

高聚物分散体 成膜过程的物理化学

〔苏联〕C. C. 伏尤茨基 Б. B. 什塔赫 著

胡 又 牧 译

中国工业出版社

高聚物分散体 成膜过程的物理化学

〔苏联〕 C. C. 伏尤茨基 著
B. B. 什塔尔赫

胡 又 牧 译

沈阳市新生企业公司化工試驗所翻譯組 校

中国工业出版社

本书论述了以天然胶乳和合成胶乳为主的高聚物分散体的成膜历程，成膜方法及其条件，以及薄膜的结构和成膜过程的物理化学性质等。

同时本书还叙述了增塑剂与填充剂在分散体中对薄膜结构与性质的影响等。

本书可供橡胶工业、人造皮革工业和油漆工业等部门的工程技术人员和研究工作者阅读，同时也可供中、高等化工院校师生的参考。

С.С.Воюцкий, Б.В.Штарх
ФИЗИКО-ХИМИЯ ПРОЦЕССОВ
ОБРАЗОВАНИЯ ПЛЕНОК
ИЗ ДИСПЕРСИЙ
ВЫСОКОПОЛИМЕРОВ
Гизлегпром Москва 1954

* * *

高聚物分散体成膜过程的物理化学

胡又牧 译

沈阳市新生企业公司化工试验所翻译组校

(根据原化学工业出版社译重印)

*

化学工业部图书编辑室编辑(北京安定门外和平里七区八号楼)

中国工业出版社出版(北京修门内路10号)

北京市书刊出版业营业许可出字第110号

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 $850 \times 1168^{1/32}$ ·印张 $5^{3/16}$ ·字数117,000

1960年8月北京第一版

1965年7月北京新一版·1965年7月北京第一次印刷

印数0001—1,090·定价(科四)0.70元

*

统一书号: 15165·3701(化工-340)

目 录

作者为中譯本作的序言.....	4
作者序.....	5
緒論.....	7
第一章 高聚物自粘性的一般概念.....	10
第二章 分散体成膜时乳化剂（稳定剂）对高聚物 粒子粘合的影响.....	22
第三章 研究薄膜結構的方法.....	30
第四章 薄膜的成形历程与其結構.....	37
第五章 某些高聚物分散体的成膜过程的特点.....	52
第六章 分散体薄膜的物理机械性能与其結構的关系.....	67
第七章 在分散体中加入增塑剂与填充剂对薄膜 結構与性能的影响.....	81
第八章 用分散体胶凝法制备薄膜.....	105
第九章 分散体薄膜胶凝成形的历程.....	120
第十章 用离子沉积法制备分散体薄膜.....	143
第十一章 利用特殊处理方法来改变分散体薄膜成 品的結構与性能.....	156
結束語.....	• 162

作者为中譯本作的序言

高聚物分散体作为成膜材料已經获得了愈来愈广泛的应用。因此，了解高聚物分散体成膜过程的物理化学有着重大的意义。本书是1954年用俄文出版的有关这一問題的专著。它由我和 B.B. 什塔赫合作写成。我相信，这部专著对于中国专家們无疑是有益的，因为用途最广的成膜分散体——天然橡胶胶乳的制备与应用，在中国有着最广阔的前途。

本书由我的学生胡又牧譯出，我毫不怀疑，它的基本精神将被正确地表达出来。假若本书能够对中国讀者有所裨益，我将感到十分荣幸。

伏尤茨基（签字）

莫斯科 1959年9月

作者序

本书所叙述的主要是作者在高聚物分散体薄膜结构、成膜历程，以及利用改变成膜条件与进行特殊处理等方法以获得优质薄膜等方面所作的研究工作的成果^①。

在编写本书期间，除作者的工作外，还应用了苏联和外国有关成膜过程的文献。

本书在叙述与成膜过程直接有关的资料以前，阐述了决定成膜物质单个粒子粘合可能性的高聚物分子的自粘性（аутогезия）的最新概念和分散体中各种乳化剂与稳定剂对自粘性的影响。

我们用了单辟的一章来叙述研究薄膜结构的方法，因为它对于研究工作者有着重要的实际意义。

在本书的主要几章中讨论了高聚物成膜历程、薄膜的结构和某些分散体的成膜过程的特点，并且从实用的角度阐述了薄膜的物理化学性质与其结构关系，以及加入各种增塑剂和填充剂对薄膜结构与性能的影响。

