/w%	التركيبه الكيميائيه للمضاف	نوع المضاف
Romax additives الألمانيه		Alcohol (C13-C15), poly(1-6) ethoxylate	Poly isotridecanol ethoxylated
Yiwn Gomer الصينيه	5	بولي اثلين	Glue Adhesive
	10	مطاط بيوتاييل	
	15	راتنج نفطي	
	20	بولي ايزوبيوتلين	
	50	زيت نفطي ابيض	

طريقة العمل

$$kv = k * t \quad \dots (1)$$

t : الزمن اللازم لنزول النموذج بوحدة sec.

تم حساب قيم معامل الزوجة للنماذج، حسب المواصفة D2270 باستخدام معادلات Dean & Dives [26]. حسب الطرق التالية:-

أولاً: طريقة (A): تستخدم للزيوت التي لها معامل لزوجة اقل أو مساوي لقيمة (100). خطوات الحساب :-

(1) إذا كان مقدار الزوجة الحركية المقاسة للزيت بدرجة حرارة (100°C) (Y) تتراوح بين (2-70 cSt) فيستخرج قيم H و L المقابلة لها من جداول (Dean & Devis) و تحسب قيم معامل الزوجة باستخدام المعادلة التالية التي أعدها نفس الباحثان

$$VI = \left[\frac{L - U}{L - H} \right] * 100 \quad \dots (2)$$

H : اللزوجة الحركية بدرجة حرارة 40°C لزيت قياسي له معامل لزوجة (100) و له نفس لزوجة الزيت المراد قياس معامل اللزوجة له عند 100°C.

L : اللزوجة الحركية بدرجة حرارة 40°C لزيت قياسي له معامل لزوجة (0) و له نفس لزوجة الزيت المراد قياس معامل اللزوجة له عند 100°C.

U : اللزوجة الحركية للزيت عند 40°C [11].

(2) إذا كانت اللزوجة عند 100°C أعلى من (70 cSt) يتم إيجاد قيم H & L حسب المعادلات التالية [26]:

$$L = 0.8353 Y^2 + 14.67Y - 216 \quad \dots (3)$$

$$H = 0.1684 Y^2 + 11.85Y - 97 \quad \dots (4)$$

Y : اللزوجة الحركية للزيت عند 100°C.
بعد ذلك يتم تطبيق قيم H , L و U في معادلة Dean & Devis لإيجاد قيمة معامل اللزوجة

ثانياً: طريقة (B): تستخدم للزيوت التي لها معامل لزوجة أكبر أو مساوي (100) . يتم حساب قيم اللزوجة عند 40 و 100°C طبقاً للمواصفة D445 [11].
(1) إذا وجد أن قيم اللزوجة عند 100°C هي ضمن المدى (2 – 70 cSt) يتم إيجاد قيمة H المقابلة من جداول Dean & Dives [26].
(2) إذا وجد أن قيم اللزوجة عند 100°C هي أعلى من 70 cSt فيتم حساب قيمة H من المعادلة رقم (4) و ثم تستخدم معادلة التالية (5) و (6) لإيجاد قيم معامل اللزوجة [21].

$$H = 0.1684 Y^2 + 11.85Y - 97 \quad \dots (4)$$

$$N = (\log H - \log U) / \log Y \quad \dots (5)$$

$$VI = \left[\frac{(\text{antilog } N) - 1}{0.00715} \right] + 100 \quad \dots (6)$$

فحوصات نقطة الانسكاب أجريت حسب المواصفة D97 و ذلك بوضع عينة من الزيت بحجم 50 ملتر في وسط التبريد يتم فحص النموذج عند تغير درجة الحرارة درجة مئوية واحدة وذلك برفع النموذج بصورة مائلة لمدة 5 ثواني و بعدها يعاد إلى وسط التبريد إلى حين توقف الزيت عن الانسكاب [25].

