

## دور مُمدّد السلسلة (Chain Extender) في رغوة البولي يوريثان

### مقدمة

يُعد استخدام مُمدّد السلسلة (Chain Extender) أحد الإضافات المهمة في تصميم تركيبات رغوة البولي يوريثان. يتكون البولي يوريثان من جزأين رئيسيين: الجزء الصلب والجزء اللين. يشكل الإيزوسيانات ومُمدّد السلسلة الجزء الصلب من البولي يوريثان، بينما يشكل البوليول البوليسترّي أو البوليول البولي إيثر الجزء اللين.

يساهم الجزء الصلب في زيادة المتانة والصلابة (Rigidity)، في حين يمنح الجزء اللين الرغوة خصائصها اللزجة المرنة. لذلك، يمكن الحصول على خصائص مختلفة لرغوة البولي يوريثان من خلال ضبط التوازن بين الجزأين الصلب واللين.

في هذا المقال، يتم تناول دور مُمدّد السلسلة في رغوة البولي يوريثان باعتباره جزءاً من القطاع الصلب. تتميز مُمدّدات السلسلة بانخفاض وزنها الجزيئي، ويمكن أن تكون من النوع الكحولي أو الأميني، حيث تتفاعل مع الإيزوسيانات وتؤدي إلى زيادة طول القطاعات الصلبة في البولي يوريثان.

عند استخدام مُمدّد سلسلة كحولي، تتكوّن قطاعات يوريثانية صلبة، بينما يؤدي استخدام مُمدّد سلسلة أميني إلى تكوين قطاعات يوريا صلبة.

دور وأنواع مُمدّدات السلسلة في رغوة البولي يوريثان

يُعد كل من MEG و DEG من أهم مُمدّدات السلسلة الكحولية وأكثرها استخداماً، بينما تشمل مُمدّدات السلسلة الأمينية DEA و TEA.

إذا كان تفاعل مُمدّد السلسلة سريعاً جداً، فقد تتحول الرغوة إلى الحالة الهلامية قبل امتلاء القالب بالكامل أو قبل وصول الرغوة إلى أقصى حجم لها. أما إذا كان تفاعل مُمدّد السلسلة بطيئاً جداً، فسوف يزداد الزمن اللازم لتفاعل رغوة البولي يوريثان.

يجب أن تكون تفاعلية مُمدّد السلسلة متوافقة مع المكونات الأخرى في تركيبه البولي يوريثان للوصول إلى أزمان التفاعل المطلوبة. وفي الوقت نفسه، يجب أن يعمل مُمدّد السلسلة بالتوافق مع باقي مكونات خليط التفاعل من أجل إنتاج رغوة البولي يوريثان بالخصائص الفيزيائية المطلوبة.

تأثير الإيثيلين غليكول على خصائص رغوة البولي يوريثان

يُستخدم مونو إيثيلين غليكول كمُمدّد للسلسلة في رغوات البولي يوريثان، ويساهم في تعزيز الترابط بين الطور الصلب والطور اللين، مما يؤدي إلى زيادة المتانة. ووفقاً للدراسات التي أجراها Zou وزملاؤه، أدت زيادة محتواه إلى زيادة مقاومة التآكل والصلادة وانخفاض الكثافة.

عندما تكون سرعة تفاعل التجلط أقل من سرعة تفاعل الانتفاخ، تكون جدران الخلايا أقل متانة، وقد يحدث انهيار للخلايا في مناطق أكبر. وتؤدي إضافة الإيثيلين غليكول دوراً إيجابياً في عملية تحضير الرغوة.

ونظراً لوجود مجموعات الهيدروكسيل الأولية في الإيثيلين غليكول وزيادة كمية الإيزوسيانات، يصبح تفاعل التجلط أسرع.

تأثير مُمدّد السلسلة على زمن التفاعل وعملية إزالة الرغوة من القالب

يؤثر زمن زوال الالتصاق أو ما يُعرف بـ Tack Free Time بشكل مهم على عملية إزالة رغوة البولي يوريثان من القالب (Demould). وتؤدي إضافة الإيثيلين غليكول إلى تقليل زمن TFT، ويرجع ذلك إلى زيادة كمية الإيزوسيانات وارتفاع تفاعلية مجموعات الهيدروكسيل الأولية.

كما يعمل الإيثيلين غليكول على تسريع التفاعل وتكوين الروابط المتشابكة (Cross-linking). ويساهم الوزن الجزيئي المنخفض والزوجة المنخفضة للإيثيلين غليكول في تحسين الانتشار والاختلاط أثناء عملية تكوين الرغوة، مما يساعد مجموعات الهيدروكسيل على المشاركة في تفاعل التجلط.

تؤدي زيادة كمية الإيثيلين غليكول إلى زيادة سرعة تفاعل التجلط وتقليل زمن زوال الالتصاق. كما أن زيادة انطلاق الحرارة الناتجة عن التفاعل الطارد للحرارة بين الإيثيلين غليكول والإيزوسيانات تساهم في تقليل زمن زوال الالتصاق.

تأثير مُمدّد السلسلة على البنية الخلوية لرغوة البولي يوريثان

عندما يتسارع تفاعل التجلط وتزداد متانة جدران الخلايا نتيجة زيادة القطاعات اليوريثانية الصلبة (Hard Segment Urethane)، تنمو الفقاعات بسرعة أكبر قبل تعرضها للانهياب.

تؤثر اللزوجة على مورفولوجيا الخلايا وحجمها. وتؤدي إضافة الإيثيلين غليكول إلى خفض اللزوجة الأولية والمساعدة على تكوين فقاعات أكثر تجانساً، كما تؤثر في تمدد الفقاعات خلال المراحل الأولية لتكوين الرغوة.

الخلاصة

يُعد نوع وكمية مُمدّد السلسلة في رغوة البولي يوريثان من العوامل المهمة التي تؤثر في الخصائص الميكانيكية وقابلية معالجة الرغوة. وتتميز مُمدّات السلسلة الكحولية مثل EG بتفاعلية أعلى بسبب وجود مجموعات الهيدروكسيل الأولية.

يساهم انخفاض اللزوجة في زيادة الانتشار، كما أن زيادة رقم الهيدروكسيل في المصفوفة الكلية تؤدي إلى زيادة كمية الإيزوسيانات. يوجد مُمدّد السلسلة في القطاعات الصلبة لرغوة البولي يوريثان ويساهم في زيادة متانة جدران الخلايا. كما يزداد التفاعل الطارد للحرارة ( Exothermic Reaction)، مما قد يساعد في تقليل زمن إزالة الرغوة من القالب (Demould Time).