书中还单辟有章节说明用应用日广的胶凝法（желатинирование）与离子沉积法从分散体获得薄膜的物理化学。

最后几章简单地讨论了利用特殊处理方法以改进薄膜性能的问题，并作出了一般性的结论；在能生成薄膜的高聚物分散体的制备与应用方面提出一些建议。

作者没有介绍高聚物分散体和胶乳的一般性质与其工艺加工方法，因为这些知识在本书绪论后所附的参考文献中以及在最近出版的O. Б. 李特文（Литвин）所著“合成胶乳”一书中均有详细叙述。

本书第十章系由Д. М. 薩多明斯基（Сандомирский）写成。

① 上述研究工作是在中央皮革代用品研究院（ЦНИКЗ）和莫斯科罗蒙诺索夫精细化学工程学院进行的。

本书的编写是全面阐述高聚物分散体成膜过程的物理化学的初次嘗試，錯誤与遺漏在所难免，所有有关本书的意见、指正与补充，作者均将感激地接受并加以修訂。

С.И.索科洛夫 (Соколов) 和П.И.扎哈尔切科 (Захарченко) 教授校閱了本书，并提出了許多宝贵意见，作者謹此致謝。

緒 論

目前利用高聚物水分散体^①制备薄膜已在各技术部門中大规模地推广〔1—12〕，特別当我们要求薄膜具有良好的强度、弹性、耐曲折与抗水性能时，高聚物分散体的应用更为需要。从胶乳能制造气象气球、各种规格的橡皮手套、工业与卫生用品和許多其他制品。胶乳和合成树脂与纖維素衍生物的分散体可用以制成裝飾、防腐和絕緣涂料与皮革加工的整飾剂等等。在人造皮革工业中利用高聚物分散体制成各种織物的漆面更是有着广闊的发展前途。在所有这些情况下，高聚物水分散体的应用避免了易燃、有毒，而且价格昂貴与来源有限的溶剂，促进了工艺过程的改善与产品质量的提高。应该指出：有些成膜物质只能呈分散体状态时才能应用，例如再生胶分散体就是一例。

完全可以相信，成膜物质分散体在不久的将来定将得到一系列的新的用途，并在国民經济各部門中更广泛地得到应用。

由上述的事实可以完全清楚地看到，分散体薄膜的质量与分散体的正确应用具有重要的意义。当然，从高聚物分散体形成的薄膜的性质在很大程度上取决于成膜物质自身的性质。例如，从质量不高的聚合物胶乳或溶液就不可能得到质量良好的薄膜。但是，如果以为成膜物质的性质能完全决定由分散体获得的薄膜的性能也是不正确的。实验証明：薄膜的物理机械性能在很大程度上决定于它的结构，而后者由于分散体的胶体性质和成膜条件的不同可能是各种各样的。假若条件掌握得不好，即使是性能良好的高聚物分散体也可能得到质量不佳的薄膜。与此相反，由于特殊处理的结果，薄膜质量可以显著提高。为了說明这一問題可以举几个例子，聚氯乙炔分散体在干燥后变成粉状物，在一般条件下根本不生成薄膜。可是

① 本书所提到的高聚物分散体系指所有具有高分子分散相的分散体，而不論它們的制备方法如何；胶乳系指分散相具有类橡胶的高弹性性能的分散体。

聚氯乙烯溶液却能制成良好的薄膜，这一情况严重地阻碍了聚氯乙烯分散体在某些生产部门中的应用。可是，如果使这种分散体薄膜的形成过程在高温下进行，或在分散体中加一定数量的增塑剂^[13]，也可以从聚氯乙烯分散体制成合乎要求的薄膜。

从丁苯胶乳 CKC-30 制成薄膜也是一个典型的例子，一般从这种胶乳制得的薄膜极易开裂，而由丁苯橡胶溶液制的薄膜却很良好；如果我们在胶乳中加入某些特种填料，薄膜开裂的现象就可以避免。

胶乳薄膜的结构对于保证卫生用品的质量也有着同样重要的意义，从同一种高聚物分散体可以得到性质完全不同的结构，假若我们适当地改变成膜条件与乳化剂含量，就可能得到吸水性很强，或者根本不能吸水的薄膜。