الحسابات

إيجاد قيم اللزوجة حسب المواصفة D445 [25], بواسطة استخدام معادلة (1) وتستخدم معادلة رقم (2) لإيجاد قيم معامل اللزوجة الأقل من 100 [26]. و المعادلات (5) و (6) لإيجاد قيم معامل اللزوجة الأكثر من 100 [11]. الجدول رقم (3) يمثل نتائج فحوصات اللزوجة و معامل اللزوجة للزيوت الأساسية و الزيوت النباتية التي تم التوصل إليها عن طريق التجارب و الجداول رقم (4) و (5) تبين قيم اللزوجة و معامل اللزوجة الخاصة بالزيت الأساس SN500 مع المضافات أما الجداول (6) و (7) تبين قيم اللزوجة الخاصة بالزيت الأساس SN150. فحوصات نقطة الانسكاب أجريت للزيوت الأساسية مع المضافات و تم التوصل إلى النتائج الموضحة في الجداول (8) و (9) للزيوت SN500 و SN150 على التوالي .

جدول (3) قيم معامل اللزوجة للزيوت الأساسية و الزيوت النباتية المضافة

نوع الزيت	اللزوجة عند 40°C	اللزوجة عند 100°C	معامل اللزوجة
زيت SN500	76	9.15	94
زيت SN150	36.22	5.98	105
زيت الخروج	210	16.96	84
زيت عباد الشمس	38	9.1	233
زيت الذرة	33	8.4	247
زيت الزيتون	38.5	8.3	199

جدول رقم (4) فحوصات قيم اللزوجة لمزيج الزيت SN500 مع المضافات

SN500 (VI = 94) الزيت الأساس										
نسبة الإضافة					نسبة الإضافة					نوع المضاف
%5	%4	%3	%2	%1	%5	%4	%3	%2	%1	
اللزوجة عند 100°C بوحدة cSt					اللزوجة عند 40°C بوحدة cSt					
9.25	9.235	9.23	9.21	9.19	80.02	79.3	78.7	77.8	77	زيت الخروج
9.02	9.1	9.127	9.136	9.144	70.8	72.1	73.2	74.1	75.16	عباد الشمس
8.896	8.895	9.035	9.055	9.11	70.815	72.2	73.4	74.2	75.25	زيت الزيتون
8.929	9	9.05	9.1	9.12	67	69	70.5	72.8	74	زيت الذرة
13	12.5	11.5	10.65	9.93	109.16	104.85	95.21	88.2	82	Glue Adhesive
34.55	25.91	18	14.85	12.5	302	225	152	123	100	poly isotridecanol ethoxylated

جدول رقم (5) قيم معامل اللزوجة لمزيج الزيت SN500 مع المضافات

SN500 (VI= 94) الزيت الأساس					
النسبة الوزنية من المضافات					نوع المضاف
%5	%4	%3	%2	%1	
قيم معامل اللزوجة					
89.1	90	91	92	93	زيت الخروج
101	100.3	98.82	97.37	95.5	زيت عباد الشمس
98.88	97.5	96.4	95.35	94.7	زيت الزيتون
107.21	104	102.24	99	97	زيت الذرة
114.12	111.93	108.7	104	100	Glue Adhesive
160	143	131	123	118.6	poly isotridecanol ethoxylated

جدول رقم (6) فحوصات قيم اللزوجة لمزيج الزيت SN150 مع المضافات.

SN150 (VI = 105) الزيت الأساس										
نسبة الإضافة					نسبة الإضافة					نوع المضاف
%5	%4	%3	%2	%1	%5	%4	%3	%2	%1	
اللزوجة عند 100°C بوحدة cSt					اللزوجة عند 40°C بوحدة cSt					
6.28	6.26	6.21	6.11	6	41.15	40.7	40	38.8	37.4	زيت الخروج
6.15	6.105	6.03	5.98	5.922	37.12	36.9	36.5	36.38	36.24	زيت عباد الشمس
6.1	6.05	5.98	5.94	5.9065	37.3	36.95	36.6	36.4	36.268	زيت الزيتون
6.11	6.06	5.99	5.95	5.92	35.5	35.55	35.65	35.9	36	زيت الذرة
8.96	8.2	7.5	7	6.43	60	53	48	45	40	Glue Adhesive
21.5	17.4	13.6	10.78	8.02	157	123	92	71.2	49.8	poly isotridecanol ethoxylated

