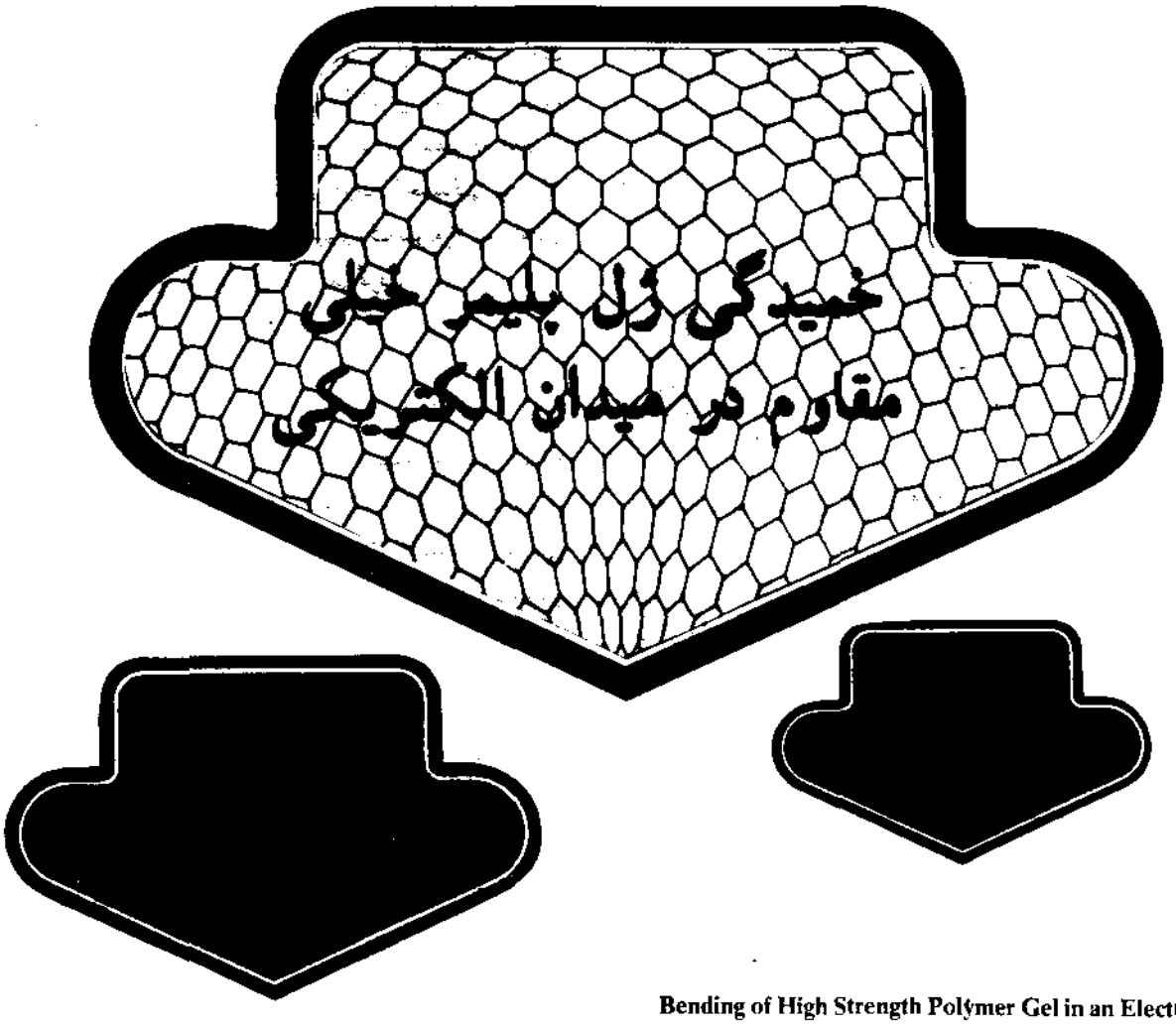


خمیدگی ژل پلیمر خیلی مقاوم در میدان الکتریکی

Bending of High Strength Polymer Gel in an Electric Field. ACS Polymer Preprints (1989).By: Tohru Shiga, Yoshiharu Hirose, Akane Okadu, and Toshio Kurauchi

ترجمه: مهندس سیاوش نفیسی

واژه‌های کلیدی:

ژل، پلی‌وینیل الکل، پلی آکریلیک اسید، میدان الکتریکی، خمیدگی.