许多科学家，其中首先是苏联的科学家 В. А. 卡尔金 (Каргин)，П. В. 科兹洛夫 (Козлов)，З. А. 罗果文 (Роговин)，А. Я. 德林堡 (Дринберг) 等对于从高聚物溶液制得之薄膜的结构进行过许多研究。但是关于高聚物分散体的成膜历程与其结构却至今还研究得很少，除作者最近发表的工作外^[13-18]，有关这方面的文献是很少的^[19-24]。研究分散体薄膜不仅有着实际意义，而且有着重要的理论价值。大家知道从分散体制得的薄膜能够膨胀，从显微镜观察中我们发现天然胶乳在形成薄膜时橡胶粒子没有完全结合，它们或多或少是继续单独存在于薄膜中。因此有些研究者认为胶乳薄膜是一种不均匀的多相组合物，其中橡胶是分散相，溶解于乳清中的乳化剂与其他非橡胶成分是分散介质^[19,21]。

但是从另一方面来看，胶乳薄膜浸水后橡胶粒子不可能重新分散，而且这种胶膜的弹性伸长与生胶类似。这些都充分说明在薄膜中的橡胶粒子在形成薄膜时由于粒子的相互结合而产生了一定的结构。但直到最近为止，科学家一直没有能够对分散体薄膜的显微结构和溶胀性能与其弹性伸长和不重分散性之间的关系作出明确的解释。

本书试图回答上述的许多未解决问题，并提出高聚物分散体成膜过程的一般理论。有关薄膜的结构与其成形历程的知识对实际制

备与利用分散体薄膜的同志无疑是有益的。

参 考 文 献

1. Э. Гаузер, Латекс, Госхимиздат, М.—Л., 1932.
2. G. Genin, *Chimie et Technologie du Latex de Caoutchouc*, Paris, 1931.
3. H. S. Stevens, W. H. Stevens, *Rubber Latex*, London, 1936.
4. C. F. Flint, *The Chemistry and Technology of Rubber Latex*, London, 1938.
5. Б. А. Догадкин, Учение о каучуке, Машгиз, Москва, 1938; см. также Б. А. Догадкин, Химия и физика каучука, Госхимиздат, М., 1947.
6. С. С. Воюцкий, Успехи в области производства и применения синтетических латексов и каучукоподобных дисперсий, Высокомолекулярные соединения, вып. 2, 1945, стр. 20.
7. С. С. Воюцкий, Новое в применении синтетических латексов, Лёвая промышленность, № 2, 34, 1946.
8. B. M. G. Zwieter, *Ind. Eng. Chem.*, 44, 774, 1952.
9. Производство и применение синтетических латексов, Сборник трудов научно-технической конференции ВНИТО резинщиков, Госхимиздат, М., 1953.
10. Symposium on Emulsion Paints, *Ind. Eng. Chem.*, 45, 710, 1953.
11. Я. Н. Каплунов, П. И. Павлович, И. В. Плотников, В. М. Рогов, А. М. Хомутов, Технология заменителей кожи, т. II, Гизлегпром М., 1944.
12. П. П. Дагаев, Методы получения дисперсий регенерата и их применение в промышленности, изд. ВНИТОкожобушмех, 1946.
13. С. С. Воюцкий, Е. М. Дзядезь, К вопросу о механизме образования пленок из эмульсий некоторых высокополимерных соединений, Колл. ж., 6, 717, 1940.
14. С. С. Воюцкий, Б. В. Штарх, Механизм образования пленок из дисперсий высокополимеров. II. Исследование структуры пленок из концентратов натурального латекса, Колл. ж., 14, 77, 1952.
15. С. С. Воюцкий, Б. В. Штарх, Механизм образования пленок из дисперсий высокополимеров. III. Влияние эмульгатора на пленкообразование, Колл. ж., 14, 314, 1952.
16. Б. В. Штарх, С. С. Воюцкий, Механизм образования пленок из дисперсий высокополимеров. IV. Исследование влияния эмульгаторов и температуры пленкообразования на свойства и структуру пленок из синтетических латексов, Научно-исследоват. труды ЦНИКЗ, сборник IV, Гизлегпром, М., 1952, стр. 52.
17. С. С. Воюцкий, Б. В. Штарх, Механизм образования пленок из дисперсий высокополимеров. VI. Связь между физико-механическими свойствами дисперсионных пленок и их структурой, Колл. ж., 15, 2, 1952.
18. Б. В. Штарх, С. С. Воюцкий, Механизм образования пленок из дисперсий высокополимеров. VII. Изменение структуры и улучшение свойств латексных пленок различными обработками, Научно-исследоват. труды ЦНИКЗ, сборник V, Гизлегпром, М., 1953, стр. 67.
19. E. Hauser, *Koll. Zeitsch.*, 53, 78, 1930.
20. H. Wagner, G. Fischer, *Koll. Zeitsch.*, 77, 12, 1936.
21. A. Kemp, *Ind. Eng. Chem.*, 30, 154, 1938.
22. N. C. H. Humphreys, W. C. Wake, *IRI Trans.*, 25, 334, 1950.
23. R. E. Dillon, L. A. Matheson, E. B. Bradford, *Journ. of Colloid Science*, 6, 108, 1951; см. также E. Bradford, *Journ. of Applied Physics*, 23, 609, 1952.
24. W. A. Henson, D. A. Taber, E. B. Bradford, *Ind. Eng. Chem.*, 45, 735, 1953.
24. Д. Сандомирский, К. Гагина, Образование каучуковых пленок из растворов водных дисперсий, Колл. ж., 15, 448, 1953.