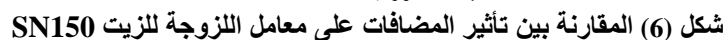
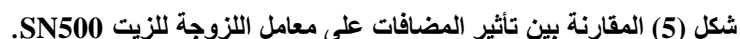
SN150 الزيت الأساس (VI = 105)					
النسبة الوزنية من المضافات					نوع المضاف
1 %	2 %	3 %	4 %	5 %	
قيم معامل اللزوجة					
103.8	102.15	101.1	100.2	99.08	زيت الخروع
105.9	108	109.89	111	111.5	زيت عباد الشمس
105.2	106.06	106.9	108.4	109	زيت الزيتون
107.2	109.17	112.3	116.34	119	زيت الذرة
110.7	117	121	125.85	127.5	Glue Adhesive
131.45	140.15	149.6	155.75	162	poly isotridecanol ethoxylated

الزيت الأساس SN150						
نسبة الإضافة						نوع الإضافة
5%	4%	3%	2%	1%	0%	
-15	-14	-13	-12	-12	-11	زيت الخروع
-14	-13	-12	-12	-11	-11	زيت عباد الشمس
-12	-12	-11	-11	-11	-11	زيت الزيتون
-12	-11	-11	-11	-11	-11	زيت الذرة
-15	-15	-14	-13	-12	-11	Glue Adhesive
-19	-22	-22	-23	-18	-11	Poly isotridecanol ethoxylated

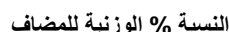
الزيت الأساس SN500						
نسبة الإضافة						نوع الإضافة
5%	4%	3%	2%	1%	0%	
-14	-13	-12	-11	-10	-9	زيت الخروج
-13	-12	-11	-10	-10	-9	زيت عباد الشمس
-11	-11	-10	-10	-9	-9	زيت الزيتون
-10	-10	-10	-9	-9	-9	زيت الذرة
-13	-13	-12	-11	-10	-9	Glue Adhesive
-17	-16	-16	-16	-16	-9	Poly isotridecanol ethoxylated