چکیده

در این مقاله طرز تهیه ژل بسیار مقاوم پلی‌وینیل الکل و پلی‌آکریلیک اسید شرح داده شده است. رفتار دگر شکلی این ژل در محلولهای الکترولیت با استفاده از میدان الکتریکی مورد آزمایش و بررسی قرار گرفته است. این ژل در محلول الکترولیت سدیم به عنوان بخشی از انگشتان یک روبات برای جابه‌جایی اجسام به کار برده شده است.

مقدمه

رفتار دگر شکلی (*deformation*) ژل پلیمر در میدان الکتریکی قابلیت سیستمهای ماشینی را در تبدیل انرژی الکتریکی به مکانیکی نشان می‌دهد. در ارتباط با تأثیر میدان الکتریکی جریان مستقیم بر ژل پلیمر ت. تاناکا (*T. Tanaka*) وقوع درهم رفتگی (*shrinkage*) ژلهای پلی آکریل‌آمید تا حدّی هیدرولیز شده را در مخلوط استون و آب گزارش کرد [*1*]. نویسندگان مقاله حاضر دگرشکلی جدیدی، یعنی خمیدگی ژلهای انواع پلی‌الکترولیت متعددی را در محلولهای الکترولیت یافتند [*2,3*] ولی این هیدرو ژلها به دلیل محتوای زیاد آب استحکام کششی و ضربه‌ای کم دارند. بنابراین در تنش‌های کم

Key Words:

Gel, Polyvinyl alcohol, Polyacrylic acid, Electrical field, Bending.

به قطعات کوچک شکسته می‌شوند. اخیراً ژلهای پلی‌وینیل الکل حاوی پلی‌آکریلیک اسید (ژلهای *PVA-PAA*) بوسیله فرایند انجماد و ذوب (*thawing*) تهیّه شدند [4]. این ژلها خواص مکانیکی غیرعادی دارند. یافتن ژلهای بسیار مقاوم *PVA-PAA* راهی برای استفاده عملی از ژل‌پلیمر باز می‌کند. در این مقاله نتایج تجربی دربارهٔ خمیدگی ژلهای *PVA-PAA* در میدان الکتریکی جریان مستقیم و یک نمونه از سیستمهای محرک برای فعال کنندهٔ مواد پلیمری ارائه می‌گردد.

تجربی ــ تجربه آزمایشگاهی

مواد

PVA از شرکت کوراری (*Kuraray*) تهیه شد. این ماده ویسکوزیته‌ای مربوط به درجه متوسط پلیمر شدن ۲۵۰۰ و درجه صابونی شدن ۹۹/۵ مول درصد دارد. محلول ۲۵٪ آبی *PAA* از صنایع شیمیایی واکو (*Wako*) تهیه شد. سایر مواد معدنی و آلی به طور تجارتی در دسترس بودند.

تهیه ژل *PVA-PAA*

در یک ظرف، ۷/۵ گرم *PVA* در ۵۰ *ml* از مخلوط ۳۰٪ دی‌متیل سولفوکسید و ۷۰٪ آب حل شد. محلول *PVA* به ۳۰ *g* محلول ۲۵٪ *PAA* اضافه شد. مخلوط به یک لوله آزمایش منتقل شد و در دمای $-50^{\circ}C$ منجمد گردید. مخلوط منجمد با سرعت $5^{\circ}C$ بر ساعت تا دمای اتاق گرم شد. این فرایند انجماد و ذوب دو بار تکرار شد. ژل بدست آمده به درون محلول سود، ۰/۰۲ *M* فرو برده شد تا با محلول به تعادل تورّمی (*swelling equilibrium*) برسد. طول ژل *PVA, PAA*، ۸۰ میلیمتر و قطر آن ۸ *mm* است. استحکام کششی و افزایش طول تا پارگی ژل *PVA-PAA* به ترتیب ۰/۲۳ *MPa* و ۱۴۵٪ می‌باشد. مقدار آب ژل ۹۳٪ است.