第一章

高聚物自粘性的一般概念

本章简单地讨论一下高聚物自粘性的本质，并从了解成膜历程的角度来讨论各种重要因素对自粘性的影响。有关这方面的详细材料，可参阅我们过去所发表的专题论文^[1-5]。

一种物质要有高度的自粘性必须具备两个前提：第一，物质本身应具有高度的内聚强度（Когезионная прочность）。第二，这种物质的两个表面相接触时能发生结合作用。在一切物质中唯有高聚物能够同时具备这两个前提。可是为了使两块高聚物充分地结合，光靠接触是不够的，至少要求在接触区域内部分地恢复物质原有的结构，也就是说，要求高聚物链状分子能象原物质任何部分一样地交織起来。因为高聚物的粘度很大，分子形状特殊，整个分子链是不容易移动的，所以接触区域结构的恢复只能靠个别分子链节的移动来完成^[6]。可以设想，处于某块物质表面上的分子链的中段与尾部由于热运动完全有可能渗透到另一块物质的表面中去，而把两块聚合物结合起来。一般说来这种结合是牢固的，这就是自粘性的外在表现。

把自粘性看作是扩散过程这一观点的正确性可由下列事实加以证明：两块高聚物相接触时的密着力随着接触时间的增长而增大，而且它实际上永远达不到它的最大限度——内聚强度值。实验证明，所有高聚物的自粘性都随表面接触时间的增长而在开始阶段迅速增大，然后再减缓。这与扩散过程的性质也是完全相符的。

自粘性扩散理论的另一证明是它与温度的关系。温度增高时高聚物接触面的密着力按指数曲线增大。这是因为分子链节热活动加剧、聚合物密度下降而引起扩散度增大的结果。众所周知，在低分子化合物中扩散速度与温度也符合指数曲线的关系^[7]。

自粘性与温度之关系的数学计算所得活化能值与分子扩散时的活化能相等。

我們的實驗結果還證明：所有增大分子熱運動的因素都使自粘性增大，與此相反，一切減緩擴散的因素均使自粘性減小。這些事實都是自粘性擴散本質的有力證明。

把自粘性看作是一種擴散過程是符合熱力學觀點的。自粘性，也象其他在恆溫下自然發生的過程一樣，都適應於熱力學方程式：

$$\Delta F = \Delta U - T \Delta S$$

式中 F — 自由能； U — 內能； T — 絕對溫度； S — 熵。

如上所述，自粘功的最大值並不是在兩個表面剛一接觸的時候，也就是在接觸區域內由於空氣—聚合物分界綫的消失而使分子間力建立起新的平衡之後，立即達到的，關於這一點已經在我們的實驗中得到証實。密着力隨着接觸時間的增長可以增大數倍。這樣，由於聚合物—空氣界面的消失而立即引起的內能的減小對自粘性的影響是不大的。這一觀點還可以用下列事實證明：一般非極性和弱極性的聚合物均具有較大的自粘性，而這些物質本身表面接觸時內能減少卻很有限。