19

التأثير السلبي لهذا المضاف ناتج لكونه يحتوي على مجموعه الهيدوكسيد القطبية الجانبية المتواجدة المرتبطة بأواصر منفردة في حامض (Ricinoic) ضمن سلسلة تحتوي على 18 ذرة كربون [5]. تواجد المجاميع الجانبية تؤدي إلى تباعد سلاسل الجزيئات بعضها عن بعض مما يقلل من قوى التجاذب بينها و بالتالي تؤدي إلى تقليل معامل اللزوجة للزيت [10]. فيما يخص زيت عباد الشمس نلاحظ زيادة في قيم معامل اللزوجة للزيوت الأساسية مع زيادة نسبة الإضافة كما هو واضح في الشكل (5) و (6). إن الزيادة في قيم معامل اللزوجة ناتج عن قوة التجاذب الموجودة في الأواصر المزدوجة الموجودة في بوليمرات الأحماض الشحمية الغير مشبعة التي تمثل نسبة 64.9% وهي (Linolenic & Linoleic) وانعدام تواجد مجموعه الهيدروكسيد الجانبية , معامل اللزوجة العالي للزيوت النباتية يؤدي إلى رفع قيم معامل اللزوجة للزيوت النفطية المضافة إليها [22]. كذلك التركيبة الكيميائية للمضافات تلعب دور رئيسي في تحديد كفاءة المضاف [12]. فيما يخص زيت الذرة تواجد حامض (Linoleic acid) بنسبة 56.8% الذي يحتوي على أصرتين مزدوجتين بالإضافة إلى تواجد حامض (Oleic acid) بنسبة 35.82% الذي يحتوي على أصرة مزدوجة واحدة و كذلك تواجد حامض (Linolenic acid) بنسبة 2.4% ذو الأواصر الثلاثية جعلت زيت الذرة له تأثير ايجابي على رفع قيم معامل اللزوجة. من خلال مقارنة القيم لمعامل اللزوجة نلاحظ أن زيت الزيتون أعطى اقل قيمة لمعامل اللزوجة مع الزيوت الأساسية باستثناء زيت الخروع. ذلك لكون نسبة بوليمرات الأحماض الشحمية الغير مشبعة نسبة 23.3% كذلك لقلة تواجد أحماض (Linoleic و Linolenic) مقارنة ببقية المضافات باستثناء زيت الخروع [4]. قلة تواجد الأواصر المزدوجة يؤدي إلى تناقص قيم معامل اللزوجة لكون معامل اللزوجة يعتمد على قوة التجاذب بين الجزيئات بسبب تواجد هذا النوع من الأواصر [6]. على الرغم من كون زيت الزيتون يحتوي على نسبة 66.2% من Oleic acid) ذو المجموعه الواحدة من الأصرة المزدوجة , لكن لم يؤدي إلى أن تكون الزيادة في قيم معامل اللزوجة كبيرة. السبب كون حامض (Oleic acid) يحتوي على أصرة مزدوجة من نوع (cis) متواجدة في منتصف السلسلة الهيدروكربونية مما يؤدي إلى انحناء السلاسل و تباعدها و بالتالي التقليل من قوة التجاذب بين الجزيئات نتيجة لهذا الانحناء مع الأخذ بنظر الاعتبار أن التأثير الايجابي يتناقض و ولكن لا يختفي [23]. فيما يخص المضاف Glue Adhesive فمن خلال ملاحظة الأشكال (5) و (6) يتبين هناك زيادة واضحة في قيم معامل اللزوجة للزيوت الأساسية وهذا بسبب تواجد مجموعه من البوليمرات وهي البولي ايزوبيوتلين بنسبة 20% و البولي اثلين بنسبة 5% و مطاط بيو تايل بنسبة 10%. إن البوليمرات المشاركة في تكوين هذا المضاف هي طويلة السلاسل تحتوي على أواصر مزدوجة التي توفر قوة تجاذب بين الجزيئات و بالتالي كان من المتوقع أن تكون النتائج ايجابية بنسبة أعلى من التي أثبتته التجارب العملية لهذا المضاف إن تواجد نوع من أنواع الزيوت وهو white mineral oil (هو زيت برفيني عديم اللون خالي من المواد الغير مشبعة ينتج من خلال عمليات تصفية معقدة) [2]. هذا الزيت الأبيض كان له تأثير سلبي" لكونه لا يحتوي على أواصر مزدوجة مما اثر على كفاءة المضاف المستخدم [9]. أما عند استخدام المضاف poly isotridecanol ethoxylated نلاحظ إنه أعطى أعلى تأثير لرفع قيم معامل اللزوجة للزيوت الأساسية و كما موضح في الشكل (5) و (6) بسبب احتوائه على مجاميع كحولية ضمن السلاسل الرئيسية المكونة للمضاف [9] .



21



Series	1	2	3	4	5
زيت الخروج	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
زيت عباد الشمس	11.0	12.0	12.0	13.0	14.0
زيت الذرة	11.0	11.0	11.0	11.0	12.0
زيت الزيتون	11.0	11.0	11.0	12.0	12.0
Glue Adhesive	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0
poly iso-etho	11.0	18.0	23.0	22.0	22.0

النسبة % الوزنية للمضاف

شكل (8) مقارنة بين تأثير المضافات على نقطة الانسكاب للزيت SN150.

- زيادة نسبة المضافات تؤدي إلى رفع قيم معامل اللزوجة للزيوت الأساسية .
- زيت الذرة أعطى أفضل قيمة من بين الزيوت النباتية لزيادة معامل اللزوجة للزيوت الأساسية حيث ازدادت قيم معامل اللزوجة للزيت الأساس SN500 من 94 إلى 107.21 أما مع الزيت SN150 فقد ازدادت من 105 إلى 119.
- كل ما قل معامل اللزوجة للزيت الأساس تزداد استجابته لمحسنات معامل اللزوجة .
- كفاءة محسنات معامل اللزوجة تقل مع زيادة قابلية الزيت الأساس على إذابتها.

- 24

- 25