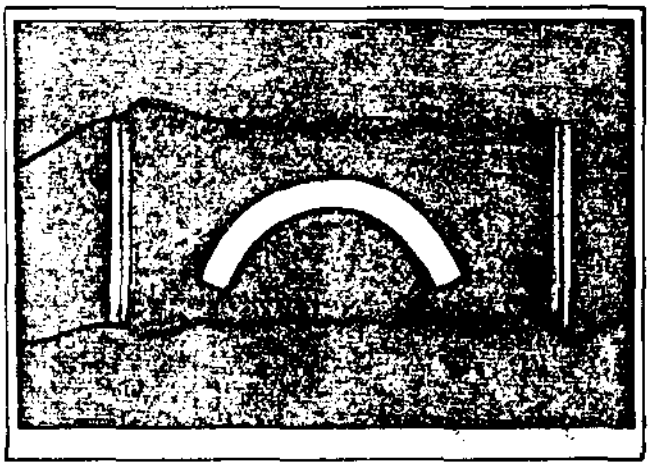
اندازه‌گیری میزان خمیدگی

ژلهای *PVA-PAA* در انواع محلولهای الکترولیت فرو برده شدند. الکترولیتهای مورد استفاده سدیم هیدروکسید، سدیم کلرید، سدیم کربنات و سدیم سولفات بودند. غلظت الکترولیت در محدودهٔ صفر تا ۰/۰۳ *M* بود. بعد از برقراری تعادل، محلول به درون یک جعبه پلاستیکی مجهز به دو الکترود پلاتینی منتقل شد. فاصله بین الکترودها ۶۰ *mm* بود. ژل موازی با الکترودها در مرکز جعبه مستقر شد و تا ۹۰ ولت جریان مستقیم بین الکترودهای موجود در محلول اعمال شد.

نتایج و بحث

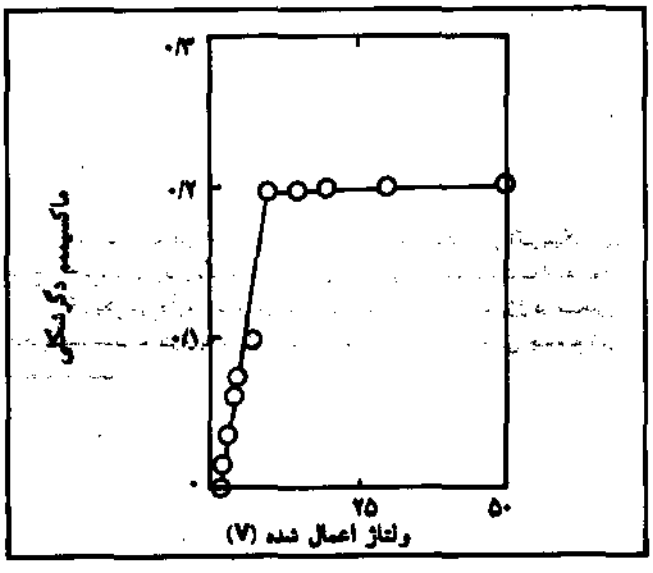
خمیدگی

شکل ۱ خمش ژل *PVA-PAA* را در یک قوس در اثر میدان الکتریکی اعمال شده نشان می‌دهد. وزن ژل ضمن خمیدگی افزایش پیدا