在這種條件下，高聚物的自粘合主要是因為鏈狀分子或其鏈節的熱運動而在接觸區域逐步恢復了原有的結構，並增大了熵值的結果。

自粘合的數值可以通過兩條被貼合的布條的密着力來加以表示，在布條表面上事先塗上一層聚合物溶液。剝離試驗最好在自動記錄的強力試驗機上進行，從得到的圖表中計算出密着力的平均值（克/厘米）與自粘功（爾格/厘米²）。用此法測定自粘性能時必須注意觀察剝離後的表面，只有剝離是按原接觸面進行，而且撕開後的表面象貼合前一樣平滑時所得的結果才真正能反映出自粘能力的大小。如果剝離不按原接觸面進行，而且撕開後表面又不平滑，那末我們測得的已經不是自粘力，而是互粘力了。

很明顯，為了得到可靠的結果，試樣的製備與檢驗的條件應該嚴格一致，塗在布層上的聚合物的量不應低於一定的最低量，不然聚合物就不能填平紡織物的所有的不平坦面，這樣紡織物的結構就可能影響試驗結果。貼合時壓力應保證表面的完全接觸。試驗速度對結果影響很大，因之在測定自粘性時兩層的剝離速度必須是

一致的。

聚合物的分子量、分子形状、聚合物的晶化能力、分子中极性基团的存在，以及其他因素对自粘性有着极大的影响。这些因素对成膜过程有着重要意义，因此我们将在下列几节中对它们作较详细的研讨。

1. 聚合物分子量的影响

分子量不同的聚异丁烯的密着力和相应的自粘功的变化与接触时间的关系如图 1 所示。应该指出，对于分子量为 20000 的聚异丁烯只有在接触时间不长时剥离才按原接触面进行，假若接触时间超过 1 小时以上，则撕开后表面表现粗糙不平了，这说明这时我们所测定的是聚合物的内聚强度。

前面已经指出过，密着力与自粘功是随着接触时间的增长而增大，然后达到一定的限度。聚合物分子量愈小也就是分子长度愈小，自粘强度增长的速度也愈大。我们知道，长链状分子链节的活动性在聚合度高于 15—20 时不再取决于分子量，因之我们所测得的数值说明分子量较大的高聚物的自粘性主要决定于链节端部的扩散作用。

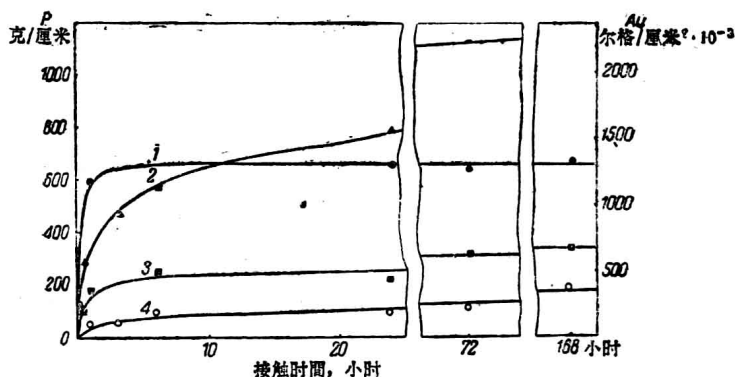


图 1 分子量不同的聚异丁烯的密着力、自粘功与接触时间的关系。

1—分子量 20,000; 2—分子量 100,000; 3—分子量 150,000;
4—分子量 200,000

聚合物自粘力的极限实质上应该是物质的内聚强度，至于各种

聚合物的自粘强度极限，在我們所得的結果中尚无法作出肯定的結論，可是由上图可以看到：分子量愈高，聚合物內聚强度也愈大，从分子量为200000的曲綫形状可以推想，它达到自粘力最大值需要很长的接触時間，而它的絕對值肯定大于其他三个聚合物的自粘力最大值。分子量为20000的聚合物的曲綫值得注意，在接触時間1小时后曲綫就达到了它的最大限度，此时的最大自粘力为 670 克/厘米，接触時間超过1小时后撕开的聚合物表面就开始粗糙不平。很明显，这时我們測得的已經是聚合物的內聚强度了。

图2中曲綫表明了不同分子量的聚异丁烯的密着力和自粘功随接触溫度的变化而改变的情况。在这組实验中接触時間一律为5分钟。与我們推测的一样，所获得的曲綫都是指数曲綫。假若自粘力与接触溫度的关系已知，并假定密着力是衡量鏈状分子的鏈节在接触時間內之扩散度的尺度，那么从图2中很容易算出自粘活化能。所謂自粘活化能就是扩散分子的一个鏈节渗透到分子間隙中并在空隙中移动所必須消耗的能量。自粘活化能通常按与阿累尼烏斯方程式类似的方程式計算：

$$P = P_0 e^{-\frac{E}{RT}} \quad (1)$$

式中 P —貼合层的密着力， P_0 —常数； E —活化能； R —气体常数； T —絕對溫度。

假若用图2的横坐标表示絕對溫度的倒数，用縱坐标表示密着力的对数，則按照(1)式应得一直綫关系。

在图3中我們可以看到，由所有試驗过的聚异丁烯都得出了此类直綫关系，而且实际这些直綫是相互平行的，計算出来的活化能值都等于2390卡，它与分子量无关。很明显，这是因为参加扩散过程的所有动力单位本质上相同的緣故。

分子量不同的聚异丁烯自粘活化能的相同与聚合度减小时扩散速度增大是相互矛盾的，这很可能是因为在低分子聚异丁烯中分子末端較多，而它們比分子鏈中間部分更容易扩散的緣故。这一点是完全可以理解的，因为从立体概念来看，分子鏈末端渗透到分子層間隙的或然率无疑比分子鏈中間部分大。因此可以設想，聚合度不