شکل ۱ ــ خمیدگی ژل PAA-PVA در یک میدان الکتریکی

می‌کند. این عمل نشانگر آن است که خمیدگی یک رفتار تورمی می‌باشد. مقدار دگرشکلی به تدریج با گذشت زمان افزایش می‌یابد ولی سرانجام کم می‌شود. همان طور که در شکل ۲ نشان داده شده است، ماکسیمم دگرشکلی در بالای ۱۰ ولت ثابت باقی می‌ماند. وقتی ولتاژ اعمال شده کمتر از ۲ ولت است خمیدگی القا نمی‌شود (شکل ۳). معلوم شد که سرعت خمیدگی قبل از ماکسیمم دگرشکلی متناسب با قدرت میدان است. سرعت خمش نیز به غلظت الکترولیت در محلول نیز بستگی دارد. ژل خمیده بعد از قطع میدان الکتریکی یا اعمال میدان الکتریکی معکوس به شکل اوّلیه در می‌آید (شکل ۴). این نتیجه بیانگر این است که دگرشکلی ژل پلیمر می‌تواند به وسیله میدان الکتریکی جریان متناوب القا شود. مقدار دگرشکلی نسبت به تکرار عمل خمیدگی وقتی الکترولیت *NaOH* یا Na_2CO_3 است، تغییر نمی‌کند. اما موقعی که از الکترولیت *NaCl* یا Na_2SO_4 استفاده شود مقدار دگرشکلی به سرعت کاهش می‌یابد.

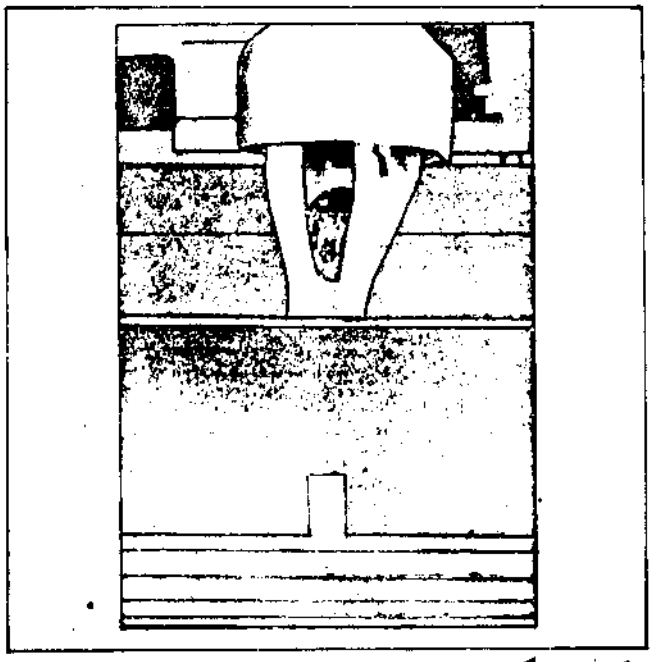


شکل ۲ ــ ماکسیمم دگرشکلی در مقابل ولتاژ اعمال شده

انگشت ژل پلیمری

ما نخستین نمونه انگشتان روبات (*Robat*) را که توسط میدان الکتریکی به حرکت در می‌آیند ساختیم. این انگشتان شامل ژلهای *PVA-PAA* و الکترودهای پلاتین هستند. کاتد با هیدروژلهای *PVA* پوشیده شده است. الکترودها به ژلهای *PVA-PAA* وصل شده‌اند. چهار انگشت به بازوی میکروروبات (*Microrobot*) مدل *4L-88* (ساخت کمپانی ناکانیپون الکترونیک (*Nakanippon Electronics*) ثابت شده‌اند. انگشتان در یک محلول الکترولیت تحت تأثیر یک میدان الکتریکی خم و کشیده می‌شوند.

همان طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، ما توانستیم با استفاده از این روبات تخم ۹ گرمی نوعی بلدرچین را از یک محلول آبی خارج کنیم.



شکل ۵ ــ انگشتان ژل پلیمری.