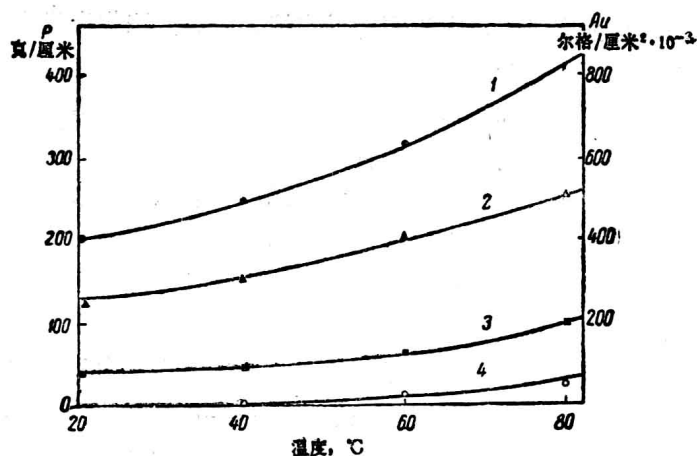


图 2 接触温度对不同分子量聚异丁烯的密着力 P 与自粘功 Au 的影响

1—分子量20,000; 2—分子量100,000; 3—分子量150,000;
4—分子量200,000

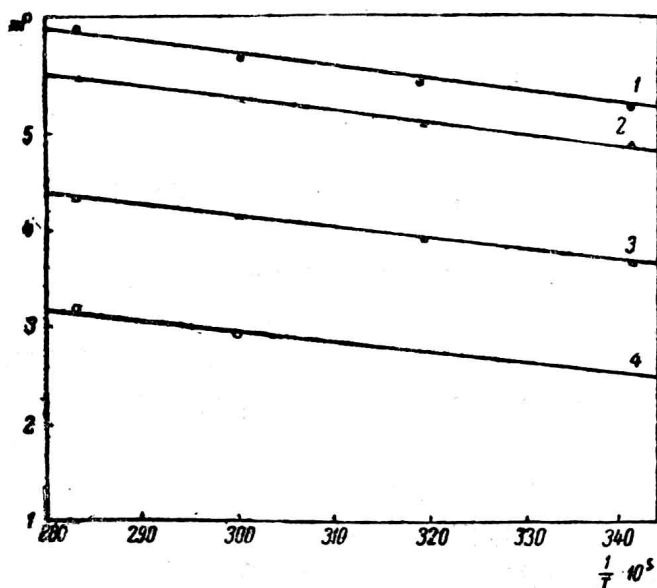


图 3 分子量不同聚异丁烯的 $I_N P$ 与 $\frac{1}{T}$ 的关系

1—分子量20,000; 2—分子量100,000; 3—分子量150,000;
4—分子量200,000

同的聚异丁烯的自粘力之所以不同主要是由(1)式中的指数項的数值不同所致。大家知道,这一指数項在将阿累尼烏斯方程式应用于扩散时恰好能反映出分子渗透于間隙的或然率。

2. 聚合物分子形状的影响

分子形状对自粘性影响同样是很大的,因为分子的扩散能力与高聚物間的結合强度在很大的程度上是由分子形状决定的。带有长支鏈的分子应具有較大的自粘性,这是因为,第一,这些分子扩散后能牢固地与別层分子結合,第二,这些分子的末端較多,而分子末端最容易向聚合物內层扩散。上述观点的正确性可以由氯丁橡胶的高自粘性得到証明,氯丁橡胶分子具有为数不多,但长度很大的支鏈^[8]。与此相反,拥有大量短支鏈的分子,其自粘性必然低些,这是因为从立体概念看来,这些短支鏈自然会降低其他分子鏈或其鏈节向高聚物內层扩散的能力^[1]。为了研究聚合物自粘性与支鏈的关系,Φ.С.托尔斯土希娜(Толстухина)用1,4和1,2結構不同含量的丁二烯聚合物进行了它們的自粘性对比試驗。所得結果见表1。

主鏈中含不同量1,4和1,2結構單位的聚异丁烯
的密着力(P)与自粘功(Au)

表 1

聚 合 物 編 号	主鏈中結構單 位的含量(%)		分 子 量	不同接觸溫度 下的P(克/厘米)		不同接觸溫度下的Au 值(尔格/厘米 ² ·10 ⁻³)	
	1,4	1,2		20°	60°	20°	60°
A	30	57	101000	34	284	66	560
B	65	31,5	72000	54	123	106	241

从在20°C下貼合的試驗結果可以看出:在接触時間一定时,主鏈中双鏈愈多,密着力与自粘功的数值也愈大。試驗結果証实了我們提出的关于大量短支鏈阻碍分子鏈节相互扩散的假設。当接触溫度升高到60°C时,所得結果刚好相反。这一现象的原因暂时尚未弄清。很可能当聚合物含1,2結構很多时,主鏈之間相互作用力减弱,因而在溫度升高时已經不是某些分子鏈节在扩散,而是整个

分子在扩散。

按照自粘性扩散理论，高聚物中体形结构的形成应导致自粘性的完全消失。为了证实这一推论，我们研究了不同硫化程度的硫化天然橡胶的自粘性。含 5 % 硫，1 % 秋兰姆和 2 % 氧化锌的烟片胶料经混炼后制成苯溶液，然后将它涂在布条上，为了达到不同的硫化程度在贴合前布条先在 100°C 下预热不同的时间，贴合与试验方法与以前一样。

除开上述的实验以外，还作了一组在橡胶中不加硫、秋兰姆与氧化锌的对比实验。实验结果见图 4。

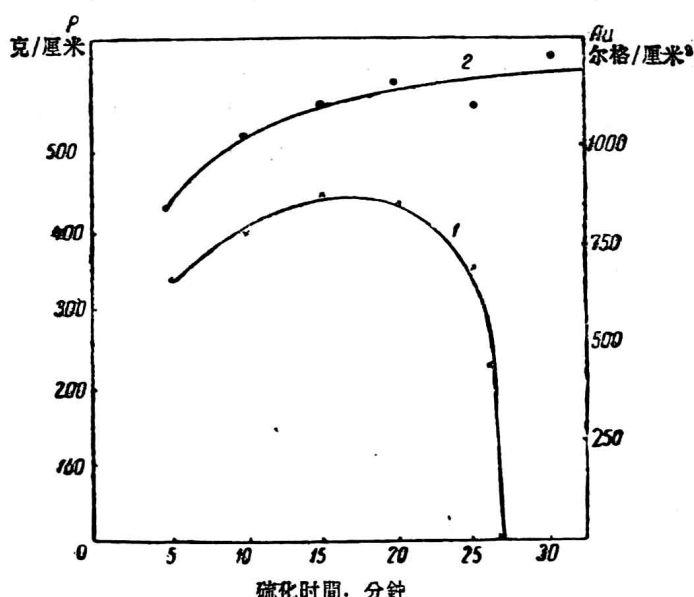


图 4 硫化时间对天然橡胶密着力 P 与自粘功 Au 的影响

1—含有硫、秋兰姆与氧化锌的橡胶；2—同上，不含添加剂

由图知道，随着硫化时间的增长，自粘力起初略有增加，然后开始急剧下降。在硫化开始时自粘力上升的原因是因为加热能破坏聚合物的分子键合。自粘力上升的另一可能原因在于同时进行着的橡胶氧化裂解过程，我们从聚异丁烯的例子中可以看到，分子大小的减小能促进高聚物的自粘能力。在这一阶段中个别分子间形成的桥键对自粘性还没有什么显著的影响。