نتیجه‌گیری

دگرشکلی ژلهای *PVA-PAA* بسیار مقاوم در میدان الکتریکی جریان مستقیم مورد مطالعه قرار گرفت. ژل طویل و نازک در محلول الکترولیت با اعمال میدان الکتریکی خمیده می‌شود. این خمیدگی ناشی از تورم است. سرعت خمیدگی به قدرت میدان و غلظت الکترولیت بستگی دارد.

انگشتان ژل پلیمر که به وسیله میدان الکتریکی به حرکت در می‌آیند، ساخته شدند.

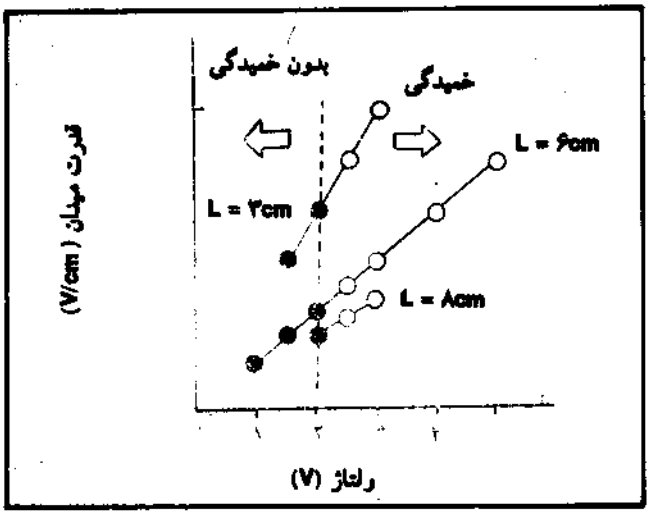
ما توانستیم با استفاده از این انگشتان جسم موجود در درون یک محلول آبی را گرفته و یا رها سازیم.

[1] Tanak T, Science, 218, 467 (1982)

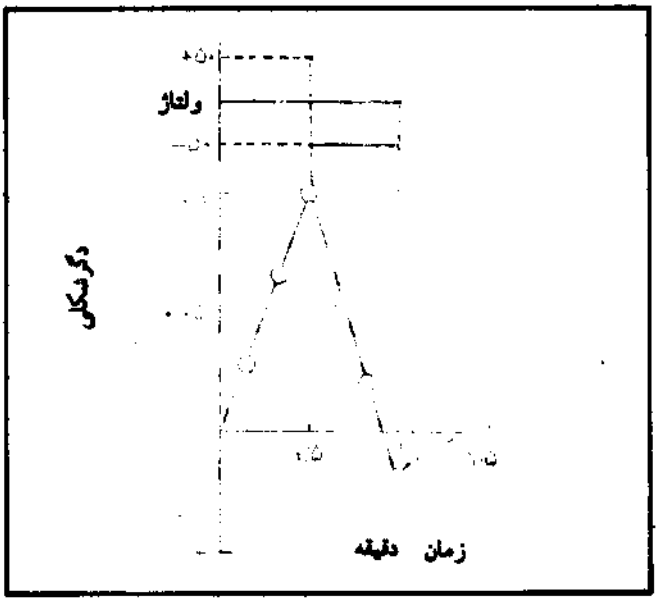
[2] Shiga. T, and Kurauchi. T: Polymer Preprint, Japan, 34 (3), 508 (1985)

[3] Shiga. T, Hirose. Y, Okada. A and Kurauchi. T: IUPAC 32nd International Symposium on Macromolecules Preprint, 772 (1988)

[4] Suzuki. M, IUPAC Chemrawn vi. World Conference on Advanced Materials for Innovations in Energy. 17 - 22, 1B - 11 (1987)



شکل ۳ ــ قدرت میدان در مقابل ولتاژ فاصله بین الکترودها : L



شکل ۴ ــ منحنی دگرشکلی ــ زمان ژل PVA-PAA تحت گرادیان ولتاژ متغیر از ۸/۳۷V/cm تا ۸/۳ V/cm - در محلول آبی Na_2CO_3